

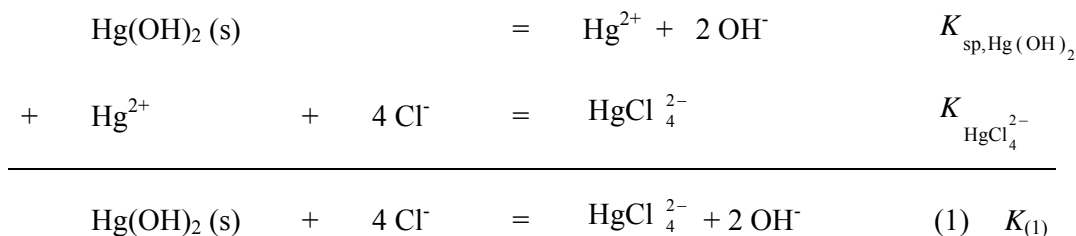
TMT4110 KJEMI



LØSNINGSFORSLAG TIL ØVING NR. 6, Vår 2015

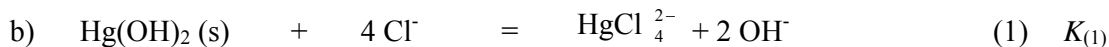
OPPGAVE 1

- a) Vi kombinerer den vanlige løselighetslikevekten for kvikksølv(II)hydroksid (oppgitt: $3,6 \cdot 10^{-26}$) med reaksjonen for dannelse av kvikksølvkloridkomplekset (egentlig navn på komplekset: tetrakloromerkurat) (tabell 22 i SICD):



Likevektskonstanten for den kombinerte reaksjonen finnes ved å multiplisere likevektskonstantene for delreaksjonene:

$$K_{(1)} = K_{\text{sp, Hg(OH)}_2} \cdot K_{\text{HgCl}_4^{2-}} = 3,6 \cdot 10^{-26} \cdot 10^{15,6} = \underline{1,43 \cdot 10^{-10}}$$



Vi har at: $K_{(1)} = \frac{C_{\text{HgCl}_4^{2-}} \cdot C_{\text{OH}^-}^2}{C_{\text{Cl}^-}^4}$.

Fra (1) ser vi at når 1 mol Hg(OH)_2 løser seg dannes det 1 mol HgCl_4^{2-} og 2 mol OH^- .
Finner antall mol Hg(OH)_2 :

$$n_{\text{Hg(OH)}_2} = \frac{m_{\text{Hg(OH)}_2}}{M_{\text{Hg(OH)}_2}} = \frac{0,30 \text{ g}}{234,6 \text{ g/mol}} = 1,279 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Siden vi løser det i 1 L H_2O vil $n = C$.

Finner da C_{Cl^-} fra likevektsuttrykket:

$$C_{\text{Cl}^-} = \sqrt[4]{\frac{C_{\text{HgCl}_4^{2-}} \cdot C_{\text{OH}^-}^2}{K_{(1)}}} = \sqrt[4]{\frac{1,279 \cdot 10^{-3} \cdot (2 \cdot 1,279 \cdot 10^{-3})^2}{1,43 \cdot 10^{-10}}} = 2,77 \text{ mol/L}$$

Antall gram NaCl: $m_{\text{NaCl}} = 2,77 \text{ mol} \times 58,4 \text{ g/mol} = \underline{161,8 \text{ g}}$

(Strengt tatt har vi her kun tatt med Cl^- -ionene i løsningen, og ikke de som er bundet i kvikksølvkomplekset. Hvis vi i tillegg tar hensyn til at det er litt klor i komplekset, vil mengden NaCl øke med ca. 0,2 g.)

- c) HCl er en sterk syre og ville ha løst $\text{Hg}(\text{OH})_2$ i store mengder vha. følgende reaksjon:



OPPGAVE 2

a) Løselighet: $s = \frac{6,8 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{78,1 \text{ g/mol} \cdot 0,250 \text{ L}} = 3,48 \cdot 10^{-4} \text{ M}$

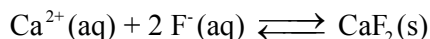
$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2 = (3,48 \cdot 10^{-4}) \cdot (2 \cdot 3,48 \cdot 10^{-4})^2 = 1,69 \cdot 10^{-10}$$

b) $[\text{Ca}^{2+}] = s$
 $[\text{F}^-] = 2s + 0,010$
 $K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2 = s \cdot (2s + 0,010)^2 = 1,69 \cdot 10^{-10}$
 $2s \ll 0,001 \Rightarrow s \cdot (0,010)^2 = 1,69 \cdot 10^{-10}$
 $s = 1,69 \cdot 10^{-6} \text{ M}$

- c) Etter sammenblanding, men før eventuell utfelling:
 $[\text{Ca}^{2+}] = c_1 \cdot V_1 / V_2 = 0,0020 \text{ M} \cdot 1,0 \text{ L} / 2,0 \text{ L} = 0,0010 \text{ M}$
 $[\text{F}^-] = c_1 \cdot V_1 / V_2 = 0,0020 \text{ M} \cdot 1,0 \text{ L} / 2,0 \text{ L} = 0,0010 \text{ M}$

$$Q = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2 = 0,0010 \cdot 0,0010^2 = 1,0^{-9}$$

$$Q > K_{sp} \Rightarrow \text{utfelling} \quad \text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{F}^- (\text{aq}) = \text{CaF}_2 (\text{s})$$



Før: 0,0010 0,0010

LV: x $0,0010 - 2 \cdot (0,0010 - x) = 2x - 0,0010$

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2 = x \cdot (2x - 0,0010)^2 = 1,69 \cdot 10^{-10}$$

Hvis man har en kalkulator som kan løse 3. gradsligninger eller har en solve-funksjon, får man enkelt ut svaret:

$$x = 7,40 \cdot 10^{-4}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 7.40 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{F}^-] = 2x - 0.0010 = 4.81 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

Hvis man ikke har en kalkulator som løser 3. gradsligninger, har man andre muligheter. En av dem er **suksessive approksimasjoners metode**:

1. approx: $(2x - 0.0010) = 0$ $x_1 = 0.0005 \text{ M}$
Dvs. (tilnærmet) fullstendig utfelling av F^- .

$$[\text{F}^-]^2 = \frac{1.69 \cdot 10^{-10}}{0.0005} = 3.38 \cdot 10^{-7}$$

$$[\text{F}^-] = 5.81 \cdot 10^{-4} = 2x_2 - 0.0010$$

$$x_2 = 7.90 \cdot 10^{-4}$$

2. approx: $x_2 = 7.90 \cdot 10^{-4}$

$$[\text{F}^-]^2 = \frac{1.69 \cdot 10^{-10}}{7.90 \cdot 10^{-4}} = 2.13 \cdot 10^{-7}$$

$$[\text{F}^-] = 4.63 \cdot 10^{-4} = 2x_3 - 0.0010$$

$$x_3 = 7.31 \cdot 10^{-4}$$

3. approx: $x_3 = 7.31 \cdot 10^{-4}$

$$[\text{F}^-]^2 = \frac{1.69 \cdot 10^{-10}}{7.31 \cdot 10^{-4}} = 2.31 \cdot 10^{-7}$$

$$[\text{F}^-] = 4.81 \cdot 10^{-4} = 2x_4 - 0.0010$$

$$x_4 = 7.40 \cdot 10^{-4}$$

3. approx: $x_4 = 7.40 \cdot 10^{-4}$

Er tallet ok? Sjekker ved å bruke massevirkningsloven og ser om beregnede konsentrasjoner gir K_{sp} :

$$[\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2 = x \cdot (2x - 0.0010)^2 = 7.40 \cdot 10^{-4} \cdot (2 \cdot 7.40 \cdot 10^{-4} - 0.0010)^2 = 1.70 \cdot 10^{-10} = K_{sp}$$

K_{sp} ok og konsentrasjonene er riktige. (Kunne eventuelt fortsette en/flere runder til inntil kontrollen gir K_{sp} .)

$$[\text{Ca}^{2+}] = 7.40 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{F}^-] = 2x - 0.0010 = 4.81 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

En annen mulighet er **Newtons metode** (trolig kjent fra Matematikk 1):

Vi ønsker å løse ligningen $f(x) = 0$, hvor $f(x) = x(2x - 0.0010)^2 - 1.69 \cdot 10^{-10}$. Da kan løsningen finnes ved iterasjonsformelen

$$x_{n+1} = x_n - f(x_n)/f'(x_n),$$

hvor $f'(x)$ er den deriverte av $f(x)$. Ved f.eks. å velge $x_0 = 0.001$ får man etter et par runder på kalkulatoren at $x_3 = 7.4 \cdot 10^{-4}$ som er samme svar som over.

OPPGAVE 3

- a) 6 L 0,1 M gir: $n = c \cdot V = 0,6 \text{ mol NaOH}$.
 0,6 mol NaOH tilsvarer: $m = n \cdot M = 0,6 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 24 \text{ g NaOH}$.

Løsningen inneholder 40 wt% NaOH. Massen til NaOH kan da uttrykkes som:

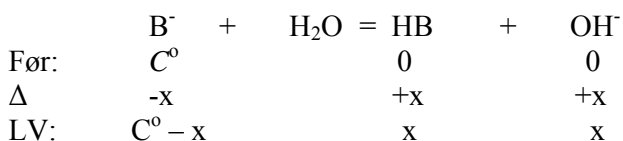
$$m_{\text{NaOH}} = \rho \times V \times 0,4$$

der ρ er tettheten til løsningen og V er volumet til løsningen

$$\Rightarrow V = \frac{m_{\text{NaOH}}}{\rho \cdot 0,4} = \frac{24 \text{ g}}{1,43 \text{ g/mL} \cdot 0,4} = 42 \text{ mL}$$

- b) $K_a = 10^{-4,20}$ for benzosyre
 Reaksjonen $\text{NaOH} + \text{HB} = \text{NaB} + \text{H}_2\text{O}$ tilsvarer $5 \times 10^{-3} \text{ mol NaB}$ løst i vann til $V = 150 \text{ mL}$ ved ekvivalenspunktet.

$$\Rightarrow C_B^0 = \frac{5 \times 10^{-3}}{0,150} = 0,0333 \text{ M}$$



$$K_b = \frac{x^2}{0,0333 - x} = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{10^{-4,20}} = 10^{-9,80}$$

$$\Rightarrow x = 2,3 \cdot 10^{-6} \Rightarrow C_{\text{OH}^-} = 2,3 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow \text{pOH} = 5,63 \Rightarrow \underline{\text{pH} = 8,4}$$

- c) SI, tabell 23 s.144 Omslag ved pH omlag 8,4

Kresolrødt og tymolblått.

- d) $M_{\text{HB}} = 122,1 \text{ g/mol}$ $m_{\text{HB}} = 0,500 \text{ g}$

$$\Rightarrow n_{\text{HB}} = \frac{m}{M} = \frac{0,500 \text{ g}}{122,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 4,095 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Vi får:

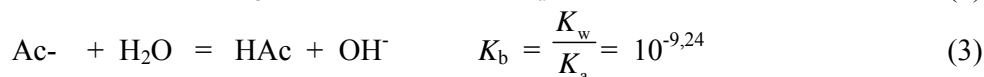
$$C_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V} = \frac{n_{\text{HB}}}{V} = \frac{4,095 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,03840 \text{ L}} = \underline{0,1066 \text{ M}}$$

OPPGAVE 4

I følge SI Chemical Data er $K_a = 10^{-4,76}$ for HAc. For en buffer kan vi skrive:

$$C_{\text{H}_3\text{O}^+} = \frac{C_{\text{HAc}}}{C_{\text{Ac}^-}} \cdot K_a = \frac{C_{\text{HAc}}^0}{C_{\text{Ac}^-}^0} \cdot K_a \quad (1)$$

Vi antar at $C_{\text{HAc}} = C_{\text{HAc}}^0$ og $C_{\text{Ac}^-} = C_{\text{Ac}^-}^0$ siden reaksjonene (2) og (3) nedenfor begge er sterkt forskjøvet mot venstre.



Vi blander x mL 0,1 M HAc og y mL 0,1 M NaAc.

$$\Rightarrow x + y = 100 \text{ mL} \quad (4)$$

Vi har at 1000 mL 0,1 M HAc tilsvarer 0,1 mol HAc.

$$\text{Dvs.} \quad x \text{ mL } 0,1 \text{ M HAc tilsvarer } \frac{x \cdot 0,1}{1000} = x \cdot 10^{-4} \text{ mol HAc}$$

$$y \text{ mL } 0,1 \text{ M Ac}^- \text{ tilsvarer } y \cdot 10^{-4} \text{ mol Ac}^-$$

Da bufferens volum er 100 mL er derfor

$$C_{\text{HAc}}^0 = \frac{x \cdot 10^{-4}}{0,100} \text{ M} \quad \text{og} \quad C_{\text{Ac}^-}^0 = \frac{y \cdot 10^{-4}}{0,100} \text{ M}$$

Setter vi inn dette i (1) samtidig som vi vet at bufferens pH skal være lik 5,30 som betyr at $C_{\text{H}_3\text{O}^+} = 10^{-5,30}$ og $K_a = 10^{-4,76}$, får vi:

$$10^{-5,30} = \frac{\frac{x \cdot 10^{-4}}{0,100}}{\frac{y \cdot 10^{-4}}{0,100}} \cdot 10^{-4,76} \Rightarrow \frac{x}{y} = \frac{10^{-5,30}}{10^{-4,76}} = 10^{-0,54} \quad (5)$$

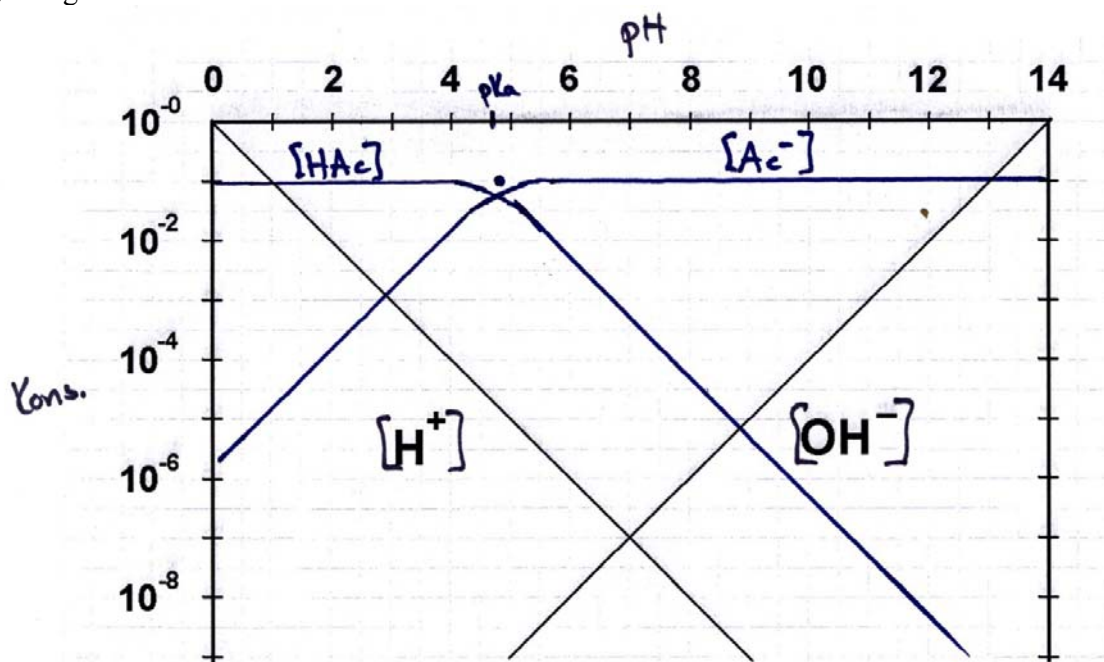
Kombinasjon av (4) og (5) gir: $\frac{x}{100 - x} = 10^{-0,54}$

$$\Rightarrow \underline{x = 22,4 \text{ mL}} \quad \underline{y = 77,6 \text{ mL}}$$

Vi må blande 22,4 mL 0,1 M HAc og 77,6 mL 0,1 M NaAc.

OPPGAVE 5

- a) $K_a = \frac{[H^+][Ac^-]}{[HAc]} \Rightarrow [Ac^-]/[HAc] = K_a/[H^+] = 10^{-4,76}/10^{-7,76} = 10^3$
(Husk: $10^a \times 10^b = 10^{a+b}$)
- b) $[HAc] \ll [Ac^-]$, slik at $[Ac^-] \approx ([Ac^-] + [HAc]) = 0,100 \text{ mol/L}$
 $\Rightarrow K_a = \frac{[H^+][Ac^-]}{[HAc]} \Rightarrow [HAc] = \frac{[H^+][Ac^-]}{K_a} = 10^{-7,76} \times 0,100 / 10^{-4,76} = 10^{-4}$
- c) $[Ac^-]$ er uendret mens $[HAc]$ minker med en faktor 10 for hver pH-enhet for $pH > 7$.
Det betyr at $\log [HAc]$ mot pH blir en rett linje med stigningstall -1 .
- d) $[HAc]/[Ac^-] = [H^+]/K_a = 10^{-1,76}/10^{-4,76} = 10^3$
- e) $[HAc]$ er uendret mens $[Ac^-]$ øker med en faktor 10 for hver pH-enhet for $pH < 2$. Det betyr at $\log [Ac^-]$ mot pH blir en rett linje med stigningstall $+1$.
- f) Diagrammet skal se ut som nedenfor.



- g) Fordi $HAc \rightarrow H^+ + Ac^-$, og vi får dermed dannet like mye av hver. Se krysningspunktet ved ca. $pH 2,9$, der $[H^+] = [Ac^-]$.
- h) Tilsetter sterk syre.
- i) Fordi $Ac^- + H_2O \rightarrow HAc + OH^-$, og vi får dermed dannet like mye HAc og OH^- . Se krysningspunktet ved ca. $pH 9$, der $[HAc] = [OH^-]$.
- j) Tilsetter sterk base.

k) $[\text{HAc}] = [\text{Ac}^-]$ der linjene krysser hverandre, ved $\text{pH} = \text{p}K_{\text{a}}$.