

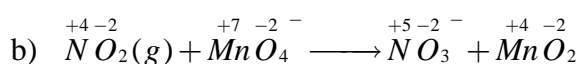


## TMT4110 KJEMI

### LØSNINGSFORSLAG TIL ØVING NR. 4, VÅR 2011

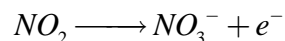
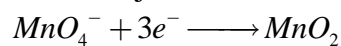
#### OPPGAVE 1

a)  $V = 250 \text{ mL}$ ,  $c = 0.150 \text{ M}$   
 $m_{\text{KMnO}_4} = n \cdot M = c \cdot V \cdot M = 0.150 \text{ M} \cdot 0.250 \text{ L} \cdot 158,0 \text{ g/mol} = 5.93 \text{ g}$

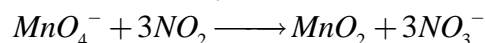


Ja, dette er en red-oks-reaksjon. Mn blir redusert (+7 til +4) mens N blir oksidert (+4 til +5)

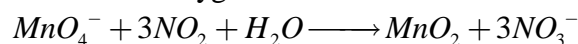
c) Halvreaksjoner:



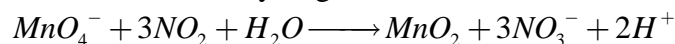
Legger sammen halvreaksjonene (ganger oksidasjonsreaksjonen med 3 for å få likt antall elektroner):



Balanserer oksygen med  $\text{H}_2\text{O}$ :



Balanserer tilslutt hydrogen med  $\text{H}^+$ :

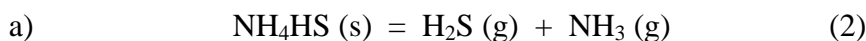


d)  $PV = nRT$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{2.36 \text{ atm} \cdot 0.200 \text{ L}}{0.08206 \text{ LatmK}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot (273,15 + 22,36) \text{ K}}$$

$$n = 1.95 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

## OPPGAVE 2



Likevekten gir  $n_{\text{H}_2\text{S}} = n_{\text{NH}_3}$ . Partialtrykkene  $P_{\text{H}_2\text{S}}$  og  $P_{\text{NH}_3}$  ved likevekt gis av Daltons lov.

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = x_{\text{H}_2\text{S}} \cdot P_t = \frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{n_{\text{H}_2\text{S}} + n_{\text{NH}_3}} \cdot P_t = \frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{n_{\text{H}_2\text{S}} + n_{\text{H}_2\text{S}}} \cdot P_t = \frac{1}{2} \cdot 0,750 = \underline{0,375 \text{ atm}}$$

$\uparrow \quad \uparrow$   
*molbrøk total-*  
*H<sub>2</sub>S trykk*

Da  $n_{\text{H}_2\text{S}} = n_{\text{NH}_3}$  må  $P_{\text{H}_2\text{S}} = P_{\text{NH}_3}$  siden  $V$  og  $T$  er konstant.  $\Rightarrow P_{\text{NH}_3} = \underline{0,375 \text{ atm}}$ .  
 Likevektskonstanten ved  $75^\circ\text{C}$  blir:

$$K = P_{\text{H}_2\text{S}} \cdot P_{\text{NH}_3} = 0,375^2 = \underline{0,141}$$

b) Totaltrykket  $P_t$  etter tilsats av  $\text{NH}_3 \text{ (g)}$  er  $P_t = 0,960$

$$): P_{\text{NH}_3} = 0,960 - P_{\text{H}_2\text{S}}$$

Innsettes  $P_{\text{NH}_3}$  og  $P_{\text{H}_2\text{S}}$  i likevektsuttrykket får vi

$$K = P_{\text{H}_2\text{S}} \cdot P_{\text{NH}_3} = P_{\text{H}_2\text{S}}(0,960 - P_{\text{H}_2\text{S}}) = 0,141$$

som gir  $P_{\text{H}_2\text{S}} = 0,779 \text{ atm}$  og  $P_{\text{H}_2\text{S}} = 0,181 \text{ atm}$ .

(NB: Konstant temperatur gir uforandret  $K$ !)

Ifølge Le Chateliers prinsipp er  $P_{\text{H}_2\text{S}} = 0,779 \text{ atm}$  umulig. Tilsettes  $\text{NH}_3 \text{ (g)}$  vil  $\text{NH}_3 \text{ (g)}$  reagere med  $\text{H}_2\text{S (g)}$  for å gjenopprette likevekt. Før  $\text{NH}_3 \text{ (g)}$  tilsettes, er  $P_{\text{H}_2\text{S}} = 0,375 \text{ atm}$ . Derfor vil vi vente at  $P_{\text{H}_2\text{S}} < 0,375 \text{ atm}$ .

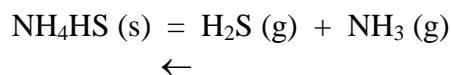
Den eneste mulige løsningen er at likevektstrykket  $P_{\text{H}_2\text{S}} = \underline{0,181 \text{ atm}}$

c) Antall mol  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $n_{\text{H}_2\text{S}}$ , før tilsats av  $\text{NH}_3 \text{ (g)}$  gis ved hjelp av den ideelle gasslov.

$$n_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{P_{\text{H}_2\text{S}} \cdot V}{RT} = \frac{0,375 \text{ atm} \cdot 100 \text{ L}}{0,08206 \text{ Latm / Kmol} \cdot 348,15 \text{ K}} = 1,31 \text{ mol}$$

Antall mol  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $n_{\text{H}_2\text{S}}$ , etter tilsats blir:

$$n_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{P_{\text{H}_2\text{S}} \cdot V}{RT} = \frac{0,181 \text{ atm} \cdot 100 \text{ L}}{0,08206 \text{ Latm / Kmol} \cdot 348,15 \text{ K}} = 0,633 \text{ mol}$$



Reduksjon i antall mol  $\text{H}_2\text{S}$  er lik økningen i antall mol  $\text{NH}_4\text{HS (s)}$ .

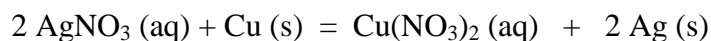
Økningen i mol  $\text{NH}_4\text{HS (s)}$ :  $n = (1,31 - 0,633) \text{ mol} = 0,68 \text{ mol}$

Økningen i vekt  $\text{NH}_4\text{HS (s)}$ :  $m = n \cdot M_{\text{NH}_4\text{HS}} = 0,68 \text{ mol} \cdot 51,1 \text{ g/mol} = \underline{34,7 \text{ g}}$

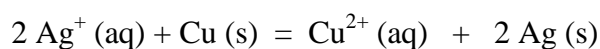
### OPPGAVE 3

I en brutto reaksjonslikning tar vi med hele den kjemiske formelen for de forbindelser eller grunnstoff som deltar i reaksjonen.

En netto reaksjonslikning inneholder kun de forbindelser som deltar i reaksjonen. For vandige løsninger med ioner blir derfor ioner som ikke deltar utelatt.



blir derfor netto reaksjonslikning:

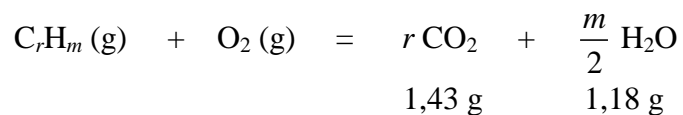


### OPPGAVE 4

Fra den ideelle gasslov følger at antall mol av den ukjente gass  $\text{C}_r\text{H}_m$  er:

$$n_{\text{C}_r\text{H}_m} = \frac{PV}{RT} = \frac{1,00 \text{ atm} \cdot 1,00 \text{ L}}{0,08206 \text{ LatmK}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 373,15 \text{ K}} = 0,0327 \text{ mol}$$

Vi kan skrive rx:



Vi kan skrive:

$$n_{\text{C}_r\text{H}_m} = n_{\text{CO}_2} \cdot MF = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot MF = 0,0327$$

$$n_{\text{C}_r\text{H}_m} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{1}{r} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{1}{m/2} = 0,0327$$

$$\Rightarrow \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{1}{r} = 0,0327 \quad \text{og} \quad \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{1}{m/2} = 0,0327$$

$$r = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2} \cdot 0,0327} = \frac{1,43 \text{ g}}{44,0 \text{ g/mol} \cdot 0,0327} = 1$$

$\Rightarrow$

$$m = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 2}{M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 0,0327} = \frac{1,18 \text{ g} \cdot 2}{18,0 \text{ g/mol} \cdot 0,0327} = 4$$

Den ukjente forbindelsen er  $\text{CH}_4$  (metan).

### OPPGAVE 5

- $\text{pH} = -\log\{[\text{H}^+]\} = 2$
- $\text{pH} = 12$
- $\text{pH} = (\text{ca.}) 7$ , NaCl påvirker pH lite (i praksis blir pH litt over 8).
- $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . En alternativ ligning er  $2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ . Men ligningene blir generelt enklere hvis man bruker  $\text{H}^+$  og ikke  $\text{H}_3\text{O}^+$ , derfor bruker alle kjemikere  $\text{H}^+$ , selv om  $\text{H}_3\text{O}^+$  formelt sett er riktigere.
- $\text{HAc} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Ac}^-$
- $K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]}$
- $10^{-4,76}$  (SI tabell 22;  $\text{pK}_a = 4,76$ )
- $10^{-3}$ ,  $10^4$ .
- $K_a = [\text{H}^+][\text{Ac}^-]/[\text{HAc}] = 10^{-4,76}$ ;  $[\text{Ac}^-]$  og  $[\text{HAc}]$  er oppgitt i oppgaven, og kan settes rett inn i formelen.  
 $[\text{H}^+] = K_a [\text{HAc}]/[\text{Ac}^-] = 10^{-4,76} \cdot 0,1/0,1 = 10^{-4,76} \Rightarrow \text{pH} = 4,76$ .  
 Svaret er uavhengig av konsentrasjonene, så lenge de to er like.

Kommentar: Noen av dere har lært å bruke ”bufferligningen” eller Hasselbach–Hendersons ligning for å regne ut pH i slike tilfeller. Ikke bruk slike ”lettevinte” løsninger. Dere kan løse alle pH-oppgaver med en enkelt ligning,

$$K_a = [\text{H}^+][\text{Ac}^-]/[\text{HAc}]$$

I denne ligningen er logikken helt klar. Bruker dere ”lettevinte” løsninger må hver av dem læres utenat, og det blir langt mer tungvint i lengden. For ikke å snakke om hvor lett det er å gjøre feil. I de utledede ligningene er ikke logikken så klar, og det gjør at

man lett kan få feil fortegn eller feil plassering av de ulike leddene i formelen uten å oppdage det selv.

- j) Når HAc spaltes, dannes det like mye  $H^+$  og  $Ac^-$ .

	HAc	$\rightarrow$	$H^+$	+	$Ac^-$
før	0,1 M		-		-
$\Delta$	-x		+x		+x
etter	0,1-x		x		x

$$K_a = \frac{[H^+][Ac^-]}{[HAc]} = \frac{x \cdot x}{0,1 - x} = 10^{-4,76}$$

$$x \ll 0,1 \Rightarrow 0,1 - x \approx 0,1$$

$$\frac{x^2}{0,1} = 10^{-4,76} \Rightarrow x = \sqrt{10^{-4,76} \cdot 0,1} = 1,318 \cdot 10^{-3}$$

$$pH = 2,88$$

- k) Konstanter er konstante, og påvirkes ikke av pH (bare av temperatur).

## OPPGAVE 6

- a) Vi har følgende likninger i systemet:

$$HAc_s + H_2O = H_3O^+ + Ac_s^- \quad K_a = \frac{C_{Ac_s^-} \cdot C_{H_3O^+}}{C_{HAc_s}} = 3,30 \times 10^{-4} \quad (1)$$

$$\text{Massebalanse } HAc_s: \quad C_{HAc_s}^0 = C_{HAc_s} + C_{Ac_s^-} \quad (2)$$

$$H_2O + H_2O = H_3O^+ + OH^- \quad C_{H_3O^+} \cdot C_{OH^-} = K_w = 10^{-14} \quad (3)$$

$$\text{Ladningsbalanse:} \quad C_{H_3O^+} = C_{OH^-} + C_{Ac_s^-} \quad (4)$$

Massebalansen for HAc<sub>s</sub> uttrykker at en del av syren i løsning er overført til Ac<sub>s</sub><sup>-</sup>, mens resten foreligger som HAc<sub>s</sub>. Siden atomer ikke kan oppstå eller forsvinne (loven om materiens konstans) må summen av konsentrasjonene av HAc<sub>s</sub> og Ac<sub>s</sub><sup>-</sup> (partikler som inneholder Ac<sub>s</sub>) være lik den totale konsentrasjon av syre. Likevekten for vannets selvionisering er gitt i likning (3). En vannløsning er alltid elektrisk nøytral. Det totale antall positive ladninger må være like stort som det totale antall negative ladninger. Dette er uttrykt i likning (4).

Det er meget brydsomt å løse dette likningsettet uten å gjøre noen forenklete antagelser. Approksimasjonene går ut på å neglisjere den minste addenden i en sum av to konsentrasjoner. Dette ser vi gjelder for likning (2) og (4).

Hvis vi først antar at protolysen av HAcs bidrar mer til  $C_{H_3O^+}$  enn vannets selvionisering får vi fra likning (4):  $C_{H_3O^+} \square C_{OH^-} \Rightarrow C_{H_3O^+} = C_{Acs^-}$ . Fra verdien på  $K_a$  ser vi at nevneren er ca. 3000 ganger større enn telleren. Vi antar derfor  $C_{HAcs} \square C_{Acs^-} \Rightarrow C_{HAcs} = C_{HAcs}^o$  som følger fra likning (2).

Vi bruker derfor følgende antagelser:

1.  $C_{H_3O^+} = C_{Acs^-}$
2.  $C_{HAcs} = C_{HAcs}^o$

Benytter disse antagelsene i likning (1) og får:

$$\frac{C_{H_3O^+}^2}{C_{HAcs}} = \frac{C_{H_3O^+}^2}{3,60 \times 10^{-3}} = 3,30 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow C_{H_3O^+} = 1,09 \times 10^{-3} \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{pH} = 2,96} \quad (\text{pH} = -\log C_{H_3O^+})$$

Sjekker antagelsene:

1.  $C_{H_3O^+} = C_{Acs^-}$  er OK da  $1,09 \times 10^{-3} \text{ M} \square \frac{10^{-14}}{9,38 \times 10^{-4}} \text{ M}$
2.  $C_{HAcs} = C_{HAcs}^o$  er ikke OK da  $1,09 \times 10^{-3} < 3,6 \times 10^{-3}$

Vanligvis regner man med at man kan neglisjere en addend som er mindre enn 5 % av svaret. I dette tilfellet er  $C_{Acs^-} > \frac{1}{20} C_{HAcs}$  i likning (2). Årsaken til at antagelse 2 ikke gikk her er at  $K_a$  og  $C_{HAcs}^o$  lå for nær hverandre i verdi. Når  $K_a > 10^{-3} \cdot C^o$  kan antagelse 2 som regel ikke brukes.

Vi benytter derfor bare antagelse 1.

1.  $C_{H_3O^+} = C_{Acs^-}$

Omformer likning (2) samtidig som man benytter antagelse 1 og får:

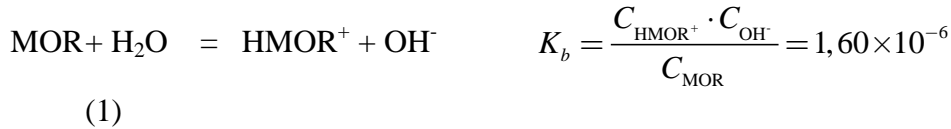
$$C_{HAcs} = C_{HAcs}^o - C_{H_3O^+} = 3,60 \times 10^{-3} - C_{H_3O^+}$$

Dette gir:

$$K_a = \frac{C_{\text{Acs}^-} \cdot C_{\text{H}_3\text{O}^+}}{C_{\text{HAcs}}} = \frac{C_{\text{H}_3\text{O}^+}^2}{C_{\text{HAcs}}^0 - C_{\text{H}_3\text{O}^+}} = \frac{C_{\text{H}_3\text{O}^+}^2}{3,60 \times 10^{-3} - C_{\text{H}_3\text{O}^+}} = 3,30 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow C_{\text{H}_3\text{O}^+} = 9,38 \times 10^{-4} \text{ M og } \underline{\text{pH} = 3,03}$$

b) Vi har følgende likninger i systemet.



$$\text{Massebalanse MOR:} \quad C_{\text{MOR}}^0 = C_{\text{MOR}} + C_{\text{HMOR}^+} \quad (2)$$

$$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \quad C_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot C_{\text{OH}^-} = K_w = 10^{-14} \quad (3)$$

$$\text{Ladningsbalanse:} \quad C_{\text{H}_3\text{O}^+} + C_{\text{HMOR}^+} = C_{\text{OH}^-} \quad (4)$$

Vi bruker samme argumentasjon som under a) og får følgende antagelser:

$$1. \quad C_{\text{OH}^-} \square C_{\text{H}_3\text{O}^+} \Rightarrow C_{\text{HMOR}^+} = C_{\text{OH}^-}$$

$$2. \quad C_{\text{MOR}} \square C_{\text{HMOR}^+} \Rightarrow C_{\text{MOR}} = C_{\text{MOR}}^0$$

$$\text{Dette gir:} \quad \frac{C_{\text{HMOR}^+} \cdot C_{\text{OH}^-}}{C_{\text{MOR}}} = \frac{C_{\text{OH}^-}^2}{C_{\text{MOR}}^0} = \frac{C_{\text{OH}^-}^2}{7,5 \times 10^{-3}} = 1,60 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow C_{\text{OH}^-} = 1,10 \times 10^{-4} \quad \text{pOH} = 3,96$$

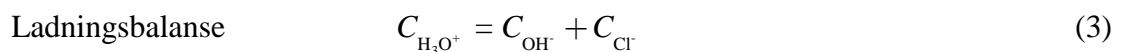
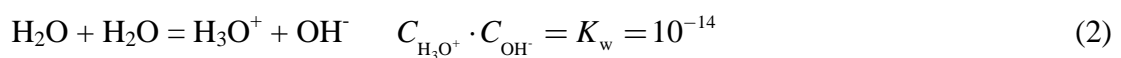
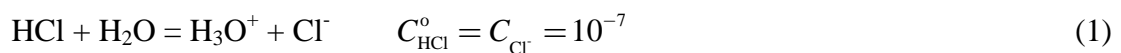
$$\underline{\text{pH} = 14,00 - \text{pOH} = 10,04}$$

Sjekker antagelsene:

$$1. \quad C_{\text{HMOR}^+} = C_{\text{OH}^-} \text{ er OK da } 1,10 \times 10^{-4} \square \frac{10^{-14}}{1,10 \times 10^{-4}}$$

$$2. \quad C_{\text{MOR}} = C_{\text{MOR}}^0 \text{ er OK da } 1,10 \times 10^{-4} \square 7,50 \times 10^{-3}$$

c) Ved å inkludere vannets selvionisering får vi følgende likninger:



Saltsyre er fullstendig dissosiert i vannløsning, og konsentrasjonen av  $\text{Cl}^-$  er lik totalkonsentrasjonen av  $\text{HCl}$ , likning (1).

Kombinerer vi (1) og (3) får vi:  $C_{\text{OH}^-} = C_{\text{H}_3\text{O}^+} - 10^{-7}$  og denne innsatt i (2) gir:

$$K_w = C_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot C_{\text{OH}^-} = C_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot (C_{\text{H}_3\text{O}^+} - 10^{-7}) = 10^{-14}$$

$$C_{\text{H}_3\text{O}^+}^2 - 10^{-7} C_{\text{H}_3\text{O}^+} - 10^{-14} = 0$$

$$\Rightarrow \underline{C_{\text{H}_3\text{O}^+} = 1,62 \times 10^{-7} \text{ M}}$$