

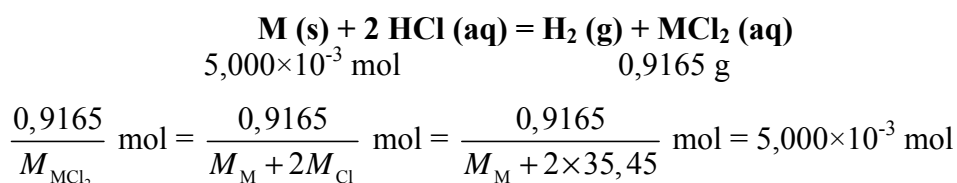


TMT4110 KJEMI

LØSNINGSFORSLAG TIL EKSAMEN AUGUST 2006

OPPGAVE 1

a)



$$M_{\text{M}} = 112,4 \text{ g mol}^{-1}$$

Atomvekten til metallet, $112,4 \text{ g mol}^{-1}$ stemmer med atomvekten av **Cd**.

b) – Molaritet: mol pr. liter løsning (mol L^{-1} eller M).

Molalitet: mol pr. kg løsningsmiddel. – Molbrøk: antall mol av en komponent i en blanding dividert med totalt antall mol i blandingen. – Vektprosent: antall gram av en komponent dividert med totalt antall gram i blandingen.

OPPGAVE 2

a) - pH defineres som den negative logaritmen til hydrogenionkonsentrasjonen: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$

- Tilsvarende defineres pK_a som den negative logaritmen til syrekonstanten.

- Ved ekvivalens: $V^{\circ} \text{syre} \times C^{\circ} \text{syre} = V^{\circ} \text{base} \times C^{\circ} \text{base}$

$^{\circ}$ angir volum og konsentrasjon før sammenblanding.

$$C_{\text{syre}}^{\circ} = \frac{C_{\text{base}}^{\circ} \times V_{\text{base}}^{\circ}}{V_{\text{syre}}^{\circ}} = \frac{0,1 \text{ mol L}^{-1} \times 15,0 \text{ ml}}{25,0 \text{ mL}} = 0,06 \text{ mol L}^{-1}$$

- Størrelser uten $^{\circ}$ angir volum og konsentrasjon av tilsatt base. Det må tilsettes x mL av $0,100 \text{ M NaOH}$ for at pH skal bli 2,0.

$$\frac{C_{\text{syre}}^{\circ} \times V_{\text{syre}}^{\circ} - C_{\text{base}} \times V_{\text{base}}}{V_{\text{syre}}^{\circ} + V_{\text{base}}} = 10^{-2,0}$$

$$\frac{0,06 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 25,0 \text{ mL} - 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} x \text{ mL}}{(25,0 + x) \text{ mL}} = \frac{1,5 - 0,1x}{25,0 + x} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 10^{-2,0}$$

$$1,5 - 0,1x = (25,0 + x)10^{-2,0}$$

$$1,5 - 0,25 = 0,01x + 0,1x = 0,11x$$

$$x = 11,4 \text{ mL}$$

Det må tilsettes 11,4 mL base

b) K_a for $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$ er likevektskonstanten for dissosiasjon av syren $6,5 \times 10^{-5}$.



Fordi $K_a = K_w / K_b$ kan vi finne K_a for $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$ fra K_b for dens korresponderende base $(\text{CH}_3)_3\text{N}$.

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{6,5 \times 10^{-5}} = 1,5 \times 10^{-10}$$

K_a for HCN er $10^{-9,21} = 6,2 \times 10^{-10}$.

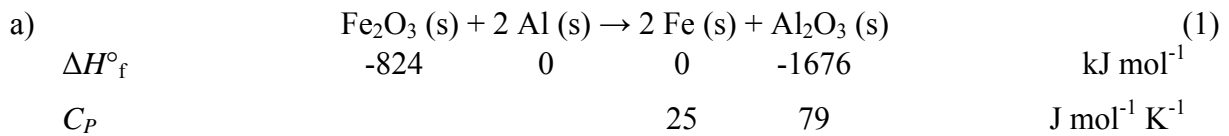
K_b for CN^- er likevektskonstanten for baseprotolysereaksjonen



Fordi $K_b = K_w / K_a$ kan vi finne K_b for CN^- fra K_a for dens korresponderende syre HCN:

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{6,2 \times 10^{-10}} = 1,61 \times 10^{-5}$$

OPPGAVE 3

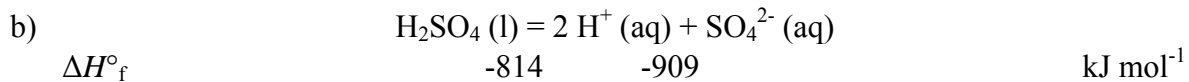


1 mol: $\Delta H^\circ_r = -1676 - 824 = 852 \text{ kJ}$ **Det utvikles 852 kJ varme**

Kalorimeterligningen: $q = C_p \times \Delta T$

$$\Delta T = \frac{q}{C_p} = \frac{852000 \text{ J}}{(25 \times 2 + 79) \text{ J K}^{-1}} = \frac{852000 \text{ J}}{129 \text{ J K}^{-1}} = 6605 \text{ K}$$

$$T = 6605 + 298 \approx \mathbf{6903 \text{ K}}$$



Obs! Dannelsesentalpien til $\text{H}^+ (\text{aq})$ er konvensjonsmessig satt lik 0.

$$\Delta H^\circ_r = -909 + 814 = \mathbf{-95 \text{ kJ}}$$

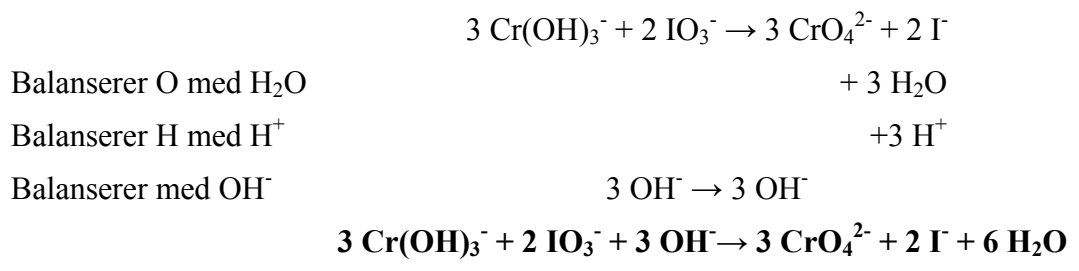
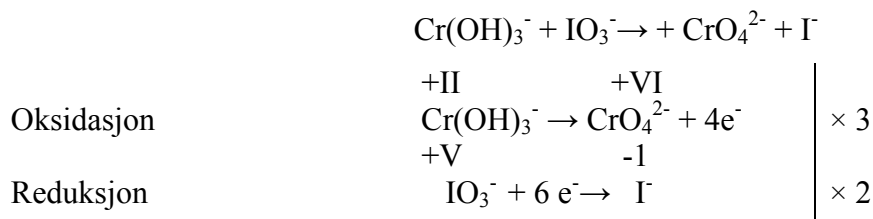
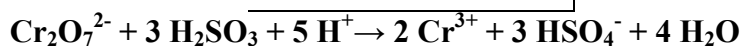
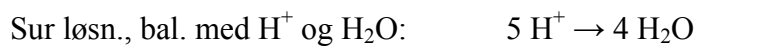
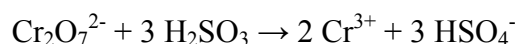
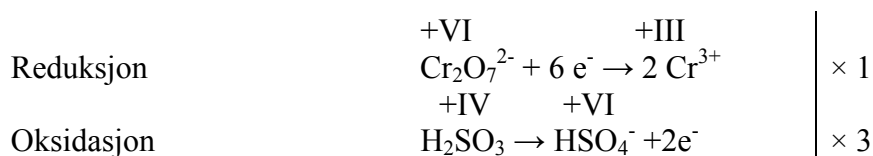
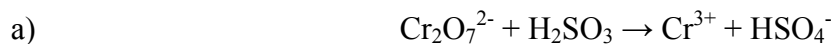
Løsningen inneholder 1 mol svovelsyre og 1 liter vann, som kan regnes som 1000 g vann.

1000 g vann omregnet til mol blir $\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 55,5 \text{ mol}$. I alt blir det 1 mol svovelsyre og 55,5 mol vann..

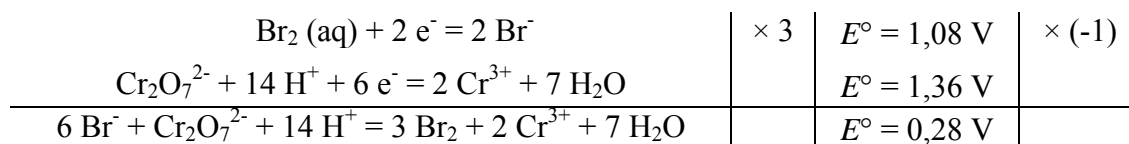
$$\Delta T = \frac{q}{C_p} = \frac{95000 \text{ J}}{75 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \times (1 + 55,5) \text{ mol}} = \mathbf{23 \text{ K}}$$

$$T = 273 + 23 = \mathbf{296 \text{ K} = 23 \text{ }^\circ\text{C}}$$

OPPGAVE 4



b) De nødvendige data finnes i tabell 21 i SICD



Standard reduksjonspotensialet er 0,28 V

$$\log K = \frac{nE^\circ}{0,0592\text{ V}} = \frac{6 \times 0,28\text{ V}}{0,0592\text{ V}} = 28,4 \quad K = 2,39 \times 10^{28} \text{ ved } 25^\circ\text{C}$$

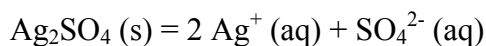
OPPGAVE 5



Før: (løselighet: $s\text{ mol L}^{-1}$) 0 0

Ved likevekt: 2s s

$$K_{\text{sp}} = 1,5 \times 10^{-5} = [\text{Ag}^+]^2[\text{SO}_4^{2-}] = (2s)^2 \times s = 4s^3 \quad s = 1,55 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

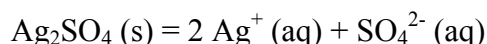


Før: (løselighet: $s\text{ mol L}^{-1}$) 0,10 M 0

Ved likevekt: 0,10+2s s

$$K_{sp} = 1,5 \times 10^{-5} = (0,10+2s)^2 \times s \approx (0,10)^2 \times s \quad s = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

Vi antok at $2s \ll 0,10$. OK.

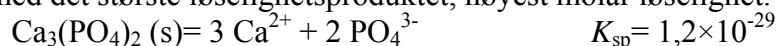


Før: (løselighet: $s \text{ mol L}^{-1}$) 0 0,20 M

Ved likevekt: $2s$ $0,20+s$

$$K_{sp} = 1,5 \times 10^{-5} = (2s)^2 \times (0,20+s) \approx 4s^2 \times 0,20 \quad s = 4,3 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

- b) Dersom antall ioner i de to saltene er like, kan løselighetsproduktene sammenlignes direkte. 1:1-elektrolytter kan sammenlignes innbyrdes, 2:1-elektrolytter kan sammenlignes innbyrdes. Da har saltet med det største løselighetsproduktet, høyest molar løselighet.



Før: (løselighet: $s \text{ mol L}^{-1}$) 0 0

Ved likevekt: $3s$ $2s$

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}]^3 \times [\text{PO}_4^{3-}]^2 = (3s)^3 (2s)^2 = 108 s^5; \quad s^5 = 1,2 \times 10^{-29} / 108 \quad s = 6,4 \times 10^{-7} \text{ M}$$



Før: (løselighet: $s \text{ mol L}^{-1}$) 0 0

Ved likevekt: s s

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{3+}] \times [\text{PO}_4^{3-}] = (s)(s) = s^2 = 4 \times 10^{-27} \quad s = 6,3 \times 10^{-14} \text{ M}$$

FePO_4 har lavest løselighet.

Løseligheten av BaF_2 var ikke oppgitt i SICD, og dette spørsmålet måtte derfor gå ut.

OPPGAVE 6

a)	$\text{C}_2\text{H}_6 (\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_4 (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g})$			
ΔH°_f	- 84	52	0	kJ mol^{-1}
ΔG°_f	- 32	68	0	kJ mol^{-1}
ΔS°	230	220	131	kJ mol^{-1}
$\Delta H^\circ_r = 52 - (-84) = 136 \text{ kJ}$	$\Delta G^\circ_r = 68 - (-32) = 100 \text{ kJ}$			

Reaksjonen er endoterm ($\Delta H^\circ_r > 0$).

Av den grunn vil reaksjonen forskyves mot høyre ved økende temperatur.
(Likevektskonstanten øker med økende temperatur.)

$$\text{b) } \Delta G^\circ = -RT \ln K \quad K = e^{-\frac{\Delta G^\circ}{RT}} = e^{-\frac{100000}{8,314 \times 298}} = 2,95 \times 10^{-18}$$

$$\Delta S^\circ_r = 220 + 131 - 230 = 121 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

Ved $T = 727^\circ\text{C} = 1000 \text{ K}$ er

$$\Delta G^\circ_T = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = 136000 - (727+273) \times 121 = 15000 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$K_{727^\circ\text{C}} = e^{-\frac{\Delta G^\circ}{RT}} = e^{-\frac{15000}{8,314 \times 1000}} = 0,16$$

Alternativt kan man bruke ligningen

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

Momenter som begrunner antagelsen at ΔH og ΔS kan ansees uavhengig av temperaturen, er:

ΔH for en reaksjon ved temperatur høyere enn 25 °C beregnes ved en kretsprosess der varmekapasiteten C_P for reaktanter og produkter inngår. Siden de samme atomer befinner seg blant reaktantene som blant produktene, er det nærliggende å anta at varmekapasiteten ikke endrer seg mye, $\Delta C_P \approx 0$. Samme resonnement kan gjøres for ΔS .

$\Delta G^\circ(298 \text{ K})$ kan ikke brukes ved høyere temperaturer. Av ligningen $\Delta G^\circ_T = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$ ser vi at ΔG° er en temperaturfunksjon.

OPPGAVE 7

a) - 2. ordens reaksjon har hastighetslov: $\text{Hastighet} = -\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2$

Den differensielle hastighetsligning:

$$-\frac{d[A]}{dt} = \frac{d[B]}{dt} = \frac{d[C]}{dt} = k[A]^2$$

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2 \quad \text{Setter } [A] = C \quad \text{Dette gir}$$

$$\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d[A]}{[A]^2} = -\int_0^t k dt \quad \frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt \quad \frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$$

- Aktiviseringsenergien kan reduseres ved hjelp av en katalysator.

- Eksempel.

b) Vi har $[A] = \frac{[A]_0}{2} \quad \frac{2}{[A]_0} - \frac{1}{[A]_0} = kt \quad t = \frac{1}{[A]_0 k}$

$$t = \frac{1}{[A]_0 k} = \frac{1}{3,20 \times 1,10 \times 10^{-2}} = 28,4 \text{ s}$$

Det tar 28,4 s å halvere begynnelsekonsentrasjonen til reaktant A

Bestemmer først hastighetskonstanten k_2 ved 40 °C.

$$k_2 = \frac{1}{[A]_0 t} = \frac{1}{3,20 \times 12} = 2,60 \times 10^{-2} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right)^{-1} \text{s}^{-1}$$

Aktiveringsenergien E_a bestemmes av:

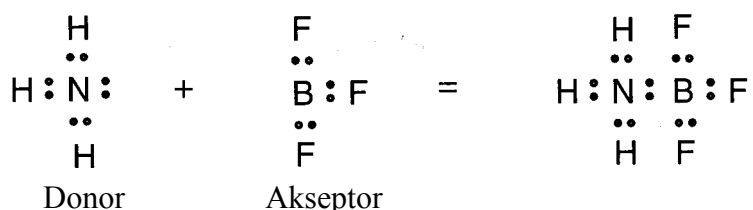
$$\ln \frac{k_2}{k_1} = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad \ln \frac{2,60 \times 10^{-2}}{1,10 \times 10^{-2}} = -\frac{E_a}{8,314 \times 10^{-3}} \left(\frac{1}{273+40} - \frac{1}{273+25} \right)$$

$$E_a = 44,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

OPPGAVE 8

a) Oktettregelen sier at atomene i 2. og 3. periode søker å oppnå 8 elektroner (edelgasskonfigurasjon) i ytterste skall.

Lewisstrukturen til NH_3 og BF_3 er vist nedenfor. NH_3 tilfredsstiller oktetregelen, mens BF_3 gjør det ikke fordi bor har ikke nok elektroner.



Ved at NH_3 deler sitt frie elektronpar med BF_3 vil både N og B tilfredsstille oktettregelen. Lewisstrukturen for 4 molekyler.

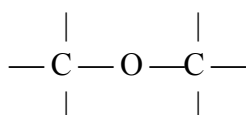
- b) Elektronparene i sentralatomets valensskall søker størst mulig avstand mellom hverandre. Ikke-bindende elektronpar opptar større plass enn bindende. Dette gjør bindingsvinkelen mellom bindende par mindre enn den ideelle vinkel. Elektronstrukturen til H_2O er tetraedrisk. To ikke-bindende elektronpar. Molekylet har V-form. Bindingsvinkelen er mindre enn $109,5^\circ$ (tetraedervinkelen). I BrF_3 er sentralatomet omgitt av 5 elektronpar. Dette gir en trigonal bipyramidal struktur der 2 av 5 elektronpar er ikke-bindende. (Det viser seg at de ikke-bindende elektronparene ligger i "ekvatorialplanet". Molekylet får dermed en T-form.)

OPPGAVE 9

- a) Elektronegativitet er et atoms evne til å trekke til seg elektroner. Stor forskjell i elektronegativitet mellom atomer i en forbindelse tilsier polar binding (ionebinding). Liten forskjell tilsier ikke-polar binding (kovalent binding). Van der Waalske bindinger er et fellesnavn for bindinger mellom molekyler i en gass.
- b) Na(s) – metallbinding. LiF(s) – ionebinding. CO_2 – kovalent binding i molekyler, van der Waals-krefter mellom molekyler. HCl(l) – kovalente bindinger i molekyler, hydrogenbindinger mellom molekyler. SiO_2 – tredimensjonal nettverkstruktur, Silisium tetraedrisk omgitt av 4 oksygen. - **Hydrogenbinding m/eksempler**

OPPGAVE 10

- a) – Primære, sekundære og tertiære alkoholer. Enverdige, toverdige osv. alkoholer.
– Eter. Funksjonell gruppe



– Fremstilles ved dehydratisering av alkohol.

- b) – 2,2-dimetylpropan, propanal, 2-klorpropansyre