

Eksamen våren 2025. TMT4110

Oppgave 1

a) Airbag

I de første generasjonene airbager var det natriumazid (NaN_3) som dekomponerer for å fylle airbagen med gass hvis en kollisjon oppstod.

i) Skriv reaksjonsligning for dekomponeringa. Husk aggregattilstander. Anta romtemperatur.

ii) Hvis airbagen har et volum på 80 liter, hvor mye NaN_3 (i mol) må man ha tilgjengelig dersom man må oppnå et trykk i airbagen på 1,35 bar og 85 % av stoffet blir omdannet i reaksjonen. Anta ideell gass og 25 °C.

iii) Diskuter kort et problem du kan se for deg med natriumazid utfra dekomponeringsreaksjonen.

I den senere tida er natriumazid byttet ut med andre kjemikalier, blant annet for å øke andel gass utviklet pr gram stoff i airbagen. Nå brukes for eksempel guanidiniumnitrat istedet og nettoreaksjonen er:



Guanidinium nitrate

iv) Hvor mye av dette stoffet (i mol) trengs for å oppnå samme trykket i airbagen som over (volum 80 L og 1,35 bar). Anta 100% konverteringsgrad. Anta videre ideelle gasser.

Løsning: 1 + 4 + 1 + 4 poeng.

i) $2 \text{NaN}_3(\text{s}) = 2\text{Na}(\text{s}) + 3\text{N}_2(\text{g})$

-0.5 hvis feil i aggregattilstand

ii)

$$T = 298\text{K}, p = 1.35 \text{ bar} = 135000 \text{ Pa}, V = 80\text{L} = 0.080 \text{ m}^3$$

Bruker IG lov:

$$n_{\text{N}_2} = \frac{pV}{RT} = \frac{135000 \text{ Pa} \cdot 0.080 \text{ m}^3}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298\text{K}} = 4.36 \text{ mol}$$

Fra reaksjons-støkiometrien: $2\text{mol NaN}_3 \rightarrow 3 \text{mol N}_2$. Ved 100% omdanning: $\frac{n_{\text{N}_2}}{3} \cdot 2 = n_{\text{NaN}_3} = 2.91 \text{ mol}$

Vi korrigerer for 85% utbytte, så vi får da: 3.41 mol.

Oppgaven gir 4 poeng. 1 for riktig bruk av IG, 1 for å regne rx-støkiometrien riktig, 1 for å korrigere for utbytte, og 1 for riktig svar. Vei feil bruk av enhet, så trekkes 2 poeng. Ingen trekk dersom støkiometrien er feil i oppgave 1).

iii) Na-metall dannes, og det er veldig reaktivt med feks vann. Samt at det var flytende. Det ble tilsatt andre kjemikalier for å fjerne dette metallet.



Sodium azide



iv)

Samme som i oppgave ii). Vi må her dele på 5, da det er vann bidrar til gass-volumet. Med 100% omdanning, så ender vi med 0.872 mol salt.

Oppgaven gir 4 poeng. Her får man 2 poeng for å innse at vann bidrar til gass-volumet. 1 poeng for sette opp riktig uttrykk for å regne, og 1 poeng for å finne riktig svar. -2 poeng for manglende enheter.

b) Ammoniakkfontene

Se vedlagte video. Rundkolben dere ser er på forhånd fylt med ammoniakk-gass og i begeret under er det rent vann med noen dråper fenoltalein.

Forklar utfra det du har lært i kjemien:

- i) hvorfor vannet trekkes inn i kolben og lager en fontene, og
- ii) hvorfor vannet farges rosa.

Løsning: 3 + 2 poeng

i) Ammoniakk løses i vannet når rundkolben snus og fasene kommer i kontakt med hverandre. Da skapes det et undertrykk i kolben og mer vann suges opp. Enda mer ammoniakk vil løses og enda mer vann vil suges opp. Dette fortsetter til det ikke er mer ammoniakk å løse opp.

Her må det forklares at ammoniakk løses, og at dette da skaper et undertrykk. Det må her være med at ammoniakk er (lett)løselig i vann.

ii) Vannet farges rosa fordi ammoniakk er en base og når gassen løses i vannet blir pH ganske høy. Fenoltalein er rosa i basisk område og vil da gi vannet denne rosafargen.

Her må det nevnes at NH_3 gir en base, og løsningen får en høy pH av den grunn.

c) Ski-VM og bruk av salt

Under ski-VM i Granåsen i vinter ble noen av skiløypene saltet før enkelte av rennene. Gi en kort kjemisk forklaring på hvorfor salt brukes til dette (dvs. saltenes egenskaper og hva det fører til i skisporet). Det skal ikke gjøres beregninger i denne oppgaven.

Løsning: 3 poeng

Må innom: Salter hvor oppløsningen er en endoterm prosess (feks ammoniumnitrat), evt inntom frysepunktsdepresjon og vann-is-faseovergangen som er endoterm (feks ved bruk av NaCl). Dvs det kjøler ned omgivelsene (skisporene). Da fryser det øverste laget i sporene og de blir fastere,

og forholdene blir bedre, mer stabile og det forhindres at det dannes våt sørpe. Det er viktig dersom det feks er meldt mildvær som kan ødelegge sporene.

Dersom det regner vil det ikke fryse fast, men istedet blir det mye slush (dvs løsere spor, motsatt av ønsket effekt).

Sensurveiledning: Svaret må være vitenskapelig. Krever ikke at de kjenner til hvilke salter som brukes.

d) Element i)

Grunnstoffet X danner eksplosive blandinger med halogengass og oksyngengass. Det er i seg selv ikke giftig, men inngår i svært mange giftige forbindelser. Finnes i tre naturlige isotoper hvorav den ene er radioaktiv og en annen er brukt i atomkraftverk. Kan danne ionene X^+ og X^- . Oksidet har et mye høyere kokepunkt enn sulfidet, noe som forklares med spesielle bindinger mellom molekylene.

Hvilket grunnstoff er X? Skriv inn riktig kjemisk formel.

Grunnstoffet er:

Løsning: 2 poeng

H

e) Element ii)

Den viktigste bruken av grunnstoffet X er i stållegeringer da det gir stålet en helt spesiell egenskap. Forbindelsene med dette grunnstoffet er oftest fargede, blant annet gir det opphav til fargen i Norges nasjonalstein. Det rene grunnstoffet fås fra reduksjon med C. XO_4^- er et kraftig oksidasjonsmiddel.

Hvilket grunnstoff er X? Skriv inn riktig kjemisk formel.

Grunnstoffet er:

Løsning: 2 poeng

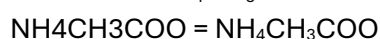
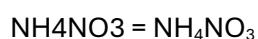
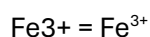
Mn

Oppgave 2

a) Syre- og baseegenskaper

Vil løsninger av følgende forbindelser være sure, nøytrale eller basiske? Kryss av for de som passer sammen.

Det gis 1,5p for hvert riktig, -0,5p for feil svar og 0p for ubesvart. Maks 7,5 poeng og minimum 0 poeng.



Finn de som passer sammen:

| | Basisk | Nøytralt | Surt |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| NH ₄ CH ₃ COO(aq) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| NaI(aq) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fe ³⁺ (aq) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| KOCl(aq) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| NH ₄ NO ₃ (aq) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Løsning: 7.5 poeng

Pga. problem med at studenter ikke kunne velge å trekke svaret for et stoff hvis de først trykket på en av alternativene for det stoffet blir det likevel ikke minus for feil svar. Kun 1.5p for hvert rett svar, 0p for ikke svart eller feil svar.

| | Basisk | Nøytralt | Surt |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| NH ₄ CH ₃ COO(aq) | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| NaI(aq) | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fe ³⁺ (aq) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| KOCl(aq) | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| NH ₄ NO ₃ (aq) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |

b) Fullt løselig eller ikke?

Er Fe(OH)₃ fullt løselig i rent vann ved 25 °C når pH = 7 og [Fe³⁺] = 10⁻⁵ mol/L? Begrunn svaret.

Løsning: 3 poeng

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{3+}] [\text{OH}^-]^3 = 2 \times 10^{-39}; \text{pH} = 7 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ M} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ M}$$

$$\Rightarrow [\text{Fe}^{3+}] = K_{sp} / [\text{OH}^-]^3 = 2 \times 10^{-39} / (10^{-7})^3 = 2 \times 10^{-39} / 10^{-21} = 2 \times 10^{-18} \text{ M.}$$

Dvs.: likevektsskonsentrasjonen av [Fe³⁺] er mye mindre enn 10⁻⁵ mol/L. Fe(OH)₃ vil derfor felles ut ved de angitte betingelsene, og stoffet er ikke fullt løselig.

Sensurveiledning: 1 poeng for K_{sp} med rett sammenheng med ioneproduktene, dvs. også å få med eksponenten til hydroksidion og 1 poeng for rett utregning og 1 poeng for konklusjon.

c) Løselighet; SCN

Hva er løseligheten av Fe(OH)₃(s) i en vandig løsning som inneholder 0,010 M SCN⁻ (aq) (tiocyanat) ved 25 °C og pH = 7?

Løsning: 5 poeng

Vi har følgende reaksjoner som skjer med tilhørende likevektskonstant:



Det er kun en reaksjon i dannelsesreaksjonen av kompleksjonen og denne likevektskonstanten blir da $K_f = 10^{3,02}$

Denne oppgaven kan løses på to ulike måter, men det viktigste er å se at ettersom pH er konstant så må Fe^{3+} -konsentrasjonen i løsningen også være konstant. Den blir det samme som i oppgave b) over $[\text{Fe}^{3+}] = 2 \cdot 10^{-18} \text{ M}$

Løselighet av $\text{Fe}(\text{OH})_3$ får vi ved å legge sammen konsentrasjonen av alle jernkomponentene i løsning. Det vil si det vi får fra løselighetsproduktet og det vi får fra komplekseringen.

Fra komplekseringsreaksjonen:

$$K_f = \frac{[[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}]}{[\text{SCN}^{-}] \cdot [\text{Fe}^{3+}]}$$

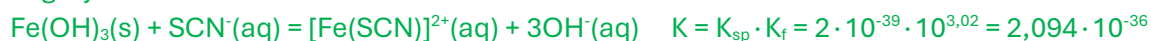
$$[[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}] = K_f \cdot [\text{SCN}^{-}] \cdot [\text{Fe}^{3+}] = 10^{3,02} \cdot 0,01 \cdot 2,0 \cdot 10^{-18} = 2,094 \cdot 10^{-17}$$

Her har vi antatt at mengde SCN^{-} er uendret (dvs. $0,010 - [[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}] \approx 0,01$), som er en god antakelse her.

Videre så ser vi at vi ikke kan ignorere jern(III)hydroksid som går til $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ ($2 \cdot 10^{-18} \text{ mol L}^{-1}$). Vi må derfor legge sammen disse to og får en løselighet for $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$:

$$l \approx [\text{Fe}^{3+}] + [[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}] = 2,0 \cdot 10^{-18} + 2,094 \cdot 10^{-17} = 2,294 \cdot 10^{-17} = 2,3 \cdot 10^{-17} \text{ mol L}^{-1}$$

Alternativt for de som slår sammen de to reaksjonene og antar at $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ -konsentrasjonen er neglisjerbar:



Fra reaksjonen så ser vi at dersom vi finner konsentrasjonen av $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}(\text{aq})$ så vil det tilsvare hvor mye $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$ som går i løsning. Vi antar at konsentrasjonen av Fe^{3+} er neglisjerbar basert på likevektskonstanten for dannelsesreaksjonen (NB! Denne er ikke veldig stor her dersom man multipliserer med konsentrasjon av SCN^{-}).

Likevektskonstanten for den samlede reaksjonen blir da:

$$K = \frac{[[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}] \cdot [\text{OH}^{-}]^3}{[\text{SCN}^{-}]}$$

$$l \approx [[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}] = \frac{K \cdot [\text{SCN}^{-}]}{[\text{OH}^{-}]^3} = \frac{2,094 \cdot 10^{-36} \cdot 0,010}{(10^{-7})^3} = 2,094 \cdot 10^{-17} \text{ mol L}^{-1}$$

Vi ser at vi får den samme verdien som tidligere. Dette er fordi det står oppgitt at $\text{pH} = 7$ og dermed en fast konsentrasjon av $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$. Vi kunne satt opp SEL-diagram og beregnet det samme.

Sensurveiledning: 1 poeng for kompleksreaksjonen med K_f . 1 poeng for å sette opp K_{sp} og reaksjonen. 1 poeng for å se at konsentrasjonene må legges sammen og 2 poeng for rett utregning. Max 4 poeng for å slå sammen reaksjonene og anta at jern(III)-ion-konsentrasjonen er neglisjerbar og rett utregning.

Oppgave 3

a) *Varme ved forbrenning av gasser*

i) Hvor mye varme utvikles når 2 mol hydrogengass forbrenner med nødvendig støkiometrisk mengde av oksygen (trykket er konstant 1 bar)? Anta at produktet dannes som gass.

ii) Hvor varmt vil produktet bli hvis man antar at 50% av varmen forsvinner til omgivelsene? Starttemperaturen antas å være 25 °C og at produktet dannes som gass.

Løsning: 5 poeng

i) $O_2(g) + 2 H_2(g) \Rightarrow 2 H_2O (g)$. ΔH° for reaksjonen = 2 mol (-242 kJ/mol) - 0 - 0 = - 484 kJ. Varmeutviklingen blir da - $\Delta H^\circ = 484$ kJ.

Her gir vi 1 poeng for riktig rx-likning, 1 poeng for å bestemme H. Merk -0.5 poeng dersom feil fortegn. -2 poeng for manglende enheter.

ii) $C = Q/T \Rightarrow T = Q/C = (484,000 \text{ J/mol}) / (2 \times 34 \text{ J/K} \times \text{mol}) \times 0,50 = 3550 \text{ K}$. Dette er temperaturstigningen, slik at det må legges til 298 K for starttemperaturen. $T \approx 3850 \text{ K} \approx 3600 \text{ }^\circ\text{C}$ (Merk: Det er bare vannet som blir varmet opp, oksygenet og hydrogenet er brukt opp.) Her gir vi 1 poeng for å sette opp riktig uttrykk, 1 poeng for å bestemme riktig temperaturstigning, og 1 poeng for å finne totalt riktig svar. -2 poeng for manglende enheter.

Oppgave 4

a) *Kalkstein*

i) Beregn likevektskonstanten ved 25°C for reaksjonen der kalkstein (*kalsiumkarbonat*) spaltes til karbondioksid og kalsiumoksid.

ii) Hvor høy må temperaturen være for at reaksjonen skal skje spontant når luften har 300 volum-ppm CO_2 (*ppm = milliontedeler*)?

Løsning: 6 poeng

i) Rx: $CaCO_3 (s) \rightarrow CaO (s) + CO_2 (g)$. $G^\circ = 132 \text{ kJ/mol}$. $G^\circ = - RT \ln K$ þ $K = 7,3 \times 10^{-24}$

| Ved 25 °C | $CaCO_3(s)$ | $CaO(s)$ | $CO_2(g)$ |
|---|-------------|----------|-----------|
| $\Delta H_f^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$ | -1207 | -635 | -394 |

| | | | |
|---|-------|------|------|
| $\Delta G_f^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$ | -1129 | -603 | -394 |
| $S^\circ / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$ | 93 | 38 | 214 |

$$\Delta G^\circ(\text{reaksjon}) = (-603 - 394 - 1129) \text{ kJ mol}^{-1} = 132 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Ved likevekt, $\Delta G(\text{reaksjon}) = 0$ får vi sammenhengen:

$$\Delta G^\circ(\text{reaksjon}) = -RT \ln K$$

$$K = \exp \frac{\Delta G^\circ}{RT} = \exp \frac{132000}{8,314 \cdot 298,15} = 7,27 \cdot 10^{-24}$$

Likevektskonstant fra $\Delta G^\circ(\text{reaksjon}) = \Delta H^\circ(\text{reaksjon}) - T \Delta S^\circ(\text{reaksjon}) = 130,6 \text{ kJ mol}^{-1}$.

$$K = 1,32 \cdot 10^{-23}$$

Svært liten likevektskonstant betyr at reaksjonen er sterkt forskjøvet mot reaktanter.

Sensurveiledning: 1 poeng for reaksjon. 1 poeng for å finne riktig $\Delta G^\circ(\text{reaksjon})$. 1 poeng for å sette opp sammenhengen med likevektskonstanten (0.5 p trekk om det benyttes ΔG) og rett utregning, helst med kommentar.

ii) 300 volumppm CO_2 betyr $300 \cdot 10^{-6}$ bar, dersom atmosfæretrykket settes lik 1 bar. Her godtas både 1 bar og 1 atm som totaltrykket. For 1 atm blir $P(\text{CO}_2)$ lik $300 \cdot 10^{-6} \text{ atm} = 303,9 \cdot 10^{-6} \text{ bar}$

For at reaksjonen skal skje spontant må $\Delta G < 0$. Vi finner temperaturen for $\Delta G=0$: (Husk at vi ikke kan bruke $\Delta G^\circ(\text{reaksjon})$ for 298 K, og må beregne ny for den aktuelle temperaturen. Vi antar derimot at $\Delta H^\circ(\text{reaksjon})$ og $\Delta S^\circ(\text{reaksjon})$ ikke endrer seg i temperaturområdet.

Ved likevekt ($\Delta G=0$) har vi:

$$\Delta G^\circ(\text{reaksjon}) = \Delta H^\circ(\text{reaksjon}) - T \cdot \Delta S^\circ(\text{reaksjon}) = -RT \ln K$$

$$T(\Delta S^\circ(\text{reaksjon}) - R \ln K) = \Delta H^\circ(\text{reaksjon})$$

$$T = \Delta H^\circ(\text{reaksjon}) / (\Delta S^\circ(\text{reaksjon}) - R \ln K)$$

Vi finner $\Delta H^\circ(\text{reaksjon})$ og $\Delta S^\circ(\text{reaksjon})$ fra de termodynamiske dataene i tabellen under i)

$$\Delta H^\circ(\text{reaksjon}) = (-635 - 394 - 1207) \text{ kJ mol}^{-1} = 178 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta S^\circ(\text{reaksjon}) = (38 + 214 - 93) \text{ J K}^{-1} \text{mol}^{-1} = 159 \text{ J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$$

Likevektskonstanten kan også uttrykkes ved hjelp av likevektsaktivitetene. Dersom vi antar at aktiviteten til faste stoffer er en, så reduseres likevektskonstant til $K = P(\text{CO}_2)/P^\circ$, hvor P° er referansetrykket lik 1 bar og $P(\text{CO}_2)$ er partialtrykket til CO_2 i bar.

Vi setter inn og regner ut temperaturen:

$$(P(\text{total}) = 1 \text{ bar})$$

$$T = 178000 / (159 - 8,314 \cdot \ln(300 \cdot 10^{-6})) \text{ K} = 786 \text{ K}$$

(P(total) = 1 atm)

$$T = 178000 / (159 - 8,314 \cdot \ln(303,9 \cdot 10^{-6})) \text{ K} = 786 \text{ K}$$

Samme svar uavhengig av om totaltrykket er 1 bar eller 1 atm.

(Tabellen angir at CaCO_3 spaltes ved 899 °C.)

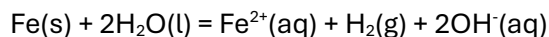
Sensurveiledning: 1 poeng for å forstå at vi må bruke $\Delta H^0(\text{reaksjon})$ og $\Delta S^0(\text{reaksjon})$ i uttrykket for $\Delta G^0(\text{reaksjon})$ ved den nye temperaturen. 1p for å finne $\Delta H^0(\text{reaksjon})$ og $\Delta S^0(\text{reaksjon})$ og 1 poeng for å regne ut temperaturen rett. 0.5 poeng om $\Delta G^0(\text{reaksjon})$ for romtemperatur benyttes med kommentar om at temperaturen hvor $\Delta G(\text{reaksjon}) < 0$ må bestemmes. 0.5 poeng om likevektsuttrykket er med.

Oppgave 5

a) Jernkorrosjon i meromiktisk innsjø

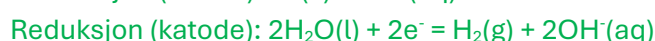
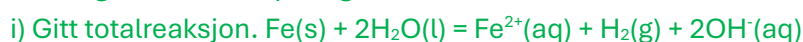
Rørholtfjorden, som er en del av innsjøen Toke i nærheten av Kragerø, er en meromiktisk innsjø. Det vil si at vannet på bunnen er oksygenfattig og har høyt saltinnhold. Hvert år blir det kastet en del jernskrap i innsjøen av uforståelige grunner. På grunn av det oksygenfattige miljøet foreligger oppløst jern som $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$. Det er mistanke om hydrogengassproduksjon som følge av jernskrapet og du er bedt om å ta en vurdering.

Vi antar at det er følgende reaksjon som skjer på metallskrapet:



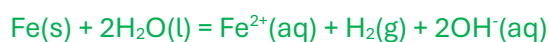
- i) Skriv oksidasjons- (anode) og reduksjonsreaksjonen (katode)
- ii) Hva er standard cellepotensial for reaksjonen slik den står for 25 °C?
- iii) Hva er standard cellepotensial for reaksjonen ved 5 °C?
- iv) Finn likevektskonstanten for cellereaksjonen ved 5 °C.

Løsning: 2 + 4 + 3 + 3 poeng



Sensurveiledning: 2 poeng. 1 poeng for hver reaksjon.

ii) Vi kan finne standard cellepotensial fra termodynamiske data. Eventuelt finne halvreaksjonene for jern i SI.



| | Fe(s) | H ₂ O(l) | Fe ²⁺ (aq) | H ₂ (g) | OH ⁻ (aq) |
|--|-------|---------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| $\Delta H_f^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$ | 0 | -286 | -89 | 0 | -230 |
| $\Delta G_f^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$ | 0 | -237 | -79 | 0 | -157 |
| $S^\circ / \text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ | 27 | 70 | -138 | 131 | -11 |

$$\Delta H^\circ(\text{reaksjon}) = -89 + 0 + 2 \cdot (-230) - (0 + (-2 \cdot 286)) \text{ kJ mol}^{-1} = 23 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta G^\circ(\text{reaksjon}) = -79 + 0 + 2 \cdot (-157) - (0 + (-2 \cdot 237)) \text{ kJ mol}^{-1} = 81 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta S^\circ(\text{reaksjon}) = -138 + 131 + 2 \cdot (-11) - (27 + 2 \cdot 70) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = -196 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

Alternativt:

$$\Delta G^\circ(\text{reaksjon}) = \Delta H^\circ(\text{reaksjon}) - T\Delta S^\circ(\text{reaksjon})$$

$$\Delta G^\circ(\text{reaksjon}) = 23 \text{ kJ mol}^{-1} - 298.15 \cdot (-196) \text{ J mol}^{-1} = 81.4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E^\circ = -\Delta G^\circ(\text{reaksjon})/zF$$

$z = 2$ og vi får:

$$E^\circ = -81000/(2 \cdot 96485) \text{ V} = -0,420 \text{ V}$$

$$E^\circ = -81437/(2 \cdot 96485) \text{ V} = -0,422 \text{ V}$$

Alternativt: $E^\circ(\text{celle})$ fra SI-CD. $E^\circ(\text{katode}) - E^\circ(\text{anode}) = -0,83 \text{ V} - (-0,44 \text{ V}) = -0,39 \text{ V}$

Sensurveiledning:

4 poeng. 2 poeng for rette termodynamiske data. 1 poeng for sammenheng mellom potensial og Gibbs energiendring og 1 poeng for rett utregnet.

2 poeng for å finne rette E° -verdier og 2 poeng for å regne rett ut.

Begge svar godkjennes på denne oppgaven.

iii) Her må vi benytte entalpi- og entropiendringen for reaksjonen og beregne nytt standard cellepotensial:

$$\Delta G^\circ(\text{reaksjon}, T = 278.15 \text{ K}) = \Delta H^\circ(\text{reaksjon}) - T\Delta S^\circ(\text{reaksjon})$$

$$\Delta G^\circ(\text{reaksjon}, T = 278.15 \text{ K}) = 23000 \text{ J mol}^{-1} - 278,15 \text{ K} \cdot (-196) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta G^\circ(\text{reaksjon}, T = 278.15 \text{ K}) = 77517 \text{ J mol}^{-1}$$

$$E^\circ = -77517/(2 \cdot 96485) \text{ V} = -0,402 \text{ V}$$

Sensurveiledning:

3 poeng. 2 poeng for å regne ΔG° fra entalpi- og entropiendring med rett temperatur. 1 poeng for rett utregnet.

iv) Likevektskonstanten kan beregnes fra sammenhengen:

$$E^0 = -\frac{\Delta G^0}{zF} = \frac{RT \ln K}{zF}$$

$$K = \exp\left(\frac{zFE^0}{RT}\right) = \exp\left(\frac{2 \cdot 96485 \cdot (-0,402)}{8,314 \cdot 278,15}\right) = 2,7 \cdot 10^{-15}$$

Likevekten er sterkt forskjøvet mot jernmetall og vann.

Sensurveiledning: 3 poeng. 2 poeng for sammenheng med likevektskonstant. 1 poeng for rett utregnet. Følgefeil telles ikke.

5b) Jernkorrosjon i meromiktisk innsjø forts

Fortsettelse fra 5a.

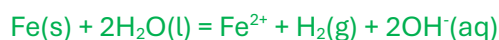
Dersom du ikke fikk til oppgave iii) i 5a) kan du anta at standard cellepotensial ved 5 °C er -0.40 V. Dersom du ikke fikk til oppgave iv) i 5a) kan du anta en likevektskonstant på $2,0 \cdot 10^{-15}$.

Ved 100 meters dyp i innsjøen måles en pH på 6,50 og temperatur på 5 °C. Jerninnholdet i vannet (løst jern) måles til 0.500 gram per liter. Anta at alt løst jern foreligger som $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$. Trykket som hydrogengass vil dannes på ved denne dybden kan antas å være 11 bar. Anta at aktivitet til vann og faste stoffer er 1.

i) Hva er cellepotensialet for reaksjonen ved 5 °C ved de gitte betingelsene? Vil hydrogen kunne dannes ved disse betingelsene?

ii) Anta at pH er det eneste som endrer seg. Ved hvilken pH oppnås likevekt for reaksjonen i nederste del (100 m) av innsjøen?

Løsning: 9 + 4 poeng



i) For totalreaksjonen over får vi ved å bruke Nernst ligning og standard potensial fra b) ved 5°C:

$$E = E^0 - \frac{RT}{zF} \ln\left(\frac{a_{\text{Fe}^{2+}} a_{\text{H}_2} a_{\text{OH}^-}^2}{a_{\text{Fe}} a_{\text{H}_2\text{O}}^2}\right)$$

Nå må vi ta hensyn til konsentrasjoner og trykk til reaktanter og produkter. Vi antar at vann og faste stoffer har aktivitet lik 1. Hydrogentrykket ved denne dybden (100 m) er 11 bar. Oppløst jern er oppgitt til 0.500 g L^{-1} , som blir $[\text{Fe}^{2+}] = 0.500 \text{ g L}^{-1} / 55.85 \text{ g mol}^{-1} = 8.953 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$. pH ved samme dybde er målt til å være 6,50. Om vi antar en $K_w = 10^{-14}$ vil pOH være 7,50 og $[\text{OH}^-] = 3,162 \cdot 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$.

Ettersom vi ikke er ved 25 °C må vi finne ny K_w ved 5 °C. I tabell 43 står 0 og 10. En lineær approksimasjon godtas som fullverdig løsning her. Dvs. K_w ved 5 °C blir ca.: $0,114 + (0,292 - 0,114)/2 = 0,203 \cdot 10^{-14}$. $\text{p}K_w = 14,69$. Da blir $[\text{OH}^-]$ lik $6,457 \cdot 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$.

Den beste måten er å finne K_w fra ΔH^0 og ΔS^0 for vannets egenprotolyse:



| Ved 25 °C | H ₂ O(l) | H ⁺ (aq) | OH ⁻ (aq) |
|---|---------------------|---------------------|----------------------|
| ΔH ⁰ / kJ mol ⁻¹ | -286 | 0 | -230 |
| ΔS ⁰ / J K ⁻¹ mol ⁻¹ | 70 | 0 | -11 |

$$\Delta H^0(\text{reaksjon}) = -230 + 0 - (-286) \text{ kJ mol}^{-1} = 56 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta S^0(\text{reaksjon}) = 0 + (-11) - 70 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = -81 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

Ved 5 °C får vi da:

$$\Delta G^0(\text{reaksjon}) = \Delta H^0(\text{reaksjon}) - T\Delta S^0(\text{reaksjon})$$

$$= 56000 - 278,15 \cdot (-81) \text{ J mol}^{-1} = 78,53 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$K = \exp\left(-\frac{\Delta G^0}{RT}\right) = \exp\left(-\frac{78530}{8,314 \cdot 278,15}\right) = 1,787 \cdot 10^{-15}$$

$$pK_w = -\log(K_w) = 14,75$$

$$p\text{OH} = 14,75 - 6,50 = 8,25$$

Da blir [OH⁻] lik 5,623 · 10⁻⁹ mol L⁻¹.

Vi kan nå sette inn i Nernst ligning og regne ut cellepotensialet med 5 °C:

For K_w=10⁻¹⁴:

$$E = -0,402 \text{ V} - \frac{8,314 \cdot 278,15}{2 \cdot 96485} \text{ V} \cdot \ln(8,953 \cdot 10^{-3} \cdot 11 \cdot (3,162 \cdot 10^{-8})^2)$$

$$E = -0,402 \text{ V} - \frac{8,314 \cdot 278,15}{2 \cdot 96485} \text{ V} \cdot (-36,86) = -0,402 \text{ V} + 0,442 \text{ V} = 0,040 \text{ V}$$

For K_w=1,787 · 10⁻¹⁵:

$$E = -0,402 \text{ V} - \frac{8,314 \cdot 278,15}{2 \cdot 96485} \text{ V} \cdot \ln(8,953 \cdot 10^{-3} \cdot 11 \cdot (5,623 \cdot 10^{-9})^2)$$

$$E = -0,402 \text{ V} - \frac{8,314 \cdot 278,15}{2 \cdot 96485} \text{ V} \cdot (-40,31) = -0,402 \text{ V} + 0,483 \text{ V} = \mathbf{0,081 \text{ V}}$$

Cellepotensialet er positivt, det betyr at reaksjonen er spontan slik den står.

Sensurveiledning: 9 poeng. 2 poeng for å sette opp rett Nernst-uttrykk. 1 poeng for rett jernkonsentrasjon, 1 poeng for pH (sammenheng med K_w, og uavhengig av om rett K_w er beregnet), 3 poeng for å finne K_w ved 5 grader (enten ved interpolasjon eller fra termodynamiske data). 1 poeng for rett utregning og 1 poeng for kommentar om reaksjonen er spontan eller ikke.

ii) Ved likevekt er cellepotensialet lik 0.

$$E = E^0 - \frac{RT}{zF} \ln\left(\frac{a_{\text{Fe}^{2+}} a_{\text{H}_2} a_{\text{OH}^-}^2}{a_{\text{Fe}} a_{\text{H}_2\text{O}}^2}\right) = 0$$

$$E = -0,402 \text{ V} - \frac{RT}{zF} (\ln(a_{\text{Fe}^{2+}}) + \ln(a_{\text{H}_2}) + 2\ln(a_{\text{OH}^-})) \text{ V} = 0$$

$$E^0 = \frac{RT}{zF} \ln \left(\frac{a_{\text{Fe}^{2+}} a_{\text{H}_2} a_{\text{OH}^-}^2}{a_{\text{Fe}} a_{\text{H}_2\text{O}}^2} \right)$$

$$K = \exp \left(\frac{zFE^0}{RT} \right) = \left(\frac{a_{\text{Fe}^{2+}} a_{\text{H}_2} a_{\text{OH}^-}^2}{a_{\text{Fe}} a_{\text{H}_2\text{O}}^2} \right) = \left(\frac{8,953 \cdot 10^{-3} \cdot 11 \cdot a_{\text{OH}^-}^2}{1} \right)$$

$$K = \exp \left(\frac{2 \cdot 96485 \cdot (-0,402)}{8,314 \cdot 278,15} \right) = 2,70 \cdot 10^{-15} = 0,0985 \cdot a_{\text{OH}^-}^2$$

$$a_{\text{OH}^-} = \sqrt{\frac{2,70 \cdot 10^{-15}}{0,0985}} = 1,66 \cdot 10^{-7}$$

$$a_{\text{H}^+} = \frac{K_w}{a_{\text{OH}^-}} = \frac{1,787 \cdot 10^{-15}}{1,66 \cdot 10^{-7}} = 1,08 \cdot 10^{-8}$$

$$pH = 7,97$$

evt.:

$$pOH = -\log(1,66 \cdot 10^{-7}) = 6,78$$

$$pH = 14,75 - 6,78 = 7,97$$

Følgefeil om $K_w = 10^{-14}$ benyttes:

$$pH = 14 - 6,78 = 7,22$$

(evt. 7.25 om 8.314, -0.40, 278, 8,9526e-3 og 96485 brukes)

Sensurveiledning: 4 poeng. 1 poeng for Nernst. 1 poeng for å sette inn rette aktiviteter og 2 poeng for rett utregning.

Oppgave 6

c) Polymerisering

Hva må man gjøre med en termoplast for å omdanne den til en herdeplast, for eksempel ved vulkanisering av gummi?

Løsning: 3 poeng

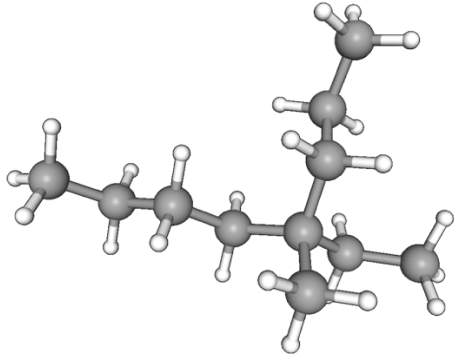
Man må lage kryssbindinger. Vulkanisering av naturgummi lager kryssbindinger.

1 for bindinger, 3 totalt for kryssbindinger.

Har gitt 1p eller 2p for bindinger (2 hvis det er tydelig at de snakker om kryssbindinger uten å nevne det ordet, 1 hvis det er dårligere forklart om bindingene f.eks at de sier at det dannes flere bindinger men jeg kan ikke forstå hvordan disse bindingene ser ut)

b) Navnsetting

Velg det riktige (IUPAC-) navnet for følgende hydrokarbonforbindelse:



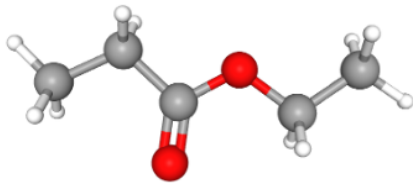
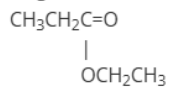
Velg ett alternativ:

- 5-metyl-5-etyloktan
- 5-metyl-5-propylheptan
- 4-etyl-4-metyloktan
- 3-metyl-3-propyloktan
- 3-metyl-3-propylheptan

Løsning: 2 poeng
4-etyl-4-metyloktan

b) Klassifisering

Følgende forbindelse klassifiseres som:



Velg ett alternativ:

- aldehyd
- ester
- keton
- karboksylsyre
- amin

Løsning: 2 poeng
Ester

Oppgave 7 (TMT4110)

a) Blanding av faste stoffer

En ukjent prøve med en pulverblanding inneholder en eller flere av følgende faste stoffer:



Du skal, på grunnlag av opplysningene under, angi hvilke av stoffene som er tilstede, hvilke som ikke kan være tilstede og hvilke vi ikke kan si noe sikkert om:

- i. Det sees tydelig at prøven er heterogen og inneholder stoffer med ulike farger; rødt og gråaktig.
- ii. Litt av prøven ble tilsatt vann. Prøven lot seg ikke løse fullstendig, men vannet fikk en lyserød farge. Vannet ble videre skilt fra det uløste faste stoffet og tilsatt litt kloridioner. Da ble løsningen knall blå.

- iii. Det faste stoffet som var igjen etter testene i ii) ble tilsatt iskald HCl og det begynte å bruse. Da brusingen ga seg var det et ensfarget, rødt stoff igjen.

Stoff:

Pb₃O₄ :

Co(NO₃)₂ :

Mg :

PbCrO₄ :

(Oppgave b) er å vise hvordan du kom fram til svaret)

Løsning: 0,5 poeng på hver. 2 poeng til sammen

Stoff:

Pb₃O₄ : (Tilstede, Ikke tilstede, Kan ikke si)

Co(NO₃)₂ : (Tilstede, Ikke tilstede, Kan ikke si)

Mg : (Tilstede, Ikke tilstede, Kan ikke si)

PbCrO₄ : (Tilstede, Ikke tilstede, Kan ikke si)

b) Blanding av faste stoffer - b)

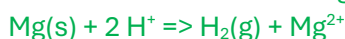
Forklar til slutt hvordan du resonerte for å komme fram til svarene i a) og skriv reaksjonsligninger.

Løsning: 8 poeng

Fra i) utelukkes PbCrO₄ fordi dette er et gult stoff og prøven beskrives som en heterogen blanding av rødt og sølvfarget fast stoff. Samtidig får vi vite at det minst er to stoffer tilstede. Både Co(NO₃)₂ og Pb₃O₄ er røde faste stoffer, mens Mg er sølvfarget.

Fra ii) får vi vite at noe av stoffet er løselig i vann og gir rød løsning. Dette er da Co(NO₃)₂ som er lett løselig og som løses til ioner. Co²⁺ (eller egentlig Co(H₂O)₆²⁺) gir rød farge på løsningen, og siden det er det eneste stoffet som er løselig så må det være dette som er til stede. Dette bekreftes av den videre reaksjonen med Cl⁻ til koboltkloridkomplekset (som er knall-blått): Co²⁺ + 4 Cl⁻ => CoCl₄²⁻. Overgangsmetaller har lett for å kompleksere og gi sterke farger. Pb og Mg regnes ikke som overgangsmetaller.

Fra iii) får vi at det er en gassutvikling ved tilsats av syre og at den sølvfargede fasen forsvinner. Dette bekrefter at det er Mg til stede ihht. reaksjonen:



I tabell 16 står Pb₃O₄ som uløselig i vann. Stoffet er i praksis også uløselig i syre, men kan løses til en viss grad i noen syrer, feks VARM HCl. Her er det spesifisert kald syre, og derfor antas at ingenting løses), og det ensfargede røde bunnfallet som ligger igjen er Pb₃O₄.

Oppsummert (= svar i a):

| Stoff | Tilstede | Ikke tilstede | Kan ikke si |
|-----------------------------------|----------|---------------|-------------|
| Pb ₃ O ₄ | X | | |
| Co(NO ₃) ₂ | X | | |
| Mg | X | | |
| PbCrO ₄ | | X | |

Sensurveiledning: Vurder fargene til de faste stoffene og utelukke PbCrO₄ som er gult (1p), påpeke at Mg er sølv (1p) og Co(NO₃)₂ og Pb₃O₄ er rødt(1p). Vurder oppløsning og konkludere at Co(NO₃)₂ løses og gir sterke farger som følge av kompleksring (2p). Reaksjon med kald syre som gir hydrogengass og konkludere med Mg (2p). Ensfariget rødt bunnfall må være Pb₃O₄ da Co(NO₃)₂ er lettløselig (1p).

Kan klare å konkludere riktig uten å diskutere alt som står ovenfor (f.eks. farge Mg er ikke nødvendig for å vite at Mg er til stede, og motsatt), og gir da 2p pr stoff.

c) Titrering

I en laboratorieøvelse har du en 0,200 M benzenkarboksylsyreløsning (benzoic acid, C₆H₅COOH) som titreres med 0,200 M NaOH-løsning.

i) Hva er pH ved det korrekte titrerendepunktet (ekvivalenspunktet)?

ii) Foreslå en egnet indikator. Begrunn valget ditt.

Løsning: 6 + 1,5 poeng

i) Ved titreringens ekvivalenspunkt har vi forbrukt all benzenkarboksylsyreløsning og fått den korresponderende basen. La oss anta at vi i utgangspunktet har 0,1 L løsning. Da vil 0,020 mol av syren reagere med 0,020 mol av NaOH og danna 0,020 mol av korresponderende base. Ettersom vi må titrere likt volum (lik konsentrasjon) vil konsentrasjonen av korresponderende base bli halvparten; dvs. 0,100 M.

Vi kan nå sette opp et SEL diagram:

| | | | | |
|---|---|---|-----|---|
| | Korr. Base + H ₂ O = benzenkarboksylsyre + OH ⁻ | | | |
| S | 0,100 M | - | 0 | 0 (antar vannets egenprotolyse neglisjeres) |
| E | 0,100 - x | | +x | +x |
| L | (0,100 - x)M | | x M | x M |

Setter opp likevektsuttrykket:

$$K_b = K_w/K_a = [C_6H_5COOH] \cdot [OH^-] / [C_6H_5COO^-] = x \cdot x / (0,100 - x)$$

Antar at $x \ll 0,100$ og finner K_a for syren i SI: $K_a = 10^{-4,20}$

K_w ved 298 K er 10^{-14} .

$$x = [(10^{-14}/10^{-4,20}) \cdot 0,10]^{0,5} = 3,98 \cdot 10^{-6}$$

Denne er mye mindre enn 0,100 så antakelsen er ok.

$$\text{pOH} = -\log(3,98 \cdot 10^{-6}) = 5,40$$

$$\text{pH} = 14 - 5,40 = 8,60$$

Ettersom $\text{pH} > 8$, er antakelsen om å neglisjere bidraget fra vannets egenprotolyse ok.

ii) Indikatorforslag kan være flere. Her må det velges en indikator som har pKa i området for ekvivalenspunktet. Fenolftalein med $\text{pKa} = 9,6$ er mulig. Også Tymolblått med $\text{pKa} 8,9$.

Sensorveiledning:

i) 2 poeng for å forstå at volum ikke er nødvendig og regne rett konsentrasjon. 1 poeng for SEL-diagram. 1 poeng for likevektskonstant. 1 poeng for å finne K_a (evt. K_b). 1 poeng for rett utregning av pH .

ii) 1.5 poeng for å finne en egnet indikator. Må begrunnes utfra omslagsområdet eller pKa -verdien for indikatoren.

d) *Titring*

Gi en kort forklaring på hvorfor det er viktig med CO_2 -fritt vann når man utfører slike titreranalyser som beskrevet i forrige oppgave.

Løsning: 2 poeng

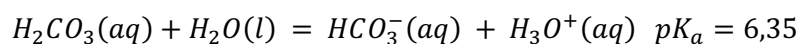
CO_2 løst i vannet vil påvirke en syre-base-likevekt og gi feil i titreringsreaksjonen. Man må bruke mer base enn hva man egentlig trenger da noe av basen går med til å nøytralisere karbonsyra (fra CO_2).

Sensurveiledning: så lenge det nevnes at CO_2 er syre gis 2 poeng (må ikke nevne overtitrering for fullt poeng).

Oppgave 7 (TMT4101/TMT4106)

a)

En viktig buffer i vannsystemer er karbonsyre–bikarbonat-bufferen. Dette buffersystemet regulerer pH ved at karbondioksid (CO_2) løses i vann og danner karbonsyre (H_2CO_3), som deretter delvis dissosierer til bikarbonat (HCO_3^-). Den følgende bufferlikevekten etableres:



I et kontrollert vannsystem måles konsentrasjonen av karbonsyre til 0,0025M og bikarbonat til 0,025M.

- i) Beregn pH i det kontrollerte vannsystemet (dvs. Bufferen) ved å anta at dette er den eneste bufferen i systemet.

2.75 poeng for riktig svar. Dersom svaret er feil så kan det vurderes fra innlevert ark.

Her kan man få inntil 1.75 poeng for å sette opp likningen på riktig måte, og 1 poeng til for å finne riktig svar. pH skal oppgis med 2 desimaler, og dette må være riktig for full uttelling her.

$$\text{I såfall: Buffer: } pH = pK_a + \log_{10} \frac{[A^-]}{[HA]} = 6.35 + \log \frac{0.025}{0.0025} = 7.35$$

- ii) Beregn ny pH dersom det tilsettes 25.0 mL 0.0050 M HCl til 100 mL av det kontrollerte vannsystemet.

2.75 poeng for riktig svar. Dersom svaret er feil så kan det vurderes fra innlevert ark.

Her må konsentrasjonene endres, og vi antar fullstendig dissosiasjon:

$$[H^+] = 0.005M \cdot \frac{0.025L}{0.125L} = 0.001 M$$

$$[A^-] = 0.025M \cdot \frac{0.100L}{0.125L} = 0.020 M$$

$$[HA] = 0.0025M \cdot \frac{0.100L}{0.125L} = 0.002 M$$



| | Før nøytralisering (M) | Under | Etter nøytralisering (M) |
|-------------------|------------------------|---------|--------------------------|
| [HA] | 0,002 | + 0,001 | 0,003 |
| [A ⁻] | 0,020 | - 0,001 | 0,019 |
| [H ⁺] | 0,001 | - 0,001 | 0 |

Den nye likevekten gir følgende konsentrasjoner og pH:

$$pH = pK_a + \log_{10} \frac{[A^-]}{[HA]} = 6.35 + \log_{10} \frac{0.019}{0.003} = 7.15$$

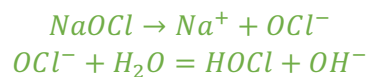
Igjen så kan man få inntil 1.75 poeng for å sette opp likningen riktig, og 1 poeng for å finne riktig pH.

- b) Flervalgsoppgave. Her kan man få et poeng for rett, og -0.75 poeng for feil svar. Oppgaven skal ikke rettes på papir.
- c) Se for deg at du jobber som ingeniør med ansvar for vedlikehold og hygiene i et teknisk anlegg. En desinfiserende løsning med 0.25 M natriumhypokloritt (NaOCl) skal klargjøres for rengjøring av rør og tanker. Siden NaOCl potensielt kan påvirke materialet er det viktig å bestemme pH til løsningen for å sikre effektiv desinfeksjon uten å forårsake korrosjon eller skade på utstyr og omgivelser.
Skriv svaret ditt her, bruk to desimaler i svaret:
pH verdien i ei løysing av 0,25 M natriumhypokloritt (NaOCl) er 10.46

Her skal fremgangsmåten leveres på papir, og rettes for å vurdere om svaret er rimelig.

Om arket ikke er levert, så kan studentene få 1 poeng for å bestemme riktig pH-verdi. Dette må legges inn manuelt.

Oppgaven gir totalt 6 poeng. Her gis det 2 poeng for å sette opp riktig balanse-likninger: 1 for dissosiasjonen, og 1 for reaksjonen med vann. 2 poeng for å bestemme uttrykket for likevekt og riktig Ka og Kb verdier (evt. pKa og pKb). 2 poeng for å bestemme pOH og pH riktig. Oppgaven krever ikke pOH, men det vil vanligvis være lettest å gå via den.



$$\text{pKa}(\text{HOCl}) = 7.53$$

$$\text{pKb}(\text{OCl}^-) = 14 - 7.53 = 6.47 \rightarrow \text{Kb} = 10^{-6.47} = 3.39\text{e-}7$$

$$\text{Likevekt: } K_b = \frac{[\text{HOCl}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{OCl}^-]}$$

| Komponent (molaritet) | Start | Endring | Likevekt |
|--------------------------|-------|---------|-----------------------------------|
| OCl- | 0,25 | -x | 0,25 - x ≈ 0,25 (antar x << 0,25) |
| HOCl | 0 | +x | x |
| OH- | 0 | +x | x |

Løser:

$$K_b = \frac{x^2}{0.25} \Rightarrow x^2 = 8.48 \cdot 10^{-8} \Rightarrow x = 2.91 \cdot 10^{-4}$$

$x \ll 0.25$ Antakelse OK!

$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= x = 2.91 \cdot 10^{-4} \\ \text{pOH} &= -\log_{10} 2.91 \cdot 10^{-4} = 3.54 \end{aligned}$$

$$\text{pH} = 14.00 - 3.54 = 10.46$$

d) Oppgaven blir automatisk rettet. 3 poeng pr. Riktig svar. Ingen trekk for feil svar.