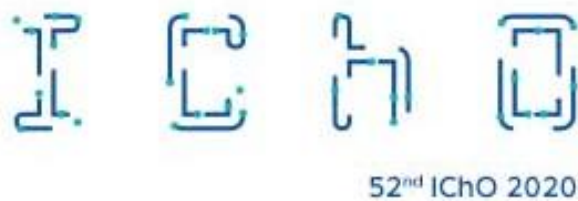


FASIT TIL 2. UTTAKSPRØVE



til den
52. Internasjonale kjemiolympiaden
2020
i Istanbul, Tyrkia



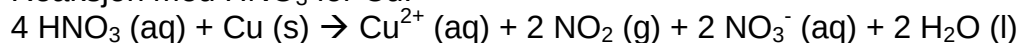
Oppgave 1 (20 poeng)

- 1) A
- 2) D
- 3) C
- 4) A
- 5) D
- 6) B
- 7) B
- 8) D
- 9) B
- 10) C

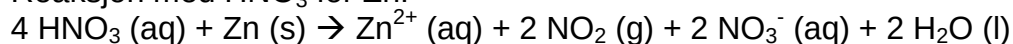
Oppgave 2 (15 poeng)

- a) Cu og Zn løses lett i relativt fortynnet oksiderende salpetersyre under dannelse av NO eller NO₂. Konsentrert svovelsyre gir oksidering med dannelse av SO₂. Kun Zn kan løses med saltsyre under dannelse av H₂.

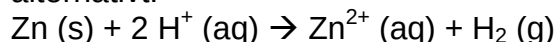
Reaksjon med HNO₃ for Cu:



Reaksjon med HNO₃ for Zn:



alternativt:

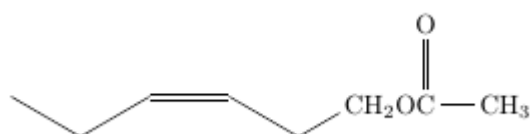


Ligninger med NO eller SO₂ som produkt i stedet for NO₂ er også mulig.

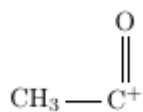
- b) Myntens masse er 3,11 g. Massen av kobberet er derfor 2,95 g. Dette tilsvarer 0,0465 mol kobber. Med kobberpris på 3,5 kroner/mol, gir dette en kobberverdi på 0,163 kroner. Så ja, det er lønnsomt.
- c) $K_A = [\text{OH}^-]^2 \cdot [\text{Cu}^{2+}]$
 $K_B = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}] / [\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{NH}_3]^4$
- d) Ammoniakk er en svak base, og vil derfor reagere med vann og danne OH⁻ i lav konsentrasjon. OH⁻ reagerer så med Cu²⁺ og danner Cu(OH)₂.
- e) Når en liten mengde ammoniakk tilsettes vil hydroksidioner føre til dannelse av Cu(OH)₂ siden likevektskonstanten er veldig liten og likevekten er forskjøvet sterkt mot venstre. Ved tilsetning av mer ammoniakk øker så konsentrasjonen av NH₃, slik at reaksjon B forskyves mer og mer mot høyre. Siden kobberioner forbrukes under dannelse av ammoniakkkomplekset vil reaksjon A forskyves mot høyre for å motvirke dette (Le Chatelier). Dette fører til gradvis oppløsning av kobberhydroksid, og fortsatt dannelse av ammoniakkkompleks.
- f) i. Øker
ii. Minker
iii. Øker

Oppgave 3 (10 poeng)

- a) *Cis*-heks-3-enal (*cis* viser til stereokjemi for dobbeltbindingen)
- b) Reduksjon (opptak av hydrogenatomer til C-atomer i organisk forbindelse er reduksjon)
- c)



d)



e) **A** skal ta opp 2 hydrogenatomer. Kofaktoren må derfor være NADH^+ .

Oppgave 4 (15 poeng)

- a) 0,2 mmol sterk base (OH^-) reagerer fullstendig med 1 mmol svak syre (HF) og det dannes 0,2 mmol F^- mens det blir igjen 0,8 mmol HF. Bufferlikningen gir da $\text{pH} = \text{pK}_a + \log(\text{base/syre}) = \text{pK}_a + \log(0,2/0,8) = 3,46 + \log(0,25) = \mathbf{2,86}$. Det tilsvarer $[\text{H}^+] = 10^{-2,86} = \mathbf{0,0014 \text{ mol/L}}$
- b) Tilsetning av x mmol H^+ gir en økning av HF syren og en reduksjon av F^- basen tilsvarende x mmol. Bufferkapasitet settes til 1 pH-enhet lavere enn pK_a , så innsetting i bufferlikningen $\text{pH} = \text{pK}_a + \log(\text{base/syre})$ gir da likningen $2,46 = 3,46 + \log(\text{base} - x) / (\text{syre} + x)$ som videre gir $-1 = \log((0,2 - x) / (0,8 + x))$ som har løsning $x = \mathbf{0,11 \text{ mmol} = 0,00011 \text{ mol}}$ syre
- c) Løsning av 2.-gradsligningen gir uttrykket $[\text{H}^+] = \frac{1}{2} \cdot [-(c_B + K_a) + \sqrt{(c_B + K_a)^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-c_A \cdot K_a)}]$ og innsetting gir $[\text{H}^+] = \mathbf{0,00100 \text{ mol/L}}$
- d) Differansen på 0,0004 mol/L tilsvarer $0,0004/0,0014 = \mathbf{28,5 \%}$ lavere $[\text{H}^+]$
- e) $\text{pH} = -\log(0,00100) = \mathbf{3,00}$
- f) Kapasiteten vil være noe **høyere** fordi det kan tilsettes mer enn 0,11 mmol syre for å komme ned til pH 2,46 fra pH 3.00 i stedet for å starte på pH 2,86 som funnet i deloppgave a).

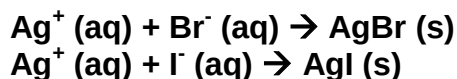
Oppgave 5 (15 poeng)

- a) Muskon er et keton. Strukturen inneholder 1 – ett – kiralt karbonatom
- b) i. = Muskketon, ii. = Muskxylen og iii. = Muskambrett
- c) A = Muskketon og B = Muskxylen
- d) Ambroksid inneholder fire kirale karbonatomer og ambrinol inneholder to
- e) Alle er utpreget fettløselige
- f) Ambrettolide HC Suprême er en syklisk ester (lakton) som lett ringåpnes
- g) B = Iso E Super®

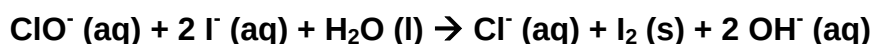
Oppgave 6 (25 poeng)

a) $n(\text{Ca}(\text{ClO})_2) = m(\text{Ca}(\text{ClO})_2) / M(\text{Ca}(\text{ClO})_2) = 21\text{g} / 142,98\text{ g/mol} = 0,1469\text{ mol}$
 $[\text{Ca}(\text{ClO})_2] = n(\text{Ca}(\text{ClO})_2) / V = (0,1469\text{ mol}) / (0,100\text{ L}) = 1,469\text{ mol/L} \approx \mathbf{1,5\text{ mol/L}}$

- b) Av sølv(I)halidene AgF, AgCl, AgBr og AgI, er bare de to sistnevnte gulhvite, så halidløsningen må derfor inneholde NaBr og/eller NaI.



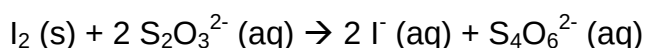
- c) Det har sannsynligvis blitt dannet elementært jod (brom er en rødbrun væske) ved at hypokloritt har oksidert jodid til jod og selv blitt redusert til klorid:



(Merknad: Standardpotensialet for denne reaksjonen er $E^0 = (0,84 - 0,54)\text{ V} = 0,30\text{ V}$, mens standardpotensialet for den tilsvarende reaksjonen med bromid er $E^0 = (0,84 - 1,09)\text{ V} = -0,25\text{ V}$, dvs. den sistnevnte reaksjonen er ikke spontan under standard betingelser.)

Eksperimentelt kan en bli sikrere på at det har blitt dannet jod ved å tilsette litt **stivelsesløsning**. Dersom løsningen blir blå/blåsvart, tyder det på at det er jod/trijodid tilstede i løsningen.

- d) Stoffmengdene jodid og hypokloritt som ble blandet med hverandre var henholdsvis 0,080 mol og 0,040 mol. Ut fra støkiometrien til redoksreaksjonen kan vi anta at løsningen ikke inneholder noe hypokloritt etter at reaksjonen har funnet sted. Det er derfor I_2 som titreres mot tiosulfat;



Stoffmengden jod som ble dannet i reaksjonen med hypokloritt er

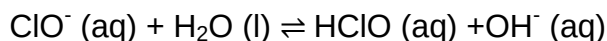
$$n(\text{I}_2) = n(\text{ClO}^-) = [\text{ClO}^-] \cdot V(\text{ClO}^-) = 2,0\text{ mol/L} \cdot 0,020\text{ L} = 0,040\text{ mol}$$

Halvparten av denne mengden ble titrert mot tiosulfat. Stoffmengden tiosulfat som vil gå med i titreringen er derfor $n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot n(\text{I}_2) = \mathbf{0,040\text{ mol}}$, som tilsvarende $V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) / [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] = \mathbf{0,040\text{ mol} / 2,00\text{ mol/L} = 0,020\text{ L}}$

- e) Basekonstanten til hypokloritt er

$$\text{p}K_b(\text{ClO}^-) = 14,0 - \text{p}K_a(\text{HClO}) = 14,0 - 7,53 = 6,47$$
$$K_b(\text{ClO}^-) = 10^{-\text{p}K_b(\text{ClO}^-)} = 10^{-6,47} = 3,388 \cdot 10^{-7}$$

Hypokloritt protolyserer i henhold til reaksjonsligningen



Vi setter konsentrasjonen av hydroksidioner i en 1,0 mol/L løsning av kalsiumhypokloritt (som inneholder 2,0 mol/L hypokloritt) til x og får da

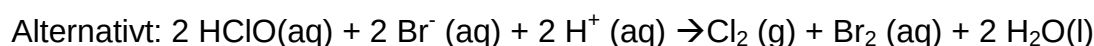
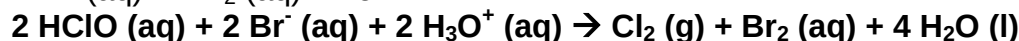
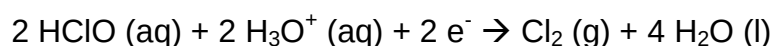
$$K_{b(\text{ClO}^-)} = [\text{HClO}] [\text{OH}^-] / [\text{ClO}^-] = x^2 / (2,0 - x) = 3,388 \cdot 10^{-7} \text{ slik at}$$

$$x^2 + 3,388 \cdot 10^{-7} x - 6,777 \cdot 10^{-7} = 0$$

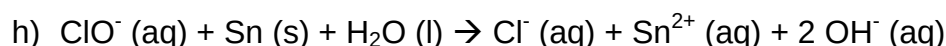
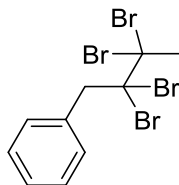
med løsning $x = 8,231 \cdot 10^{-4}$ og da er $\text{pOH} = -\log(8,231 \cdot 10^{-4}) = 3,08$ som gir

$$\text{pH} = 14,0 - 3,08 = 10,92$$

- f) I sterkt surt miljø ($\text{pH} = 0$) vil likevekten mellom hypokloritt og underklorsyrling være tilnærmet fullstendig forskjøvet mot sistnevnte. Standard reduksjonspotensialet til underklorsyrling er betydelig større enn for hypokloritt (1,63 V vs. 0,84 V). Dette gjør det mulig å oksidere bromid til elementært brom, som er stoffet som er ansvarlig for den rødbrune fargen.



- g) Elementært brom adderer til trippelbindingen og gir forbindelsen



$$\text{i) } E^0 = (0,84 - (-0,14)) \text{ V} = 0,98 \text{ V}$$

$$\text{j) } \Delta H^0 = 2 \Delta H^0_{f(\text{OH}^-(\text{aq}))} + \Delta H^0_{f(\text{Sn}^{2+}(\text{aq}))} + \Delta H^0_{f(\text{Cl}^-(\text{aq}))} - (\Delta H^0_{f(\text{ClO}^-(\text{aq}))} + \Delta H^0_{f(\text{Sn(s)})} + \Delta H^0_{f(\text{H}_2\text{O(l)})}) = 2 \cdot (-229,99) + (-8,8) + (-167,2) - ((-107,1) + 0 + (-285,83)) \text{ kJ/mol} = -243,05 \text{ kJ/mol} = -2,4 \cdot 10^2 \text{ kJ/mol}$$

- k) Forandringen i standard Gibbs fri energi for reaksjonen er $\Delta G^0 = -nFE^0 = -2 \text{ mol} \cdot 96485 \text{ C/mol} \cdot 0,98 \text{ J/C} = -189110,6 \text{ J}$. Fra $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ får vi $\Delta S^0 = (\Delta H^0 - \Delta G^0) / T = ((-243050 - (-189110,6)) \text{ J}) / (298,15 \text{ K}) = -180,91 \text{ J/K}$