



Institutt for materialteknologi

## **Eksamensoppgave i TMT4110 Kjemi**

**Faglig kontakt under eksamen: Førsteamanuensis Hilde Lea Lein**

**Tlf.: 735 50880**

**Eksamensdato: 7. juni 2014**

**Eksamenstid (fra-til): 09:00-13:00**

**Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler:**

**C – Bestemt, enkel kalkulator, med tomt minne.  
Aylward & Findlay: SI Chemical Data**

**Annen informasjon:**

**Nynorsk utgave side 6-10.**

**Målform/språk: Bokmål**

**Antall sider: 5 inkludert forside og formelliste**

**Antall sider vedlegg: -**

Kontrollert av:

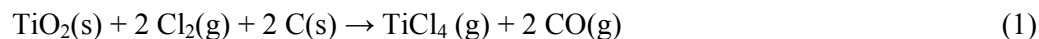
---

Dato

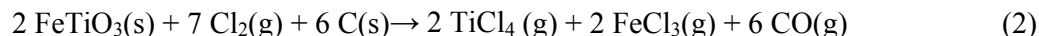
Sign

**Oppgave 1 (14%)**

- a) Metallisk titan blir framstilt ved Kroll-prosessen. Dette gjøres da i to trinn: Først blir titantetraklorid ( $\text{TiCl}_4$ ) framstilt fra rutil ( $\text{TiO}_2$ ) eller ilmenitt ( $\text{FeTiO}_3$ ) ved  $900^\circ\text{C}$  i følge reaksjonene:



eller



og titantetrakloridet blir destillert ut fra de andre flyktige komponentene. Deretter blir metallisk titan framstilt ved  $800^\circ\text{C}$  i følge reaksjonen



Vi antar her at vi starter med rutil som utgangsstoff, og prosessen består da av reaksjon (1) og (3). Er disse reaksjonene eksoterme eller endoterme? Anta standardtilstand. Hvilken av disse reaksjonene krever/frigjør mest varme?

Gitt følgende tilleggsdata:

| Forbindelse         | $\Delta H^\circ$ (kJ/mol) | $S^\circ$ (J/Kmol) |
|---------------------|---------------------------|--------------------|
| $\text{TiCl}_4$ (g) | -763                      | 355                |
| Mg (l)              | 9                         | 43                 |
| $\text{MgCl}_2$ (l) | -601                      | 234                |

- b) Ta utgangspunkt i siste trinnet av prosessen; reaksjon (3). Beregn likevektskonstanten ved  $800^\circ\text{C}$ . Gjør rede for eventuelle tilnærminger og/eller antagelser.
- c) For å få størst utbytte av metallisk titan; hvilke prosessbetingelser ville du brukt under fremstillingen?
- d) Hvorfor er metallisk titan et viktig produkt? (Hvilke egenskaper for metallet er ettertraktet?)

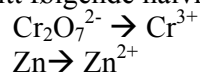
**Oppgave 2 (27%)**

- a) Hvor mange gram sølvacetat ( $\text{CH}_3\text{COOAg}$ ) vil maksimalt kunne løses i 2.00 L rent vann? Se bort fra utfelling av  $\text{AgOH}$  eller andre bi-reaksjoner.
- b) Beregn pH i en slik mettet løsning av sølvacetat. Anta fortsatt ingen bi-reaksjoner.
- c) Løsningen i b) tilsettes  $\text{NaCl}(\text{s})$ . Vil pH i løsningen øke, være uendret eller minke? Begrunn svaret uten å gjøre noen beregninger.

- d) 300 mL av løsningen i b) tas ut, og det tilsettes 200 mL av 0,100 M eddiksyre ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) før hele blandingen blir fortynnet til 800 mL. Det oppnås dermed en buffer.
- Hva kjennetegner en buffer?
  - Hva er pH i denne bufferen som her er laget?
  - Hvordan kunne du laget en buffer med større bufferkapasitet?
- e) På lab'en gjorde dere en titreranalyse av en svak syre for å bestemme mengden av syre utlevert.
- Skisser enkelt oppsettet av titreranalysen. Noter hva du har i hhv byrette og erlenmeyerkolbe.
  - Før titrering av syra måtte basen standardiseres. Hvorfor?
  - Basen din har en konsentrasjon på 0,1034 M. Den svake syren er eddiksyre som du har pipetert ut 25 mL av, og du bruker 28,54 mL av basen før du kommer til ekvivalenspunktet. Bestem konsentrasjonen av den opprinnelige syren.
  - Beregn pH i ekvivalenspunktet og angi en egnet indikator
  - Hvorfor er det viktig å bruke  $\text{CO}_2$ -fritt vann i en slik analyse?

### Oppgave 3 (28%)

- a) Gitt følgende halvreaksjoner:



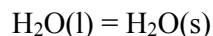
Angi balansert totalreaksjon i sur løsning. Ta med endring i oksidasjonstall og vis balanseringen trinnvis.

- b) Skisser en galvanisk celle hvor disse to halvreaksjonene i a) foregår i hvert sitt kammer. Angi hvilke reaksjoner som foregår på hhv anode og katode, angi elektrodematerialer og hvilke ioner som er i hvilke løsninger.
- c) Beregn standard cellepotensial for den galvaniske cella ( $T = 25^\circ\text{C}$ ), og forklar elektron- og ionebevegelse dersom alle konsentrasjoner er i standardtilstand.
- d) Beregn reelt cellepotensial dersom  $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0.6 \text{ M}$ ,  $[\text{Cr}^{3+}] = 0.6 \text{ M}$  og  $[\text{Zn}^{2+}] = 0.9 \text{ M}$ .  $\text{pH} = 2$  i kammeret for første halvreaksjon i a) og  $T = 25^\circ\text{C}$ .
- e) Hva definerer likevekt for en galvanisk celle? Hva er likevektskonstanten for denne galvaniske cella som er skissert i oppgave b)? (Oppgi tallet på ln- eller log-form om nødvendig). Kommenter verdien. Hvordan er likevekten forskjøvet?
- f) Fra et HMS-ståsted: Hvorfor skal man være ekstra på vakt ved prosesser hvor krom er involvert?
- g) Forklar kort forskjellen på et tørr-batteri og en brenselcelle.

**Oppgave 4 (31%)**

- a) Tegn Lewis-strukturen og angi molekylstrukturen til anionet  $\text{ICl}_4^-$ . Begrunn svaret.
- b) Bruk formell ladning til å angi den mest stabile Lewis-strukturen til  $\text{XeO}_3$ . Angi alle resonans-formene i den stabile strukturen. Hvordan er bindingslengdene til de tre Xe-O-bindingene relativt til hverandre og relativt til rene enkelt- og dobbeltbindinger? Angi molekylstrukturen til molekylet.

- c) Likevekten mellom vann og is



er innstilt ved  $0^\circ\text{C}$ . Begrunn hva som skjer dersom vi øker trykket. Hva skyldes denne oppførselen hos vann? Vil du vente at tilsvarende skjer generelt for faste stoffer? Ved  $0^\circ\text{C}$  er tettheten av flytende vann:  $\rho[\text{H}_2\text{O(l)}] = 1.00 \text{ g/cm}^3$ , og for is:  $\rho[\text{H}_2\text{O(s)}] = 0.92 \text{ g/cm}^3$ .

- d) Gi strukturformel og navn for en syre og en ester som begge har formelen  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ . Tegn også en alkohol med samme formel.
- e) Gi ett eksempel på en kondensasjonsreaksjon som gir en polymer. Hvorfor må man ha to funksjonelle grupper på hver av monomerene? Hvordan vil du forvente at entropien endres ved en slik polymerisasjonsreaksjon?
- f) i) Angi elektronkonfigurasjonen til S og  $\text{S}^{2-}$ . Hvilken av disse vil du anta er mest stabil?  
 ii) Hvordan er den periodiske trenden for ionestørrelser?  
 iii) Hva er elektronegativitet og hvordan varierer denne i det periodiske system?  
 iv) Utfra elektronegativitet; angi én forbindelse som er 100% kovalent, én som er polar kovalent og én som er ionisk.

| FORMEL   | KOMMENTAR  |
|--|--|
| $PV = nRT$   | Ideell gass  |
| $P_i = n_i RT/V \quad (P_T = \sum_i P_i)$  | Partialtrykk av i                                      |
| $C = q / \Delta T$   | Varmekapasitet   |
| $\Delta E = q + w$   | Endring i indre energi                                 |
| $H = E + PV$   | Entalpi  |
| $\Delta H = q_p$   | Konstant $P$ . Bare volumarb.                          |
| $\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ (\text{produkter}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reaktanter})$  | Husk støkiometriske koeffisienter                      |
| $\Delta H_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ + \Delta C_p^\circ \times \Delta T$   | $\Delta C_p^\circ$ konstant                            |
| $\ln \left( \frac{K_2}{K_1} \right) = \frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$   | $\Delta H$ og $\Delta S$ konstant                      |
| $dS = \frac{dq_{\text{rev}}}{T}$   | Entropiendring   |
| $\Delta S_T^\circ = \Delta S_{298}^\circ + \Delta C_p^\circ \ln \left( \frac{T}{298,15} \right)$   | $\Delta C_p^\circ$ konstant                            |
| $G = H - TS$   | Gibbs energi. Fri energi.                              |
| $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  | Endring i fri energi ved konstant $T$                  |
| $\Delta G_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T\Delta S_{298}^\circ$<br>$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$  | $\Delta C_p^\circ \approx 0$<br>Reaksjonskvotient, $Q$ |
| $G = G^\circ + RT \ln a$   | Aktivitet (relativ), $a$                               |
| $\Delta G^\circ = -RT \ln K$   | Likevektskonstant, $K$                                 |
| $\Delta G = -nFE$  | Cellepotensial, $E$                                    |
| $Q = It = n_e F$   | Elektrisk ladning                                      |
| $E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q = E^\circ - \frac{0,0592}{n} \log Q, \quad 25^\circ \text{C}$   | Nernsts ligning  |
| $R = 8,314472 (15) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$<br>$R = 0,08205746 (15) \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$<br>$R = 82,05746 (15) \text{ cm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ | Gasskonstanten   |



Institutt for materialteknologi

## **Eksamensoppgåve i TMT4110 Kjemi**

**Fagleg kontakt under eksamen: Førsteamanuensis Hilde Lea Lein**

**Tlf.: 735 50880**

**Eksamensdato: 7. juni 2014**

**Eksamenstid (frå-til): 09:00-13:00**

**Hjelpemiddelkode/Tillatne hjelpemiddel:**

**C – Bestemt, enkel kalkulator, med tomt minne.**

**Aylward & Findlay: SI Chemical Data**

**Annan informasjon:**

**Bokmål utgåve side 1-5**

**Målform/språk: Nynorsk**

**Sidetal: 5 (side 6-10) inkludert forside og formelliste**

**Sidetal vedlegg: -**

Kontrollert av:

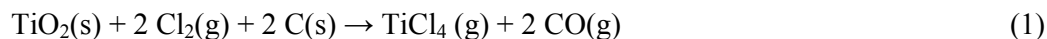
---

Dato

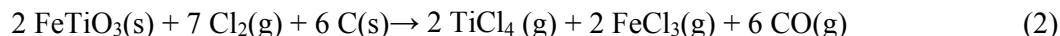
Sign

**Oppgåve 1 (14%)**

- a) Metallisk titan blir framstilt ved å bruke Kroll-prosessen. Dette gjerast i to trinn: Først blir titantetraklorid ( $\text{TiCl}_4$ ) framstilt frå rutil ( $\text{TiO}_2$ ) eller ilmenitt ( $\text{FeTiO}_3$ ) ved  $900^\circ\text{C}$  i følgje reaksjonane:



eller



og titantetrakloridet blir destillert ut frå dei andre flyktige komponentane. Deretter blir metallisk titan framstilt ved  $800^\circ\text{C}$  i følgje reaksjonen



Vi går ut ifrå at vi startar med rutil som utgangsstoff, og prosessen er då samansett av reaksjon (1) og (3). Er desse reaksjonane eksoterme eller endoterme? Gå ut ifrå standardtilstand. Kva for ein av desse reaksjonane krev/frigjer mest varme?

Gitt følgjande tilleggsdata:

| <i>Sambinding</i>         | <i><math>\Delta H^\circ</math> (kJ/mol)</i> | <i><math>S^\circ</math> (J/Kmol)</i> |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| $\text{TiCl}_4(\text{g})$ | -763  | 355                                  |
| $\text{Mg}(\text{l})$     | 9   | 43                                   |
| $\text{MgCl}_2(\text{l})$ | -601  | 234                                  |

- b) Ta utgangspunkt i siste trinnet av prosessen; reaksjon (3). Rekn ut likevektskonstanten ved  $800^\circ\text{C}$ . Gjer reie for eventuelle tilnærmingar og/eller føresetnader.
- c) For å få størst utbytte av metallisk titan; kva for prosessvilkår ville du brukt under framstillinga?
- d) Kvifor er metallisk titan eit viktig produkt? (Kva for eigenskapar for metallet er ettertrakta?)

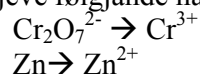
**Oppgåve 2 (27%)**

- a) Kor mange gram sølvacetat ( $\text{CH}_3\text{COOAg}$ ) vil maksimalt kunne løysast i 2.00 L reint vatn? Sjå bort frå utfelling av  $\text{AgOH}$  eller andre sidereaksjonar.
- b) Rekn ut pH i ei slik metta løysning av sølvacetat. Gå ut ifrå at det framleis ikkje er nokre sidereaksjonar.
- c) Løysninga i b) blir tilsett  $\text{NaCl}(\text{s})$ . Vil pH i løysninga auke, vere uendra eller minke? Grunngi svaret utan å gjere nokre utrekningar.

- d) 300 mL av løysninga i b) blir teke ut, og det blir tilsett 200 mL av 0,100 M eddiksyre ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) før heile blandinga blir tynna ut til 800 mL. Det blir dermed oppnådd ein buffer.
- Kva kjenneteiknar ein buffer?
  - Kva er pH i denne bufferen som er laga her?
  - Korleis kunne du laga ein buffer med større bufferkapasitet?
- e) På lab'en gjorde dykk ein titreranalyse av ei svak syre for å finne mengda av syre utlevert.
- Skisser enkelt oppsettet av titreranalysen. Noter kva du har i hhv byrette og erlenmeyerkolbe.
  - Før titrering av syra måtte basen standardiserast. Kvifor?
  - Basen din har ein konsentrasjon på 0,1034 M. Den svake syra er eddiksyre som du har pipetert ut 25 ml av, og du bruker 28,54 mL av basen før du kjem til likevektspunktet. Rekn ut konsentrasjonen av den opphavlege syra.
  - Rekn ut pH i likevektspunktet og gi ein egna indikator
  - Kvifor er det viktig å bruke  $\text{CO}_2$ -fritt vatn i ei slik analyse?

### Oppgåve 3 (28%)

- a) Gjeve følgjande halvreaksjonar:



Gi ein balansert totalreaksjon i sur løysning. Ta med endring i oksidasjonstal og vis balanseringa trinnvis.

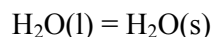
- b) Skisser ei galvanisk celle kor desse to halvreaksjonane i a) skjer i kvart sitt kammer. Skriv kva for reaksjonar som skjer på hhv anode og katode, skriv kva elektrodemateriale er og kva for ionar som er i dei ulike løysningane.
- c) Rekn ut standard cellepotensial for den galvaniske cella ( $T = 25^\circ\text{C}$ ), og forklar elektron- og ionerørsle dersom alle konsentrasjonar er i standardtilstand.
- d) Rekn ut reelt cellepotensial dersom  $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0.6 \text{ M}$ ,  $[\text{Cr}^{3+}] = 0.6 \text{ M}$  og  $[\text{Zn}^{2+}] = 0.9 \text{ M}$ .  $\text{pH} = 2$  i kammeret for første halvreaksjon i a) og  $T = 25^\circ\text{C}$ .
- e) Kva definerer likevekt for ei galvanisk celle? Kva er likevektskonstanten for denne galvaniske cella som er skissert i oppgåve b)? (Gi talet på ln- eller log-form om nødvendig). Kommenter verdien. Korleis er likevekta forskyvd?
- f) Frå eit HMS-utgangspunkt: Kvifor skal ein vere ekstra på vakt ved tilfelle kor krom er involvert?
- g) Forklar kort skilnaden på eit tørr-batteri og ei brenselcelle.



**Oppgave 4 (31%)**

- a) Teikn Lewis-strukturen og gi molekylstrukturen til anionet  $\text{ICl}_4^-$ . Grunngi svaret.
- b) Bruk formell ladning til å gi den mest stabile Lewis-strukturen til  $\text{XeO}_3$ . Gi alle resonansformane i den stabile strukturen. Korleis er bindingslengda til dei tre Xe-O-bindingane relativt til kvarandre og relativt til reine enkelt- og dobbeltbindingar? Gi molekylstrukturen til molekylet.

- c) Likevekta mellom vatn og is



er innstilt ved  $0^\circ\text{C}$ . Grunngi kva som skjer dersom vi aukar trykket. Kva er skuld i denne åtferda til vatn? Vil du vente at tilsvarande skjer generelt for faste stoff? Ved  $0^\circ\text{C}$  er tettheten av flytande vatn:  $\rho[\text{H}_2\text{O(l)}] = 1.00 \text{ g/cm}^3$ , og for is:  $\rho[\text{H}_2\text{O(s)}] = 0.92 \text{ g/cm}^3$ .

- d) Gi strukturformel og namn for ei syre og ein ester som begge har formelen  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ . Teikn også ein alkohol med same formel.
- e) Gi eit døme på ein kondensasjonsreaksjon som gir ein polymer. Kvifor må ein ha to funksjonelle grupper på kvar av monomerane? Korleis vil du forvente at entropien blir endra ved ein slik polymerisasjonsreaksjon?
- f) i) Gi elektronkonfigurasjonen til S og  $\text{S}^{2-}$ . Kva for ein av desse vil du tru er mest stabil?  
 ii) Korleis er den periodiske trenden for ionestorleikar?  
 iii) Kva er elektronegativitet og korleis varierer denne i det periodiske systemet? Ut ifrå elektronegativitet; gi ei sambinding som er 100% kovalent, ei som er polar kovalent og ei som er ionisk.

| FORMEL  | KOMMENTAR  |
|---|--|
| $PV = nRT$  | Ideell gass  |
| $P_i = n_i RT/V \quad (P_T = \sum_i P_i)$   | Partialtrykk av i                                      |
| $C = q / \Delta T$  | Varmekapasitet   |
| $\Delta E = q + w$  | Endring i indre energi                                 |
| $H = E + PV$  | Entalpi  |
| $\Delta H = q_p$  | Konstant $P$ . Bare volumarb.                          |
| $\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ (\text{produkter}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reaktanter})$   | Husk støkiometriske koeffisientar                      |
| $\Delta H_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ + \Delta C_p^\circ \times \Delta T$  | $\Delta C_p^\circ$ konstant                            |
| $\ln \left( \frac{K_2}{K_1} \right) = \frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$  | $\Delta H$ og $\Delta S$ konstant                      |
| $dS = \frac{dq_{\text{rev}}}{T}$  | Entropiendring   |
| $\Delta S_T^\circ = \Delta S_{298}^\circ + \Delta C_p^\circ \ln \left( \frac{T}{298,15} \right)$  | $\Delta C_p^\circ$ konstant                            |
| $G = H - TS$  | Gibbs energi. Fri energi.                              |
| $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$   | Endring i fri energi ved konstant $T$                  |
| $\Delta G_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T\Delta S_{298}^\circ$<br>$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$   | $\Delta C_p^\circ \approx 0$<br>Reaksjonskvotient, $Q$ |
| $G = G^\circ + RT \ln a$  | Aktivitet (relativ), $a$                               |
| $\Delta G^\circ = - RT \ln K$   | Likevektskonstant, $K$                                 |
| $\Delta G = - nFE$  | Cellepotensial, $E$                                    |
| $Q = It = neF$  | Elektrisk ladning                                      |
| $E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q = E^\circ - \frac{0,0592}{n} \log Q, \quad 25^\circ \text{C}$  | Nernsts likning  |
| R = 8,314472 (15) J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup><br>R = 0,08205746 (15) L atm K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup><br>R = 82,05746 (15) cm <sup>3</sup> atm K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> | Gasskonstanten   |