



NTNU
NORGES TEKNISK- VITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR MATERIALTEKNOLOGI

Faglig kontakt under eksamen:

Kjell Wiik; Tel.: 73594082/Mob. tel.: 922 65 039

Bokmål
(Nynorsk tekst s. 6-9)

EKSAMEN
TMT4112 KJEMI
Fredag 10. desember, 2010
Tid: kl. 0900 – 1300 (4 timer)

Hjelpemidler: B2-Typegodkjent kalkulator med tomt minne, i henhold til utarbeidet liste. Aylward & Findlay: SI-Chemical Data. (referert til som "SI-CD" i teksten)

Sensur i uke 1 (2011).

Oppgave 1. (Elektrokjemi)

a) Følgende cellediagram beskriver en galvanisk celle:



- Tegn den galvaniske cellen og angi hva som er anode og katode samt hvordan elektroner og ioner beveger seg. Oppgi også polaritet (+ eller -) på elektrodene.
- Skriv opp totalreaksjonen og beregn standard cellespenning ved 25°C.
- Sink- og jernelektroden koples sammen (elektrisk kontakt) slik at det går en strøm i kretsen. Etter en viss tid er konsentrasjonen av Fe^{3+} halvert, beregn cellepotensialet.

b) Gitt følgende celle ved 25°C:

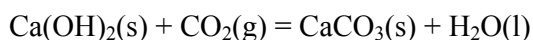


- Hvilken type celle er dette?

- ii) Beregn cellepotensialet til cellen
- iii) Venstre halvcelle tilsettes en konsentrert KOH løsning og det felles ut et fast stoff. Skriv reaksjonslikning for hva som skjer og gi en begrunnelse for hvorvidt potensialet øker eller avtar når KOH tilsettes.
- iv) Etter tilsats av den konsentrerte KOH løsningen til venstre halvcelle ble ΔG til cellereaksjonen bestemt til $\Delta G = -19,30 \text{ kJ/mol Cd}$. Beregn pH i venstre halvcelle etter tilsats av KOH basert på ΔG samt data i SI-CD (Tab. 19).

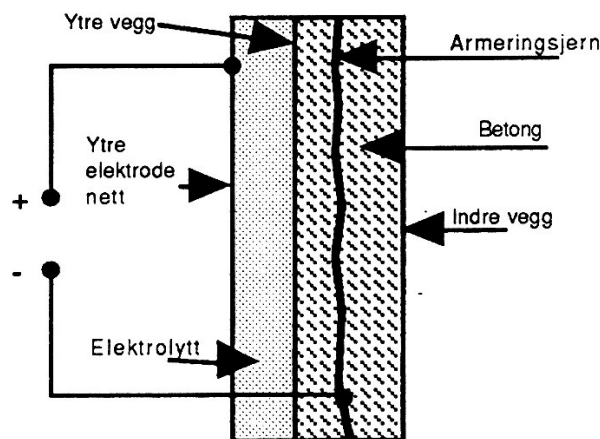
Oppgave 2. (Korrosjon)

I frisk betong er armeringsjernet beskyttet mot korrosjon av den alkaliske sementen (Ca(OH)_2). Med tiden reagerer Ca(OH)_2 med CO_2 i luften og sementen karbonatiseres:



Denne prosessen medfører at pH i betongen synker fra ca. 14 før karbonatiseringen til under 9,5 og jernet er da ikke lenger korrosjonsbeskyttet (av oksidlaget). Dannelse av korrosjonsprodukter på armeringsjernet kan bl.a. medføre oppsprekking av betongen.

Dersom skadene på betongen ikke er for store kan betongen til en viss grad repareres ved en elektrokjemisk realkaliseringsmetode, dette ble bl.a. gjort på sentralbyggene på Gløshaugen for mange år siden (1993). Ved realkaliseringsmetoden legges en pastaformet elektrolytt (for eksempel Na_2CO_3) samt trådformet elektrodenett av stål på utsiden av betongen (ytre vegg). Elektrodenettet på betongens utside koples til (+)polen på en likestrømskilde, mens armeringsjernet inne i betongen koples til (-)polen, slik som figuren viser:

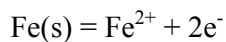


Vi antar at følgende elektrodereaksjoner finner sted:

På armeringsjernet: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

På det ytre elektrodenettet: $2\text{OH}^- = 0,5\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

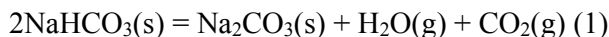
- a) Anta at pH i betongen var 9 før realkaliseringen og 14 etterpå. Beregn endringen i antall mol OH^- ioner i et volum på 1,0 L rundt armeringsjernet.
- b) Ved elektrolysen (realkaliseringsprosessen) anvendes en strømtetthet på $1,0 \text{ A/m}^2$. Tykkelsen av betongområdet vi ønsker å realkalisere er 5 mm. Beregn hvor lenge strømmen må anvendes for å oppnå en pH-endring fra 9 til 14. (Vi antar forenklet at betongen er så porøs at hele betongvolumet er tilgjengelig for OH^- ionene).
- c) Vi antar at jernet korroderer (aktivt) etter følgende elektrodeprosess ved $\text{pH}=9$:



Anta at Fe^{2+} -konsentrasjonen er bestemt av løselighetsproduktet for Fe(OH)_2 og bestem elektrodepotensialet for denne halvreaksjonen

Oppgave 3. (Termodynamikk)

Vi tar utgangspunkt i natriumbikarbonat ("bakepulver") og følgende likevekt:



- a) Beregn ΔG° og likevektskonstanten til reaksjon (1) ved 25°C .
- b) Anta at ΔH° og ΔS° for reaksjon (1) er uavhengig av temperatur og beregn ved hvilken temperatur partialtrykkene til både vann og karbondioksid er 2,0 bar (Dvs.: $P_{\text{CO}_2} = P_{\text{H}_2\text{O}} = 2,0 \text{ bar}$).
- c) Anta at du ønsker å dekomponere så mye $\text{NaHCO}_3(\text{s})$ som mulig, benytt Le Chateliers prinsipp og argumenter for hvilket trykk (høyt/lavt) og temperatur (høy/lav) du ville benytte.
- d) En evakuert beholder blir tilført $\text{NaHCO}_3(\text{s})$ i overskudd ved 115°C og likevekten (1) innstiller seg. Anta igjen at ΔH° og ΔS° for reaksjon (1) er uavhengig av temperatur og beregn totaltrykket, P_{TOT} , ved 115°C .

Oppgave 4. (Syrer/baser, titrering og buffere)

- a) Beregn pH i 0,200 M HCN.
- b) Anta at du vil lage en bufferløsning med utgangspunkt i følgende løsninger: 0,200 M HCN og 0,200 M NaOH. Hvilket blandingsforhold vil du bruke hvis du skal framstille en bufferløsning med like stor bufferkapasitet overfor sterke syrer som sterke baser. Hva blir pH i en slik blanding?
- c) I denne oppgaven skal du titrere HCN med den sterke basen NaOH(aq). Konsentrasjonen til den sterke basen (titrator) er 0,200 M. Startvolumet til den svake syren er 50,0 mL og utgangskonsentrasjonen er 0,200 M. Hvor mye (mL) NaOH må du tilsette for å komme til ekvivalenspunktet? Hva er pH i dette punktet?

Oppgave 5. (Kjemisk binding og organisk kjemi)

a) Ta utgangspunkt i en molekylær forbindelse med sammensetning AB. Velg hvilket av følgende utsagn som er korrekt og argumenter kort hvorfor (Maks to setninger).

- i) Temperatur for smeltepunkt og kokepunkt øker når forskjellen i elektronegativitet mellom A og B øker.
- ii) Smeltepunkt og kokepunkt avtar når forskjellen i elektronegativitet mellom A og B øker.

b) Ta utgangspunkt i ionet NO_3^- .

- i) Tegn Lewisstrukturen til molekylet
- ii) For både å oppfylle oktettregelen samt ta hensyn til likeverdighet i bindingsstyrke gir man denne strukturen et spesielt navn, hvilket?

c) Ta utgangspunkt i følgende molekylære forbindelser: CH_4 , CF_4 , XeF_4

- i) Tegn Lewisstruktur for alle molekylene.
- ii) Benytt VSEPR-teorien og tegn molekylgeometrien (inkludert "lone pair") til forbindelsene. Angi også bindingsvinklene (H-C-H , F-C-F og F-Xe-F).
- iii) Hvilke av forbindelsene vil du forvente har et dipolmoment?

d) Litt organisk kjemi:

- i) Tegn strukturformelen for hhv. eten (etylen) og propen (propylen).
- ii) Polymerene polyetylen og polypropylen framstilles av monomerene etylen og propylen. Skisser kort hvordan man tenker seg polymeriseringsprosessen for disse to polymerene.
- iii) Polypropylen (isotactisk kjede) er vesentlig sterkere enn polyetylen, gi en kort begrunnelse for hvorfor.

FORMELSAMLING

Formel	Kommentar
$PV = nRT$	Den ideelle gasslov
$P_i = n_iRT/V$; $P_i = X_i P_{\text{tot}}$; $P_{\text{tot}} = \sum P_i$	Partialtrykk av i; X_i er molbrøk av i.
$C_p = q / \Delta T$; $\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$	C_p = varmekapasitet.
$\Delta E = q + w$	Pass på definisjon av fortegn for q og w.
$H = E + PV$	H = Entalpi.
$\Delta H = q$	q er her tilført varme.
$\Delta H^{\circ} = \sum \Delta_f H^{\circ}(\text{produkter}) - \sum \Delta_f H^{\circ}(\text{reaktanter})$	Husk støkiometriske faktorer.
$\Delta H^{\circ}_T \cong \Delta H^{\circ}_{298} + \Delta C_p^{\circ} \Delta T$	Eksakt hvis ΔC_p° er konstant.
$\ln K_1/K_2 = (-\Delta H/R) (1/T_1 - 1/T_2)$	van 't Hoff. ΔH og ΔS konstant.
$\ln P_1/P_2 = (-\Delta_{\text{vap}}H/R)(1/T_1 - 1/T_2)$	Clausius-Clapeyron for væskers damptrykk.
$dS = q_{\text{rev}}/T$	S = Entropi.
$\Delta S^{\circ}_T \cong \Delta S^{\circ}_{298} + \Delta C_p^{\circ} \Delta \ln T$	Eksakt hvis ΔC_p° er konstant.
$G = H - TS$; $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$	Gibbs energi = - T $\Delta S_{\text{univers}}$
$\Delta G_T \cong \Delta H_{298} - T\Delta S_{298}$	Eksakt hvis ΔH og ΔS er konstant.
$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln Q$	Q er reaksjonskvotienten.
$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K$	Fordi $\Delta G = 0$ ved likevekt.
$\Delta G = -nFE$	E = cellespenning.
$q_{\text{el}} = It$	Sammenheng mellom elektrisk strøm (I), tid (t) og elektrisk ladning (q_{el})
$E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q$; $E = E^{\circ} - (0,0592/n) \log Q$	Nernst ligning; ved 25°C.
$[H^+] \cdot [OH^-] = K_w = 10^{-14}$	pH + pOH = 14.
$e^{(a+b)} = e^a \cdot e^b$; $\ln e^a = a$; $\ln(a/b) = \ln a - \ln b$	Regneregler for logaritmer og eksponenter



NTNU
NORGES TEKNISK- VITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR MATERIALTEKNOLOGI

Fagleg kontakt under eksamen:

Kjell Wiik; Tel.: 73594082/Mob. tel.: 922 65 039

Nynorsk

EKSAMEN
TMT4112 KJEMI
Fredag 10. desember, 2010
Tid: kl. 0900 – 1300 (4 timer)

Hjelpemiddel: B2-Typegodkjend kalkulator med tomt minne, i henhold til utarbeidet liste. Aylward & Findlay: SI-Chemical Data. (referert til som "SI-CD" i teksten)

Sensur i veke 1 (2011).

Oppgave 1. (Elektrokjemi)

a) Følgjande cellediagram skildrar ein galvanisk celle:

:



- Teikn den galvaniske cellen og angje kva som er anode og katode og dessutan korleis elektron og ion rører seg. Oppgje òg polaritet (+ eller -) på elektrodane
- Skriv opp totalreaksjonen og berekn standard cellespenning ved 25°C.
- Sink- og jernelektroden blir kopla saman (elektrisk kontakt) slik at det går ein straum i kretsen. Etter ei viss tid er konsentrasjonen av Fe^{3+} halvert, berekn cellepotensialet.

b) Gitt følgjande celle ved 25°C:

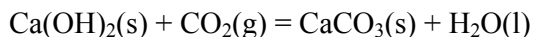


- Kva for ein type celle er dette?
- Berekn cellepotensialet til cellen

- iii) Venstre halvcelle blir tilsett ein konsentrert KOH løysing og det blir felt ut eit fast stoff. Skriv reaksjonslikning for kva som skjer og gje ei grunngjeving for i kva hrad potensialet aukar eller avtar når KOH tilsetjast.
- iv) Etter tilsats av den konsentrerte KOH lløysinga til venstre halvcelle vart ΔG til cellereaksjonen bestemd til $\Delta G = -19,30 \text{ kJ/mol Cd}$. Berekn pH i venstre halvcelle etter tilsats av KOH basert på ΔG og dessutan data i SI-CD (Tab. 19).

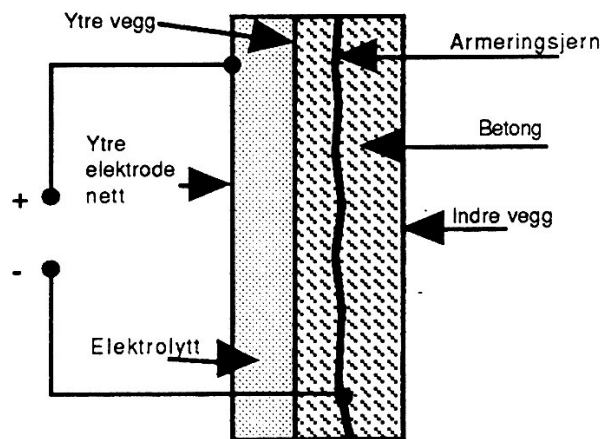
Oppgåve 2. (Korrosjon)

I frisk betong er armeringsjernet verna mot korrosjon av den alkaliske sementen (Ca(OH)_2). Med tida reagerer Ca(OH)_2 med CO_2 i lufta og sementen karbonatiseres:



Denne prosessen medfører at pH i betongen synker frå ca 14 før karbonatiseringen til under 9,5 og jarnet er då ikkje lenger korrosjonsbeskyttet (av oksidlaget). Danning av korrosjonsprodukter på armeringsjernet kan bl.a medføre oppsprekking av betongen.

Dersom skadane på betongen ikkje er for store kan betongen til ei viss grad reparerast ved ein elektrokjemisk realkaliseringsmetode, dette vart bl.a gjort på sentralbyggene på Gløshaugen for mange år sidan (1993). Ved realkaliseringsmetoden vert det lagd ein pastaformet elektrolytt (til dømes Na_2CO_3) og dessutan eit trådforma elektrodenett av stål på utsida av betongen (ytre vegg). Elektrodenettet på betongen sin utside blir kopla til (+)polen på ein likestrømskilde, medan armeringsjernet inne i betongen blir kopla til (-)polen, slik som figuren viser:



Vi antek at følgjande elektrodereaksjoner finn stad:

På armeringsjernet: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

På det ytre elektrodenettet: $2\text{OH}^- = 0,5\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

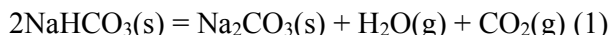
- a) Anta at pH i betongen var 9 før realkaliseringen og 14 etterpå. Berekn endringa i mengder mol OH^- ion i eit volum på 1,0 L rundt armeringsjernet.
- b) Ved elektrolysen (realkaliseringsprosessen) nyttast ein strømtetthet på 1,0 A/m². Tykkelsen av betongområdet vi ynskjer å realkalisere er 5 mm. Berekn kor lenge straumen må nyttast for å oppnå ein pH-endring frå 9 til 14. (Vi antek forenkla at betongen er så porøs at heile betongvolumet er tilgjengeleg for OH^- iona).
- c) Vi antar at jernet korroderer (aktivt) etter følgjande elektrodeprosess ved pH=9:



Anta at Fe^{2+} -konsentrasjonen er avgjort av løselighetsproduktet for Fe(OH)_2 og avgjer elektrodepotensialet for denne halvreaksjonen

Oppgåve 3. (Termodynamikk)

Vi tek utgangspunkt i natriumbikarbonat ("bakepulver") og følgjande likevekt:



- a) Berekn ΔG° og likevektskonstanten til reaksjon (1) ved 25°C.
- b) Anta at ΔH° og ΔS° for reaksjon (1) er uavhengig av temperatur og berekn ved kva for ein temperatur partialtrykka til både vatn og karbondioksid er 2,0 bar (Dvs.: $P_{\text{CO}_2} = P_{\text{H}_2\text{O}} = 2,0$ bar).
- c) Anta at du ynskjer å dekomponere så mykje $\text{NaHCO}_3(\text{s})$ som mogeleg, nytt prinsippet til Le Chatelier og gje argument for kva for eit trykk (høgt/lågt) og temperatur (høg/låg) du ville nytte.
- d) Ein evakuert behaldar blir tilført $\text{NaHCO}_3(\text{s})$ i overskot ved 115°C og likevekta (1) innstiller seg. Anta igjen at ΔH° og ΔS° for reaksjon (1) er uavhengig av temperatur og berekn totaltrykket, P_{TOT} , ved 115°C.

Oppgåve 4. (Syrer/baser, titrering og buffere)

- a) Berekn pH i 0,200 M HCN.
- b) Anta at du vil lage ein bufferløysing med utgangspunkt i følgjande løysingar: 0,200 M HCN og 0,200 M NaOH. Kva for eit blandingsforhold ville du nytte der som du skal framstille ein bufferløysing med like stor bufferkapasitet overfor sterke syrar som sterke basar. Kva blir pH i ein slik blanding?
- c) I denne oppgåva skal du titrere HCN med den sterke basen NaOH(aq). Konsentrasjonen til den sterke basen (titranden) er 0,200 M. Startvolumet til den svake syra er 50,0 mL og utgangskonsentrasjonen er 0,200 M. Kor mykje (mL) NaOH må du tilsetje for å kome til ekvivalenspunktet? Kva er pH i dette punktet?

Oppgave 5. (Kjemisk binding og organisk kjemi)

a) Ta utgangspunkt i eit molekyl med sammensetning AB. Vel kva for eit av følgjande utsegner som er korrekt og gje eit kort argument kvifor (Maks to setningar).

- i) Temperatur for smeltepunkt og kokepunkt aukar når skilnaden i elektronegativitet mellom A og B aukar.
- ii) Smeltepunkt og kokepunkt avtar når skilnaden i elektronegativitet mellom A og B aukar.

b) Ta utgangspunkt i ionet NO_3^- .

- i) Tekn Lewisstrukturen til molekylet
- ii) For både å oppfylle oktettregelen og dessutan ta omsyn til likeverd i bindingsstyrke gjev ein denne strukturen eit spesielt namn, kva for eit?

c) Ta utgangspunkt i følgjande molekylar: CH_4 , CF_4 , XeF_4

- i) Teikn Lewisstruktur for alle molekyla.
- ii) Nytt VSEPR-teorien og teikn molekylgeometrien (inkludert "lone pair") til molekyla. Angje òg bindingsvinklene (H-C-H , F-C-F og F-Xe-F).
- iii) Kva for molekyl vil du forvent har eit dipolmoment?

d) Litt organisk kjemi:

- i) Teikn strukturformelen for eten (etylen) og propen (propylen).
- ii) Polymerane polyetylen og polypropylen blir framstelt av monomerene etylen og propylen. Skisser kort korleis ein tenkjer seg polymeriseringsprosessen for desse to polymerane.
- iii) Polypropylen (isotactisk kjede) er vesentleg sterkare enn polyetylen, gje ei kort grunngjeving for kvifor.

FORMELSAMLING

Formel	Kommentar
$PV = nRT$	Den ideelle gasslov
$P_i = n_iRT/V$; $P_i = X_i P_{\text{tot}}$; $P_{\text{tot}} = \sum P_i$	Partialtrykk av i; X_i er molbrøk av i.
$C_p = q / \Delta T$; $\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$	C_p = varmekapasitet.
$\Delta E = q + w$	Pass på definisjon av fortegn for q og w.
$H = E + PV$	H = Entalpi.
$\Delta H = q$	q er her tilført varme.
$\Delta H^\circ = \sum \Delta_f H^\circ(\text{produkter}) - \sum \Delta_f H^\circ(\text{reaktanter})$	Husk støkiometriske faktorer.
$\Delta H^\circ_T \cong \Delta H^\circ_{298} + \Delta C_p^\circ \Delta T$	Eksakt hvis ΔC_p° er konstant.
$\ln K_1/K_2 = (-\Delta H/R) (1/T_1 - 1/T_2)$	van 't Hoff. ΔH og ΔS konstant.
$\ln P_1/P_2 = (-\Delta_{\text{vap}}H/R)(1/T_1 - 1/T_2)$	Clausius-Clapeyron for væskers damptrykk.
$dS = q_{\text{rev}}/T$	S = Entropi.
$\Delta S^\circ_T \cong \Delta S^\circ_{298} + \Delta C_p^\circ \Delta \ln T$	Eksakt hvis ΔC_p° er konstant.
$G = H - TS$; $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$	Gibbs energi = - T $\Delta S_{\text{univers}}$
$\Delta G_T \cong \Delta H_{298} - T\Delta S_{298}$	Eksakt hvis ΔH og ΔS er konstant.
$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$	Q er reaksjonskvotienten.
$\Delta G^\circ = -RT \ln K$	Fordi $\Delta G = 0$ ved likevekt.
$\Delta G = -nFE$	E = cellespenning.
$q_{\text{el}} = It$	Sammenheng mellom elektrisk strøm (I), tid (t) og elektrisk ladning (q_{el})
$E = E^\circ - (RT/nF) \ln Q$; $E = E^\circ - (0,0592/n) \log Q$	Nernst ligning; ved 25°C.
$[H^+] \cdot [OH^-] = K_w = 10^{-14}$	pH + pOH = 14.
$e^{(a+b)} = e^a \cdot e^b$; $\ln e^a = a$; $\ln(a/b) = \ln a - \ln b$	Regneregler for logaritmer og eksponenter