



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. 8-14)

EKSAMEN
TMT4112 KJEMI
Tirsdag 13. desember, 2011
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 2 (2012).

Oppgave 1. (Elektrokjemi)

a) Følgende cellediagram beskriver en galvanisk celle:



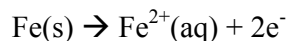
- i) Tegn den galvaniske cellen og angi hva som er anode og katode samt hvordan elektroner og ioner beveger seg. Oppgi også polaritet (+ eller -) på elektrodene.
 - ii) Skriv opp totalreaksjonen og beregn standard celledspenning ved 25°C.
- b)** Høyre halvcelle tilsettes noe $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$. Beskriv det som skjer ved en reaksjonslikning og gi en begrunnelse for i hvilken retning du forventer at celledpotensialet endres (øker eller avtar?).
- c)** Væskevolumet i høyre halvcelle er 100 mL og endres ikke i nevneverdig grad ved tilsats av $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$. Benytt løselighetsdata tabulert i SI-CD og beregn hvor mange gram $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ som må tilsettes for at celledspenningen skal bli null ($E_{\text{celle}}=0$).

Oppgave 2. (Korrosjon)

- a) Figuren viser to jernplater, belagt med hhv. kobber og sink. Begge jernplatene er dekket med en oksygenrik vannfilm og begge har skader i belegget der vannfilmen kommer i direkte kontakt med jernet.



- Angi katodereaksjonen (reaksjonslikning) samt hvor denne reaksjonen finner sted i de to tilfellene
 - Angi anodereaksjonene (reaksjonslikninger) samt hvor de finner sted i de to tilfellene.
 - I hvilket tilfelle anser du at jernplaten er best beskyttet mot korrosjon? Begrunn svaret.
- b) Korrosjonshastigheten for en gitt ståltype kan uttrykkes som en korrosjonsstrømtetthet (strømstyrke pr. arealenhet) lik $100 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$). Anta at korrosjonsstrømmen kan knyttes til følgende halvreaksjon:



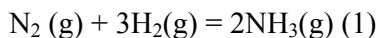
Og beregn korrosjonshastigheten for en stålplate med areal lik $2,00 \text{ m}^2$ uttrykt i:

- mengde (gram) jern korrodert pr. år.
 - mm jernplate korrodert pr. år. Antar at korrosjonen finner sted kun på den ene platesiden og at den er jevnt fordelt på hele arealet samt at arealet forblir uendret. Stålets tetthet er $7,86 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ regnet som rent jern.
- c) En oljeplattform i stål skal beskyttes mot korrosjon i sjøvann ved å benytte offeranoder. Offeranodene kan her antas å være ren sink og i denne oppgaven antar vi at 100% av massen kan utnyttes til å gi effektiv beskyttelsesstrøm. Den delen av plattformen som skal beskyttes har et overflateareal på 20.000 m^2 og krever en strømtetthet på $0,150 \text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$.
- Hvor mange kg offeranoder går med til å produsere en gjennomsnittlig beskyttelsesstrøm på 1 A over en periode på ett år?

- ii) Hvor mange kg offeranoder kreves pr. år for katodisk beskyttelse av hele plattformen?
- d) Du har valget mellom jern, sink, kobber og aluminium som mulig konstruksjonsmateriale til en anvendelse hvor materialet er i kontakt med en vannløsning som er mettet på oksygen samt at pH vil være konstant lik 5. Benytt vedlagte Pourbaixdiagram til å besvare følgende:
- i) Gi en begrunnelse for hvilke metaller som kan benyttes som konstruksjonsmateriale ved de gitte betingelser, gitt at korrosjon ikke skal være et problem.
- ii) Angi balanserte korrosjonsreaksjoner (redoks) for de metaller som er uegnet.

Oppgave 3. (Termodynamikk og gasser)

Dannelsen av ammoniakk kan beskrives ved følgende reaksjonslikning:



- a) Beregn ΔH° og ΔS° for reaksjon (1) ved 25°C .
- b) Vil molforholdet mellom ammoniakk og nitrogen ($n_{\text{NH}_3}/n_{\text{N}_2}$) i gassen ved likevekt øke, være konstant eller avta når en øker temperaturen ved konstant totaltrykk. Svaret skal begrunnes.
- c) Vil molforholdet mellom ammoniakk og nitrogen ($n_{\text{NH}_3}/n_{\text{N}_2}$) i gassen ved likevekt øke, være konstant eller avta når en øker totaltrykket ved konstant temperatur. Svaret skal begrunnes.
- d) Anta at ΔH° og ΔS° for reaksjon (1) kan anses å være uavhengig av temperatur og beregn den temperatur der likevektskonstanten $K=0,010$.

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

- a) Beregn pH i 0,020 M NH_4Cl (ammoniumklorid). Angi hvilke approksimasjoner du anvender ved beregningen.
- b) Anta at du titrerer 250 mL av løsningen i delspørsmål a) med den sterke basen 0,100 M NaOH.
- i) Halvveis mellom "start" og ekvivalenspunktet har løsningen størst bufferkapasitet. Beskriv med ord hvorfor vi her har høyest bufferkapasitet samt beregn pH i dette punktet.
- ii) Beregn pH i løsningen ved ekvivalenspunktet.

Oppgave 5. (Kjemisk binding og organisk kjemi)

a) Gi en begrunnelse for hvorfor dipolmentene for molekylene øker i rekkefølgen: HBr, HCl og HF.

b) Gitter energi.

i) Ta utgangspunkt i en generell ionisk forbindelse AB(s) og angi reaksjonen som definerer gitterenergien (lattice energy) til forbindelsen.

ii) Med utgangspunkt i definisjonen i delspørsmål i) beregn gitterenergien til NaCl(s) basert på data tabulert i SI-CD.

c) Hva betyr VSEPR og hva kan vi utlede av VSEPR-modellen?

d) Ta utgangspunkt i følgende forbindelser: O₃, CO₂, CN⁻, SeF₆, ICl₄⁻, CH₄.

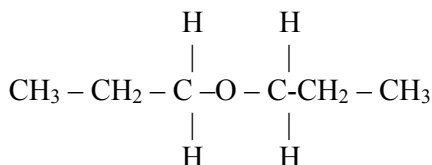
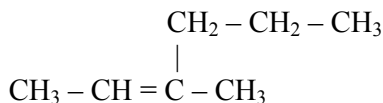
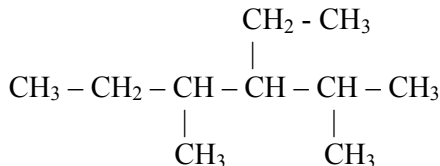
i) Tegn Lewisstruktur for alle molekylene.

ii) Benytt VSEPR-teorien og tegn molekylgeometrien (inkludert "lone pair") til forbindelsene. Angi også navn på de ulike strukturer (lineær, tetraedisk etc.).

iii) Hvilket spesifikt navn vil du sette på elektronstrukturen til O₃ når du vet at alle bindingene i molekylet er like lange?

e) Litt organisk kjemi:

i) Angi systematisk navn på følgende forbindelser:

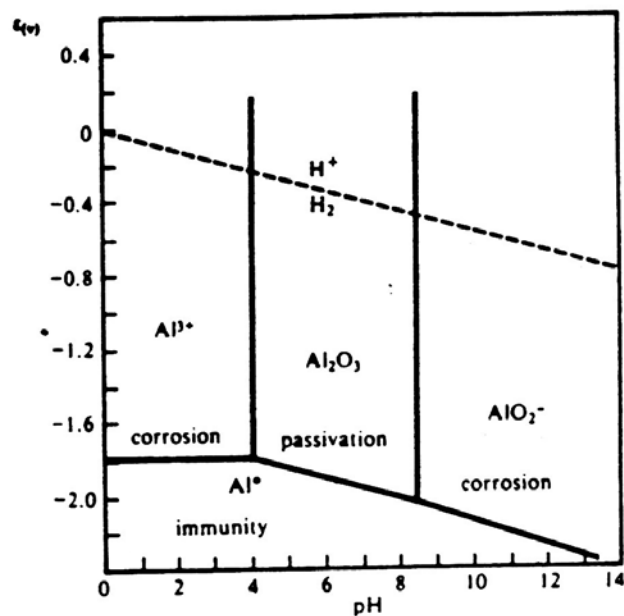
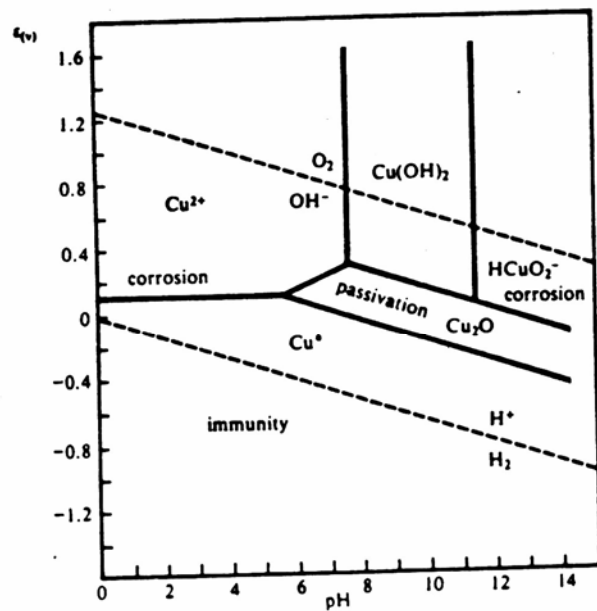
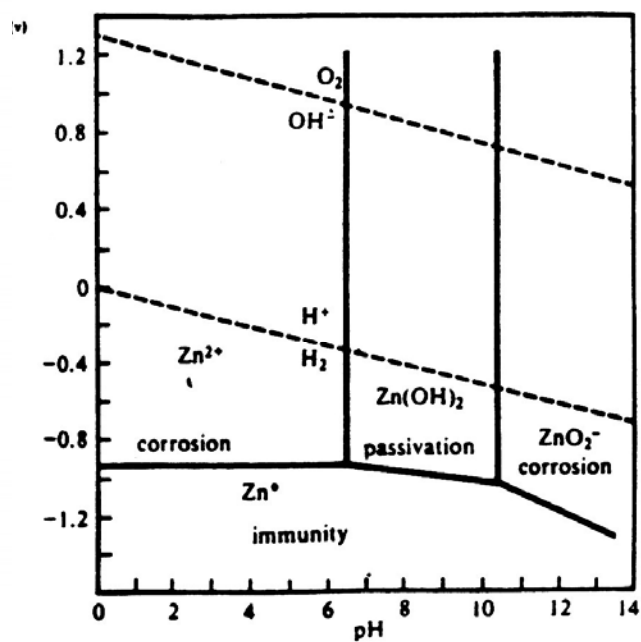
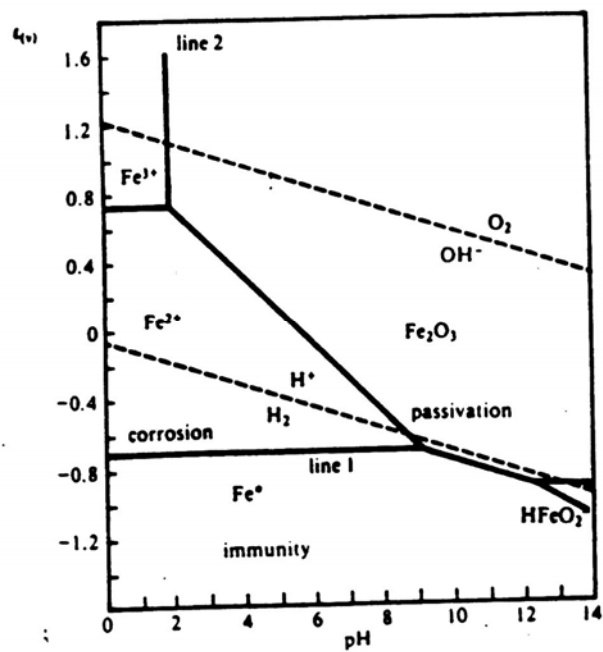


ii) Tegn strukturformelen til følgende forbindelser:

4-etyl-3,5-dimetylnonan
4-methyl-trans-2-heksen
5-etyl-3-heptyn

- iii) Skisser strukturformelen til hhv. polyetylen og teflon. Hva er årsaken til at teflon er vesentlig mer inert enn polyetylen?
- iv) Nevn noen vanlige anvendelser av teflon.

POURBAIX DIAGRAM TIL OPPGAVE 2



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
Tysdag 13. desember, 2011
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 2 (2012).

Oppgave 1. (Elektrokjemi)

a) Følgjande cellediagram skildrar ein galvanisk celle:



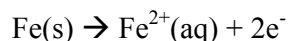
- i) Teikn den galvaniske cellen og angje kva som er anode og katode og dessutan korleis elektron og ion rører seg. Oppgje òg polaritet (+ eller -) på elektrodane.
 - ii) Skriv opp totalreaksjonen og berekn standard cellespenning ved 25°C.
- b)** Høgre halvcelle blir tilsett noko $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)}$. Skildre det som skjer ved ein reaksjonslikning og gje ei grunngjeving for i kva for ei retning du forventar at cellepotensialet endrast (aukar eller avtar?).
- c)** Væskevolumet i høgre halvcelle er 100 mL og blir ikkje endra i nevnerdig grad ved tilsats av $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)}$. Nytt løselighetsdata tabulert i SI-CD og berekn kor mange gram $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)}$ som må tilsetjast for at cellespenningen skal bli null ($E_{\text{celle}}=0$).

Oppgave 2. (Korrosjon)

- a) Figuren viser to jernplater, belagt med hhv. kobber og sink. Begge jernplatene er dekt med ein oksygenrik vannfilm og begge har skadar i belegget der vannfilmen kjem i direkte kontakt med jernet.



- Angje katodereaksjonen (reaksjonslikning) og dessutan der denne reaksjonen finn stad i dei to tilfella.
 - Angje anodereaksjonene (reaksjonslikninger) og dessutan kor dei finn stad i dei to tilfella.
 - I kva for eit tilfelle ansar du at jernplaten er best verna mot korrosjon? Begrunn svaret.
- b) Korrosjonshastigheten for ein gjeven ståltype kan bli uttrykt som ein korrosjonsstrømtetthet (straumstyrke pr. arealenhet) lik $100 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$). Anta at korrosjonsstrømmen kan knytast til følgjande halvreaksjon:



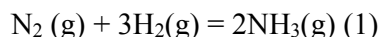
Og berekn korrosjonshastigheten for ein stålplate med areal lik $2,00 \text{ m}^2$ uttrykt i:

- mengd (gram) jarn korrodert pr. år.
 - mm jernplate korrodert pr. år. Antek at korrosjonen finn stad berre på han eine platesiden og at han er jamt fordelt på heile arealet og dessutan at arealet forblir uendra. Tettleiken til stålet er $7,86 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ rekna som reint jarn.
- c) Ein oljeplattform i stål skal vernast mot korrosjon i sjøvatn ved å nytta offeranoder. Offeranodene kan her antakast å vere rein sink og i denne oppgåva antek vi at 100% av massen kan utnyttast til å gje effektiv beskyttelsesstrøm. Den delen av plattformen som skal vernast har eit overflateareal på 20.000 m^2 og krev ein strømtetthet på $0,150 \text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$.
- Kor mange kg offeranoder går med til å produsere ein gjennomsnittleg beskyttelsesstrøm på 1 A over ein periode på éit år?

- ii) Kor mange kg offeranoder blir kravd pr. år for katodisk vern av heile plattformen?
- d) Du har valet mellom jern, sink, kopar og aluminium som mogleg konstruksjonsmateriale til ein anvendelse der materiala er i kontakt med ein vannløysing som er metta på oksygen og dessutan at pH vil vere konstant lik 5. Nytt vedlagde Pourbaixdiagram til å besvare følgjande:
 - i) Gje ei grunngjeving for kva for metall som kan nyttast som konstruksjonsmateriale ved dei gjevne betingelser, gjeve at korrosjon ikkje skal vere eit problem.
 - ii) Angje balanserte korrosjonsreaksjoner (redoks) for dei metallane som er ueigna.

Oppgåve 3. (Termodynamikk og gassar)

Dannelsen av ammoniakk kan beskrives ved følgende reaksjonslikning:



- a) Berekn ΔH° og ΔS° for reaksjon (1) ved 25°C.
- b) Vil molforholdet mellom ammoniakk og nitrogen ($n_{\text{NH}_3}/n_{\text{N}_2}$) i gassen ved likevekt auke, vere konstant eller avta når ein aukar temperaturen ved konstant totaltrykk? Svaret skal begrunnes.
- c) Vil molforholdet mellom ammoniakk og nitrogen ($n_{\text{NH}_3}/n_{\text{N}_2}$) i gassen ved likevekt auke, vere konstant eller avta når ein aukar totaltrykket ved konstant temperatur? Svaret skal begrunnes.
- d) Anta at ΔH° og ΔS° for reaksjon (1) er uavhengig av temperatur og berekn den temperatur der likevektskonstanten $K=0,010$.

Oppgåve 4. (Syrar/basar, titrering og buffere)

- a) Berekn pH i 0,020 M NH_4Cl (ammoniumklorid). Angje kva for approksimasjonar du nyttar ved beregningen.
- b) Anta at du titrerer 250 mL av løysinga i delspørsmål a) med den sterke basen 0,100 M NaOH.
 - i) Halvveges mellom ”start” og ekvivalenspunktet har løysinga størst bufferkapasitet. Skildre med ord kvifor vi her har høgast bufferkapasitet og berekn pH i dette punktet.
 - ii) Berekn pH i løysinga ved ekvivalenspunktet.

Oppgåve 5. (Kjemisk binding og organisk kjemi)

a) Gje ei grunngjeving for kvifor dipolmentene for molekyla aukar i rekkjefølgda: HBr, HCl og HF.

b) Gitter energi.

i) Ta utgangspunkt i ein generell ione forbindelse AB(s) og angje reaksjonen som definerer gitterenergien (lattice energy) til bindinga.

ii) Med utgangspunkt i definisjonen i delspørsmål i) berekn gitterenergien til NaCl(s) basert på data tabulert i SI-CD.

c) Kva tyder VSEPR og kva kan vi utlede av VSEPR-modellen?

d) Ta utgangspunkt i følgjande molekylar: O₃, CO₂, CN⁻, SeF₆, ICl₄⁻, CH₄.

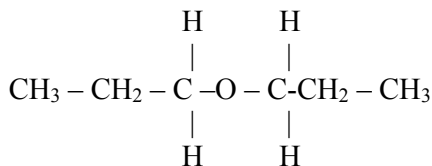
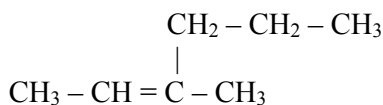
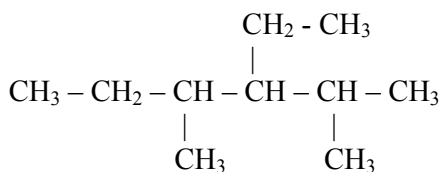
i) Teikn Lewisstruktur for alle molekyla..

ii) Nytt VSEPR-teorien og teikn molekylgeometrien (inkludert "lone pair") til alle molekyla. Angje òg namn på dei ulike strukturane (lineær, tetraedrisk etc.).

iii) Kva for eit spesifikt namn vil du setje på elektronstrukturen til O₃ når du veit at alle bindingane i molekylet er like lange?

e) Litt organisk kjemi:

i) Angje systematisk namn på følgjande molekyl:

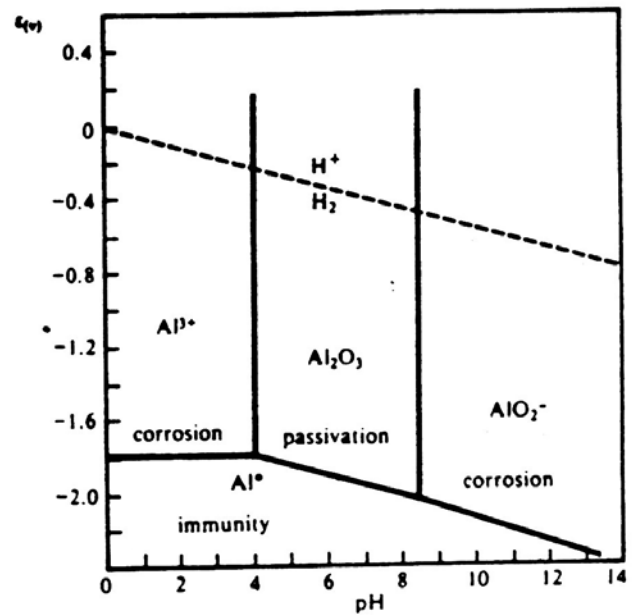
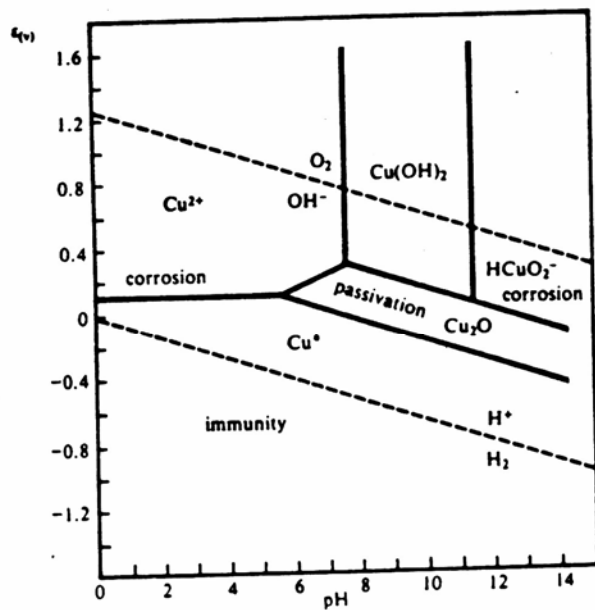
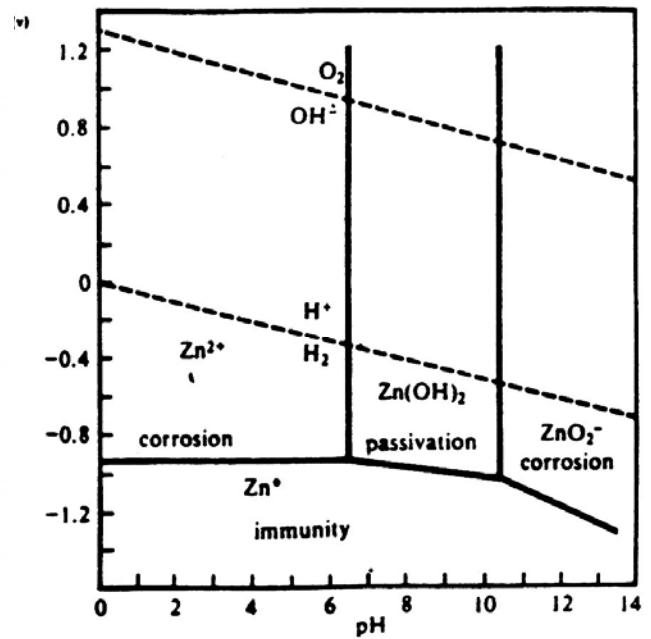
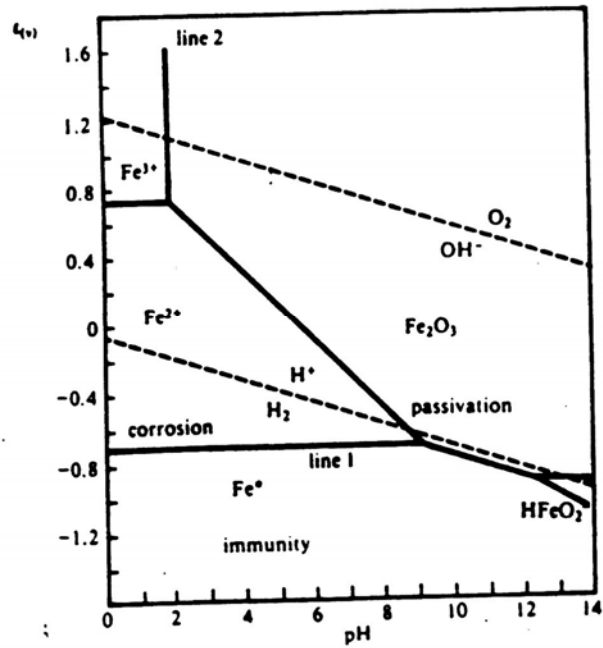


ii) Teikn strukturformelen til følgjande molekyl:

4-etyl-3,5-dimetylnonan
4-methyl-trans-2-heksen
5-etyl-3-heptyn

- iii) Skisser strukturformelen til hhv. polyetylen og teflon. Kva er årsaka til at teflon er vesentleg meir inert enn polyetylen?
- iii) Nemn nokre vanlege anvendelser av teflon.

POURBAIX DIAGRAM TIL OPPGÅVE 2



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