



NTNU  
NORGES TEKNISK- VITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR MATERIALTEKNOLOGI

Faglig kontakt under eksamen:  
Institutt for materialteknologi, Gløshaugen  
Kjell Wiik; Tel.: 73594082/Mob. tel.: 922 65 039

**EKSAMEN**  
**TMT4110 og TMT4112 KJEMI**  
**Torsdag 18. august, 2011**  
**Tid: kl. 0900 – 1300 (4 timer)**  
**LØSNINGSFORSLAG**

Hjelpemidler: C – Bestemt, enkel kalkulator, med tomt minne.  
Aylward & Findlay: SI Chemical Data (SI-CD)

---

**Oppgave 1.**

Etan kan spaltes til eten og hydrogen i følge ligningen:



- a) Beregn  $\Delta G^\circ$  og  $\Delta H^\circ$  til reaksjonen ved 25°C. Vil reaksjonen være endoterm eller eksoterm? Hvordan vil likevekten forskyves når vi øker temperaturen?

---

$\Delta G^\circ = 68 - (-32) = 100 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta H^\circ = 52 - (-84) = 136 \text{ kJ/mol}$ .  $\Delta H^\circ > 0$  dvs. endoterm rx. Likevekt vil forskyves mot høyre ved økende T.

- b) Beregn likevektskonstanten ved 25°C.

---


$$\Delta G^\circ = -RT \ln K. K = \exp(-100000/(8,314 \cdot 298)) = 2,96 \cdot 10^{-18}$$

- c) Beregn likevektskonstanten ved 727°C når vi antar at  $\Delta H^\circ$  og  $\Delta S^\circ$  til reaksjonen er uavhengig av temperaturen.

---


$$\ln \left( \frac{K_2}{K_1} \right) = \frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow \ln K_2 = \ln (2,96 \cdot 10^{-18}) - (136000/8,314) \cdot ((1/(273+727)) - (1/298)) \Rightarrow K_2 = 0,16$$

- d) En evakuert, varmebestandig beholder fylles med etan med trykk 2,0 atm ved 25°C. Beholderen lukkes og varmes opp til 727°C. Hva blir partialtrykkene til C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> og H<sub>2</sub> når likevekt har innstilt seg ved 727°C dersom vi anvender likevektskonstanten beregnet i spørsmål c)?

---

*P<sub>2</sub> er trykk til C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ved 727°C før dekomponering. Ideell gasslov:*

*P<sub>2</sub>/P<sub>1</sub>=T<sub>2</sub>/T<sub>1</sub> → P<sub>2</sub>=((273+727)/298)2,0=6,71 atm. Før dekomp.: P<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></sub>=6,71 atm, P<sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></sub>=P<sub>H<sub>2</sub></sub>=0.*

*Etter dekomp.: P<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></sub>=6,71-x, P<sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></sub>=P<sub>H<sub>2</sub></sub>=x. Likevekt: K<sub>2</sub>= (P<sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></sub>P<sub>H<sub>2</sub></sub>)/P<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></sub> = x<sup>2</sup>/(6,71-x)=0,16. → x= P<sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></sub>=P<sub>H<sub>2</sub></sub>=0,96 atm, P<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></sub>=6,71-0,96=5,75 atm.*

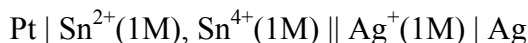
- e) Utled et uttrykk for likevektskonstanten til reaksjonen hvor totaltrykket ved likevekt er inkludert. Bruk dette uttrykket til å gjøre rede for om likevekten forskyves mot høyre eller venstre når vi øker totaltrykket ved å minske volumet (temperaturen er konstant).

---

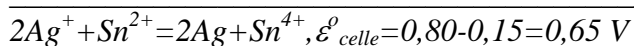
*P<sub>H<sub>2</sub></sub>=x<sub>H<sub>2</sub></sub>P<sub>t</sub>, x<sub>H<sub>2</sub></sub>=Molbrøk H<sub>2</sub>, P<sub>t</sub>=Totaltrykket. K= (x<sub>H<sub>2</sub></sub>P<sub>t</sub> x<sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></sub>P<sub>t</sub>)/x<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></sub>P<sub>t</sub>=(x<sub>H<sub>2</sub></sub> x<sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></sub>)/x<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></sub>P<sub>t</sub>. For at likevektskonstanten skal forbli konstant må x<sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></sub>x<sub>H<sub>2</sub></sub> avta relativt til x<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></sub>, dvs. likevekten forskyves til venstre.*

## Oppgave 2.

Gitt følgende galvaniske celle ved 25°C:



- a) Skriv cellereaksjonen og beregn cellepotensialet til cella.



- b) Hvilken type elektrode er Pt-elektroden? Angi hvilke elektroder som er anode og katode samt polaritet.

---

*Pt er inert elektrode og anode med negativ polaritet. Ag er katode med positiv polaritet.*

- c) Beregn likevektskonstanten til cella ved 25°C.

---


$$\mathcal{E} = \mathcal{E}^{\circ}_{\text{celle}} - (0,0592/n) \log K = 0, K = 10^{((2,0,65)/0,0592)} = 1,08 \cdot 10^{22}.$$

- d) Beregn cellepotensialet for cella ved 25°C når:  
Pt | Sn<sup>2+</sup>(0,3M), Sn<sup>4+</sup>(0,3M) || Ag<sup>+</sup>(0,5M) | Ag.

---


$$\mathcal{E} = \mathcal{E}^{\circ}_{\text{celle}} - (0,0592/2) \log([[\text{Sn}^{4+}]]/([\text{Sn}^{2+}][\text{Ag}^{+}]^2)) = 0,65 - (0,0592/2) \log([0,3]/([0,3][0,5]^2)) = 0,63 \text{ V}$$

- e) Vi tilsetter en KBr-løsning til Ag|Ag<sup>+</sup>(0,5M) – halvcellen i spørsmål d). AgBr(s) felles ut og etter utfellingen er Br<sup>-</sup>-konsentrasjonen 0,01M. Beregn konsentrasjonen av Ag<sup>+</sup> for cella: Pt | Sn<sup>2+</sup>(0,3M), Sn<sup>4+</sup>(0,3M) || Ag<sup>+</sup> | Ag etter utfelling av sølvbromid gitt at ΔG = -7,22 kJ for cellereaksjonen. Beregn

løselighetsproduktet til AgBr(s) og angi % avvik (positivt/negativt) i forhold til verdi tabulert i SI-CD.


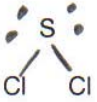
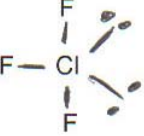
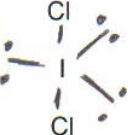
$$\text{AgBr}(s) = \text{Ag}^+(aq) + \text{Br}^-(aq), [\text{Ag}^+][\text{Br}^-] = K_{sp}, [\text{Ag}^+] = K_{sp}/[\text{Br}^-], \Delta G = -nF\varepsilon \rightarrow \varepsilon = -(-7,72 \cdot 10^3 / (2 \cdot 96487)) = 0,04V = \varepsilon_{\text{celle}}^0 - (0,0592/2) \log([Sn^{4+}]/([Sn^{2+}][Ag^+]^2)) = 0,65 - (0,0592/2) \log((0,3)/(0,3[Ag^+]^2)) = 0,65 - (0,0592/2) \log(1/(K_{sp}/[\text{Br}^-])^2) = 0,65 - (0,0592/2) \log(0,01/K_{sp})^2 \rightarrow K_{sp} = 4,58 \cdot 10^{-13}, [\text{Ag}^+] = 4,58 \cdot 10^{-13} / 0,01 = 4,58 \cdot 10^{-11} M$$

### Oppgave 3.

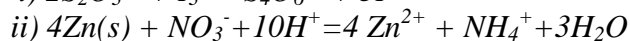
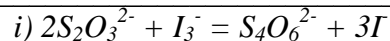
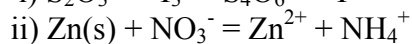
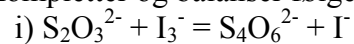
- a) Vis hvordan man ved hjelp av VSEPR-modellen kan angi strukturer for følgende forbindelser:



Hvor mange ledig elektronpar (lone pairs) er det i hver forbindelse? Hvilken struktur får forbindelsene? Hvordan er bindingsvinklene i forbindelsene?

Forbindelse	# valens e <sup>-</sup>	# ledige elektronpar	Struktur	Bindingsvinkel
PF <sub>3</sub>	8	1	Trigonal pyramide 	<F-P-F<109°
SCl <sub>2</sub>	8	2	Vinklet molekyl (analogt H <sub>2</sub> O) 	<Cl-S-Cl<109°
ClF <sub>3</sub>	10	2	Trigontalt Bipyramidalt "Bøyd T" 	<F-Cl-F<90°
ICl <sub>2</sub> <sup>-</sup>	10	3	Trigontalt Bipyramidalt Lineært 	<Cl-I-Cl=180°

b) Kompletter og balanser følgende reaksjonsligninger i sur løsning:

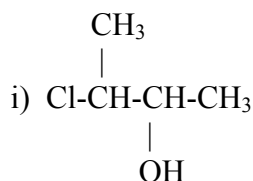


c) 0,1M benzenkarboksylsyre ( $C_6H_5COOH$ ) titrerer med 0,1M NaOH. Beregn pH ved ekvivalenspunktet. Hvilke indikatorer kan du bruke?

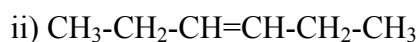
Ekvivalenspunktet svarer til en 0,05M løsning av  $C_6H_5COONa \rightarrow C_6H_5COO^- + H_2O = C_6H_5COOH + OH^-$ ,  $K_b = ([C_6H_5COOH][OH^-])/[C_6H_5COO^-] = (x \cdot x)/0,05$ ,  $pK_a = 4,2 \rightarrow pK_a + pK_b = 14 \rightarrow pK_b = 9,8$ ,  $[OH^-]^2 = 1,58 \cdot 10^{-10}$ ,  $0,05 = 7,9 \cdot 10^{-12}$ ,  $[OH^-] = 2,81 \cdot 10^{-6}$ ,  $[H_3O^+] = 10^{-14}/2,81 \cdot 10^{-6} = 3,56 \cdot 10^{-9} \rightarrow pH = 8,45$ . Indikator for eksempel: Kreosol rødt ( $pK_a = 8,3$ )

#### Oppgave 4.

a) Angi riktig navn for følgende organiske molekyler:



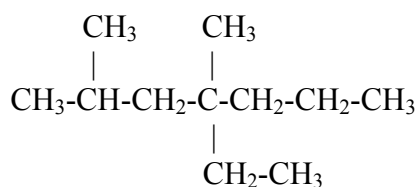
3-kloro-2 butanol



3-heksen

b) Tegn følgende forbindelser:

i) 4-etyl-2,4-dimetylheptan



ii) 2-pentanon



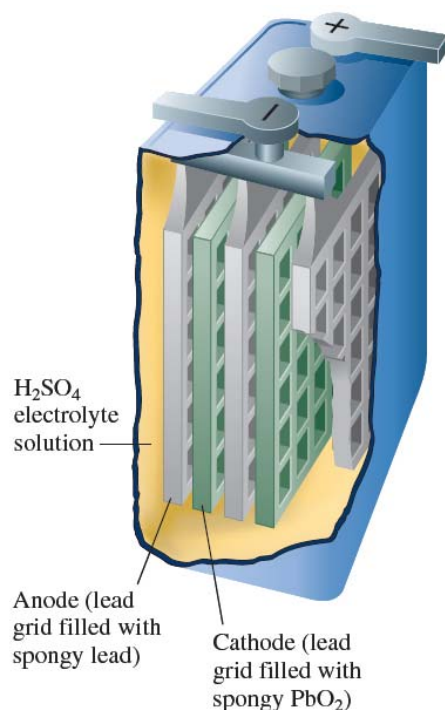
c) Hva er betingelsen for at et organisk molekyl skal kunne vise cis-trans isomeri?

*Dobbeltbinding C=C (hindret rotasjon)*

### Oppgave 5.

a) Forklar kort hvordan et blybatteri fungerer. Hva er hovedforskjellen på et slikt type batteri kontra et tørrcellebatteri?

- *Anode:*  
 $\text{Pb} + \text{HSO}_4^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}^+ + 2 e^-$
- *Katode:*  
 $\text{PbO}_2 + \text{HSO}_4^- + 3 \text{H}^+ + 2 e^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- *Elektrolytt: Svovelsyreløsning*
- *Elektroder: Pb og PbO<sub>2</sub>/Pb*
- *-28°C til +30°C*
- *ca 2 V*
- *Vanligvis: 6 celler kobles i serie => 12 V*



- *Elektrolytten definerer hvorvidt batteriet karakteriseres som et våtcellebatteri (som i blyakkumulatoren: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq)) eller tørrcellebatteri hvor elektrolytten består av en (fuktig) pasta (engelsk: paste).*

- b) Forklar hva vi mener med en offeranode. Gi ett eksempel på materiale som kan være en offeranode for et stålrør.

---

*Offeranode består av et metall mindre edelt enn det som skal beskyttes. På dette metallet foregår anodereaksjone, dvs. metallet går i oppløsning, produserer elektroner som "benyttes" til katodereaksjonen som typisk vil foregå på det metallet som beskyttes. Eksempel offeranoder for stål: Zn og Mg.*

- c) Forklar hvorfor et stålrør som er i kontakt med sjøvann korroderer mens det samme røret ikke korroderer i tørr luft.

---

*For at korrosjon skal finne sted må en elektrolytt være tilstede; i tørr luft "mangler" elektrolytten.*

- d) Tenk deg at du kopler sammen metallisk jern og metallisk nikkel (galvanisk kontakt) og graver dette ned i fuktig jord med rikelig tilgang på oksygen. Et år etter graver du metallene opp.

- i) Gi en beskrivelse av hva du sannsynligvis observerer.

---

*Fe er betydelig korrodert, i motsetning til Ni.*

- ii) Angi hvilke anode- og katodereaksjoner som sannsynligvis har funnet sted på de ulike metallene.

---

*Anodereaksjon:  $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$  og deretter  $4Fe^{2+}(aq) + O_2(g) + (4+2n)H_2O(l) \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot nH_2O(s=rust) + 8H^+(aq)$ . Katodereaksjon (på Ni):  $O_2(løst\ i\ H_2O) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$*

- iii) Ut fra hva du observerer hva vil du kalle jernet i dette tilfellet?

---

*Offeranode*

## **Oppgave 6.**

Svar kort på følgende:

- a) Hva er en bufferløsning og hvordan kan denne framstilles?

---

*En bufferløsning motsetter seg endring i pH. En blanding av relativt høye konsentrasjoner av hhv. en svak syre (HA) og dens korresponderende svake bas ( $A^-$ ) er en bufferløsning.*

- b) Forklar hva som menes med en syre-base-indikator.
-

*De vanligste indikatorene er komplekse molekyler som selver svake syrer (HIn). Avhengig av syrekonstanet skifter de farge i ulike pH-interval, dvs. pH er entydig definert i området hvor fargeskiftet finner sted.*

- c) Hvilke krefter holder en ioneforbindelse sammen?

---

*Coulombske.*

- d) Hvilke krefter holder en kovalent forbindelse sammen.

---

*Elektronpar ("egentlig" også coulombske krefter, det negative elektronparet er etablert i området mellom de positive atomkjerner.*

- e) Hva er et amfotært stoff?

---

*Både syre- og base-egenskaper.*

- f) Hvordan defineres molbrøk?

---

*Gitt binær blanding av A og B. Molbrøk til A i blandingen blir da:  $X_A = n_A / (n_A + n_B)$*

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 $T$
$\Delta G_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T\Delta S_{298}^\circ$ $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$	$\Delta C_p^\circ \approx 0$ 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
$r = - \frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = \frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt} = k[A]^l [B]^m [C]^n [D]^p$	Reaksjonshastighet for $aA + bB \rightarrow cC + dD$
Total orden = $l + m + n + p$	
$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$	Hastighetskonstant, $k$ Aktiveringsenergi, $E_a$