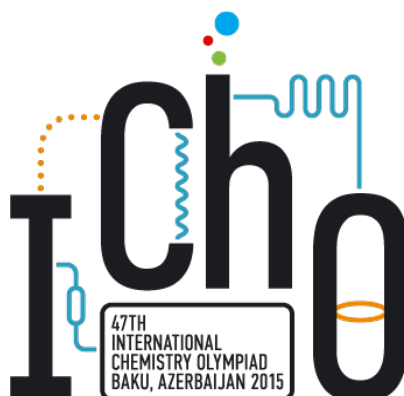


**Norsk finale**



**Kvalifisering til den  
47. Internasjonale Kjemiolympiaden 2015  
i Baku, Aserbajdsjan**



**Dag:** Fredag 27. mars 2015

**Varighet:** 180 minutter.

**Hjelpemidler:** Lommeregner og "Tabeller og formler i kjemi".

**Maksimal poengsum:** 100 poeng.

Oppgavesettet er på **11** sider (inklusive forsiden og formelark)  
og har **6** oppgaver

**SKRIV TYDELIG SÅ DU IKKE MISTER POENG PGA UKLARHETER !!**

**Besvarelsen føres på egne ark. Du kan beholde oppgaveheftet.**

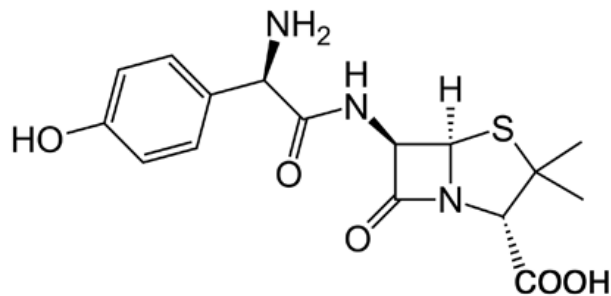
## Oppgave 1 (30 poeng)

Hvert av spørsmålene i denne oppgaven skal besvares ved å angi bokstavkoden til det alternativet som er korrekt. *Kun ett svar* er korrekt for hvert spørsmål.

1) Hvilken geometri har molekylet  $\text{AsCl}_4^-$  ?

- A) Trigonal bipyramidalt
- B) Plankvadratisk
- C) Tetraedrisk
- D) Usymmetrisk tetraedrisk

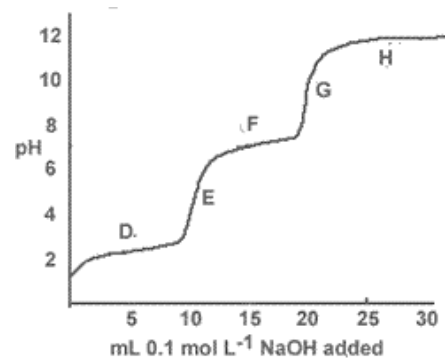
2) Hvor mange C-atomer med  $sp$ ,  $sp^2$  og  $sp^3$  hybridisering finner du i amoxicillin som er et aminopenicillin, og hvor mange  $\pi$ -bindinger totalt sett i molekylet?



- A)  $sp = 0$ ,  $sp^2 = 9$ ,  $sp^3 = 7$ ,  $\pi = 6$
- B)  $sp = 0$ ,  $sp^2 = 10$ ,  $sp^3 = 6$ ,  $\pi = 5$
- C)  $sp = 0$ ,  $sp^2 = 7$ ,  $sp^3 = 8$ ,  $\pi = 6$
- D)  $sp = 1$ ,  $sp^2 = 9$ ,  $sp^3 = 6$ ,  $\pi = 7$

3) Titrering av 10 mL 0,10 M  $\text{H}_3\text{PO}_4$  med 0,10 M NaOH gir titerkurven som vist. Hvilken påstand er korrekt ?

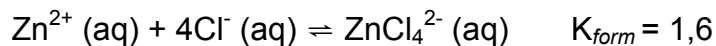
- A) I området H har vi en buffer hvor  $\text{H}_3\text{PO}_4$  og  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dominerer i løsningen
- B) Punktene D, F og H på kurven representerer henholdsvis 1., 2. og 3. ekvivalenspunkt
- C) I området F har vi en buffer hvor  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  og  $\text{HPO}_4^{2-}$  dominerer i løsningen
- D) Punktene E og G på kurven representerer henholdsvis 1. og 2. halvtiteringspunkt



4) Hvor mange ikke-sykliske forbindelser har molekylformel  $\text{C}_4\text{H}_8$ ?

- A) 3
- B) 4
- C) 5
- D) 6

5) Gitt følgende endoterme reaksjon:



Hvilken av følgende handlinger vil føre til en forskyving av denne likevekten mot reaktantsiden (venstre) ?

- A) Tilsetting av litt  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$
- B) Tilsetting av litt  $\text{AgNO}_3$
- C) Tilførsel av varme
- D) Tilførsel av katalysator

6) pH i en 0,040 M hypobromsyreløsning (HOBr) måles til 5,05. Hva er syrens  $K_a$ -verdi ?

- A)  $1,0 \cdot 10^{-9}$
- B)  $2,0 \cdot 10^{-9}$
- C)  $1,0 \cdot 10^{-10}$
- D)  $2,0 \cdot 10^{-10}$

7) Løseligheten til sølv(I)sulfat er 0,040 M ved 80°C. Hva blir  $K_{\text{sp}}$  ved denne temperaturen ? ( $K_{\text{sp}} = 1,2 \cdot 10^{-5}$  ved 25°C)

- A)  $1,6 \cdot 10^{-3}$
- B)  $3,2 \cdot 10^{-3}$
- C)  $2,6 \cdot 10^{-4}$
- D)  $6,4 \cdot 10^{-5}$

8) En blanding av 0,60 mol Al og 1,20 mol  $\text{MnO}_2$  reagerer i henhold til likningen  $4 \text{Al} (\text{s}) + 3 \text{MnO}_2 (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 3 \text{Mn} (\text{s})$  til en av reaktantene er brukt opp. Hva er stoffmenden til slutt for den reaktant som er i overskudd?

- A) 0,20 mol Al
- B) 0,40 mol Al
- C) 0,30 mol  $\text{MnO}_2$
- D) 0,75 mol  $\text{MnO}_2$

9) Gitt reaksjonen  $4 \text{NH}_3 (\text{g}) + 5 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 4 \text{NO} (\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$ . Dersom NO (g) dannes med en hastighet på 1,10 M/min, så vil  $\text{O}_2$  (g) forbrukes med en hastighet på

- A)  $-1,38 \text{ M min}^{-1}$
- B)  $-1,10 \text{ M min}^{-1}$
- C)  $-0,880 \text{ M min}^{-1}$
- D)  $-0,275 \text{ M min}^{-1}$

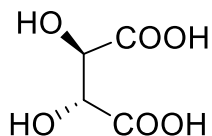
10) En racemisk blanding består av like deler av

- A) cis-trans isomerer
- B) Diastereomerer
- C) Enantiomerer
- D) Strukturisomerer

11) Sølvioner,  $\text{Ag}^+$ , tilsettes i en løsning som inneholder  $[\text{Br}^-] = [\text{Cl}^-] = [\text{CO}_3^{2-}] = [\text{AsO}_4^{3-}] = 0,1 \text{ M}$ . Hvilket av følgende salter vil felles ut sist?

- A)  $\text{AgBr}$  ( $K_{\text{sp}} = 5,0 \cdot 10^{-13}$ )
- B)  $\text{AgCl}$  ( $K_{\text{sp}} = 1,8 \cdot 10^{-10}$ )
- C)  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  ( $K_{\text{sp}} = 8,1 \cdot 10^{-12}$ )
- D)  $\text{Ag}_3\text{AsO}_4$  ( $K_{\text{sp}} = 1,0 \cdot 10^{-22}$ )

12) Hva er rett stereokjemisk navnsetting på vinsyre?

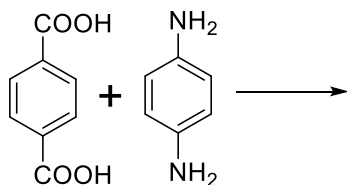


- A)  $(R,R)$ -vinsyre
- B)  $(S,S)$ -vinsyre
- C)  $(2S,3R)$ -vinsyre
- D)  $(3R,2R)$ -vinsyre

13) Hvilken substituent gruppe gir høyest prioritering i Cahn-Ingold-Prelog-systemet?

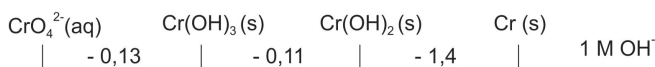
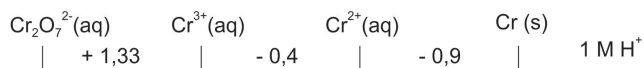
- A)  $-\text{NH}_3$
- B)  $-\text{COOH}$
- C)  $-\text{OH}$
- D)  $-\text{CH}_3$

14) Hva slags polymer blir produktet av reaksjonen mellom de to monomere?



- A) Polyamid
- B) Polyester
- C) Polyeten
- D) Polypropen

15) Gitt latimer diagrammet for krom i surt og basisk miljø - hva er løselighetsproduktet for  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ?



- A)  $K_{\text{sp}} = 2,84 \cdot 10^{-4}$
- B)  $K_{\text{sp}} = 1,01 \cdot 10^{-4}$
- C)  $K_{\text{sp}} = 2,28 \cdot 10^{-11}$
- D)  $K_{\text{sp}} = 1,01 \cdot 10^{-12}$

## Oppgave 2 (15 poeng)

I første del av denne oppgaven skal vi ta en titt på grunnstoffet bor. Elementært bor er sjeldent og forekommer ikke på jorda. Det vanligste mineralet som inneholder bor og som bor typisk utvinnes fra er borax,  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

a) Hva er masseprosenten av bor i borax?

Elektronkonfigurasjonen til bor gjør at det kan inngå i uorganiske forbindelser med mange ulike bindingsforhold.

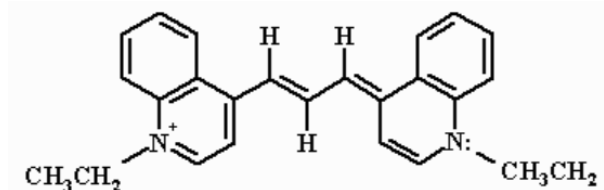
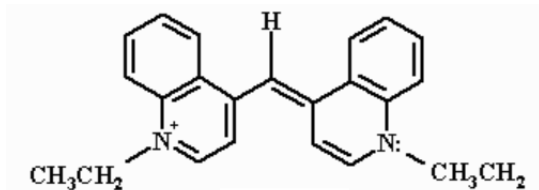
b) Skriv ned elektronkonfigurasjonen for bor.

$\text{B}_2$  er lite stabilt og er kun kjent i gassfase her på jorda.

c) Tegn MO-diagram for  $\text{B}_2$  og sett navn på orbitalene. Hvilken bindingsorden har  $\text{B}_2$ ?

d) Hvilken type magnetisme finner vi i  $\text{B}_2$ ? Forklar opphavet til magnetisme i  $\text{B}_2$ .

I andre del av denne oppgaven skal vi forsøke å forklare absorpsjon av elektromagnetisk stråling i to fargestoffer (vist under). Vi skal behandle deler av begge molekylene som et partikkel-i-boks-system. Molekylet til venstre har 10 elektroner i den konjugerte kjeden, kjeden har en lengde på 1,4 nm. Molekylet til høyre har 12 elektroner i den konjugerte kjeden, kjeden har en lengde på 1,7 nm.

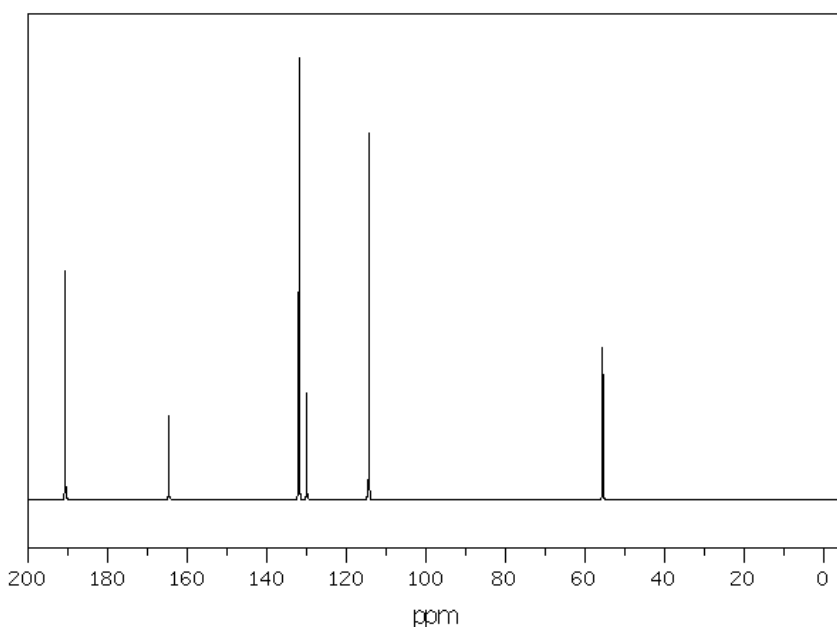
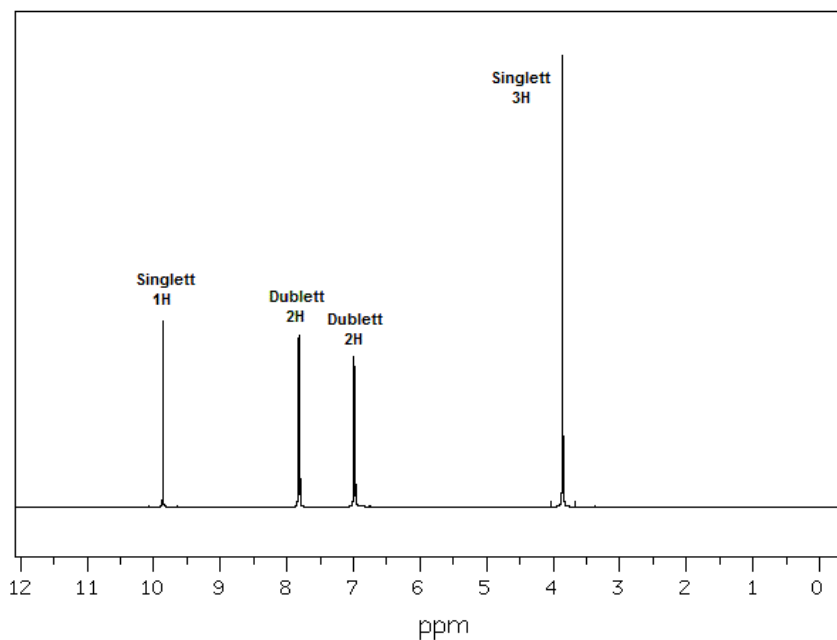


e) Hvilket av de to partikkel-i-boks-systemene absorberer elektromagnetisk stråling med den største bølgelengden? Finn den største bølgelengden molekylet til venstre absorberer som resultat av eksitasjon av et elektron i den konjugerte kjeden.

### Oppgave 3 (15 poeng)

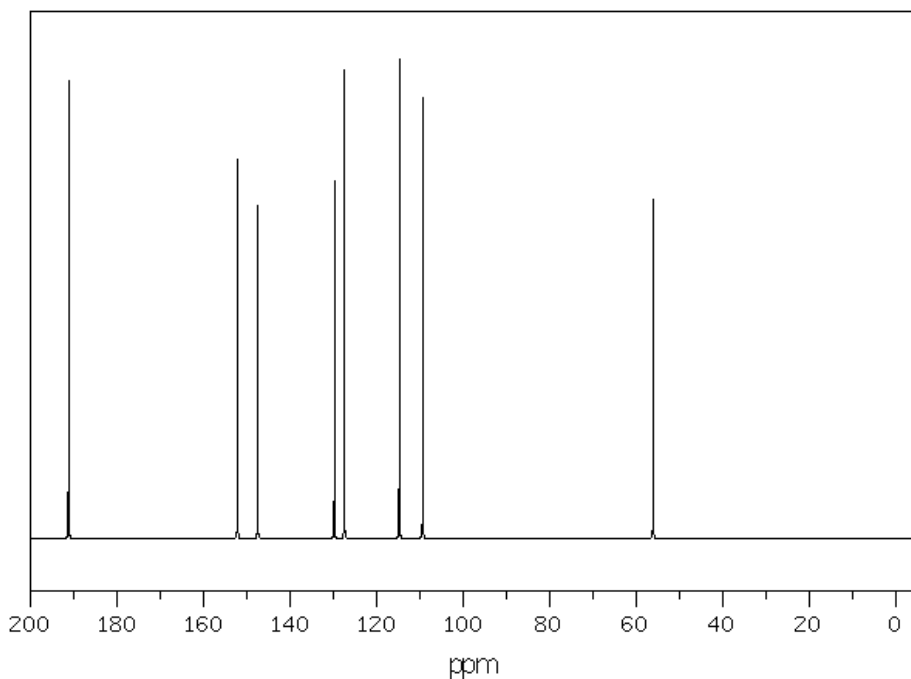
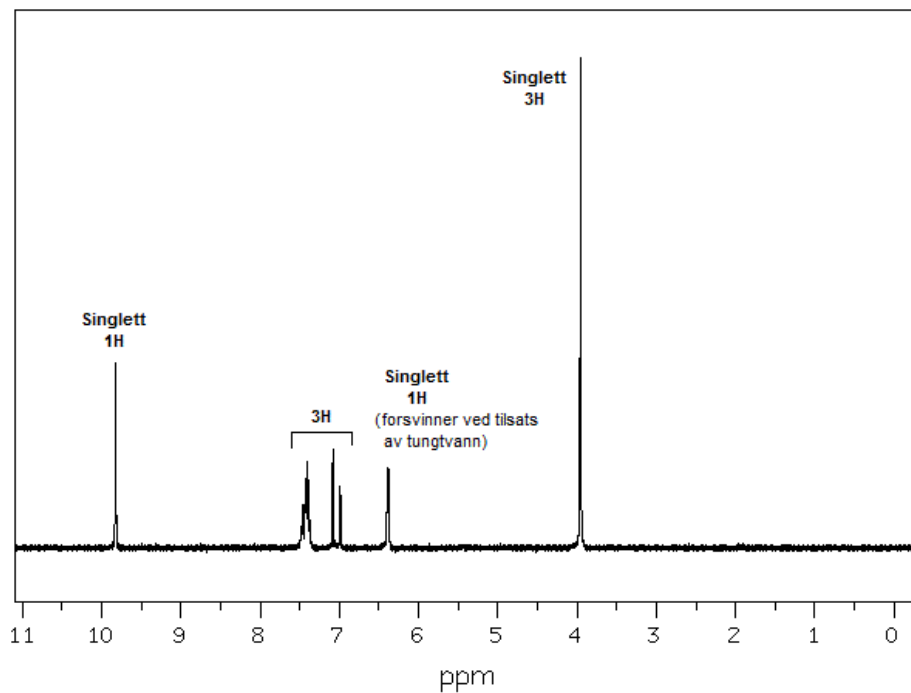
Vanillin er en kjemisk forbindelse som er hovedkomponenten i naturlig vanilje. Den innehar en behagelig aroma, og brukes ofte som smakstilsetning og i parfyme. I Norge produseres relativt store mengder med vanillin på grunnlag av trevirke ved bioraffineriet til Borregaard i Sarpsborg. Anisaldehyder er beslektede forbindelser med lignende anvendelsesområder som de for vanillin. De har en sterk, lakrislignende lukt. Både vanillin og anisaldehydene er aromatiske forbindelser.

- a) Anisaldehyd er en betegnelse som omfatter tre nært beslektede isomerer.  $^1\text{H}$ -NMR (øverst) og  $^{13}\text{C}$ -NMR (nederst) spektra for den vanligste isomerer er gitt nedenfor. Sumformelen for anisaldehyd er  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ . Hva er den kjemiske strukturen til denne isomerer av anisaldehyd?



- b) Hva er de kjemiske strukturene til de to andre isomerene av anisaldehyd?

c) Vanillin har sumformel  $C_8H_8O_3$ .  $^1H$ -NMR (øverst) og  $^{13}C$ -NMR (nederst) spektra for vanillin er gitt nedenfor:



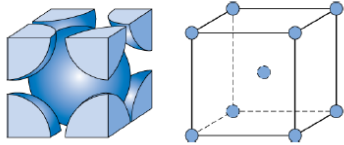
Ved kraftig oksidasjon av vanillin dannes en 3,4-disubstituert benzosyre. Tegn opp to strukturforslag for den kjemiske strukturen til vanillin. Den ene strukturen vil da være den for vanillin, mens den andre vil være for forbindelsen isovanillin.

d) Vanillin ( $pK_a \sim 7.5$ ) er betydelig surere enn isovanillin ( $pK_a \sim 9$ ). Hva er strukturen til vanillin? Gi en kort begrunnelse for svaret.

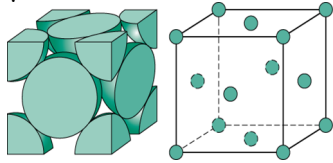
## Oppgave 4 (15 poeng)

Jern finnes i flere forskjellige krystallinske former. To av disse er  $\alpha$ -Fe med romsentrert kubisk pakking, og  $\gamma$ -Fe med flatesentrert kubisk pakking. Disse strukturene er vist under.

Strukturen til  $\alpha$ -Fe:



Strukturen til  $\gamma$ -Fe:



Jernatomene har radius 126 pm i metallisk form.

- Beregn enhetscelledimensjonen til  $\alpha$ -Fe
- Beregn enhetscelledimensjonen til  $\gamma$ -Fe
- Beregn tettheten til  $\alpha$ -Fe
- Beregn tettheten til  $\gamma$ -Fe

Stål er forenklet sett jern med en liten mengde karbon løst i hulrommene mellom jernatomene. Strukturene til jern som vist over er basert på at jernatomene rører hverandre og fyller så mye plass de klarer. Likevel blir det noen hulrom til overs som karbon kan få plass i.

- For  $\gamma$ -Fe strukturen vil karbonet befinne seg midt i enhetscellen, i posisjonen ( $x=0,5$   $y=0,5$   $z=0,5$ ). Hva er avstanden fra denne posisjonen til de nærmeste Fe-atomene (det er 6 stk av dem, men alle er like lange)? Hvor stor plass/avstand blir det igjen til C i dette hulrommet?
- For  $\alpha$ -Fe strukturen vil karbonet befinne seg midt på flatene (for eksempel i posisjonen  $x=0,5$   $y=0,5$   $z=0$ ). Hva er avstandene fra denne posisjonen til de nærmeste Fe-atomene (det er 6 stk av dem, hvor henholdsvis 2 og 4 er like)? Hvor stor plass/avstander blir det igjen til C i dette hulrommet?
- Med bakgrunn i beregnet "radius" til de to hulrommene i oppgave e) og f), hvilken av jernformene løser mest karbon,  $\alpha$ -Fe eller  $\gamma$ -Fe? Hvordan forholder dette seg i forhold til tettheten av de to formene, slik det ble beregnet i oppgave c) og d)?



## Oppgave 5 (15 poeng)

Atmosfæren til planeten Venus består hovedsakelig av drivhusgassen karbondioksid. På Venus har drivhuseffekten virkelig «løpt løpsk». Dette har medført at den gjennomsnittlige overflatetemperaturen i dag er 462°C og gjennomsnittstrykket 92,1 bar.

Når temperaturen og trykket er større enn henholdsvis 304,1 K og 73,8 bar, oppfører karbondioksid seg som en såkalt superkritisk væske. Dette er en form for materie som i likhet med en gass fullstendig fyller beholderen den befinner seg i, men som har tetthet mer som en væske. Du kan anta at superkritisk karbondioksid kan beskrives av van der Waals' tilstandsligning, med

$$a = 1,363 \frac{\text{atm L}^2}{\text{mol}^2} \qquad b = 0,04267 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$$

Du har nettopp landet på overflaten av Venus og vil ta en prøve av «havet» av superkritisk karbondioksid som omgir deg. Du fyller en 1,00 L sylinder som du så utstyrrer med et bevegelig lokk.

- a) Hvor stor er tettheten til prøven du tok? I denne deloppgaven kan du anta at prøven består utelukkende av superkritisk karbondioksid.

Du bestemmer deg så for å klatre opp på et lite fjell i nærheten for å se utover det venusianske landskapet. Etter hvert som du vinner høyde, legger du merke til at prøven du tok langsomt utvider seg i takt med at atmosfæretrykket synker til volumet til slutt er 1,03 ganger så stort. Termometeret ditt viser hele tiden samme temperatur som ved foten av fjellet.

- b) Hvordan kan du beregne hvor stort arbeid prøven du tok ved foten av fjellet har gjort på omgivelsene når du når toppen av fjellet? (Du behøver bare å oppgi den korrekte formelen, ikke å regne ut arbeidet.)

Mye høyere i atmosfæren er karbondioksidet på (vanlig) gassform. Atmosfæren inneholder også noe karbonmonoksid og atomært oksygen. I fortsettelsen av oppgaven kan du få bruk for følgende verdier:

$$\Delta H_{f[o(g)]}^{\circ} = 249,17 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \qquad \Delta H_{f[CO(g)]}^{\circ} = -110,53 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \qquad \Delta H_{f[CO_2(g)]}^{\circ} = -393,51 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$S_{O(g)}^{\circ} = 161,06 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}} \qquad S_{CO(g)}^{\circ} = 197,67 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}} \qquad S_{CO_2(g)}^{\circ} = 213,74 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}}$$

- c) Er dannelse av karbonmonoksid og atomært oksygen fra karbondioksid ved konstant ytre trykk en endoterm eller eksoterm prosess? Begrunn svaret kvantitativt.
- d) Hvor stor er likevektskonstanten for denne reaksjonen i 55 km høyde, der temperaturen er 27°C? (NB! Den er svært liten.)
- e) Er reaksjonen spontan ved 27°C, dersom totaltrykket er 0,5314 atm og atmosfæren inneholder 96,5% (v/v) karbondioksid, 17,0 ppm (v/v) karbonmonoksid og 1,00 ppt (v/v) (ppt = parts per trillion =  $10^{-12}$ ) atomært oksygen? Begrunn svaret ditt. Du kan anta at gassene i denne høyden over

overflaten oppfører seg som idealgasser. Dersom du ikke fikk til oppgave d), kan du bruke

$$\Delta G^\circ = 450 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Det atomære oksygenet reagerer videre med svoveldioksid og danner svoveltrioxid, som igjen reagerer med vanndamp og gir svovelsyredråper. Begge disse reaksjonene er svært eksoterme.

- f) Er standard entropiforandringen for de to siste reaksjonene samlet positiv eller negativ? Det er tilstrekkelig å gi en kvalitativ begrunnelse for svaret.

## Oppgave 6 (10 poeng)

Gitt en redoksreaksjon med generell likning  $2 A_{\text{red}} + B_{\text{oks}} \leftrightarrow 2 A_{\text{oks}} + B_{\text{red}}$ . I denne reaksjonen overføres det 2 mol elektroner per mol av forbindelse B. Reaksjonspilen  $\leftrightarrow$  representerer to elementærreaksjoner med sine respektive hastighetskonstanter  $k_1$  og  $k_{-1}$  for henholdsvis reaksjonen mot høyre og venstre. Anta at  $k_1 = 10000$  og  $k_{-1} = 10$  og at reaksjonen skjer ved  $25^\circ\text{C}$ .

- Hvordan endres oksidasjonstallet for stoffet B?
- Beregn likevektkonstanten K ved  $25^\circ\text{C}$
- Beregn forandring i standard fri energi ved  $25^\circ\text{C}$
- Beregn standard reduksjonspotensial ved  $25^\circ\text{C}$
- Gitt at reaksjonen er 1. orden mhp  $A_{\text{red}}$  og 2. orden mhp  $B_{\text{oks}}$ , hvordan vil dobling av konsentrasjonen av både  $A_{\text{red}}$  og  $B_{\text{oks}}$  påvirke reaksjonshastigheten i starten av reaksjonen?

## Tabellverdier og formler

### Konstanter

Faradays konstant :  $F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$   
Gasskonstanten :  $R = 8,315 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  alternativt  
 $R = 0,08206 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$   
Plancks konstant :  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$   
Masse for elektron:  $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$   
Lyshastighet:  $c = 3,000 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

### Nernsts likning

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln Q \quad \text{alternativt} \quad E = E^{\circ} - \frac{0,0592}{n} \lg Q, 25^{\circ}\text{C}$$

### Braggs lov

$$2d \sin\theta = n \lambda \quad (n=1)$$

### Termodynamiske sammenhenger

$$\begin{aligned}\Delta H &= \Delta U + \Delta(pV) \\ \Delta G^{\circ} &= \Delta H^{\circ} - T \Delta S^{\circ} \\ \Delta G^{\circ} &= -n F E^{\circ} \\ \Delta G^{\circ} &= -R T \ln K\end{aligned}$$

**Antall dobbeltbindingsekvivalenter:**  
(NB! halogen teller som hydrogen)

$$C_a H_b O_c N_d \quad \text{DBE} = \frac{(2a + 2) - (b - d)}{2}$$

### Utvalgte omtrentlige $^1\text{H}$ -frekvensområder i NMR :

Metylgrupper	$-\text{R}-\text{CH}_3$	0,8 – 1,2 ppm
Metylengrupper	$-\text{R}-\text{CH}_2-\text{R}-$	1,0 – 1,5 ppm
Methingrupper	$-\text{R}-\text{C}(\text{R})\text{H}-\text{R}-$	1,2 – 1,8 ppm
Allyl (nabo til dobbeltbinding)	$-\text{C}=\text{C}-\text{CH}-$	1,5 – 2,0 ppm
$-\text{R}-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{C}/\text{O}$ (nabo til karbonyl)		2 – 3 ppm
$-\text{R}-\text{CXH}_2$ hvor X=halogen		2 – 4 ppm
$-\text{R}-\text{CH}_2-\text{O}-$ (nabo til eter)		3 – 4 ppm
Vinyl (sitter på dobbeltbinding)	$-\text{C}=\text{C}-\text{H}$	4 – 6 ppm
Aromatiske protoner		6 – 9 ppm
Aldehyd (kan være svakt signal)		9 – 10 ppm

### Integrerte hastighetslover :

0. ordens reaksjon  $[A](t) = -k t + [A]_0$   
1. ordens reaksjon  $\ln [A](t) = \ln [A]_0 - k t$   
2. ordens reaksjon  $1/[A](t) = 1/[A]_0 + k t$

### Halveringstider :

0. ordens reaksjon  $t_{1/2} = [A]_0 / 2 k$   
1. ordens reaksjon  $t_{1/2} = \ln 2 / k$   
2. ordens reaksjon  $t_{1/2} = 1 / (k [A]_0)$