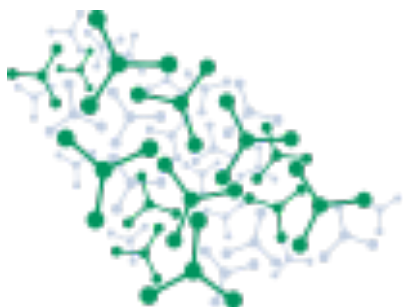


Norsk finale



Kvalifisering til den 6. nordiske kjemiolympiaden i Oslo og
den 56. internasjonale kjemiolympiaden i Riyadh, Saudi-Arabia



56TH IChO International
Chemistry Olympiad
Saudi Arabia 2024

Dag: Fredag 15. mars 2024.

Varighet: 180 minutter.

Hjelpemidler: Lommeregner og "Vedlegg 1 til eksamen i kjemi 2"

Maksimal poengsum: 100 poeng.

Oppgavesettet er på **12** sider (inklusive forsiden og formelark)
og har **7** oppgaver.

SKRIV TYDELIG SÅ DU IKKE MISTER POENG PGA UKLARHETER !!

Besvarelsen føres på egne ark. Du kan beholde oppgaveheftet.

Oppgave 1 (20 poeng – 2 per deloppgave)

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) Hvilket av alternativene under er ikke en forkortelse for en form for tettste kulepakking?

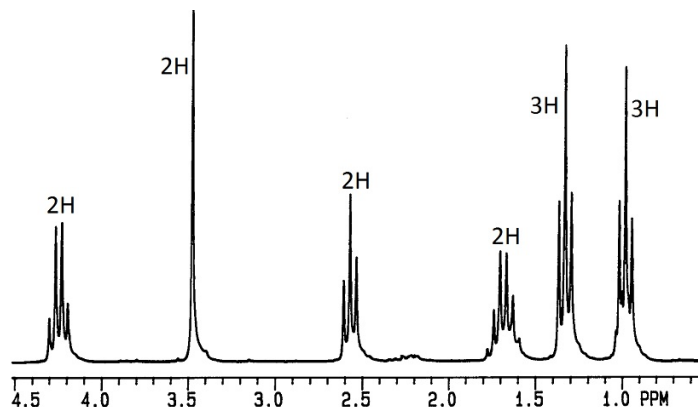
A) BCC
B) FCC
C) HCP
D) CCP
- 2) Hvor mange koordinasjonsisomerer finnes av det oktaedriske komplekset $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_5]^{-2}$?

A) 16
B) 2
C) 4
D) 1
- 3) Hvilket av kompleksene under gir den største splittingen av d-orbitalene (altså størst Δ_o)?

A) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$
B) $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$
C) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$
D) $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$
- 4) Hvilken geometri/struktur har molekylet IF_3 ?

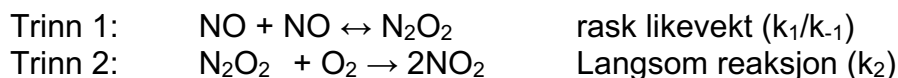
A) Trigonal pyramidal
B) Trigonal plan
C) T-formet
D) Tetraedrisk
- 5) Hva er elektronkonfigurasjonen til Fe^{3+} ?

A) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$
B) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^5$
C) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$
D) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^6$
- 6) En organisk forbindelse har følgende ^1H NMR spektrum. Hvilken av de listede isomerene av $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_3$ er dette?



- A) $\text{CH}_3\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$
- B) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CO-O-CH}_2\text{-CH}_3$
- C) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$
- D) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-O-CH}_2\text{-CH}_3$

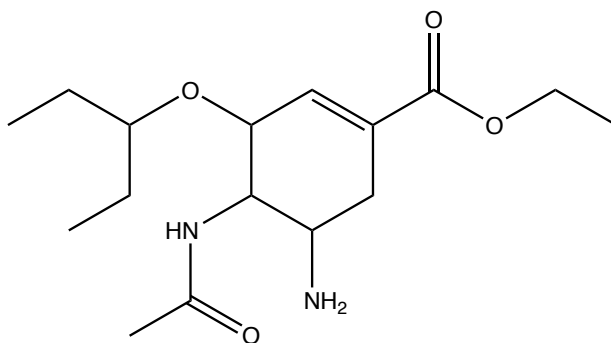
7) Hvilken hastighetslov korresponderer med følgende reaksjonsmekanisme?



- A) $r = (k_1 k_2 / k_{-1}) [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$
 - B) $r = (k_{-1} / k_1) [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$
 - C) $r = k_2 [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$
 - D) $r = (k_1 k_2 / k_{-1}) [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]^{-1}$
- 8) En galvanisk celle består av en sinkstav i en 1 M sink(II)-løsning koblet til en sølvstav i en 1 M sølv(I)-løsning, og med en saltbro mellom løsningene. Hvilket utsagn er korrekt?
- A) Sølvstaven er anode
 - B) Elektronene i den ytre lederen vil gå fra sølvstaven til sinkstaven
 - C) Det skjer en oksidasjon ved sølvstaven
 - D) Massen til sinkstaven vil reduseres når cellen leverer strøm
- 9) Hvor mange struktur- og stereoisomere aldehyder med molekylformel $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ finnes det?
- A) 3
 - B) 4
 - C) 5
 - D) 6
- 10) Molar løselighet for $\text{Cr}(\text{OH})_2$ er $3,7 \cdot 10^{-6}$ M. Løselighetsproduktet K_{sp} er da
- A) $2,03 \cdot 10^{-16} \text{ M}^3$
 - B) $5,07 \cdot 10^{-15} \text{ M}$
 - C) $3,70 \cdot 10^{-18} \text{ M}^3$
 - D) $1,37 \cdot 10^{-11} \text{ M}^3$

Oppgave 2 (12 poeng)

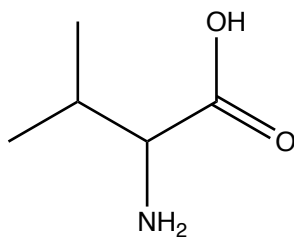
TAMIFLU[®] (oseltamivir) er et legemiddel som hindrer influensa fra å spre seg i kroppen.



Oseltamivir

- a) Tegn Lewisstrukturen til oseltamivir.
- b) Hvor mange sp , sp^2 og sp^3 hybridiserte karbonatomer er det i oseltamivir?
- c) Hva er elektronpargeometrien til de tre karbonatomene som er bundet til nitrogenatomer?
- d) Er noen av karbonatomene i oseltamivir kirale? I så fall, marker hvilke.

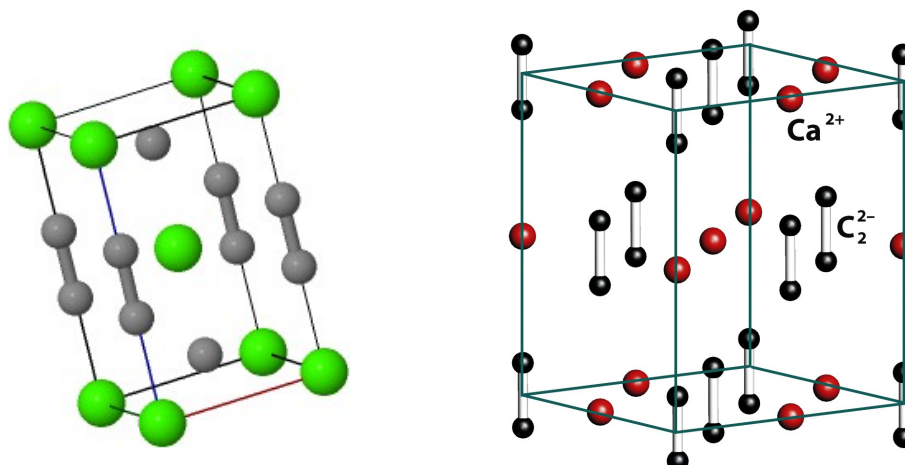
Proteiner er bygget opp av aminosyrer. En fri aminosyre kan fungere som en buffer. Aminosyren valin er en toprotisk syre med $K_{a1} = 5,12 \cdot 10^{-3}$ og $K_{a2} = 1,82 \cdot 10^{-10}$.



Valin

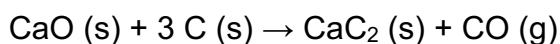
- e) Skisser titreringskurven til valin – det holder at du markerer 2 punkter og skisserer kurven?
- f) Tegn strukturen til valin med korrekt(e) ladning ved $pH = 12$.

Oppgave 3 (14 poeng)



Figur 1. Venstre: Enhetscella til CaC_2 . Høyre: Alternativ enhetscelle som illustrerer likheten med NaCl-strukturen

Kalsiumkarbid (CaC_2) er en ionisk forbindelse som man kan framstille i en lysbueovn ved høy temperatur gjennom følgende reaksjon:

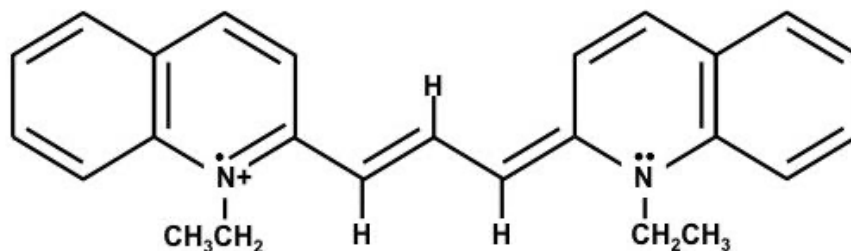


- Oppgi oksidasjonstallet til karbon i alle relevante reaktanter og produkter i reaksjonen over.
- Tegn molekylorbital-energinivådiagram for ionet C_2^{2-} . Hva er bindingsordenen i molekylet ifølge diagrammet?

Kalsiumkarbid eksisterer ved romtemperatur i tre ulike faser: Én tetragonal og to monokline. Enhetscellen til den tetragonale er vist over til venstre. Strukturen er en strukket variant av NaCl-strukturen (dette er illustrert over til høyre).

- Hvor mange karbon og kalsium er det i hver av enhetscellene?
- I et røntgendiffraktogram ble (100)- og (001)-toppen identifisert og korresponderte til celleparametere på henholdsvis 387 pm og 637 pm ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$). Finn tettheten til kalsiumkarbid.
- Den alternative enhetscellen (til høyre over) har én lik celleparameter som enhetscellen til venstre. Finn den andre celleparameteren til den alternative enhetscellen.
- Forklar hvorfor vi ikke forventer noen absorpsjon av synlig lys fra d-d-overganger i kalsiumkarbid selv om kalsium er oktaedrisk koordinert i strukturen.

Oppgave 4 (6 poeng)



1,1'-dietyl-2,2'-karbocyanin (over) er et fluorescerende fargestoff med høyeste emisjonsbølglengde på 605 nm. Dette er en resonansstruktur, og det er vilkårlig hvilket av nitrogenatomene som har den positive ladningen.

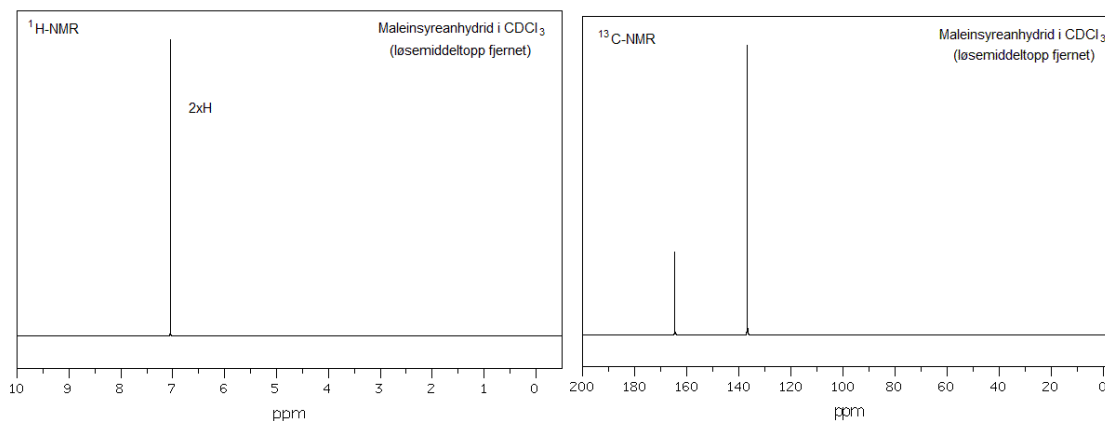
Emisjonsenergiene i molekylet kan approksimeres med et partikkel-i-boks-system. «Boksen» er definert fra N til N, da det er her elektronet kan bevege seg fritt. I 1,1'-dietyl-2,2'-karbocyanin er det 8 π -elektroner.

- Gitt høyeste emisjonsbølglengde på 605 nm – hva er energiforskjellen mellom 4. og 5. energinivå for dette systemet?
- Gitt høyeste emisjonsbølglengde på 605 nm – hva er den teoretiske lengden på boksen?

Oppgave 5 (20 poeng)

Eplesyre er et vanlig trivialnavn for 2-hydroksybutandisyre. Denne dikarboksylsyren ble oppdaget i 1785 av den svenske kjemikeren Carl Wilhelm Scheele (1742–1786), som isolerte den fra ulike frukt- og bærsaft, blant annet saft fra eple og stikkelsbær. Scheele beskrev isolasjonen av eplesyre fra eplesaft omtrent på følgende måte:

- 1) Eplesaften ble først behandlet med kaliumkarbonat inntil brusing opphørte.
 - 2) Løsningen ble deretter tilsatt en vandig oppløsning av bly(II)acetat («blyeddik») inntil det ikke lenger ble dannet mer bunnfall.
 - 3) Bunnfallet ble isolert og deretter behandlet med svovelsyre fortynnet i vann, noe som gav et nytt bunnfall. Dette bunnfallet ble filtrert fra og fjernet. Da stod Scheele igjen med en vandig oppløsning av en syre han kalte for eplesyre.
- a) Skriv balanserte reaksjonsligninger for de kjemiske reaksjonene som finner sted i operasjonene 1) – 3) over, og angi aggregattilstander for alle stoffer involvert. Skriv den kjemiske formelen til eplesyre i ligningene som $\text{HO}_2\text{CCH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$. Som en tilnærming skal du anta at eplesaft er en vannløsning av kun eplesyre.
- b) Eplesyre er en kiral forbindelse, og i epler forekommer kun såkalt L-eplesyre, som er den enantiomeren av eplesyre der det kirale karbonatomet har S-konfigurasjon. Tegn den kjemiske strukturen til denne enantiomeren (husk å angi stereokjemi).
- c) Syntetisk eplesyre kan fremstilles ved å addere to molekyler vann til en syklisk forbindelse kalt maleinsyreanhydrid. ^1H -NMR- og ^{13}C -NMR-spekter til maleinsyreanhydrid er gitt nedenfor. Tegn den kjemiske strukturen til maleinsyreanhydrid. Er eplesyre laget på denne måten optisk aktiv? Hva kalles slik eplesyre?



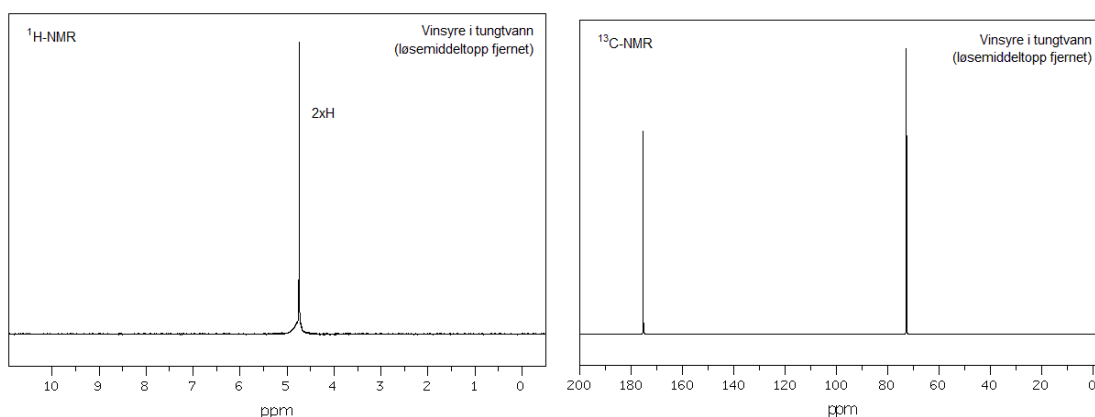
- d) Når eplesyre fremstilles fra maleinsyreanhydrid gjennom addisjon av vann over to trinn, er mellomproduktet fra det første addisjonstrinnet såkalt fumarsyre. Dette mellomproduktet er en diastereomer av maleinsyre. Tegn den kjemiske strukturen til fumarsyre.
- e) Tre beholdere merket **A**, **B** og **C** inneholder L-eplesyre, D-eplesyre og DL-eplesyre, men det er ikke kjent hvilken beholder som inneholder hvilken type eplesyre. Innholdet i beholdere **A** og **C** smelter begge ved ca. 100 °C, mens innholdet i beholder **B** smelter ved rundt 130 °C. Vi får opplyst at innholdet i beholder **A** er

langt mer kostbart enn innholdet i beholder **C**. Basert på disse opplysningene, hvilken beholder tror du inneholder hvilken type epletsyre?

- f) Oksideres epletsyre med kaliumdikromat oppstår en dikarboksytsyre, her kalt **X**. Oksideres epletsyre med salpetersyre fås en annen dikarboksytsyre, her kalt **Y**. Reduseres epletsyre med hydrogenjodid fås en tredje dikarboksytsyre, her kalt **Z**. Forbrenningsanalyser av de tre dikarboksytsyrene nevnt over gav resultatene gitt i tabellen nedenfor. Hvilke dikarboksytsyrer er **X**, **Y** og **Z**? Gi strukturer eller navn. (Hint: Husk at kraftige oksidasjoner kan dele opp karbonkjeder.)

Forbindelse	%C	%H	%O
X	34,63	3,87	61,50
Y	26,68	2,24	71,08
Z	40,68	5,12	54,19

- g) I frukt- og bærsaft foreligger epletsyre gjerne sammen med sitronsyre ($C_6H_8O_7$) og/eller vinsyre ($C_4H_6O_6$). Sitronsyre er 2-hydroksypropan-1,2,3-trikarboksytsyre. ^1H -NMR- og ^{13}C -NMR-spekter for vinsyre er gitt nedenfor. Vinsyre er strukturelt beslektet med epletsyre. Tegn de kjemiske strukturene til sitronsyre og vinsyre.



- h) Hvis epletsyre behandles med det sterke reduksjonsmiddelet boran-dimetylsulfid, $BH_3 \cdot S(CH_3)_2$, fås en oljeaktig kjemisk forbindelse som har sumformel $C_4H_{10}O_3$. Tegn den kjemiske strukturen til dette stoffet og gi forbindelsens kjemiske navn. Gitt at startmaterialet til syntesen er L-epletsyre, vil produktet være optisk aktivt?

Oppgave 6 (20 poeng)

Grunnstoffet svovel har mange allotroper. Den mest stabile ved romtemperatur og atmosfæretrykk, er syklooktasvovel. Denne allotropen består av monosykliske molekyler med åtte svovelatomer. Polymorfen (krystallformen) α -syklooktasvovel, $S_8(s,\alpha)$, er et gult fast stoff med smeltepunkt $112,8^\circ\text{C}$. Varmer man opp $S_8(s,\alpha)$ til en temperatur mellom 96°C og smeltepunktet, vil man over tid få en annen polymorf av syklooktasvovel, $S_8(s,\beta)$, med smeltepunkt $118,9^\circ\text{C}$.

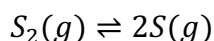
Anta at en beholder inneholder $100,0\text{ g } S_8(s,\beta)$. For å smelte denne mengden under standard betingelser, må en tilføre en varmemengde på $673,14\text{ J}$.

- a) Hvor stor er den molare smelteentropien til $S_8(s,\beta)$, dvs. entropiforandringen når $1,000\text{ mol } S_8(s,\beta)$ smelter under standard betingelser?

Videre oppvarming fører etter hvert til at de åttetallige ringene brytes opp, og det dannes lange lineære kjeder. Ved normalkokepunktet ($444,8^\circ\text{C}$) er disse kjedene i ferd med å brytes ned igjen til kortere kjeder, og svoveldampen som dannes inneholder sykloheksasvovel- og syklooktasvovelmolekyler, $S_6(g)$ og $S_8(g)$. Ved enda mye høyere temperatur ($> 900^\circ\text{C}$), vil svovel i hovedsak foreligge som en gass av diatomære molekyler, $S_2(g)$.

- b) Tegn Lewisstrukturene til S_2 , S_6 og S_8 . Inkluder alle ledige elektronpar.

Ved svært høye temperaturer, vil S_2 -molekylene kunne spaltes til frie svovelatomer:



Under finner du termodynamiske data for $S_2(g)$ og $S(g)$ ved standard betingelser og $25,00^\circ\text{C}$.

$$\Delta H_{f(S(g))}^o = 278,81 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_{f(S_2(g))}^o = 128,37 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$S_{S(g)}^o = 167,82 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}}$$

$$S_{S_2(g)}^o = 228,18 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}}$$

- c) Hva er standard reaksjonsentalpien og standard reaksjonsentropien for spalting av $S_2(g)$ til $S(g)$ ved $25,00^\circ\text{C}$?

Når en skal beregne ΔG^o for spalting av $S_2(g)$ til $S(g)$ ved temperaturer der spaltingen faktisk skjer i nevneverdig grad, kan en ikke anta at ΔH^o og ΔS^o er omtrent like store som ved $25,00^\circ\text{C}$.

Når n mol av et stoff varmes opp fra T_0 til T_1 ved konstant trykk, øker entalpien til stoffet med

$$\Delta H = H(T_1) - H(T_0) = \int_{T_0}^{T_1} n c_p dT = n c_p (T_1 - T_0)$$

der c_p er den molare varmekapasiteten til stoffet ved konstant trykk. (Uttrykket gjelder under forutsetning av at stoffet ikke gjennomgår noen faseforandringer, og at den molare varmekapasiteten er uavhengig av temperaturen.)

- d) Vis at når n mol av et stoff varmes opp fra T_0 til T_1 ved konstant trykk, øker entropien til stoffet med

$$\Delta S = nc_p \ln\left(\frac{T_1}{T_0}\right)$$

De to sammenhengene over, kan brukes til å vise at standard reaksjonsentalpien og standard reaksjonsentropien ved temperaturen T , er gitt ved

$$\Delta H_T^o = \Delta H_{298,15K}^o + (2c_{p(S(g))} - c_{p(S_2(g))})(T - 298,15K)$$

$$\Delta S_T^o = \Delta S_{298,15K}^o + (2c_{p(S(g))} - c_{p(S_2(g))}) \ln\left(\frac{T}{298,15K}\right)$$

De molare varmekapasitetene til $S(g)$ og $S_2(g)$ ved konstant trykk, er henholdsvis $23,673 \frac{J}{Kmol}$ og $32,47 \frac{J}{Kmol}$.

- e) Er spalting av $S_2(g)$ til $S(g)$ en spontan reaksjon ved $2500^\circ C$ og standard betingelser?

Hvis du ikke fikk til deloppgave e, kan du i fortsettelsen bruke de termodynamiske dataene for $S_2(g)$ og $S(g)$ ved $25^\circ C$ gitt tidligere, selv om disse ikke er formelt korrekte å bruke ved $2500^\circ C$.

- f) Hvor stor er likevektskonstanten for spaltingsreaksjonen ved $2500^\circ C$?
- g) Anta at partialtrykket av $S_2(g)$ i en beholder er 2,00 bar. Hvor lavt må partialtrykket av $S(g)$ være for at spaltingsreaksjonen skal være spontan ved $2500^\circ C$ og konstant trykk?

Oppgave 7 (8 poeng)



Hydrogenperoksid, H_2O_2 , er en ustabil forbindelse som kan omdannes til oksyngengass og vann ved disproporsjonering, hvor det ene oksygenatomet blir oksidert, mens det andre blir redusert.

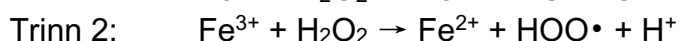
I fortynnet versjon – typisk $<3\%$ – kan hydrogenperoksid brukes til mange ulike formål, for eksempel bleking (klær, hår, tenner, mel til baking!), produksjon av mildere blekingsmaterialer, behandling av urensset vann og nedbryting av organiske forbindelser.

- a) Skriv balansert reaksjonslikning for spalting av hydrogenperoksid til oksyngengass og vann. Indiker hvilket oksygenatom som ble oksidert og hvilket som ble redusert.

En forbindelse som oksidere H_2O_2 og danner O_2 og vann er kaliumpermanganat (KMnO_4). I surt miljø dannes Mn^{2+} (aq) mens i basisk miljø dannes MnO_2 (s).

- b) Skriv balanserte reaksjonslikninger for oksidasjon av H_2O_2 i basisk og surt miljø. Pass på at likningen har henholdsvis formene OH^- og H^+ , i overensstemmelse med løsningsens pH.

Når H_2O_2 skal brukes til rensing av urent vann – for å fjerne uønskede organiske forbindelser ved hjelp av sterk oksidasjon – kan man bruke Fentons reagens, en blanding av hydrogenperoksid og en jernkatalysator (ofte toverdige jern i form av FeSO_4) for å danne reaktive oksygenholdige radikaler. Produksjon av to slike radikaler er gitt ved elementærreaksjonene



hvor symbolet $\cdot$ betegner et uparet elektron i de to radikalerne.

- c) Hva er totalreaksjonen for dekomponering av H_2O_2 til de to radikalforbindelsene, og hva er oksidasjonstallene til de ulike oksygenatomene i alle produktene?

Fentonreaksjonen beskrevet i deloppgave c) kan være et problem i celler siden de dannede radikalerne er meget reaktive og kan skade proteiner og DNA i cellene. For å unngå denne reaksjonen finnes et enzym – som karakteristisk nok heter katalase (**K**) – som katalyserer dekomponering av H_2O_2 i cellene. Du kan i denne oppgaven anta at reaksjonen følger standard Michaelis-Menten kinetikk.

I et forsøk ble det brukt $[\text{E}]_{\text{total}} = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$ enzym og H_2O_2 i stort overskudd. Maksimal omsetning av H_2O_2 ble målt til $V_{\text{max}} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L per sekund}$.

- d) Hvor mange molekyler H_2O_2 ble brutt ned per sekund per enzymmolekyl, dvs hva er verdien av k_{kat} ? (kalles også enzymets turnover nummer).

Tabellverdier og formler

Konstanter

Faradays konstant:	$F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$
Gasskonstanten:	$R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $R = 0,08206 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Planks konstant:	$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Lysets hastighet:	$c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Hvilemasse til elektron	$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Energi til elektromagnetisk stråling $E = h f$

Energivåner til partikkel i boks $E_n = n^2 h^2 / (8 m L^2)$, $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

Michaelis-Menten kinetikk $V = V_{\max} [S] / (K_M + [S])$, hvor $K_M = (k_{\text{off}} + k_{\text{kat}}) / k_{\text{on}}$ og $V_{\max} = k_{\text{kat}} [E]_{\text{total}}$

Termodynamiske sammenhenger $\Delta H = \Delta U + \Delta(pV)$
 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = -n F E^\circ = -R T \ln K$

Antall dobbeltbindingsekvivalenter: $C_a H_b O_c N_d$ $DBE = \frac{(2a + 2) - (b - d)}{2}$
(NB! halogen teller som hydrogen)

Utvalgte omtrentlige ^1H -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
$-\text{R}-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{C/O}$ (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

Utvalgte omtrentlige ^{13}C -frekvensområder i NMR:

Metylgrupper	$-\text{R}-\text{CH}_3$	5 – 30 ppm
Metylengrupper	$-\text{R}-\text{CH}_2-\text{R}-$	15 – 45 ppm
Methingrupper	$-\text{R}-\text{C}(\text{R})\text{H}-\text{R}-$	20 – 55 ppm
Terminal alkyn	$\text{R}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	70 – 90 ppm
Alken	$\text{R}-\text{C}=\text{C}-\text{H}$	110 – 150 ppm
Aromatiske karbonatomer		120 – 150 ppm
Karbonyl karbonatom	$\text{O}=\text{C}$	150 – 220 ppm

Integrerte hastighetslover:

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

Halveringstider:

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