

1. uttaksprøve til den 36. Internasjonale Kjemiolympiaden 2004.

Dag: En dag i ukene 39-41.

Varighet: 100 minutter.

Hjelpemidler: Lommeregner og Tabeller i kjemi (RVO/Gyldendal).

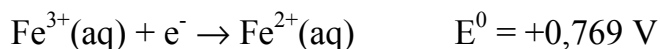
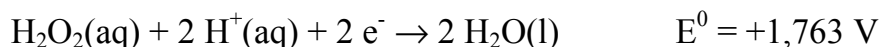
Oppgave 1 (20 poeng)

Oppgave 1 er en flervalgsoppgave der du bare skal svare med bokstaven som viser riktig alternativ.

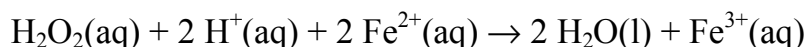
1) Hvor mange mol natriumioner, Na^+ , er det i 75,0 mL av en 0,123 M løsning av natriumkromat, Na_2CrO_4 ?

- A) $9,23 \cdot 10^{-3}$ C) $1,85 \cdot 10^{-2}$
B) $1,38 \cdot 10^{-2}$ D) $2,77 \cdot 10^{-2}$

2) Vi har gitt standard reduksjonspotensial for disse delreaksjonene:



Hva er da standard reduksjonspotensial til følgende reaksjon:



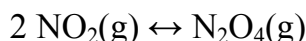
- A) 0,225 V C) 2,532 V
B) 0,994 V D) 3,301 V

3) Hvilke(n) av disse prosessene har en negativ entropiforskjell (redusert uorden), ΔS ?

- (I) Damp kondenserer på en glassplate.
(II) Sukker løser seg i vann.
(III) Kalsiumkarbonat, CaCO_3 , spaltes i CaO og CO_2 .

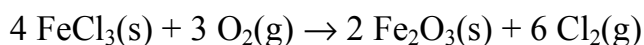
- A) Bare (I) C) (II) og (III)
B) (I) og (II) D) (I), (II) og (III)

- 4) Når en porsjon av gassen NO_2 has i en beholder som forsegles, innstiller følgende likevekt seg:



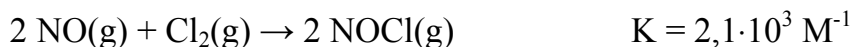
Når denne likevektsblandingen er mørkere i fargen ved høye temperaturer og lave trykk, hvilket utsagn om reaksjonen $2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ er sant:

- A) Reaksjonen er eksoterm og NO_2 er mørkere i fargen enn N_2O_4 .
 - B) Reaksjonen er eksoterm og N_2O_4 er mørkere i fargen enn NO_2 .
 - C) Reaksjonen er endoterm og NO_2 er mørkere i fargen enn N_2O_4 .
 - D) Reaksjonen er endoterm og N_2O_4 er mørkere i fargen enn NO_2 .
- 5) Når FeCl_3 forbrenner i en atmosfære av ren oksygen, skjer følgende reaksjon:



Hvis 3,0 mol FeCl_3 forbrenner i nærvær av 2,0 mol O_2 , hvor mye er det da igjen av det reagenset som er i overskudd?

- A) 0,25 mol O_2
 - B) 0,67 mol FeCl_3
 - C) 0,33 mol FeCl_3
 - D) 0,5 mol O_2
- 6) Ved 500 °C reagerer NO med Cl_2 og danner NOCl etter følgende reaksjon:



Hvilket av følgende utsagn er sant for en gitt likevektsblanding av de tre stoffene (ved 500 °C):

- A) Konsentrasjonene av både NO og Cl_2 vil være mye større enn konsentrasjonen av NOCl .
- B) Konsentrasjonene av både NO og Cl_2 vil være mye mindre enn konsentrasjonen av NOCl .
- C) Konsentrasjonene av enten NO eller Cl_2 (eller kanskje av begge) vil være mye mindre enn konsentrasjonen av NOCl .
- D) Konsentrasjonen av Cl_2 vil være akkurat halvparten av konsentrasjonen av NO .
- E) Konsentrasjonen av Cl_2 vil være akkurat dobbelt så stor som konsentrasjonen av NO .

- 7) Et nikkel-kadmium batteri utnytter følgende redoks-reaksjon for å produsere elektrisitet: $\text{Cd (s)} + \text{NiO}_2 \text{ (s)} + 2\text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{Cd(OH)}_2 \text{ (s)} + \text{Ni(OH)}_2 \text{ (s)}$. Hva skjer i denne reaksjonen?
- A) Cd oksideres
 - B) NiO_2 oksideres
 - C) H_2O reduseres
 - D) H_2O oksideres
- 8) Hvilken påstand er korrekt for en katalysator?
- A) Den øker utbyttet av produkter for en gitt mengde reaktanter
 - B) Den øker reaksjonshastigheten
 - C) Den reduserer likevektskonstanten
 - D) Den øker likevektskonstanten
- 9) Hvilken av følgende C_7H_{16} hydrokarbonforbindelse har høyest kokepunkt ?
- A) 2-metylheksan
 - B) 2,2-dimetylpentan
 - C) heptan
 - D) 2,2,3-trimetylbutan
- 10) Hvilken av følgende umettede hydrokarbonforbindelser har flest dobbeltbindinger ?
- A) 1,3-butadien
 - B) sykloheksen
 - C) C_6H_8 (uten å være syklisk)
 - D) C_6H_8 (dersom den er syklisk)

Oppgave 2 (16 poeng)

- a) Skriv strukturformler for følgende stoffer: Ammoniakk, karbondioksid, svoveldioksid og nitrationet. Ta med alle valenselektroner på alle atomene.
- b) Omtrent hvor store er vinklene mellom bindingene i hvert av molekylene?
- c) Angi for hvert av molekylene/ionene om det er dipol eller ikke.

Oppgave 3 (12 poeng)

Skriv oksidasjonstall for alle grunnstoffene i substansene nedenfor. Oppgi også hvilke typer bindinger vi finner i substansene, og mellom hvilke partikler de virker (husk at det kan opptre mer enn én type binding i en kjemisk forbindelse).

Substans	Oksidasjonstall	Binding fra/til	Type binding
CaF ₂ (s)			
Si(s)			
BrCl(g)			
Sr ₃ N ₂ (s)			
(NH ₄) ₂ SO ₄ (s)			

Oppgave 4 (8 poeng)

Kleopatra elsker å drikke perler oppløst i eddik - en perlende drikk - som en del av sin frokost.

- Anta at perler er laget av CaCO₃. Skriv en balansert reaksjonsligning for oppløsning av perler i eddik.
- Beregn stoffmengden av etansyre som eddiken minst må inneholde for å kunne løse opp 2,00 g perler.

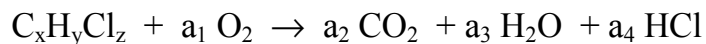
En dag drikker ikke Kleopatra sin morgendrink, men etterlater den i solen. Etter en stund er det et salt igjen i drikkeskålen med molmassen 176,2 g/mol.

- Skriv formelen for dette saltet.

Oppgave 5 (10 poeng)

En organisk forbindelse inneholder grunnstoffene C, H og Cl.

- Balanser følgende reaksjonsligning for fullstendig forbrenning av forbindelsen (koeffisientene a₁ – a₄ skal uttrykkes ved hjelp av x, y og z)



1,500 g av denne forbindelsen forbrenner fullstendig, og det dannes 3,52 g CO₂ og 0,486 g HCl, og i tillegg en del H₂O.

- Beregn stoffmengdene av karbon og klor i 1,500 g av forbindelsen.
- Beregn massen av hydrogen i 1,500 g av forbindelsen.
- Bestem den empiriske formelen for forbindelsen.

Oppgave 6 (8 poeng)

Korrosjon av metaller er et alvorlig problem, og det satses mye på å finne praktiske metoder til å hindre slik nedbrytning. Når en ren jernoverflate utsettes for oksygenholdig saltvann, korroderer (ruster) den ekstra raskt, og det dannes FeO(OH) .

- Hva er oksidasjonstallet for jern i dette stoffet?
- Skriv balansert reaksjonsligning for denne reaksjonen mellom jern og oksygen.

En måte å beskytte jernet på, er å belegge det med et tynt men tett beskyttende lag av et annet metall slik at jernet ikke kommer i kontakt med oksygen.

- Går det hull på et slikt belegg, viser det seg at jern som har sinkbelegg likevel er godt beskyttet mot rusting, mens jern som har vært belagt med kobber vil ruste ekstra raskt hvis belegget skades. Hva er årsaken til dette?

Oppgave 7 (5 poeng)

På en flaske med konsentrert saltsyre står det at den inneholder 37,7 masseprosent HCl . Videre står det at tettheten til syreløsningen er 1,19 g/mL.

- Beregn molar konsentrasjon av HCl (mol/L) for konsentrert saltsyre.
- Hva er pH i saltsyren ?

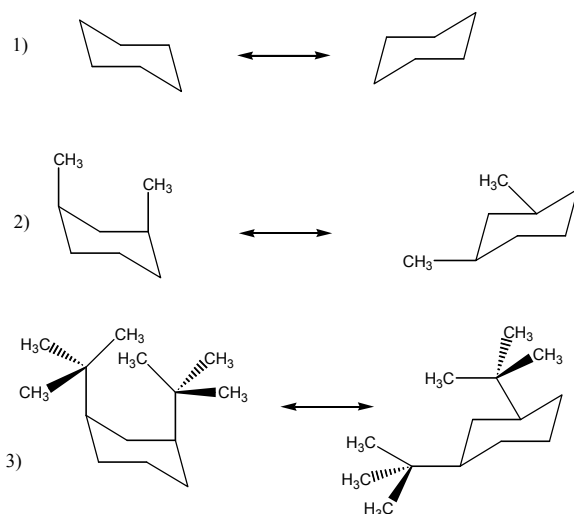
Oppgave 8 (8 poeng)

a) Tre punkter i rommet definerer et plan. Syklopropanmolekylet er derfor plant. Anta at også syklobutan- og syklopentanmolekylene er plane og at alle C-C bindingslengder er identiske. Hva er C-C bindingsvinklene i syklopropan, syklobutan og syklopentan?

b) Avvik fra bindingsvinklene en finner i lineære alkaner introduserer det vi kaller "angle strain" (vinkelstress) i molekylet, og gjør det mer reaktivt. Ut fra det du vet om bindingsvinklene, hvilke av de første sykloalkanene (syklopropan til sykloheksan) vil være de kjemisk sett mest reaktive?

c) Du er kanskje vant til å tenke på krefter mellom molekyler som utelukkende tiltrekkende (jfr. dipol-dipol krefter, van der Waals krefter), men dersom to atomer/atomgrupper kommer så nær hverandre at områdene de okkuperer i rommet delvis overlapper, får vi sterk frastøtning. Dersom to atomgrupper i samme molekyl er tvunget til å okkupere samme område av rommet, bidrar det derfor til å øke energien til molekylet. Hvilken av følgende likevekter mellom de

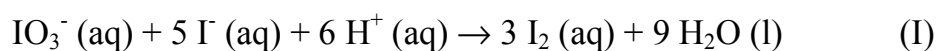
ulike konformasjonene av sykloheksan-forbindelsene tror du er sterkest forskjøvet mot den ene siden?



Oppgave 9 (12 poeng)

Måling av oppløst oksygen i innsjøer og sjøvann er viktig, for eksempel i forbindelse med vurdering av aerobe forhold og fotosyntese. Winklers metode fra 1888 er en pålitelig fremgangsmåte og brukes fremdeles innen oceanografiske studier. Den er basert på jodometrisk titrering, det vil si at man bestemmer mengde frigjort jod I_2 ved titrering mot en kjent løsning av tiosulfat ($S_2O_3^{2-}$).

Først må man bestemme nøyaktig konsentrasjon av tiosulfatløsningen man ønsker å bruke. Til dette skal vi her bruke en kjent mengde jodat (IO_3^-) i blanding med overskudd jodid (I^-) i en sur løsning. Grunnen til dette er at IO_3^- kan lett veies ut nøyaktig (f.eks. som et alkalimetallsalt $NaIO_3(s)$ eller $KIO_3(s)$). I sur løsning vil jodat og jodid reagere fullstendig med hverandre på følgende måte:

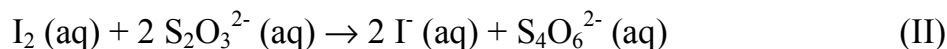


Siden I^- er i overskudd vil all innveid IO_3^- reagere i henhold til denne likningen.

a) Hva er oksidasjonstallene for jod-atomene i de tre ulike jodforbindelsene i likning (I) ?

b) Et overskudd NaI (s) tilsettes en 10,00 mL løsning av 0,1667 M IO_3^- (aq). Hvor mange mol I_2 dannes det, antatt at reaksjon (I) skjer fullstendig?

Den kjente mengden I_2 bruker vi så til å finne konsentrasjonen av $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ løsningen ved hjelp av følgende reaksjon (titrering).



(Som indikator brukes en liten mengde stivelse fordi I_2 binder til stivelsen og danner en klar blå løsning. I^- har ikke denne egenskapen, så når løsningen skifter farge fra blå til blank har all I_2 reagert og dannet I^-).

I det følgende kan du se bort fra volumforandring som følge av at det tilsettes litt fast NaI, du kan fremdeles anta at I_2 -løsningen er 10,00 mL.

c) I_2 -løsningen fra spørsmål b) titreres mot 47,73 mL av en tiosulfatløsning med ukjent konsentrasjon i henhold til likning (II). Hva er konsentrasjonen av tiosulfatløsningen ?

For å kunne bruke denne metoden til å bestemme mengde oksyngass løst i en vannprøve, tilsettes forsiktig to løsninger: en mangankloridløsning, MnCl_2 (aq) og en natriumjodidløsning, NaI (aq). Først dannes det et bunnfall: $\text{Mn}(\text{OH})_2$ (s), men dette reagerer videre med oppløst oksyngass og det dannes $\text{MnO}(\text{OH})$ (s). Når vi så gjør løsningen sur vil I^- reagere med $\text{MnO}(\text{OH})$ og det dannes Mn^{2+} (aq) og I_2 (aq) i en ny redoks-reaksjon mellom I^- og $\text{MnO}(\text{OH})$.

d) Skriv balanserte likninger for reaksjonene hvor det dannes $\text{MnO}(\text{OH})$ (s) fra $\text{Mn}(\text{OH})_2$ og videre dannelse av Mn^{2+} ved hjelp av I^- (den siste krever H^+ , surt miljø).

Nå kan vi titrere (som vist over) og finne mengden med I_2 som ble dannet, og dermed indirekte mengden oksygen i vannet.

Kjemiolympiaden 2004.

2. uttakingsprøve til den internasjonale finalen i Kiel 2004

Onsdag 11. februar 2004.

Tid: 180 minutter

Tillatte hjelpemidler: Tabeller i kjemi og lommeregner.

Dette oppgavesettet er på 7 sider

Oppgave 1 (20 poeng)

I følgende oppgave er det kun ett riktig svar for hvert problem. Angi bokstaven (A - D) for det svaralternativ du mener er riktig.

1. I hvilken hovedgruppe i det periodiske system finner du grunnstoffer med følgende karakteristika (listet i tilfeldig rekkefølge): en dampende rød veske, en blek gul gass, et møkt fast stoff og en en gul-grønn gass?

A. Gruppe 1 B. Gruppe 13 C. Gruppe 15 D. Gruppe 17

2. Hvilke av følgende par med atomer/ioner danner såkalte isoelektroniske par (det vil si lik elektronkonfigurasjon)?

- (I) O^+ og F
- (II) N og O^+
- (III) S^{2-} og K^+
- (IV) N^{3-} og Be
- (V) Ne og N^{3-}

A. I, III og V B. II og IV C. II, III og V D. I og V

3. Rangør følgende diatomære molekyler etter økende bindingsenergi

- (I) H—Cl
- (II) H—Br
- (III) H—F

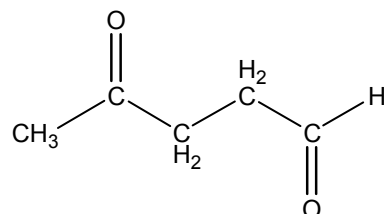
A. I < II < III B. II < I < III C. III < II < I D. II < III < I

4. Hvilke av følgende molekylere er polare og derfor vil orientere seg etter et ytre elektrisk felt?

- (I) H₂O
- (II) CO₂
- (III) NH₃
- (IV) BF₃

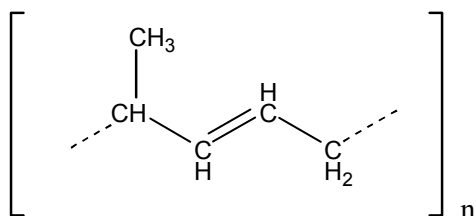
A. I og III B. I, III og IV C. II, III og IV D. II og IV

5. Ved oksidativ spalting av dobbeltbindinger ved hjelp av ozon og sink/vann brytes dobbeltbindingen og det dannes 2 karbonylgrupper med de to karbonatomene som utgjorde dobbeltbindingen. Fra hvilken av følgende fire polymerer A - D vil man få spaltingsproduktet med strukturformel

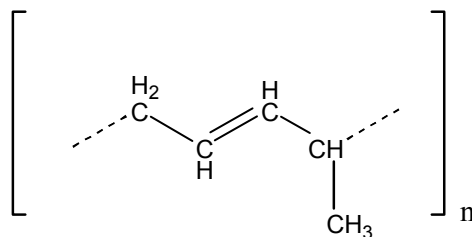


ved slik spalting ?

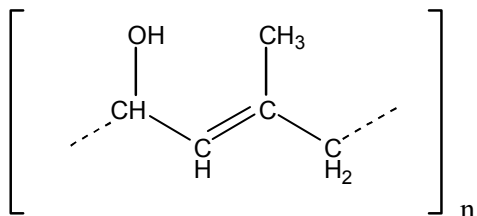
A.



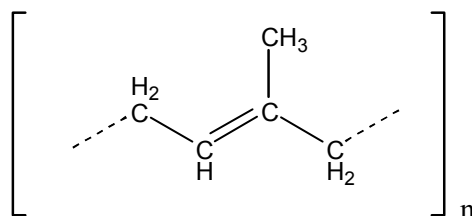
B.



C.



D.



6. Løselighetsproduktet til sølvkromat, Ag_2CrO_4 (s), er $K_{\text{sp}} = 9,0 \cdot 10^{-12} \text{ M}^{-3}$. Saltet blir forsøkt oppløst i følgende tre vannløsninger:

- (I) Rent vann
- (II) 0,1M AgNO_3 (aq)
- (III) 0,1M Na_2CrO_4 (aq)

Den relative løseligheten av Ag_2CrO_4 (s) i disse tre løsningene er (hvor "<" betyr "mindre løselig enn" og "≈" betyr "tilnærmet samme løselighet som")

- A. I ≈ II ≈ III
- B. I < II < III
- C. II ≈ III < I
- D. II < III < I

7. Hvilken av følgende forbindelser har et odde antall elektroner (d.v.s. er et radikal) ?

- A. N_2O
- B. CO_2
- C. NO
- D. ClO_2

8. Hvilket av følgende oksider reagerer med vann under dannelse av salpetersyre, HNO_3 (aq) ?

- A. N_2O
- B. NO
- C. N_2O_3
- D. N_2O_5

9. Hvilket av følgende grunnstoffer har størst atomradius ?

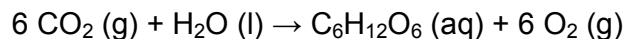
- A. Na
- B. Al
- C. Si
- D. P

10. Hvilken av følgende forbindelser er ikke et salt men en kovalent bundet struktur?

- A. SiO_2
- B. NaNO_3
- C. MgHCO_3
- D. Ag_2SO_4

Oppgave 2 (6 poeng)

Elodea er en grønn plante som lever under vann og produserer oksygen og glukose fra oppløst karbondioksidgass og vann ved hjelp av fotosyntese:



En *elodea*-plante legges i et begerglass med en løsning med oppløst CO_2 -gass og det dannes oksygen som samles opp i en lukket beholder. Volumet til den oppsamlede gassen måles til 122 ml ved 1 atmosfære trykk og temperatur 0°C .

- a. Beregn stoffmengden (i mmol) med oksygen som ble dannet
- b. Beregn massen (i mg) av glukose som ble dannet

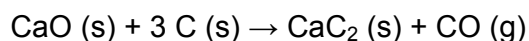
Oppgave 3 (15 poeng)

Kalsiumoksid (kalk, CaO) brukes mye i byggeindustrien da det er en hovedbestanddel i sement. Oksidet fremstilles ved oppvarming av kalkstein (CaCO₃).

a. Skriv balansert reaksjonslikning for dekomponeringen av kalkstein til kalk ved oppvarming.

b. Når kalk blandes med vann får vi det som heter lesket kalk. Skriv reaksjonslikning for reaksjon mellom kalk og vann og bruk dette til å forklare hvorfor man bør bruke hansker når man arbeider med sement.

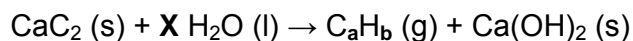
Hvis CaO(s) varmes opp sammen med rent karbon dannes en forbindelse som heter kalsiumkarbid:



c. Varmemengden som forbrukes er 646,8 kJ/mol CaO(s). Beregn hvor mange kilojoule med varme som kreves for å omdanne 108 gram karbon til karbid.

I tidligere tider ble kalsiumkarbid brukt i blant annet sykkellykter, lanterner og andre små lamper da karbidet reagerer med vann under dannelse av en hydrokarbongass som kan brenne og gi lys.

d. Fullfør reaksjonslikningen under (d.v.s. finn **X**, **a** og **b**) og angi navnet for hydrokarbongassen



e. Skriv balansert reaksjonslikning for fullstendig forbrenning av hydrokarbongassen.

Oppgave 4 (20 poeng)

Eddiksyre har $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

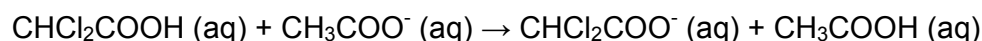
Dikloreddiksyre (CHCl₂COOH) har $K_a = 5,0 \cdot 10^{-2}$.

a) Skriv reaksjonslikning for protolyse av dikloreddiksyre i vann.

c) Beregn hydrogenion-konsentrasjonen [H⁺] og pH i en 0,1M løsning av dikloreddiksyre.

d) Beregn også protolysegraden i prosent (prosent dissosiasjon) for reaksjonen.

d) Vis med utgangspunkt i de to oppgitte syrekonstantene av likevektskonstanten for følgende likevekt er $2,8 \cdot 10^3$.



Likevektskonstanten for reaksjonen i punkt d) er så stor at vi kan regne dikloreddiksyre som "sterk" i forhold til eddiksyre, dvs at dikloreddiksyre reagerer tilnærmet fullstendig med acetat i en vannløsning.

e) 1 liter 0,50M natriumacetat tilsettes 0,25 liter med 1,00M dikloreddiksyre. Beregn pH i løsningen før og etter tilsetning av dikloreddiksyre.

f) Kan du finne en forklaring på hvorfor dikloreddiksyre er sterkere enn eddiksyre basert på forskjell i molekylstrukturen ?

Oppgave 5 (8 poeng)

Molekylene 1,2-etandiol og 1,2-benzendikarboksylysyre danner en myk og formbar polymer når de polymeriserer.

a. Tegn strukturformler for de to nevnte molekylene.

b. Tegn to repeterende enheter av byggeblokken i denne polymeren. Hvilken klasse polymer tilhører den?

c. Hvis 1,2-etandiol byttes ut med 1,2,3-propantriol dannes en hard og sprø polymer i stedet. Forklar hvorfor de to ulike alkoholene kan ha slik effekt på den respektive polymeren som dannes.

Oppgave 6 (6 poeng)

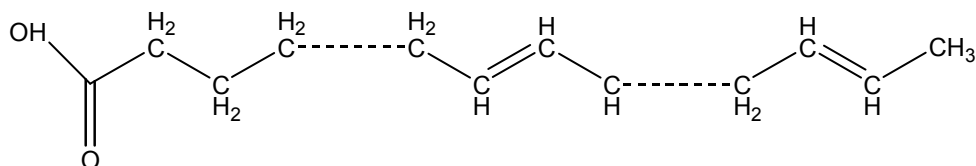
19,0 gram sinkmetall reagerer med en løsning av sølvioner (i overskudd) og det dannes metallisk sølv og sinkioner.

a) Skriv balansert reaksjonslikning

b) Reaksjonen stoppes før all sinken har reagert. Alt metallet filtreres fra løsningen, og det veies: det var totalt 29,0 gram metall. Hvor mye av dette er sølv og hvor mye er sink ?

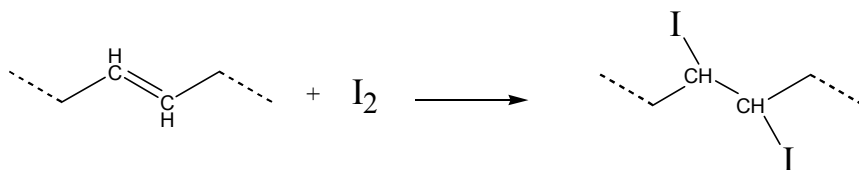
Oppgave 7 (5 poeng)

En komponent i solsikkeolje er fettsyren *linolensyre* (ca. 2/3 av oljen er linolensyre). Den er en såkalt flerumettet fettsyre med flere dobbeltbindinger i karbonkjeden (en karbonkjede med bare enkeltbindinger kalles mettet). En skisse av strukturformelen for umettede fettsyrer er

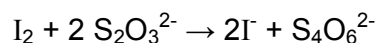


NB! De stiplede linjene illustrerer forlengelsen av kjeden og kan inneholde flere karbonatomer i kjeden med både enkelt- og dobbeltbindinger. Videre kan dobbeltbindingene sitte på andre steder, avhengig av hvilken fettsyre det gjelder.

En måte å bestemme analytisk hvor mange dobbeltbindinger det er i karbonkjeden er ved reaksjon med jod, I_2 (s). Et molekyl jod adderes til hver dobbeltbinding og gjør denne om til en enkeltbinding:



Ved å tilsette en kjent mengde jod (i overskudd i forhold til fettsyren) kan forbruket av jod beregnes ved å titrere ureagert jod mot en tiosulfatløsning med kjent konsentrasjon:



Molekylvekten til fettsyren er omtrent $M \approx 280$ gram/mol, ikke nøyaktig nok til å bestemme antall hydrogenatomer fra formelen. En titrering er derfor påkrevd for å bestemme antall dobbeltbindinger i fettsyren. 15,00 gram I_2 ble blandet med 3,50 gram ren linolenolje under røring. Anta at reaksjonen skjer fullstendig. Det krevde 29,50 ml 1,430 M $Na_2S_2O_3$ (aq) for å nøytralisere overskudd jod. Beregn hvor mange dobbeltbindinger det er i den flerumettede fettsyren.

Oppgave 8 (15 poeng)

Analyse av en organisk forbindelse **A** viste at den inneholdt 57,1 % karbon og 8,6 % hydrogen. I tillegg viste analysen at forbindelsen også inneholdt klor. Molekylvekten ble anslått å være ca. 105 g/mol.

a) Finn molekylformelen for forbindelse **A**.

Forbindelse **A** lot seg oksidere med kaliumpermanganat i sur løsning. Det ble i denne reaksjonen dannet CO_2 og en ny organisk forbindelse **B** som ved tilsetning av 2,4-dinitrofenylhydrazin ga rødbrun utfelling. Forbindelsen **B** eksisterer i to ulike optiske isomerer (stereoisomerer).

b) Tegn på grunnlag av de gitte opplysningene strukturformler for **A** og **B**.

c) Skriv reaksjonslikninger for de to omtalte reaksjonene (i surt miljø reduseres MnO_4^- til Mn^{2+}).