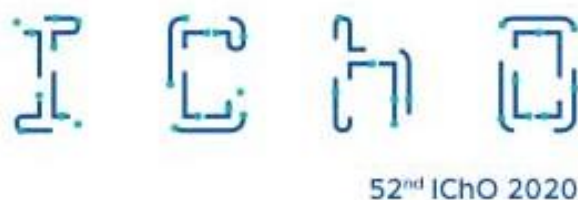


2. UTTAKSPRØVE



til den
52. Internasjonale kjemiolympiaden
2020

i Istanbul, Tyrkia



Dag: Torsdag 6. februar 2020

Varighet: 180 minutter.

Hjelpemidler: Lommeregner og "Tabeller og formler i kjemi" eller
«Vedlegg til eksamen i kjemi»

Maksimal poengsum: 100 poeng.

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

Oppgave 1 skal besvares på det vedlagte svararket,
og du må fylle ut det andre som etterspørres på svararket.

www.kjemiolympiaden.no

SVARARK - 2. UTTAKSPRØVE

Navn: _____

Skole: _____

Fødselsdato: _____

Hjemmeadresse: _____

E-postadresse: _____

Mobilnummer: _____

Vi legger ut resultatliste med de 50 beste i 2. runde på våre hjemmesider, de resterende resultatene publiseres ikke. **Hvis du er blant de 50 beste i 2. runde er det greit at navnet ditt står på resultatlista?**

Sett kryss:

JA

NEI

For oppgave 1 setter du kryss for svaralternativet du velger i tabellen under.

De andre oppgavene besvarer du på egne ark.

Oppgave 1	A	B	C	D
1)				
2)				
3)				
4)				
5)				
6)				
7)				
8)				
9)				
10)				

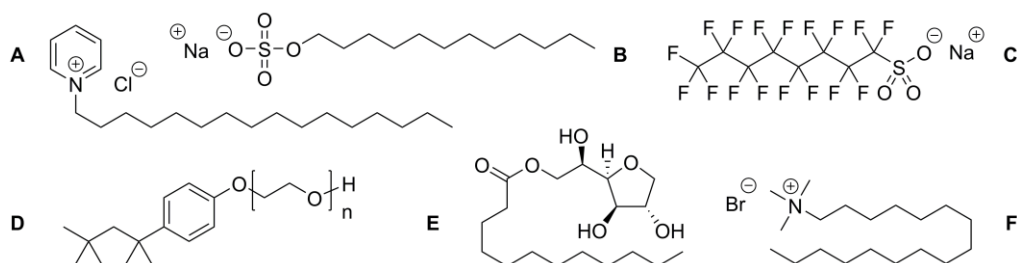
Oppgave 1 (20 poeng – 2 per deloppgave)

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) Hva er pH i en buffer der den sure komponenten har syrekonstant $K_a = 1,0 \cdot 10^{-5}$ og konsentrasjonen av sur komponent er dobbelt så stor som konsentrasjonen til basisk komponent?

A) 4,7
B) 5,5
C) 4,5
D) 5,3

- 2) Nedenfor er gitt et utvalg av tensider (overflateaktive stoffer). Hvilke av disse tilhører klassene av henholdsvis anioniske, kationiske og ikke-ioniske tensider?



- A) **A** og **C** er kationiske, **B** og **F** er anioniske og **D** og **E** er ikke-ioniske.
B) **A** og **F** er kationiske, **B** og **E** er anioniske og **C** og **D** er ikke-ioniske.
C) **D** og **F** er kationiske, **B** og **C** er anioniske og **A** og **E** er ikke-ioniske.
D) **A** og **F** er kationiske, **B** og **C** er anioniske og **D** og **E** er ikke-ioniske.

- 3) Klorin[®] er et velkjent rengjøringsmiddel. Det består hovedsakelig av en vannløsning av natriumhypokloritt, NaOCl, et salt av den svake syren underklorosyring (HOCl). Hva er oksidasjonstallet til klor i hypokloritt, og forventer du at en vannløsning av natriumhypokloritt vil være sur eller basisk?

- A) Oksidasjonstallet til klor er +I og en hypoklorittløsning vil være sur.
B) Oksidasjonstallet til klor er -I og en hypoklorittløsning vil være sur.
C) Oksidasjonstallet til klor er +I og en hypoklorittløsning vil være basisk.
D) Oksidasjonstallet til klor er -I og en hypoklorittløsning vil være basisk.

- 4) En elev syntetiserer benzosyre fra benzaldehyd. Ved starten av syntesen veier eleven ut benzaldehyd, men legger ikke merke til litt søl av benzaldehyd på vekten under utveiing. Etter syntesen regner eleven ut utbyttet basert på vekten av ren benzosyre. Hva er sant om utbyttet eleven regner ut?

- A) Det utregnede utbyttet er lavere enn det virkelige utbyttet.
B) Det utregnede utbyttet er høyere enn det virkelige utbyttet.
C) Det utregnede utbyttet er det samme som det virkelige utbyttet.
D) Vi kan ikke avgjøre om det utregnede utbyttet er høyere eller lavere enn det virkelige utbyttet.

- 5) En organisk forbindelse består av 54,5 % C, 9,2 % H og 36,3 % O. Hva er den empiriske formelen til forbindelsen?
- A) $(\text{CH}_2\text{O})_n$
B) $(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})_n$
C) $(\text{CH}_4\text{O}_2)_n$
D) $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$
- 6) Et glukosemolekyl har molar masse 180,2 g/mol. Et polysakkarid dannes av 100 glukosemolekyler. Hva blir den molare massen til polysakkaridet?
- A) 18 020 g/mol
B) 16 236 g/mol
C) 16 218 g/mol
D) Det er avhengig om bindingene i polysakkaridet er $\alpha_{1\rightarrow4}$ eller $\alpha_{1\rightarrow6}$.
- 7) Hvilken påvisningsreaksjon kan brukes til å skille mellom propan-1-ol og propan-2-ol?
- A) 2,4-di-reagens
B) Lucas' reagens
C) Tollens reagens
D) Br_2 -reagens
- 8) Hva er løseligheten til $\text{Ca}(\text{OH})_2$ i g/L? ($K_{\text{sp}} = 8,0 \cdot 10^{-6}$)?
- A) $5,9 \cdot 10^{-4}$ g/L
B) $2,0 \cdot 10^{-2}$ g/L
C) 0,93 g/L
D) 1,5 g/L
- 9) En strøm på 12 A benyttes til å avsette metallisk nikkel fra en nikkel(II)nitrat-løsning. Både metallisk nikkel og hydrogengass dannes ved katoden. Dersom effektiviteten med hensyn på dannelse av nikkel er 62 %, hvor mange gram nikkel avsettes på katoden i løpet av 45 minutter? Husk at 1 A tilsvarer $6,22 \cdot 10^{18}$ elektroner per sekund?
- A) 0,1 g
B) 6,1 g
C) 9,9 g
D) 12,0 g

10) Hvilket av følgende molekyler er ikke polart?

- A) H_2O
- B) NH_3
- C) CF_4
- D) HBr

Oppgave 2 (15 poeng)

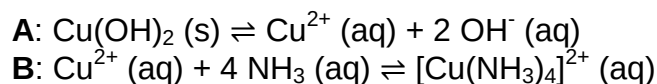
Denne oppgaven handler om kobber og sink og deres reaksjoner i vandige løsninger. En elev vil ha det litt moro med en amerikansk 1-centmynt fra 1974. Mynten veier 3,11 g og har oppgitt sammensetning $\text{Cu}_{0.95}\text{Zn}_{0.05}$. Første steg er å løse opp mynten i vandig løsning ved hjelp av syre.

- a) Foreslå en passende syre til å løse opp mynten, og skriv reaksjonsligning for reaksjoner som finner sted for oppløsning av metallisk Cu og Zn.

Mynten er fortsatt gyldig betalingsmiddel, og har en pålydende verdi på ca 0,09 norske kroner. Eleven fått oppgitt at kobber koster ca 3,5 kroner per mol.

- b) Ville det være økonomisk lønnsomt for studenten å samle slike mynter og smelte dem om til kobber? Begrunn svaret.

Når en fortynnet ammoniakkløsning tilsettes dråpevis til løsningen fra a), dannes blått, fast kobberhydroksid. Ved videre tilsetning av ammoniakk løses det faste stoffet, og det dannes en mørk blå løsning. To likevekter kan være til hjelp for å forklare disse observasjonene:



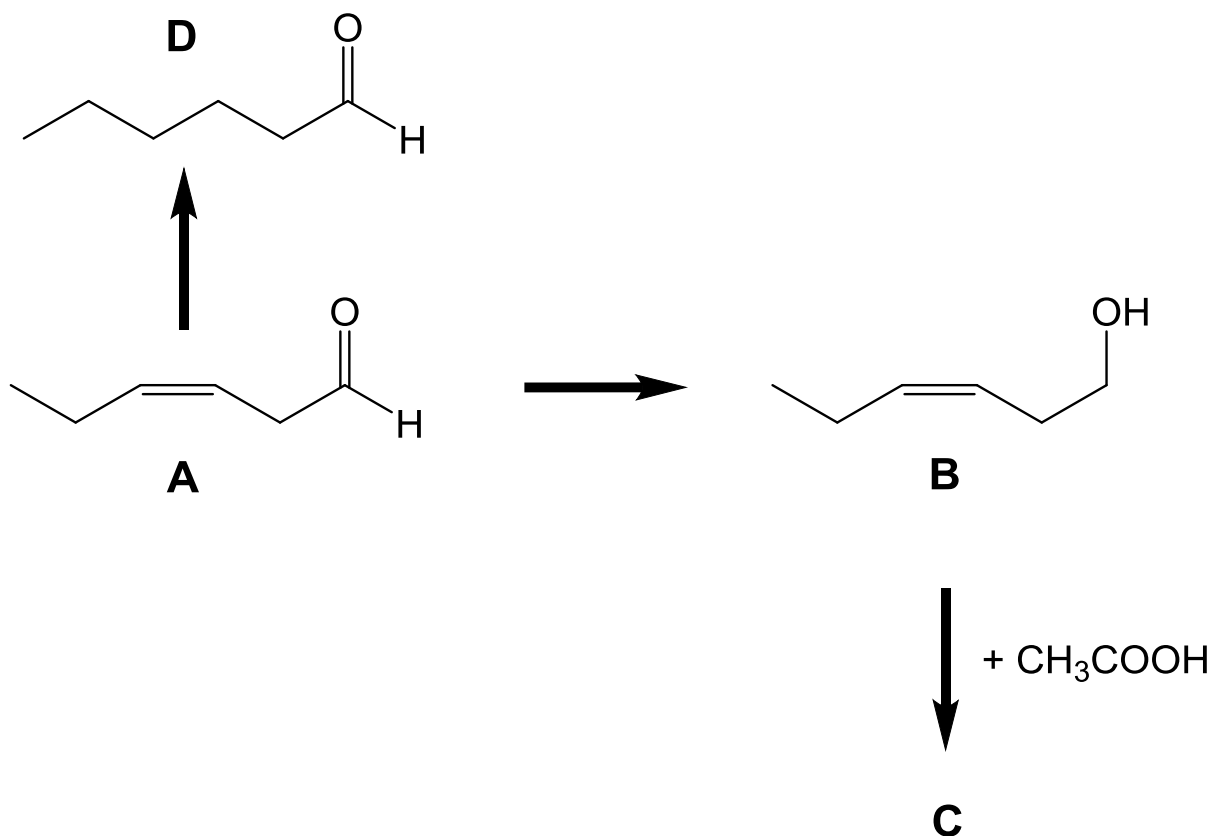
- c) Skriv likevektsuttrykkene for hver av disse to prosessene.
- d) Forklar hvorfor kobberhydroksid dannes når små mengder ammoniakk tilsettes.
- e) Likevektskonstanten for reaksjon **A** er $2,2 \cdot 10^{-20}$, mens den for reaksjon **B** er $1,2 \cdot 10^{13}$. Bruk disse verdiene til å forklare hvorfor bunnfallet av $\text{Cu}(\text{OH})_2$ løses igjen når mer ammoniakk tilsettes.
- f) Hva skjer med konsentrasjonen av hver av forbindelsene under (ved likevekt), når man tilsetter en løsning av kobbersulfat til den mørkeblå løsningen av $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$?

- i. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
- ii. NH_3
- iii. Cu^{2+}

Oppgave 3 (10 poeng)

Lukten av nyslått gress er helt spesiell. Lukten skyldes en rekke organiske forbindelser som lett går over i gassfase. Planter bruker denne typen stoffer for å signalisere til andre planter av samme art at de har blitt skadet.

I denne oppgaven skal vi se på noen sentrale signalstoffer i planter.



- Hva er systematisk navn for forbindelse **A**?
- Hvilken reaksjonstype er reaksjonen fra **A** til **B**?
- Tegn produktet **C** som dannes når **B** reagerer med eddiksyre. Hvis vi skal gjøre denne reaksjonen på lab, trenger vi også en katalysator.
- I massespektrometeret får vi et signal ved $m/z = 43$ u når vi analyserer **C**. Tegn det fragmentet som gir dette signalet.
- Er det oksidert eller redusert form av redoksparet NAD/NADH^+ som er passende kofaktor i reaksjonen fra **A** til **D**?

Oppgave 4 (15 poeng)

Hydrogenfluorid (HF) er en svak syre med $K_a = 3,5 \cdot 10^{-4}$.

Vi lager en buffer av 100 mL 0,0100 mol/L HF og 10,0 mL 0,0200 mol/L NaOH.

- a) Finn konsentrasjonen av H^+ i løsningen og pH til bufferen.
- b) Finn kapasiteten til bufferen ved tilsetning av sterk syre.

I svake syrer med K_a større enn om lag 10^{-4} vil pH beregnet på vanlig måte for buffere være noe feil, særlig når konsentrasjonen av den basiske komponenten er lav.

Ved å kombinere ligninger for syrekonstanten, ioneproduktet, massebalanse og ladningsbalanse får vi følgende ligning for konsentrasjonen av H^+ i en buffer.

$$[H^+] = K_a \cdot \frac{c_A - [H^+] + [OH^-]}{c_B + [H^+] - [OH^-]}$$

der $c_A = n(\text{HF})/V_{\text{total}}$ og $c_B = n(\text{NaOH})/V_{\text{total}}$ hvor symbolet $n(\dots)$ er stoffmengde og V er volum.

Vi kan skrive dette om til følgende uttrykk:

$$[H^+]^3 + (c_B + K_a) \cdot [H^+]^2 - (K_w + c_A \cdot K_a) \cdot [H^+] - K_a \cdot K_w = 0$$

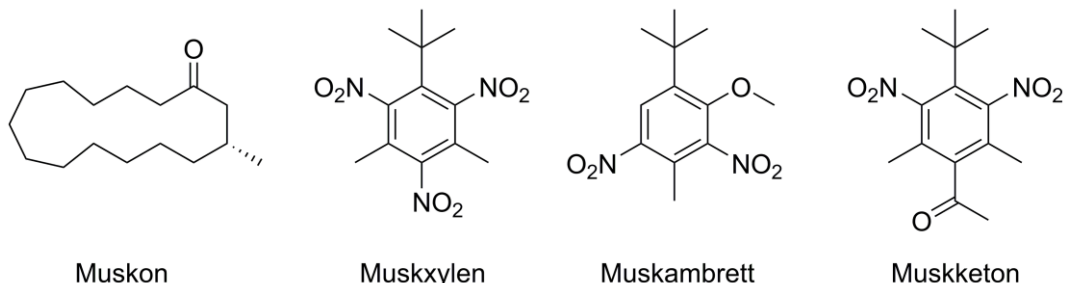
Om vi antar at $K_a \cdot K_w \approx 0$ og $(K_w + c_A \cdot K_a) \approx c_A \cdot K_a$ og at $[H^+] \neq 0$ kan vi skrive det om til et enklere andregradsuttrykk:

$$[H^+]^2 + (c_B + K_a) \cdot [H^+] - c_A \cdot K_a = 0$$

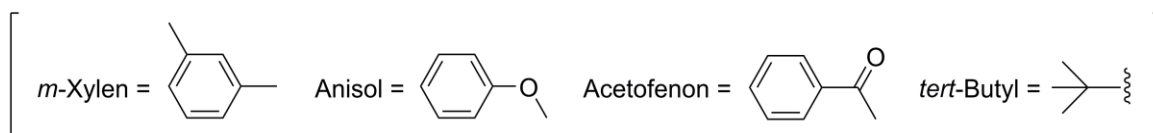
- c) Løs ligningen for å finne et uttrykk for en mer presis konsentrasjon av H^+ i bufferen i oppgave a og b. Regn ut konsentrasjonen av H^+ i løsningen ved å bruke uttrykket.
- d) Hvor mange prosent høyere/lavere er konsentrasjonen i forhold til svaret fra a?
- e) Finn pH i løsningen.
- f) Hvordan vil dette påvirke kapasiteten til bufferen i forhold til svaret du fant i b?

Oppgave 5 (15 poeng)

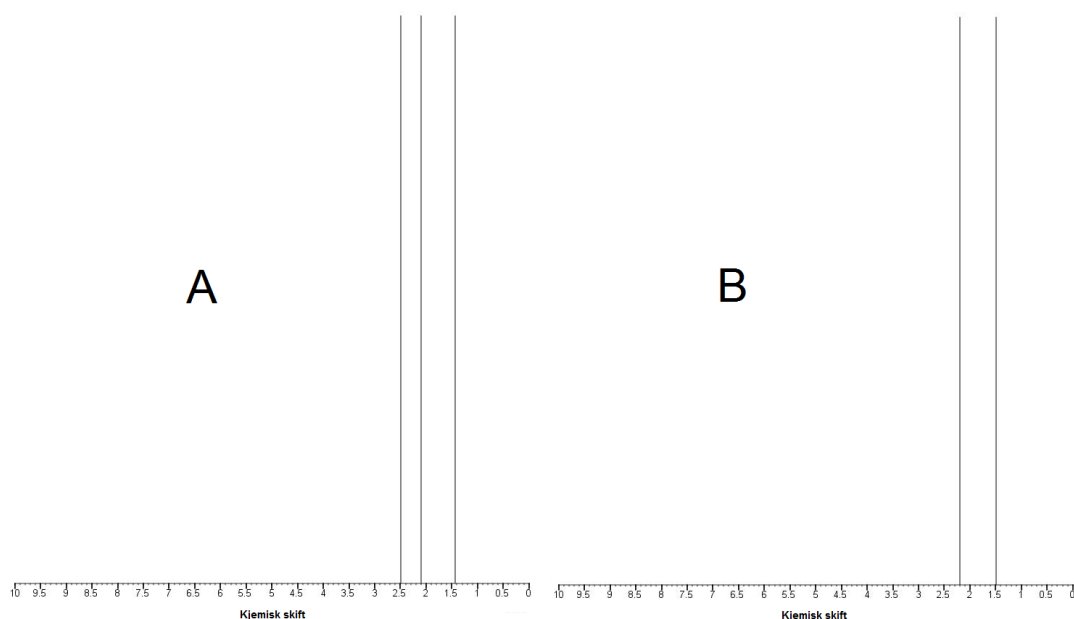
Musk er et sekret som utskilles fra duftkjertlene til moskushjorten. Musk inneholder lukstsubstanter, gjerne kalt muskforbindelser, og har gjennom århundrer vært brukt i parfymer. Den primære lukstforbindelsen i naturlig musk er muskon, tegnet nedenfor. De tre nitromuskforbindelsene i samme figur er en type kunstige muskforbindelser som tidligere ble mye brukt i parfyme, kosmetikk og hudpleieprodukter.



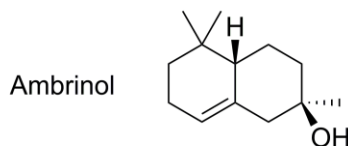
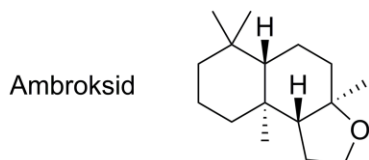
- a) Hvilken klasse/stoffgruppe av organiske forbindelser tilhører muskon? Hvor mange karbonatomer er kirale sentre i muskon?
- b) Gitt de kjemiske navnene under punkt i.–iii. under skal du bestemme hvilket av disse navnene som svarer til hvilken av de tre nitromuskforbindelsene vist over (nyttige hjelpeopplysninger er gitt i klammeparentesen rett under denne teksten):



- 4-*tert*-butyl-2,6-dimetyl-3,5-dinitroacetofenon
 - 5-*tert*-butyl-2,4,6-trinitro-*m*-xylen
 - 6-*tert*-butyl-3-metyl-2,4-dinitroanisol
- c) Nedenfor er gitt to ^1H -NMR-spektra, merket **A** og **B**, som tilhører to av de tre nitromuskforbindelsene i figuren over. Hvilken forbindelse hører til hvilket spekter?



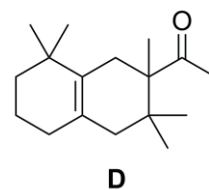
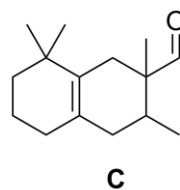
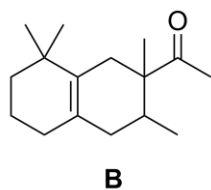
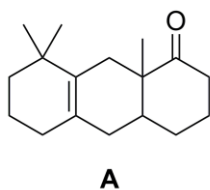
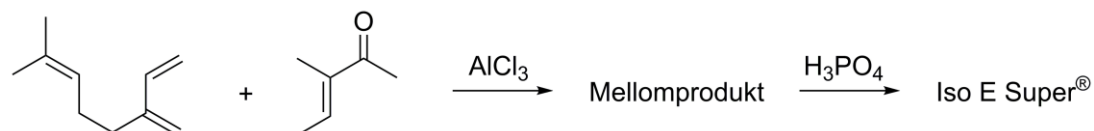
- d) Ambra er et sekret som utskilles i spermasethvalens tarm. Det er et vokslignende materiale med en lukt som minner mye om musk. Lukten skyldes først og fremst de to forbindelsene ambroksid og ambrinol. Deres kjemiske strukturer er tegnet nedenfor. Hvor mange kirale karbonatomer inneholder hver av strukturene?



- e) Bruk av naturlig musk og ambra er ikke bærekraftig, og nitromuskforbindelsene er dessverre både kreftfremkallende og miljøskadelige. Er disse muskforbindelsene primært vannløselige eller fettløselige?
- f) Fremstilling av syntetisk muskon er mulig, men det er uforholdsmessig kostbart. Forbindelsen Ambrettolide HC Suprême, som kan lages gjennom fermentering og har en lignende lukt, er et billigere alternativ. Stoffet er også lett nedbrytbart. Hvorfor ringåpnes denne forbindelsen så lett sammenlignet med f. eks. muskon?



- g) Et musklignende stoff som brukes i svært mange kommersielle parfymer er forbindelsen Iso E Super[®]. Det syntetiseres i to trinn som vist i figuren under. Hvilket av de fire molekylene **A**, **B**, **C** eller **D** nedenfor er Iso E Super[®]?



Oppgave 6 (25 poeng)

Kalsiumhypokloritt, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, er et mye brukt desinfeksjons- og blekemiddel. Løseligheten til stoffet i vann er 21 g per 100 mL.

a) Hva er den molare løseligheten til kalsiumhypokloritt i vann?

Du har en løsning som inneholder to forskjellige natriumhalider (NaX , der X kan være F, Cl, Br eller I). Konsentrasjonen av hvert halid er 4,0 mol/L. Du tilsetter litt sølvnitratløsning til en prøve av løsningen. Du får da et gulhvitt bunnfall.

b) Hvilke to halider kan gi et slikt bunnfall? Skriv reaksjonsligninger for fellingsreaksjonene.

Du blander så 20 mL av halidløsningen med 20 mL av en 1,0 mol/L kalsiumhypoklorittløsning. Det blir da dannet noen fiolette krystaller.

c) Hvilket stoff har sannsynligvis blitt dannet? Begrunn svaret ditt. Skriv en balansert reaksjonsligning for reaksjonen som har funnet sted. Hvordan kan du gå fram for å bli sikrere på denne slutningen?

Du deler løsningen du nå har fått i to like deler. Den ene delen filtrerer du. Den andre delen titrerer du mot en 2,00 mol/L natriumtiosulfatløsning.

d) Hvor stort vil forbruket av natriumtiosulfatløsning være?

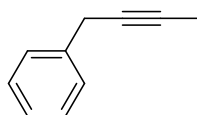
Du måler pH i kalsiumhypoklorittløsningen som har en konsentrasjon på 1,0 mol/L.

e) Hvilket resultat forventer du å få? pK_a til underklorsyrling, HClO , er 7,53.

Du blander så 20 mL av denne kalsiumhypoklorittløsningen med den filtrerte løsningen nevnt over og surgjør blandingen ved å tilsette svovelsyre til $\text{pH} = 0$. Det blir dannet en rødbrun løsning.

f) Hvilket stoff har blitt dannet som gjør at løsningen er rødbrun? Begrunn svaret. Skriv en balansert reaksjonsligning for reaksjonen som har funnet sted.

Når en prøve av løsningen ristes med følgende forbindelse forsvinner fargen:



g) Hvilken forbindelse blir dannet når stoffet reagerer med den organiske forbindelsen over? Tegn strukturformelen til denne.

En ny porsjon av kalsiumhypoklorittløsningen sammen med en platinaelektrode utgjør den ene halvcellen av en galvanisk celle. Den andre halvcellen består av en tinnelektrode i en 1,0 mol/L vandig løsning av tinn(II)klorid.

- h) Skriv ned den balanserte reaksjonsligningen for redoksreaksjonen som finner sted i cellen.
- i) Hva er standard cellepotensialet til den galvaniske cellen?
- j) Gitt følgende standard dannelsesentalpier, hva er standard entalpiforandring for redoksreaksjonen som finner sted i den galvaniske cellen?

$$\Delta H_{f(\text{ClO}^-(\text{aq}))}^0 = -107,1 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f(\text{Cl}^-(\text{aq}))}^0 = -167,2 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f(\text{Sn}^{2+}(\text{aq}))}^0 = -8,8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f(\text{Sn(s)})}^0 = 0,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f(\text{OH}^-(\text{aq}))}^0 = -229,99 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f(\text{H}_2\text{O(l)})}^0 = -285,83 \text{ kJ/mol}$$

Sammenhengen mellom endringen i standard Gibbs fri energi for redoksreaksjonen og standardpotensialet til cellen, er $\Delta G^0 = -nFE^0$, der n er stoffmengden elektroner per mol reaksjon, F er Faradaykonstanten og E^0 er standardpotensialet.

- k) Hva er standard entropiforandringen for reaksjonen når temperaturen i cellen er 25°C?