

2. UTTAKSPRØVE



til den
46. internasjonale kjemiolympiaden 2014
i Hanoi, Vietnam



Dag: Onsdag 22. januar 2014

Varighet: 180 minutter.

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

Maksimal poengsum: 100 poeng.

Oppgavesettet er på **9** sider (inklusive forsiden)
og har **7** oppgaver:

Øverst på besvarelsen må du skrive *skole, navn, fødselsdato, hjemmeadresse, e-postadresse og mobilnummer*, slik at vi kan kontakte deg dersom du kvalifiserer deg til finaleuka.

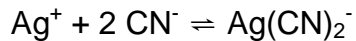
**Besvarelsen føres på egne ark. Begynn hver oppgave på ny side.
Du kan beholde oppgaveheftet.**

Følg oss på www.kjemiolympiaden.no og på Facebook: [Kjemi-OL](#)
Resultater legges ut her når de er klare

Oppgave 1 (18 poeng - 2 poeng for hver 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 alternativ er korrekt for følgende likevekt?



- A) Tilsetning av NaNO_3 fører til at likevekten forskyves mot venstre.
- B) Tilsetning av HNO_3 fører til at likevekten forskyves mot venstre
- C) Tilsetning av NaCN fører til at likevekten forskyves mot venstre
- D) Tilsetning av AgNO_3 påvirker ikke likevekten

2) Hvilken av følgende blandinger vil ikke gi en buffer?

- A) 10 mL 0,05 M HCN og 5 mL 0,1 M NaOH
- B) 10 mL 0,1 M NaCN og 5 mL 0,1 M HNO_3
- C) 10 mL 0,1 M H_3PO_4 og 5 mL 0,1 M NaOH
- D) 10 mL 0,05 M CH_3COOH og 2,5 mL 0,1 M NaOH

3) Hva er konsentrasjonen av kalsiumioner du kan tilsette til en 0,10 M natriumfluoridløsning før du får utfelling?

- A) $3,5 \cdot 10^{-11}$ M
- B) $1,7 \cdot 10^{-9}$ M
- C) $3,5 \cdot 10^{-9}$ M
- D) $1,7 \cdot 10^{-7}$ M

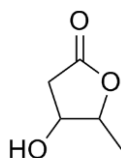
4) Hvilken av følgende løsninger gir høyest pH dersom 1 mol av stoffet tilsettes 10 L vann?

- A) Ammoniakk
- B) Kalsiumhydroksid
- C) Kaliumhydroksid
- D) Kaliumnitrat

5) Hvilken av følgende forbindelser er en ioneforbindelse?

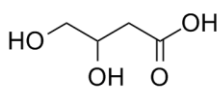
- A) ICI
- B) NCl_3
- C) CCl_4
- D) BaCl_2

- 6) Estere kan dannes fra forbindelser som har karboksylsyregruppen og alkoholgruppen i samme molekyl (den funksjonelle gruppen kalles da lakton i stedet for ester). Figuren nedenfor viser forbindelsen **L** som er dannet på denne måten.

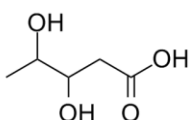


L

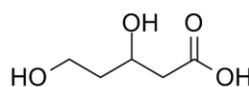
Hvilket av alternativene er et mulig utgangspunkt for dannelsen av **L**?



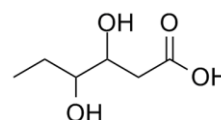
A



B

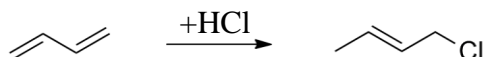


C



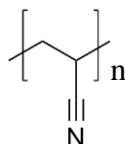
D

- 7) Reaksjonen nedenfor kjenner du ikke fra pensum, men du skal likevel klare å kategorisere den ut ifra det du har lært om organiske reaksjonstyper.

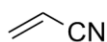


Hvilken reaksjonstype beskriver reaksjonen ovenfor?

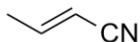
- A) Kondensasjon
 - B) Polymerisasjon
 - C) Eliminasjon
 - D) Addisjon
- 8) Nedenfor er vist strukturen til en polymer (polyakrylnitril).



Hvilken av forbindelsene er monomeren som polymeren er dannet fra?



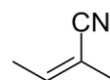
A



B

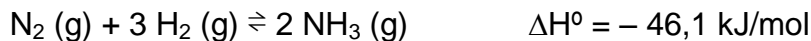


C



D

9) Gitt ligningen for produksjon av ammoniakk fra hydrogen og nitrogen



Hvilken av følgende betingelser gir mest ammoniakk ved likevekt?

- A) Lavt trykk, lav temperatur
- B) Høyt trykk, lav temperatur
- C) Lavt trykk, høy temperatur
- D) Høyt trykk, høy temperatur

Oppgave 2 (10 poeng)

Oppløst oksygen i vann kan gi problemer med korrosjon, særlig hvis temperaturen er høy, som for eksempel i fyrkjeler. I slike kjeler er det viktig å fjerne alt oppløst oksygen i vannet. En vanlig metode går ut på å fjerne oksygen ved tilsetning av natriumsulfitt, Na_2SO_3 . Ulempen med denne metoden er at både sulfitt og oksidasjonsproduktet øker ledningsevnen til vannet, og øker muligheten for avleiringer.

Derfor har man begynt å bruke hydrazin, N_2H_4 . Oksidasjonsproduktene er her nitrogen og vann, ingen av dem gir problemer med avleiringer. Dessuten vil hydrazin redusere jern(III)oksid til Fe_3O_4 , og dette jernoksidet danner en tett overflate som motstår videre korrosjon. En ulempe med hydrazin er at stoffet er giftig. Det kan således ikke brukes i varmtvannsbeholdere.

- a) Skriv balanserte reaksjonsligninger for hver av reaksjonene: Oksygen med natriumsulfitt, og oksygen med hydrazin.
- b) Skriv balansert reaksjonsligning for reaksjonen mellom hydrazin og jern(III)oksid.
- c) Hvilken masse hydrazin går med til å fjerne alt oppløst oksygen i 1000 liter vann med et oksygeninnhold på 0,70 mg/L.

Oppgave 3 (9 poeng)

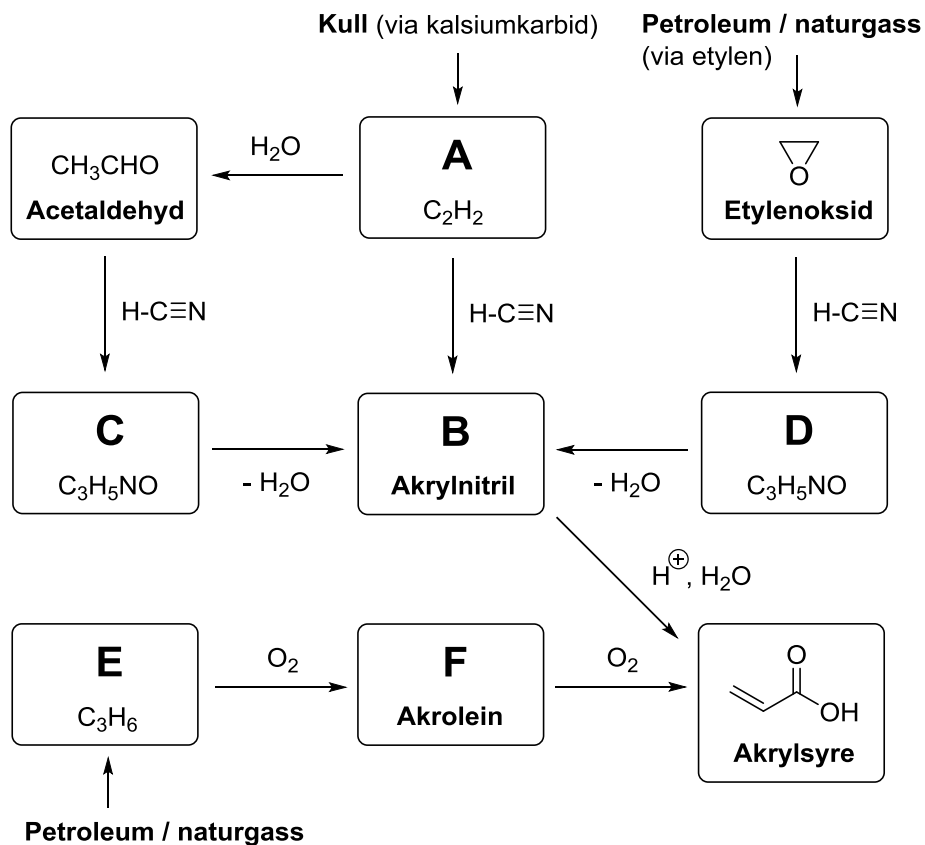
Fosfor kan danne oksosyrer med ulike oksidasjonstall for fosfor. Den mest kjente er fosforsyre (H_3PO_4). To andre varianter er fosfonsyre (H_3PO_3) og fosfinsyre (H_3PO_2). [Disse ble tidligere kalt fosforsyring og underfosforsyring].

- a) Bestem oksidasjonstallet til fosfor i hver av de tre forbindelsene.
- b) Tegn den kjemiske strukturen til de tre nevnte syrene.
- c) Skriv balanserte likninger for alle protolysetrinn for hver av disse tre syrene.

Oppgave 4 (20 poeng)

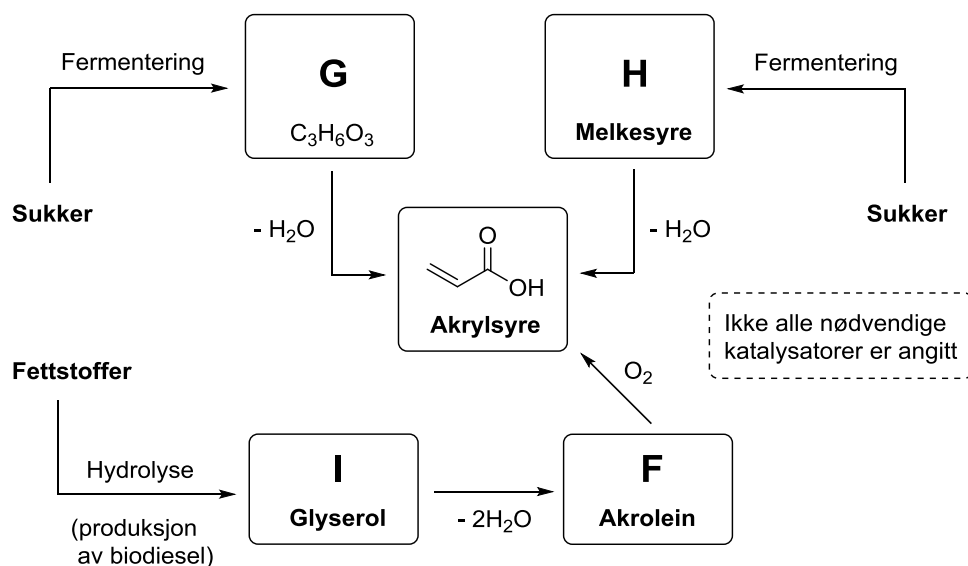
Akrylsyre (propensyre) er et viktig råmateriale i produksjonen av blant annet plastmaterialer, maling, lim, gummi og personlige pleieprodukter. Akrylsyre kan produseres gjennom en rekke kjemiske prosesser. Denne oppgaven dreier seg om å identifisere utgangsstoffer og mellomprodukter i industriell produksjon av akrylsyre gjennom nettverkskart.

- a) Eldre industriprosesser for produksjon av akrylsyre tok gjerne utgangspunkt i råstoffer som kan lages fra kull. De dominerende produksjonsmetodene i dag tar utgangspunkt i råstoffer som kan lages fra petroleum eller naturgass. Nedenfor er det tegnet et nettverkskart av enkle kjemiske forbindelser som er utgangsstoffer og mellomprodukter i produksjon av akrylsyre. Ved hjelp av opplysningene i skjemaet skal du identifisere og tegne den kjemiske strukturen til forbindelsene A-F.



Merk: I nettverkskartet ovenfor er ikke alle nødvendige katalysatorer angitt, og du vil sannsynligvis ikke kjenne alle reaksjonstypene i detalj.

- b) En rekke kjemiskere er i disse dager i ferd med å kommersialisere «grønne» industriprosesser for produksjon av akrylsyre med utgangspunkt i fornybare råstoffer. Ved hjelp av opplysningene i skjemaet nedenfor skal du identifisere og tegne den kjemiske strukturen til forbindelsene **G-I**.



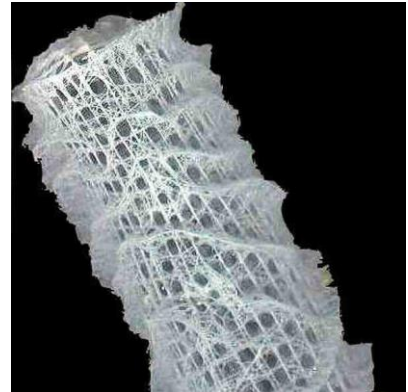
- c) Tegn polymeren som dannes når akrylsyre polymeriseres.

Oppgave 5 (15 poeng)

Etter oksygen, er silisium det grunnstoffet det finnes mest av i jordskorpa. Derfor er det ikke overraskende at silisiumforbindelser spiller en sentral rolle i mye av naturens kjemi; og i dag også i informasjonsteknologi.

Det aller vanligste mineralet på jorda, som er antatt å utgjøre mer enn 60 % av jordskorpa, er det vi kaller *feltspat*. Dette er egentlig en gruppe mineraler satt sammen av aluminium, silisium, oksygen og ett eller flere alkalimetaller.

I denne oppgaven skal vi begynne med å se på feltspatmineralet *ortoklas*, med kjemisk formel KAlSi_3O_8 . Dette mineralet er vanlig over store deler av verden, blant annet i granitt.



Eksoskjelett for et diatom

a) Hva er oksidasjonstallet for silisium i ortoklas?

Når granitt forvitrer, skjer det blant annet ved en reaksjon mellom ortoklas, karbondioksid og vann:



b) Balansér reaksjonsligningen for reaksjon mellom ortoklas, karbondioksid og vann.

Et av produktene, silisiumsyre (H_4SiO_4), er noe så uvanlig som en fireprotisk syre. Den er meget svak, med $K_{a1} = 1,445 \cdot 10^{-10}$ og $K_{a2} = 6,3 \cdot 10^{-14}$ for hhv første og andre deprotonering.

c) Hva er pH i en 1,000 mol/L vandig løsning av silisiumsyre?

Siden mineraler som inneholder silisium er så vanlige, finnes silisiumsyre i ellevann over hele verden. I gjennomsnitt er konsentrasjonen $1,50 \cdot 10^{-4}$ mol/L. I løpet av et år renner det omtrent $5,0 \cdot 10^{16}$ L vann fra elver og ut i havet.

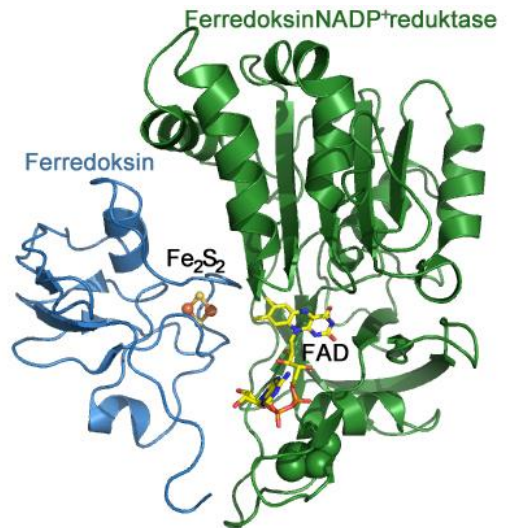
d) Hvor stor masse silisiumsyre renner ut i havene i løpet av et år?

Konsentrasjonen av silisiumsyre i verdenshavene holdes nede ved at vannlevende mikroorganismer danner eksoskjelett av silikater. Silisiumsyre polymeriserer ved å danne Si-O-Si-bindinger; på samme måte som når alkoholer reagerer og danner etere.

e) Hva kalles denne reaksjonstypen?

Oppgave 6 (16 poeng)

I både celleåndingen og fotosyntesen foregår det en rekke redoksreaksjoner, hvor elektroner overføres mellom såkalte kofaktorer i proteinene. I fotosyntesen brukes blant annet energien fra sollyset gjennom flere trinn til å danne reduksjonsmiddelet NADPH fra NADP^+ . I et av de siste trinnene overføres elektroner fra jernsvovelproteinet ferredoksin til FAD kofaktoren i ferredoksinNADP⁺reduktase som binder og reduserer NADP^+ til NADPH. Strukturen av komplekset mellom ferredoksin og ferredoksinNADP⁺reduktase er vist i figuren.



- a) Komplekset mellom ferredoksin og ferredoksinNADP⁺reduktase er et 1:1 kompleks. Hvis du har 1,0 mg ferredoksin, hvor mange mg ferredoksinNADP⁺reduktase trenger du for å lage kompleks med alt ferredoksinet du har? Molekylvekten av ferredoksin er 15800 g/mol og molekylvekten av ferredoksinNADP⁺reduktase er 39300 g/mol

Utdrag fra tabellen over standard reduksjonspotensialer:



- b) Skriv balansert reaksjonsligning for reaksjonen mellom Fe^{3+} og NADPH, og beregn \mathcal{E}° .
- c) Er reaksjonen i b) en spontan reaksjon?
- d) Hva skjer med likevekten i b) dersom pH økes?

I standard reduksjonspotensialer \mathcal{E}° er $[\text{H}^+] = 1,0$, men biokjemiske reaksjoner foregår ofte ved $\text{pH} = 7,0$. Derfor oppgis vanligvis standard reduksjonspotensialer i biokjemien \mathcal{E}' ved $\text{pH} = 7,0$.

For å regne ut \mathcal{E}' ved andre konsentrasjoner enn 1 M brukes Nernstligningen:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}^\circ - \frac{0,0592}{n} \cdot \lg Q$$

n er antall elektroner og Q er likevektsuttrykket for reaksjonen (halvreaksjonen).

Det biokjemiske standard reduksjonspotensialet for $\text{NADP}^+/\text{NADPH}$ blir $\mathcal{E}' = -0,32 \text{ V}$.

$$\left(\mathcal{E}' = \mathcal{E}_{\text{pH}=7} = \mathcal{E}^\circ - \frac{0,0592}{n} \cdot \lg \frac{[\text{NADPH}]}{[\text{NADP}^+][\text{H}^+]} = -0,11 - \frac{0,0592}{2} \cdot \lg \frac{1,0}{1,0 \cdot (1,0 \cdot 10^{-7})} = -0,32 \text{ V} \right)$$

- e) Regn ut det biokjemiske standard reduksjonspotensialet \mathcal{E}' for $2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$.
- f) Hva må verdien av det biokjemiske standard reduksjonspotensialet \mathcal{E}' til ferredoksin (Fe^{3+}) / ferredoksin (Fe^{2+}) være for at redusert ferredoksin så vidt skal klare å redusere NADP^+ til NADPH ved $\text{pH} = 7$?

Oppgave 7 (12 poeng)

Avogadros tall kan beregnes på mange forskjellige måter. Vi ser på to:

- a) To kobberelektroder brukes til å elektrolysere en fortynnet løsning av kobber(II)sulfat i et skoleeksperiment. Resultater:

Reduksjon i elektrodens masse: 0,3554 g

Konstant strømstyrke 0,601 A

Elektrolysens varighet 1802 s

I tillegg vet vi verdien til elementærladningen $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C og atommassen til kobber, $M_{\text{Cu}} = 63,55$ u.

Beregn Avogadros tall.

- b) En av de mest presise metodene for måling av Avogadros tall baserer seg på måling på veldig rene Si-krystaller.

Tettheten til helt rent silisium er $\rho = 2,3290354$ g/cm³.

Silisium krystalliserer i diamantgitter med en enhetscelle med sidekant $a = 543,10209 \cdot 10^{-12}$ m. Det er 8 atomer i en enhetscelle.

Molmasser og prosentandel av silisiumisotopene er:

	molmasse, g/mol	prosentvis andel
²⁸ Si	27,976926	92,238328
²⁹ Si	28,976494	4,6588057
³⁰ Si	29,973770	3,1028663

Beregn Avogadros tall. Gi svaret med 6 gjeldende sifre.