

2. UTTAKSPRØVE



til den
53. Internasjonale kjemiolympiaden 2021
i Osaka, Japan



Dag: Torsdag 21. januar 2021

Varighet: 90 minutter.

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

Maksimal poengsum: 100 poeng.

Oppgavesettet er på **11** sider (inklusive forsiden og svarark)
og har **7** oppgaver

www.kjemiolympiaden.no

SVARARK

2. UTTAKSPRØVE

NAVN: _____

Vi legger ut resultatliste med de 50 beste i 2. runde. **Hvis du er blant de 50 beste i 2. runde er det greit at navnet ditt står på resultatlista?**

Sett kryss:

JA

☐

NEI

☐

Oppgave 1

Oppgave nr	Svar
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

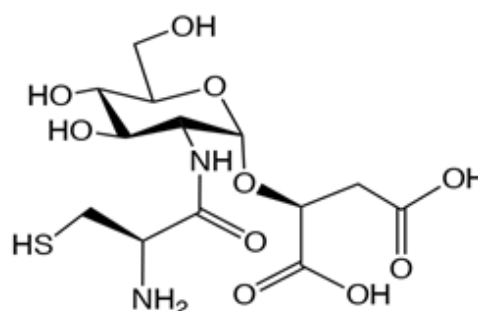
Oppgave 4d

Forbindelse	Spektrum
Aceton	
<i>tert</i> -Butanol	
Dietylftalat	
Etylacetat	
2-Propanol	
<i>n</i> -Propanol	
Metanol	
Metyletylketon	
Metylisobutylketon	

Oppgave 7

Forbindelse	Svar
Anetol	
Eugenol	
Gingerol	
Isoeugenol	
Kanelaldehyd	
Safranal	
Vanilin	

Oppgave 3e

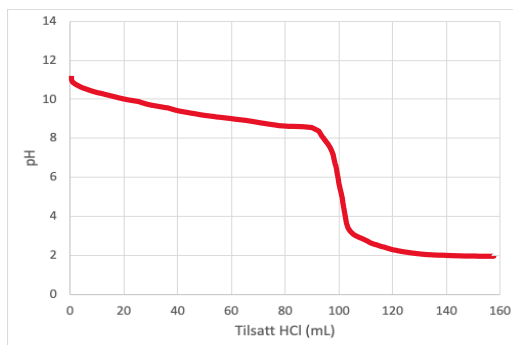


Oppgave 1 (20 poeng – 2 per deloppgave)

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. **Bruk gjerne tabellen på svararket.**

- 1) Figuren viser titrerkurven for titrering av en svak base med saltsyre. I hvilke(t) av de angitte pH-intervall(er) foreligger både den svake basen og dens korresponderende svake syre (i mer enn helt neglisjerbare mengder)?

- i) pH mellom ca 2 og 3
 - ii) pH mellom ca 5 og 7
 - iii) pH mellom ca 9 og 10
- A) Bare ii)
 - B) Bare iii)
 - C) Både i) og iii), men ikke ii)
 - D) Både i), ii) og iii)



- 2) 100 mL 0,10 mol/L H_3PO_4 tilsettes 1285 mg bariumhydroksid. Hva blir pH i løsningen?

- A) 2,2
- B) 7,0
- C) 7,2
- D) 12,3

- 3) Molekylformelen for aminosyren serin er $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_3$. Hva er molar masse for en peptidkjede er laget av 10 serinmolekyler?

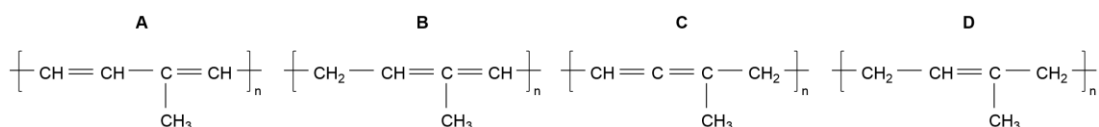
- A) 840,8 g/mol
- B) 870,8 g/mol
- C) 888,8 g/mol
- D) 1051 g/mol

- 4) En organisk forbindelse består av 40,0% C, 6,7% H og 53,3% O (masseprosent). 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) $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$

- 5) Naturgummi er et materiale som utvinnes fra gummitreet (*Hevea brasiliensis*). Guttaperka er et lignende materiale som utvinnes fra ulike trær som vokser i Sørøst-Asia. Begge materialene består av polymerer av hydrokarbonet isopren (2-metylbuta-1,3-dien). Hvilket av utsagnene nedenfor er korrekt:

- A) Både naturgummi og guttaperka er bygget opp av polyisopren, og dette er en typisk kondensasjonspolymer der isoprenmolekyler har heftet seg sammen i lange kjeder under avspalting av vann.
- B) Både naturgummi og guttaperka er bygget opp av addisjonspolymerer, og slike polymerer inneholder alltid karbon-karbon dobbeltbindinger.
- C) Både naturgummi og guttaperka er bygget opp av polyisopren. Dette er en addisjonspolymer og danner derfor alltid en helt mettet hydrokarbonstruktur.
- D) Både naturgummi og guttaperka er bygget opp av polyisopren, og dette er klassifisert som en addisjonspolymer.
- 6) Nedenfor er gitt et utvalg av mulige kjemiske strukturer som representerer hovedpolymeren i naturgummi (merk at *cis/trans*-isomeri ikke er angitt i figurene). Hvilken av strukturene er riktig?



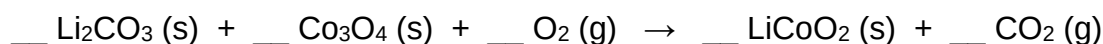
- A) Struktur **A** representerer hovedpolymeren i naturgummi.
- B) Struktur **B** representerer hovedpolymeren i naturgummi.
- C) Struktur **C** representerer hovedpolymeren i naturgummi.
- D) Struktur **D** representerer hovedpolymeren i naturgummi.
- 7) Både naturgummi og guttaperka er «gummiaktige» masser med svært mange bruksområder, men guttaperka er stivere og mindre fleksibelt enn naturgummi. Hvilket av utsagnene nedenfor er korrekt:
- A) Begge materialene er bygget opp av polyisopren. Da kan det kun være forskjeller i kjedelengdene av polyisoprenet som gir dem ulike egenskaper.
- B) Begge materialene er bygget opp av polyisopren, og i denne strukturen finnes det karbon-karbon dobbeltbindinger. I naturgummi er de fleste av disse i en *cis*-konfigurasjon, mens i guttaperka er de fleste i en *trans*-konfigurasjon.
- C) Begge materialene er bygget opp av polyisopren, og i denne strukturen finnes det karbon-karbon dobbeltbindinger. I naturgummi er de fleste av disse i en *trans*-konfigurasjon, mens i guttaperka er de fleste i en *cis*-konfigurasjon.
- D) Begge materialene er bygget opp av polyisopren, så derfor kan det kun være måten stoffene utvinnes på fra trærne som gir dem ulike egenskaper.
- 8) Hvilken molekylformel representerer molekyler som danner 4 ulike strukturisomerer?
- A) CH₄O
- B) C₂H₆O
- C) C₃H₆O
- D) C₃H₉N

- 9) Hvilken av følgende reaksjoner har *størst positiv* endring i entropi?
- A) $\text{NH}_3 (\text{aq}) + \text{NO}_3^- (\text{aq}) + \text{H}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 (\text{s})$
 - B) $\text{Cl}_2 (\text{g}) + 2\text{OH}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}^- (\text{aq}) + \text{ClO}^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$
 - C) $\text{Na}_2\text{O}_2 (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{Na}^+ (\text{aq}) + 2 \text{OH}^- (\text{aq}) + \text{O}_2\text{H}^- (\text{aq})$
 - D) $\text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 (\text{aq})$
- 10) Om likevekten $\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$ vet vi at reaksjonen $\text{A} \rightarrow \text{B}$ har en aktiveringsenergi på 100 kJ/mol, mens reaksjonen $\text{B} \rightarrow \text{A}$ har en aktiveringsenergi på 40 kJ/mol. Hvilket utsagn om reaksjonen er korrekt?
- A) Likevekten er forskjøvet mot A
 - B) Likevekten er forskjøvet mot B
 - C) Reaksjonen $\text{A} \rightarrow \text{B}$ er raskere enn reaksjonen $\text{B} \rightarrow \text{A}$
 - D) Reaksjonen er eksoterm

Oppgave 2 (14 poeng)

Nobelprisen i kjemi for 2019 gikk til oppdagelsen og utviklingen av litiumbatterier. Et litiumbatteri er et oppladbart batteri som er bygget opp slik figuren viser. Mellom elektrodene er det et separerende lag som ioner kan vandre gjennom, men ikke frie elektroner.

Det finnes flere varianter av litiumbatterier. I et av dem består den ene elektroden av litiumkoboltoksid og den andre av fast litium. Litiumkoboltoksid produseres ved å varme opp litiumkarbonat med koboltoksid til over 600 °C, og følgende reaksjon skjer:



- a) Finn oksidasjonstallet til litium i forbindelsene Li_2CO_3 og LiCoO_2
- b) Finn oksidasjonstallet til kobolt forbindelsen LiCoO_2

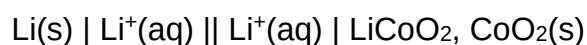
Oksidasjonstilstanden til kobolt i forbindelsen Co_3O_4 er litt mer komplisert

- c) Hva er gjennomsnittlig oksidasjonstall for kobolt i forbindelsen Co_3O_4 ?

Forbindelsen Co_3O_4 kan noe forenklet sees på som et kompleks $\text{CoO} \cdot \text{Co}_2\text{O}_3$

- d) Hva blir oksidasjonstallene til de ulike typene koboltatomer?
- e) Balanser reaksjonsligningen.

Cellediagrammet for den galvaniske cellen kan skrives:

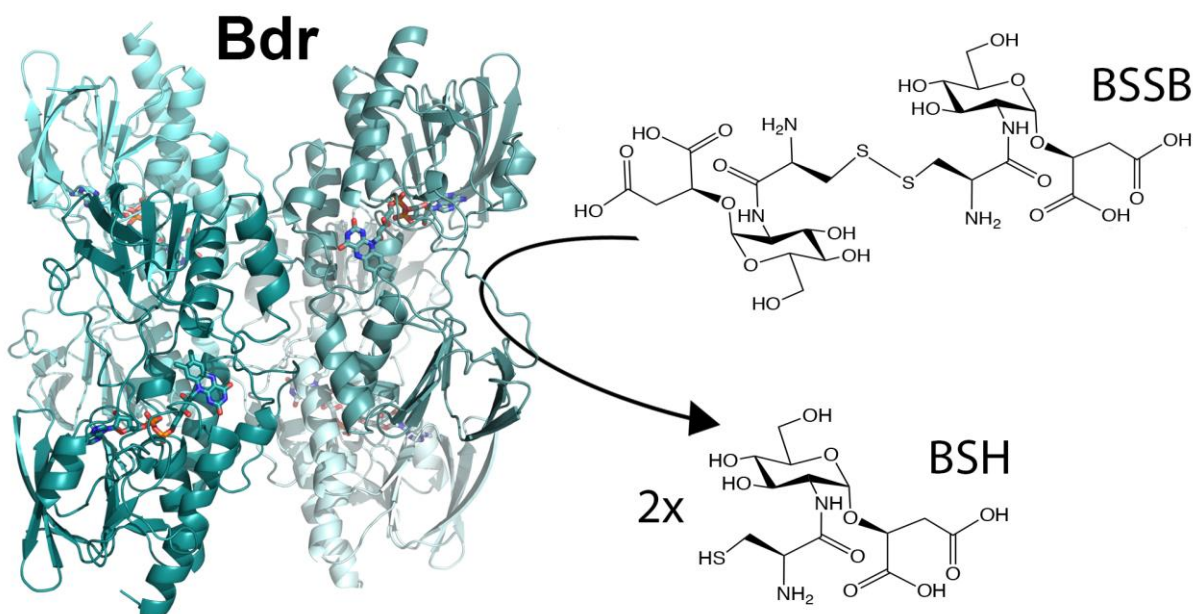


Når batteriet lades ut, oksideres metallisk litium til litiumioner ved den negative polen. Ved den positive polen reduseres CoO_2 , og det dannes LiCoO_2 sammen med litiumioner fra elektrolytten.

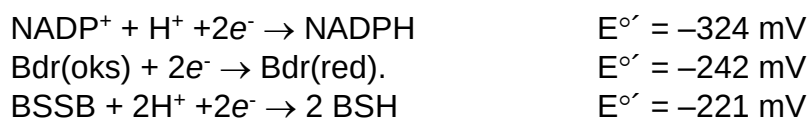
- f) Skriv balanserte ligninger for reaksjonen ved hver elektrode når batteriet lades ut.
- g) Skriv balansert ligning for totalreaksjonen ved utladning.
- h) Reduksjonspotensialet for redoksparet $\text{CoO}_2/\text{LiCoO}_2$ er $E^0 = 1,5 \text{ V}$. Hva er cellepotensialet for batteriet?

Oppgave 3 (14 poeng)

Redoksbalansen er viktig i biologiske systemer. I bakterien *Staphylococcus aureus* er det molekylet bacillitiol (BSH) som fungerer som en hovedantioksidant. Den kan reagere med skadelige og reaktive oksygen forbindelser og selv bli oksidert til bacillitiol disulfid (BSSB). Gjendannelse av BSH gjøres av enzymet bacillitiol disulfidreduktase (Bdr) med forbruk av NADPH. Molekylmassen til Bdr er 36736 g/mol.



Utdrag fra tabell over standard biokjemisk reduksjonspotensial for følgende halvreaksjoner (standard biokjemiske reduksjonspotensial er ved 25°C og pH 7):



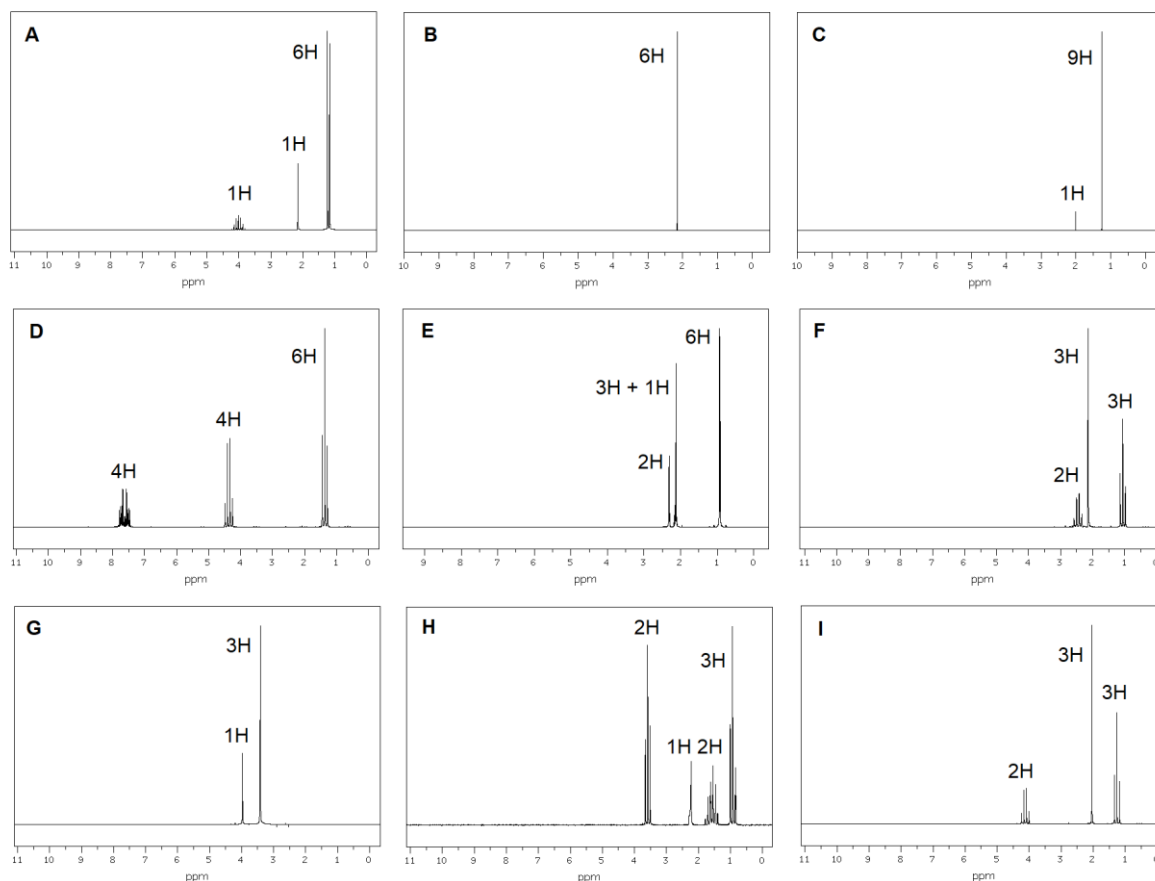
- a) Skriv de balanserte reaksjonsligningene for de to reaksjonene, mellom NADPH og Bdr, og mellom Bdr og BSSB for gjendannelsen av BSSB.
- b) Regn ut reduksjonspotensialene for disse to reaksjonene, og angi om de er spontane ved biokjemiske standardbetingelser.
- c) Regn ut molekylmassen til BSH.

- d) Hvis du skal blander 1,00 mg Bdr med BSSB i 1:1 støkiometriske mengder. Hvor mange mg BSSB må du da bruke?
- e) BSH er bygget opp av tre forskjellige byggesteiner, maleinsyre (en disyre) og to biologiske byggesteiner/molekyler. **Angi på den skjematiske figuren av BSH på svararket** hvor du finner disse tre delene, og angi hva slags type byggestein/molekyl de to andre er.

Oppgave 4 (15 poeng)

Under den pågående COVID-19-pandemien har bruk av hånddesinfeksjon blitt vanlig. Mange av disse er basert på etanol («håndsprit»). For slik bruk må etanolen denatureres. Etanol med alkoholstyrke f.o.m. 20 vol% må i Norge denatureres ved bruk av minst to av følgende ni denatureringsmidler: aceton, *tert*-butanol, dietylftalat, etylacetat, 2-propanol, *n*-propanol, metanol, metyletylketon og metylisobutylketon. Disse kjemiske navnene er hentet direkte ut fra lovforskriften.

- a) Hva er de korrekte kjemiske navnene til aceton (det enkleste keton), metyletylketon og *tert*-butanol (den enkleste tertiære alkohol)?
- b) Det finnes fire isomerer av butanol, hvorav en av dem er kjent under hevdnavnet isobutanol (2-metylpropan-1-ol). Hva er det kjemiske navnet til metylisobutylketon?
- c) Ftalsyre er en av de tre mulige benzendikarboksylysyrer, $C_6H_4(COOH)_2$. Ftalsyre kan lages gjennom oksidasjon av det polisykliske aromatiske hydrokarbonet naftalen ($C_{10}H_8$). Tegn den kjemiske strukturen til esteren dietylftalat.
- d) Nedenfor er det gitt ^1H -NMR-spektra (**A-I**) for hver av de ni denatureringsmidlene (med oppgitte integraler, inkludert de fra hydroksylgrupper). Vurder spektrene og oppgi hvilket NMR-spekter som tilhører hvilket denatureringsmiddel. **Bruk tabellen på svararket til å gi ditt svar på denne deloppgaven.**



Oppgave 5 (15 poeng)

A. Første kveld

Det er en kald og mørk novemberkveld, og en gruppe elever på hyttetur bestemmer seg for å fyre med bjørkeved i peisen. Etter at varmen har kommet seg, begynner de å diskutere kjemien rundt forbrenning av ved. Et raskt søk på internett viser at god og tørr ved har et vanninnhold på under 20 vekt-%, samt at den inneholder også noe mineraler og uorganiske salter, og dette utgjør gjerne mellom 0,2 – 2 vekt-%.

For at ved skal brenne godt trengs mye oksygen, og elevene lurer på hvor mye frisk luft som kreves for å brenne veden utover kvelden. Forslagene varierer mye og de bestemmer seg for å gjøre et grovt overslag. De anslår at de brenner 30 kubber bjørkeved med snittvekt 750 gram, hvorav fuktighet utgjør 20% og salt/mineraler utgjør 2%.

Cellulose er en lineær, uforgrenet polymer satt sammen av glukoseenheter ($C_6H_{12}O_6$). Elevene kommer frem til at å anse all organisk substans i bjørkeveden som cellulose er en rimelig antagelse.

- a) Forklar kort hvorfor molekylformelen $C_6H_{10}O_5$ er en god forenkling for en «molekylær enhet» av cellulose.

- b) Hvor mye cellulose (i kilogram) brenner studentene opp i løpet av kvelden?

Elevene antar videre at tilgangen til oksygen er så bra at all organisk substans forbrennes fullstendig slik at det eneste karbonproduktet er CO_2 .

- c) Skriv en balansert reaksjonslikning for forbrenning av en «molekylær enhet cellulose»
- d) Hvor mye oksygen (i kilogram) trengs til denne forbrenningen?

Det molare gassvolum ved romtemperatur (25 grader celcius) er 24,5 L/mol (altså ett mol gass, uansett hvilken gass det er, har et volum på 24,5 liter ved et trykk på 1 atmosfære). Ta også hensyn til at luft inneholder kun ca 21 % oksygen.

- e) Hvor mange kubikkmeter med romtemperert luft kreves til denne peiskosen i løpet av kvelden?

Et nytt søk på internett viser at omtrentlig forbrenningsentalpi til cellulose er $\Delta H^\circ_{\text{forbrenning}} = -2500 \text{ kJ/mol}$.

- f) Hvor mye varme (i kJ) frigjøres i løpet av kvelden som følge av vedfyringen?

B. Neste dag

Mens elevene satt og spilte kort i lyset fra peisflammene kom de inn på norsk tradisjonsmat i forbindelse med julefeiring. De bestemte seg for å forsøke å lage lutefisk på den gamle måten ved å bruke asken fra vedfyringen til luting. Ved luting av fisk omdannes proteiner i fiskekjøttet ved reaksjon med hydroksidioner i luten.

Asken fra vedfyringen inneholder hovedsakelig ulike salter av *alkali-* og *jordalkalimetaller*, deriblant **klorider**, **sulfater**, **fosfater** og **karbonater**, som løses opp ved tilsetning av vann. Da dannes det en basisk løsning som kan brukes til luting av fisk. Asken vil også kunne inneholde sot, kullbiter og andre partikler fra forbrenningen, men de fjernes ved filtrering før askevannet brukes til luting.

- a) Hvorfor er det kun **karbonat-** og **fosfatinnholdet** (og ikke **klorid** og **sulfat**) som er relevant for bruk av askevannet til luting? Begrunn svaret med relevante, balanserte reaksjonslikninger.
- b) Hvor mye uorganisk salt/mineralmateriale (i gram) har elevene tilbake etter vedfyringen første kvelden? (Husk at elevene brant opp 30 kubber med bjørkeved à 750 gram, hvorav 2% regnes som uorganisk materiale – se tekst i deloppgave A for detaljer)

NB! Hvis du ikke finner et svar her kan du i resten av oppgaven regne med 500 gram uorganisk askemateriale.

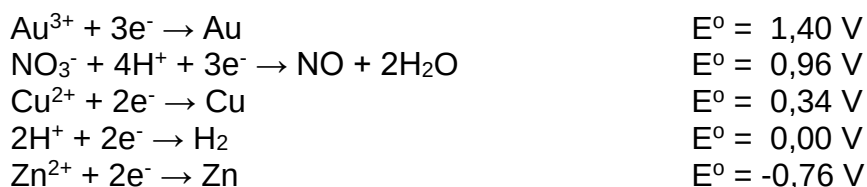
Elevene løser opp all asken i 10 liter kaldt vann (og filtrerer bort alt rusk og rask som ikke er oppløst).

- c) Gitt at det uorganiske askematerialet består av 10 vekt-% **kalium**karbonat, hva blir pH i vannløsningen? (*Hint*: pK_a for 2. protolysetrinn for karbonsyre er 10,33).

Oppgave 6 (15 poeng)

En venn kommer til deg med noen gullfargede mynter som han er usikker på om består av gull. Han tror de kanskje er laget av messing, som er en legering bestående av 66% kobber og 34% sink. Du har dessverre ikke noen vekt tilgjengelig, så du kan ikke avgjøre spørsmålet ved å bestemme direkte tettheten til myntene. Du har imidlertid en 1,0 M vandig salpetersyreløsning stående på hylla. Etter å ha fått tillatelse fra vennen din, legger du en av myntene i 1 L av salpetersyreløsningen. Det utvikles en gass som først er fargeløs, men som blir rødbrun når den kommer i kontakt med luft. Etter å ha observert dette, er du sikker i din sak: Myntene består ikke av gull.

- a) Hvorfor kan ikke myntene være laget av gull? Begrunn svaret med relevant(e) reaksjonslikning(er). Du kan få bruk for følgende reduksjonspotensialer:



- b) Hvilke(n) gass(er) ble dannet da mynten reagerte med salpetersyreløsningen? Du kan anta at mynten var laget av messing. (*Hint*: Uedle metaller reagerer med fortynnet salpetersyre på samme måte som med saltsyre). Skriv relevante reaksjonslikninger.
- c) Hvorfor ble gassen/gassblandingen rødbrun da den kom i kontakt med luft? Skriv balansert reaksjonslikning for det som skjer.

Du gjør så løsningen basisk ved å tilsette 1,5 L av en 1,0 M ammoniakk/ammoniumbuffer. Løsningen får da en dyp blå farge.

- d) Hvorfor kan en si at den siste observasjonen støtter antagelsen at mynten består av messing?

For å bestemme konsentrasjonen av kobber bestemmer du deg for å måle absorbansen til løsningen ved bølgelengden $\lambda = 620 \text{ nm}$ ved å bruke et spektrofotometer med 1 cm lyslengde. Du har tidligere målt absorbansen til to tilsvarende løsninger med kjent konsentrasjon av kobber(II):

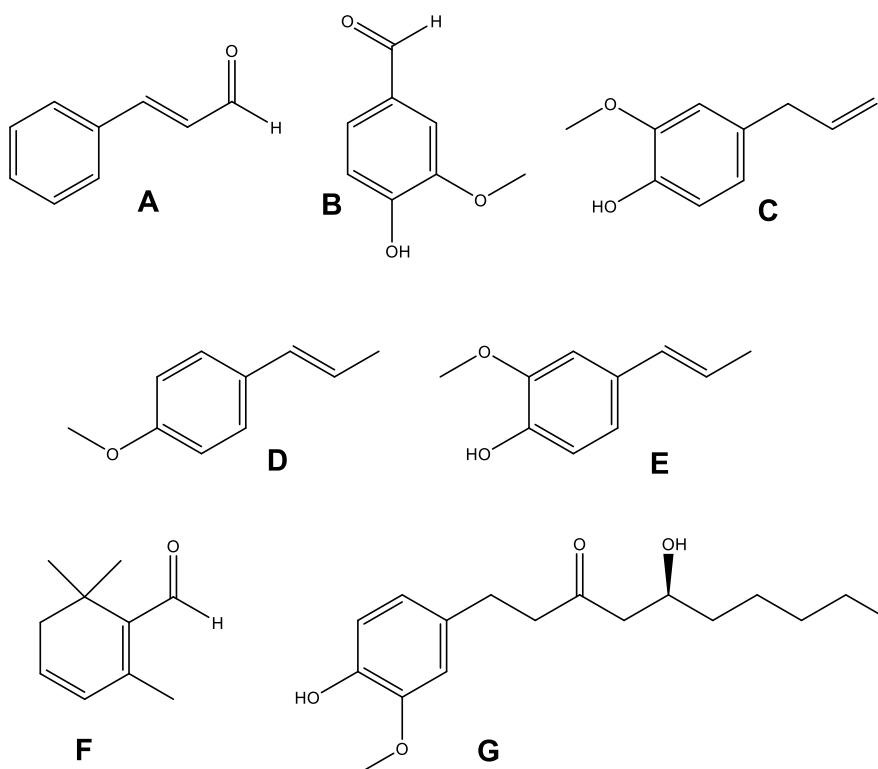
Konsentrasjon (mol/L)	Absorbans
0,025	1,15
0,100	4,61

Du måler absorbansen til løsningen til å være 2,13.

- e) Hva er konsentrasjonen av kobber(II) i løsningen?

Oppgave 7 (7 poeng)

Krydder er ingrediens og smakstilsetter i både middagsretter og bakverk. Noen tradisjonelle krydder med tilknytning til julefeiring er ingefær, kanel, muskat, nellik, safran, stjerneanis og vanilje. Selv om disse krydderne inneholder mange ulike komponenter som eteriske oljeblandinger, og i noen tilfeller flere av stoffene listet opp nedenfor, skal vi her fokusere på hovedkomponenten i hvert krydder. Ved hjelp av noen opplysninger skal du tilordne de ulike forbindelsene til de ulike strukturformlene **A – G** vist nedenfor. **Bruk tabellen på svararket til å gi ditt svar på denne oppgaven.**



Anetol – finnes i **stjerneanis**. Inneholder blant annet en metoksy(eter)gruppe. Kan avfarge en Br_2 -løsning. ^1H -NMR viser at det er 6 ulike **typer** H-atomer i molekylet.

Eugenol – finnes i **nellik**. Inneholder blant annet en metoksy(eter)gruppe og en hydroksylgruppe. Tollens test er negativ.

Gingerol – finnes i **ingefær**. Inneholder en ketogruppe, og kan danne et stereoisomerpar.

Isoeugenol – finnes i **muskat**. Inneholder blant annet en metoksy(eter)gruppe og en dobbeltbinding med mulighet for ulike isomerer.

Kanelaldehyd – finnes i **kanel**. Inneholder blant annet en aldehydgruppe. Kan avfarge en Br_2 -løsning, og har en dobbeltbinding med mulighet for ulike isomerer.

Safranal – finnes i **safran**. Inneholder blant annet en aldehydgruppe, men har ingen hydroksylgruppe.

Vanilin – finnes i **vanilje**. Inneholder blant annet en aldehydgruppe og består av en tri-substituert benzenring.