

Eksamen

12.05.2026

REA3046 Kjemi 2



Se eksamenstips på baksiden!



Nynorsk

Eksamensinformasjon	
Eksamenstid	Eksamen varer i 5 timar. Del 1 skal leverast inn etter 2 timar. Del 2 skal leverast inn seinast etter 5 timar. Du kan begynne å løyse oppgåvene i del 2 når som helst, men du kan ikkje bruke hjelpemiddel før etter 2 timar – etter at du har levert svara for del 1.
Hjelpemiddel under eksamen	Del 1: skrivesaker og linjal Del 2: Alle hjelpemiddel er tillatne, bortsett frå ope internett og andre verktøy som kan brukast til kommunikasjon. Når du bruker nettbaserte hjelpemiddel under eksamen, har du ikkje lov til å kommunisere med andre. Samskriving, chat og andre måtar å utveksle informasjon med andre på er ikkje tillatne. Du kan ikkje bruke automatisk tekstgenerator som chatbot eller tilsvarande teknologi.
Bruk av kjelder	Dersom du bruker kjelder i svaret ditt, skal du alltid føre dei opp på ein slik måte at lesaren kan finne fram til dei. Du skal føre opp forfattar og fullstendig tittel på både lærebøker og annan litteratur. Dersom du bruker utskrifter eller sitat frå internett, skal du føre opp nøyaktig nettadresse og nedlastingsdato.
Vedlegg	1 Tabellar og formlar i REA3046 Kjemi 2 2 Eige svarark for oppgåve 1 og 2
Vedlegg som skal leverast inn	Vedlegg 2: Eige svarark for oppgåve 1 og 2 finn du bakerst i oppgåvesettet.
Informasjon om oppgåve 1 og oppgåve 2	Oppgåve 1 har 12 fleirvalsoppgåver med fire svaralternativ: A, B, C og D. Det er berre eitt rett svaralternativ for kvar fleirvalsoppgåve. Oppgåve 2 har åtte påstandar med svaralternativa rett og feil. Blankt svar på oppgåve 1 og 2 er likeverdig med feil svar. Dersom du er i tvil, bør du derfor skrive det svaret du meiner er mest korrekt. Du kan berre svare med eitt svaralternativ. Skriv svara for oppgåve 1 og 2 på eige svarark i vedlegg 2, som ligg heilt til sist i oppgåvesettet. Svararket skal rivast laus frå oppgåvesettet og leverast inn. Du skal altså ikkje levere inn sjølve eksamensoppgåva med oppgåveteksten.
Informasjon om vurderinga	Karakteren ved sluttvurderinga blir fastsett etter ei heilskapleg vurdering av eksamenssvaret. Dei to delane av svaret, del 1 og del 2, blir vurderte under eitt. Sjå eksamensrettleiinga med vurderingskriterium til sentralt gitt skriftleg eksamen. Eksamensrettleiinga finn du på nettsidene til Utdanningsdirektoratet.

Vurdering og vekting	<p>Del 1 tel omtrent 40 prosent, og del 2 tel omtrent 60 prosent av heile settet. Vektinga tilsvareer omtrent tidsbruken.</p> <p>På del 1 er forventta tidsbruk på oppgåve 1, 2 og 3 til saman 1 time og på oppgåve 4 og 5 til saman 1 time.</p> <p>Vektinga på del 2 er fordelt omtrent likt på oppgåve 6, 7, 8 og 9, omtrent 45 minutt per oppgåve. Deloppgåvene på oppgåve 6, 7 og 8 blir vekta omtrent likt.</p> <p>Alle oppgåvene med unntak av oppgåve 1 og 2 vil krevje grunngiving av svaret.</p> <p>Nokre oppgåver vil kunne løysast på ulike måtar, sidan du sjølv vel kva problemstillingar du vil drøfte. Dette gjeld særleg oppgåve 9. Ulike tilnærmingar kan derfor gi like høg måloppnåing.</p> <p>Sjå eksamensretteleinga på nettsidene til Utdanningsdirektoratet.</p>
Kjelder	<p>Sjå kjeldeliste på side 62.</p> <p>Andre grafar, bilete og figurar: Utdanningsdirektoratet.</p>

Del 1

Skriv svara for oppgåve 1 og 2 på eige svarskjema i vedlegg 2.
(Du skal altså *ikkje* levere inn sjølve eksamensoppgåva med oppgåveteksten.)

Oppgåve 1 Fleirvalsoppgåver

a) Oksidasjonstal

I kva for eit stoff har fosfor oksidasjonstal +V?

- A PH₃
- B NaH₂PO₄
- C H₃PO₃
- D P₂O₃

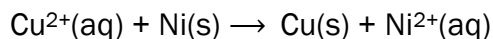
b) Redoksreaksjonar

Kva for ei av desse syrene kan brukast til å oksidere Fe²⁺-ion til Fe³⁺-ion?

- A svovelsyre, H₂SO₄
- B salpetersyre, HNO₃
- C saltsyre, HCl
- D eddiksyre, CH₃COOH

c) Elektrokjemi

I ei elektrokjemisk celle skjer denne reaksjonen:



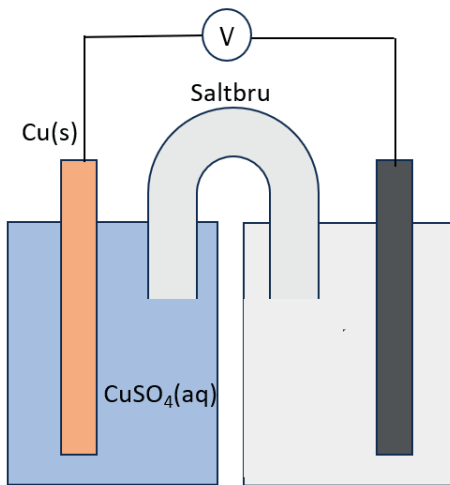
Kva er standard cellepotensial for denne cella?

- A -0,080 V
- B -0,60 V
- C 0,080 V
- D 0,60 V

d) Elektrokjemi

To elektrodar står i kvar sin elektrolytt, og ei saltbru bind halvcellene saman.

I halvcella til venstre i figur 1 står ein koparelektrode i ei løysning med CuSO_4 .



Figur 1. Elektrokjemisk celle

Kva må høgre halvcelle bestå av for å gi størst mogleg cellespenning?

- A Zn(s) i $\text{ZnSO}_4(\text{aq})$
- B Ag(s) i $\text{AgNO}_3(\text{aq})$
- C Fe(s) i $\text{FeSO}_4(\text{aq})$
- D Pb(s) i $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$

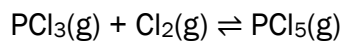
e) Korrosjon

Kva er den viktigaste årsaka til at gjenstandar av aluminium er godt beskytta mot korrosjon?

- A Aluminium har lågt reduksjonspotensial.
- B Aluminium er lite reaktivt ved romtemperatur.
- C Det blir danna Al_2O_3 på overflata av metallet.
- D Aluminium er ein god straumleiar.

f) Likevekt

I ein behaldar har følgjande likevekt innstilt seg:



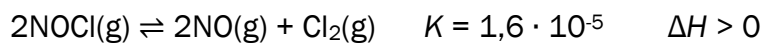
Det blir tilsett $\text{Cl}_2(\text{g})$ til behaldaren, og ei ny likevekt innstiller seg.

Korleis blir konsentrasjonane endra etter tilsetjinga av $\text{Cl}_2(\text{g})$?

- A $[\text{Cl}_2]$ og $[\text{PCl}_5]$ aukar, mens $[\text{PCl}_3]$ minkar.
- B $[\text{PCl}_3]$ og $[\text{Cl}_2]$ aukar, mens $[\text{PCl}_5]$ minkar.
- C $[\text{PCl}_5]$ aukar, mens $[\text{PCl}_3]$ og $[\text{Cl}_2]$ minkar.
- D $[\text{Cl}_2]$ aukar, mens $[\text{PCl}_3]$ og $[\text{PCl}_5]$ minkar.

g) Likevekt

I ein behaldar har følgjande likevekt innstilt seg:

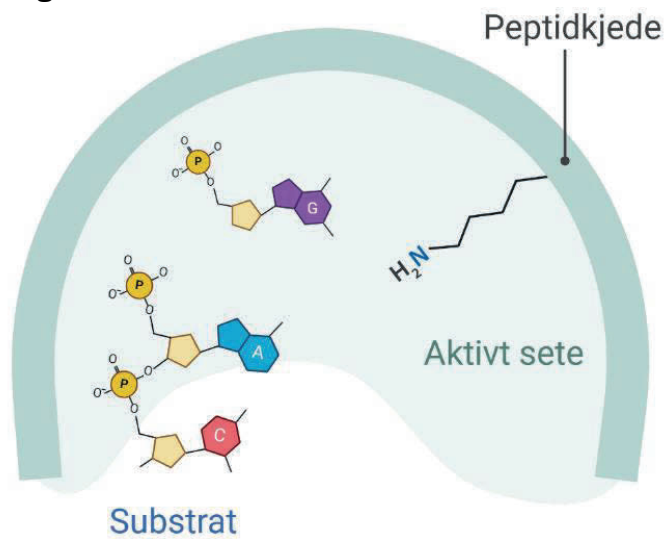


Kva for ein av påstandane er rett?

- A Likevektskonstanten vil auke dersom trykket i behaldaren aukar.
- B Ved likevekt er $\Delta G < 0$.
- C Dersom temperaturen aukar, vil likevekta forskyvast mot høgre.
- D Dersom ein tilset ein katalysator, vil likevektskonstanten bli større.

h) Biologiske makromolekyl

DNA-ligase er eit enzym som reparerer skadd DNA. Figur 2 viser eit utsnitt av enzymet med det aktive setet og substratet.

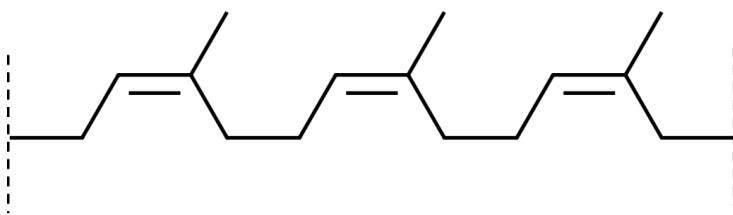


Figur 2. Reparasjon av DNA ved hjelp av enzymet DNA-ligase

Kva for ei aminosyre er vist i det aktive setet hos DNA-ligase?

- A lysin
- B asparagin
- C prolin
- D glysin

i) Polymerar



Strukturen ovanfor viser tre repeterande einingar av polymeren naturgummi.

Kva for ein av påstandane er rett?

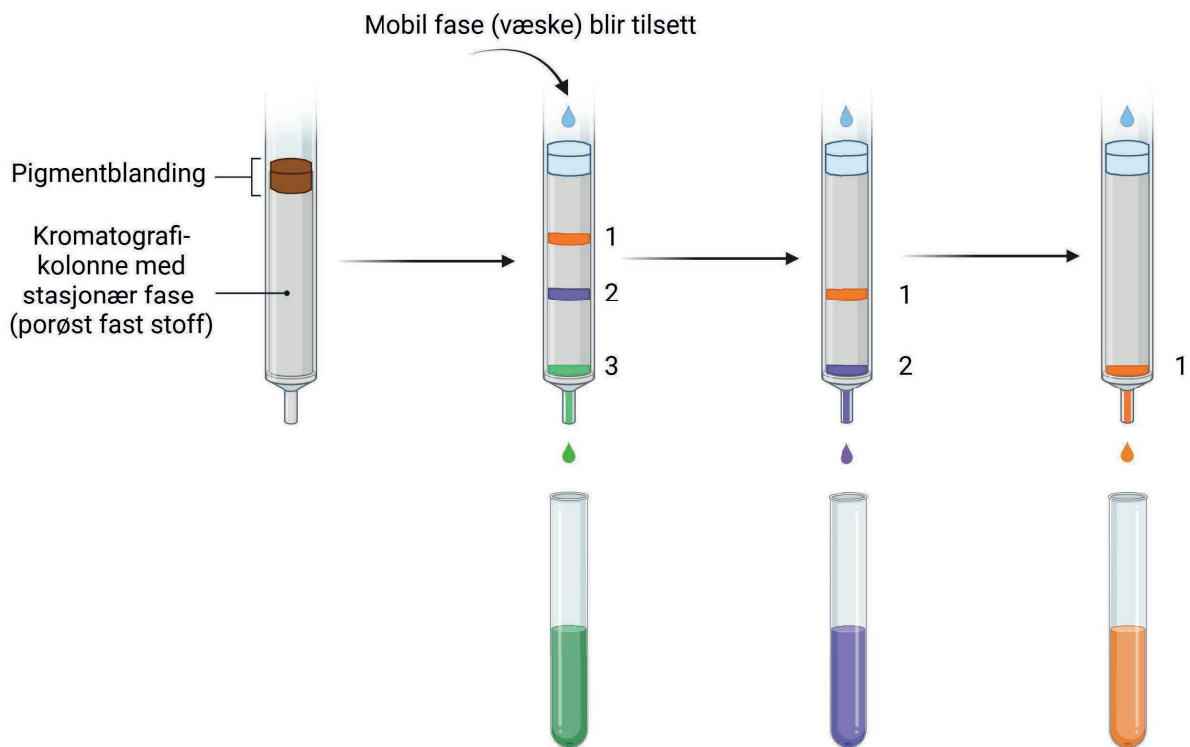
- A Polymeren løyser seg lett i vatn.
- B Formelen til den repeterande eininga er C₄H₁₀.
- C Monomeren er but-1,4-dien.
- D Polymeren er ein addisjonspolymer.

j) Kromatografi

Ei blanding av ulike pigment (fargestoff) blei separert ved kolonnekromatografi, sjå figur 3.

Forsøket blei gjennomført på følgjande måte:

- Ein kolonne av glas blei fylt med ein upolar stasjonær fase i fast form.
- Deretter blei pigmentblandinga tilført i toppen av kolonnen.
- Ein polar mobil fase blei send gjennom kolonnen heilt til alle pigmenta hadde vandra gjennom.
- Pigmenta, løyste i den mobile fasen, blei samla opp i reagensrøyr.



Ulike delar av prøveblandinga blir skild frå mobil fase og samla opp.

Figur 3. Kolonnekromatografi.

Kva for ein av påstandane er rett?

- A Pigment 3 har kortast retensjonstid.
- B Ekstraktet består av fire pigment.
- C Pigment 1 er det mest polare pigmentet.
- D Pigment 2 blir bunde sterkast til den stasjonære fasen.

k) Løysingsevne

Kva for eit salt løyser seg best i vatn?

- A CaF_2
- B Ca(OH)_2
- C CaCO_3
- D CaSO_4

l) Løysingsevne

I kva for ei løysning vil det bli løyst **minst** av saltet Mg(OH)_2 ?

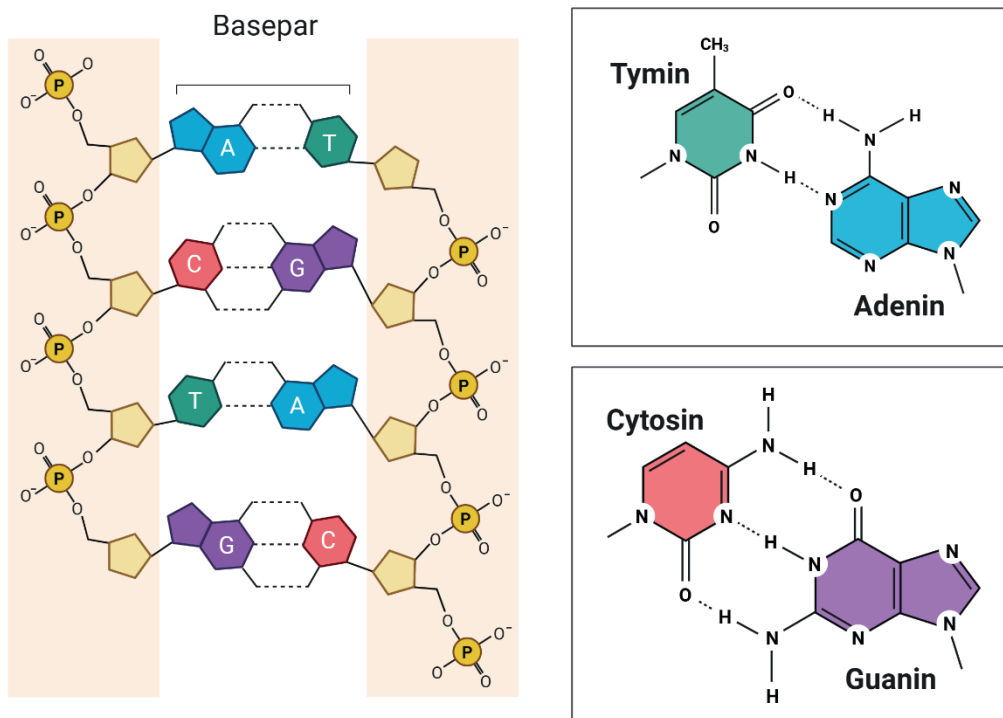
- A 0,10 mol/L HNO_3
- B 0,10 mol/L $\text{Mg(NO}_3)_2$
- C 0,10 mol/L NaOH
- D 0,10 mol/L NaNO_3

Oppgåve 2 Rett/feil-oppgåver

a) Biologiske makromolekyl

Denne oppgåva dreier seg om arvestoffet v rt, DNA.

DNA er eit polynukleotid bygd opp av to sukkerfosfatkjeder og fire ulike nitrogenbasar, sj  figur 4. Kjedene er bygde opp av pentosen deoksyribose (ein type sukker) og fosfat. Til kjedene er det festa fire ulike nitrogenbasar: tymin, adenin, cytosin og guanin. Dei to kjedene blir haldne saman av hydrogenbindingar mellom nitrogenbasane.



Figur 4. Oppbygginga av DNA. Dei fire nitrogenbasane er viste til h gre.

Vurder om kvar av påstandane er rett eller feil, og kryss av på svararket.

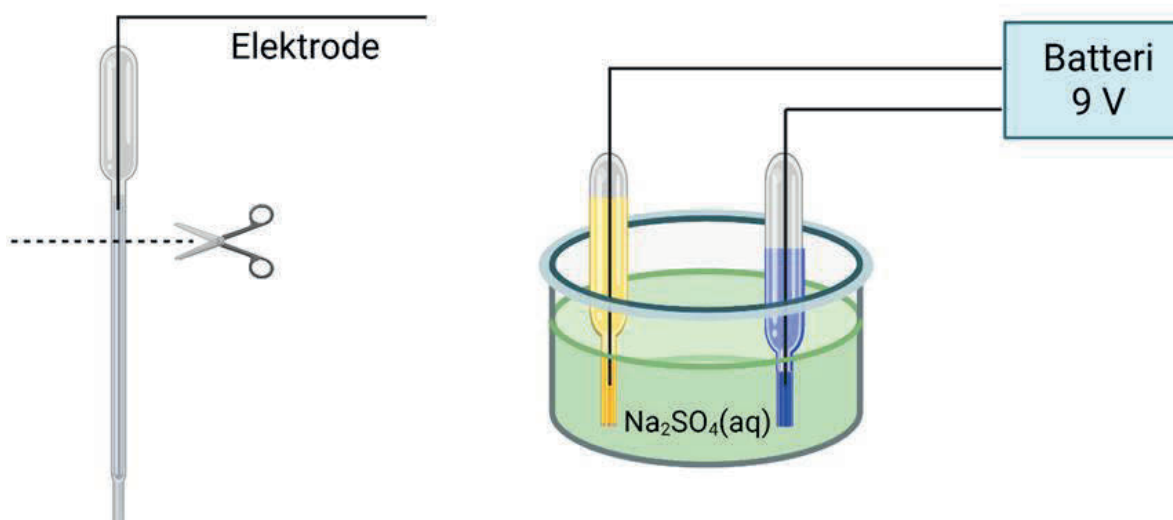
- I Fosfatgruppene i DNA-molekylet har positiv ladning.
- II Danning av polynukleotid skjer ved hydrolysereaksjonar.
- III Guanin kan danne maksimalt to hydrogenbindingar til cytosin.
- IV Ved låg pH kan -NH_2 -gruppene på nitrogenbasane bli protonerte.

b) Elektrolyse

I eit forsøk blei det utført elektrolyse av vatn tilsett natriumsulfat, Na_2SO_4 . Løysninga blei tilsett nokre dropar av syre-base-indikatoren BTB.

Elektrodane blei laga ved å stikke ein ståltråd gjennom ein avklipt pipette av plast. Spenningskjelda var eit batteri på 9 V. Figur 5 viser elektrolysekaret og elektrodane 10 minutt etter at reaksjonen starta.

Under elektrolysen blei løysninga i den eine pipetten gul og løysninga i den andre pipetten blå. Det blei danna gass ved begge elektrodane.



Figur 5. Forsøksoppsett for elektrolyse av vatn tilsett natriumsulfat.

Vurder om kvar av påstandane er rett eller feil, og kryss av på svararket.

- I Oksidasjonen skjedde der løysninga blei gul.
- II Den negative polen på batteriet blei koplå til elektroden i pipetten med blå løysning.
- III Det krevst ei spenning på minst 9 V for at reaksjonen skal skje.
- IV Det blei danna hydrogengass i den blå løysninga.

Oppgave 3

Ranger løysningane i dei tre flaskene etter aukande pH. Hugs å grunngi svaret.



Løysning A

Blanding av:

100 mL av 0,1 mol/L NaOH og

50 mL av 0,1 mol/L $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$



Løysning B

Blanding av:

150 mL av 0,05 mol/L NaOH og

3 dropar bromtymolblått (BTB)



Løysning C

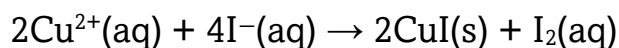
Blanding av:

75 mL av 0,1 mol/L NaOH og

50 mL av 0,2 mol/L HNO_3

Oppgåve 4

Kopar(I)jodid, CuI, er eit ul yseleg, kvitt salt som kan lagast på laboratoriet ved å la ei løysning av kaliumjodid, KI, og ei løysning kopar(II)sulfat, CuSO₄, reagere.



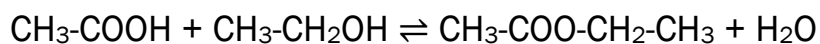
- a) Bruk oksidasjonstal til å avgjere kva for eit stoff som er reduksjonsmiddelet.
- b) Ei løysning av sølvnitrat, AgNO₃(aq), blir tilsett fast kopar(I)iodid. Sølvnitrat er i overskot.

Det kan skje fleire konkurrerande reaksjonar.  in reaksjon gir ei lysegul utfelling, mens ein annan reaksjon dannar ei blå løysning og eit mørkt botnfall.

F resl  to reaksjonslikningar som kan forklare desse observasjonane.

Oppgåve 5

Konsentrert etansyre og rein etanol reagerer og dannar etyletanat:



- a) Forklar kort kva for ein reaksjonstype dette er.
- b) 3,0 mol etansyre og 3,0 mol etanol blei varma opp i ein kolbe.
Etter ei tid innstilte det seg ei likevekt, og utbyttet av etyletanat var d  2,0 mol.

Kva er likevektskonstanten ved denne temperaturen? (Volumet blir forkorta bort, og du kan derfor sj  bort frå det i utrekninga.)

- c) I eit nytt eksperiment blei det brukt 3,0 mol etansyre og 6,0 mol etanol.

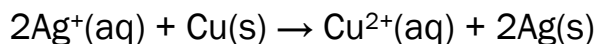
Vurder om det prosentvise utbyttet vil bli høgare eller lågare enn i forsøket i oppgåve 5b.

Blank side

Del 2

Oppgave 6

- a) Sølvion reagerer med kopar etter denne reaksjonslikninga:



- Bruk reaksjonslikninga til å vurdere om entropien aukar eller minkar.
- Bruk data frå tabell 1 til å berekne entropiendringa når 2 mol Ag^+ reagerer med 1 mol Cu. Samanlikn svaret med vurderinga di i oppgave 6a-i.

Tabell 1. Termodynamiske data ved standardvilkår

	ΔH° (kJ/mol)	S (J/(mol · K))
$\text{Ag}^+(\text{aq})$	105,6	72,7
$\text{Ag}(\text{s})$	0	42,6
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	64,8	-99,6
$\text{Cu}(\text{s})$	0	33,1

- b) Bruk data frå tabell 1 og berekn endring i Gibbs fri energi for reaksjonen når 2 mol Ag^+ reagerer med 1 mol Cu. Oppgi svaret i kJ.
- c) Gibbs fri energi kan også bereknast med denne formelen:

$$\Delta G = -n \cdot F \cdot E^\circ$$

n er stoffmengda elektron

F er Faradays konstant

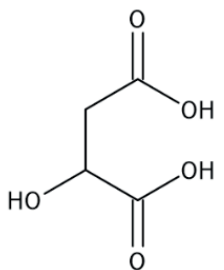
E° er standard cellepotensial

Bruk denne formelen til å berekne Gibbs fri energi.

Oppgåve 7

Eplesyre er ei organisk syre som finst naturleg i eple og andre frukter. Ho speler ei viktig rolle i fleire biologiske prosessar i cellene.

Tabell 2. Informasjon om eplesyre

Namn og formel	Eplesyre (malinsyre) $C_4H_6O_5$
Molar masse	134,09 g/mol
Strukturformel	
Syrekonstant	$pK_{a1} = 3,40$ $K_{a1} = 4,0 \cdot 10^{-4}$

a) Rekn ut pH i ei 0,100 mol/L løsning med eplesyre. Ta berre omsyn til første protolysetrinn.

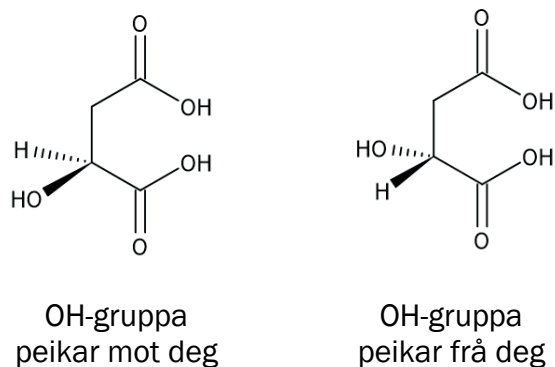
b) Hydrogenmalat er den korresponderande basen til eplesyre.

Ein eplesyre-hydrogenmalat-buffer har pH 3,2 og inneheld 30,0 g eplesyre løyst i 1,0 L vatn.

Kor mange gram natriumhydrogenmalat inneheld bufferen?

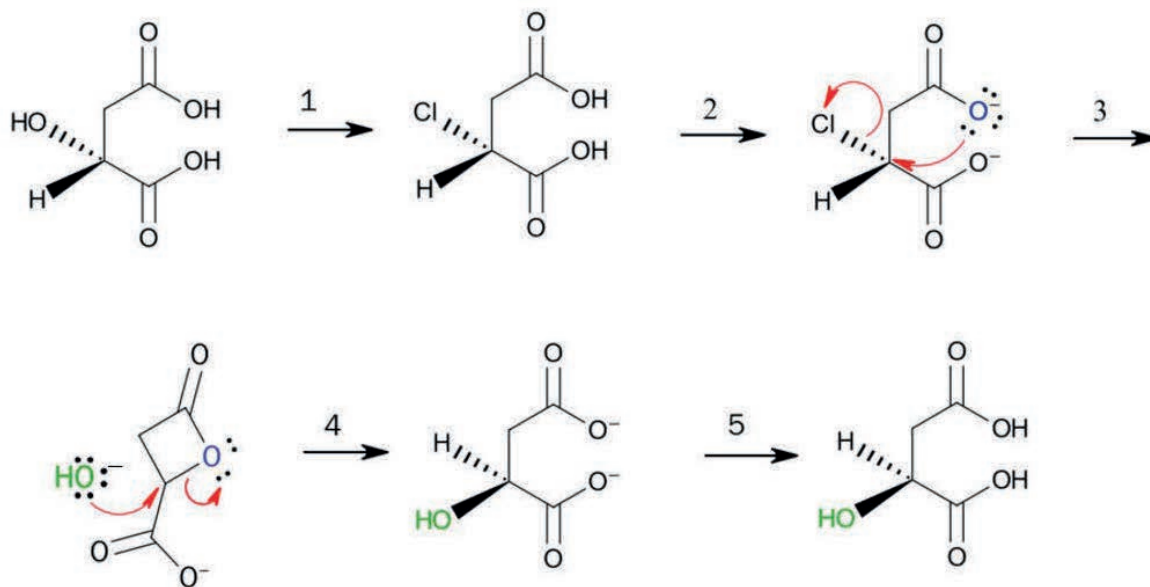
Oppgåve 7 held fram på neste side.

Eplesyre finst i to ulike isomere former (stereoisomeri). Forskjellen mellom dei to isomerane er den romlege plasseringa av OH-gruppa, sjå figur 6.



Figur 6. Stereoisomerar av eplesyre

I biologiske prosessar er det viktig at ein har den rette stereoisomerane. Det er mogleg å omdanne den eine forma til den andre via ei rekkje syntesetrinn.



- c) i. Kva for nokre trinn skjer i basisk miljø? Hugs å grunngi svaret.
- ii. Forklar kva som er nukleofilar i dei to trinna der mekanismen er vist.

Oppgave 8

Jern er eit viktig mineral som må tilførast kroppen via kosthaldet.

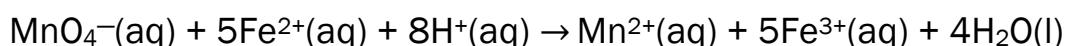
Jernmangel er ikkje uvanleg og kan gjere at ein blir trøytt, svimmel og tungpusta.

Behandling med jerntablettar gir ofte rask betring.

Ein type jerntablettar inneheld jern(II)sulfat, FeSO_4 , tilsvarande 25 mg jern per tablett.

Ein kjemielev undersøkte om innhaldet i jerntablettane stemmer med det som er oppgitt på pakningen. Eleven brukte titrering med kaliumpermanganat til denne analysen.

I surt miljø reagerer Fe^{2+} -ion og kaliumpermanganat, KMnO_4 , på følgjande måte:



På laboratoriet gjekk eleven fram slik:

- Tabletten blei knust i ein mortar og overført til eit begerglas.
- Eleven tilsette litt vatn til begerglaset for å løyse opp innhaldet, men ikkje alt løyste seg.
- Begerglaset blei tilsett litt 3 mol/L sterk syre.
- Byretten blei skyld med vatn før han blei fylt opp til merket med 0,0100 mol/L, $\text{KMnO}_4(\text{aq})$.
- Volumet av KMnO_4 som blei tilsett for å oppnå fargeendring, blei notert i tabell 3.
- Det blei gjennomført tre titreringar og analysert éin tablett per titrering.

Tabell 3. Forbruk av KMnO_4

Titrering	1	2	3
Forbruk 0,0100 mol/L KMnO_4 (mL)	8,3	7,2	7

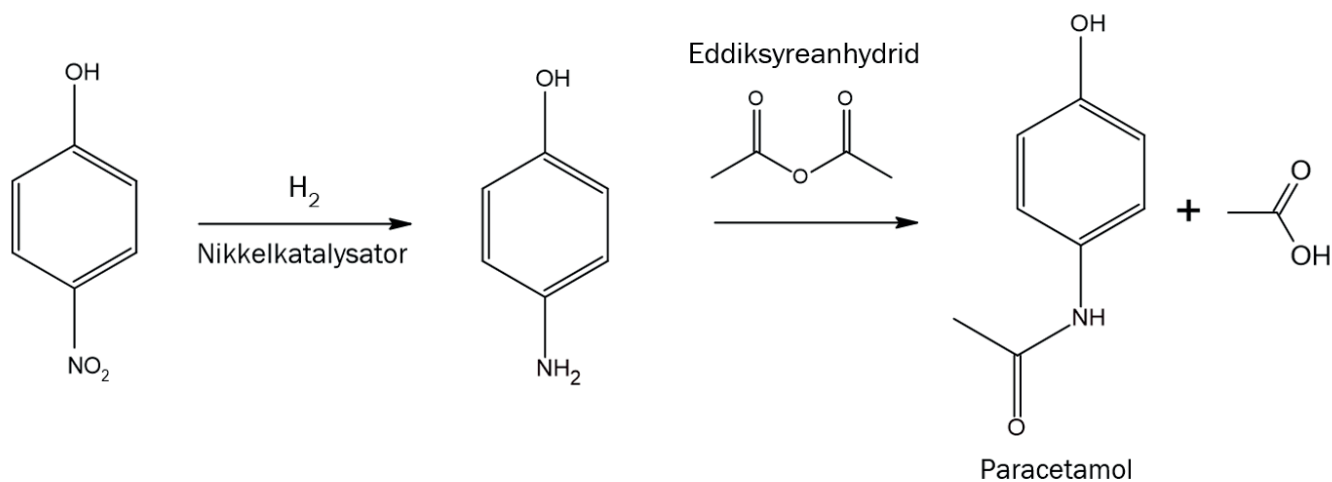
- a) Bruk dataa til eleven til å finne mengda av Fe^{2+} -ion i tabletten. Oppgi svaret i mg.
- b) Vurder om saltsyre, $\text{HCl}(\text{aq})$, er eigna å bruke som sterk syre i dette forsøket.
- c) i. Peik på to svakheiter i eleven si gjennomføring av analysen.
- ii. Føreslå to forbetringar av prosedyren.

Oppgave 9

Paracetamol er eit mykje brukt legemiddel som er kjent i Noreg under produktnamnet Paracet.

Syntese

4-nitrofenol kan omdannast til 4-aminofenol ved hjelp av ein nikkelkatalysator. Til slutt reagerer 4-aminofenol med eddiksyreanhydrid i ein reaksjon kalla acetylering. Det blir danna eddiksyre som biprodukt.

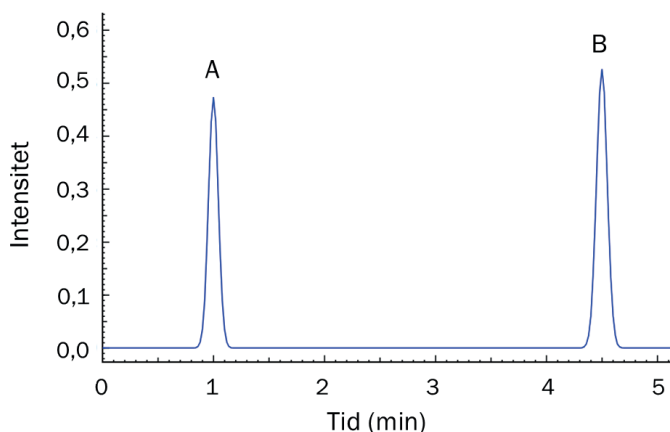


Utbytte

I industriell produksjon av 4-aminofenol frå 4-nitrofenol er utbyttet omtrent 96 %, mens utbyttet av paracetamol frå 4-aminofenol er omtrent 90 %.

Separasjon

Etter at syntesen er ferdig, har ein fått ei blanding av 4-aminofenol, eddiksyreanhydrid, paracetamol og vatn. For å skilje paracetamol frå 4-aminofenol kan ein løyse opp stoffa i den mobile fasen og utføre kolonnekromatografi av løysninga. (Prinsippet er vist i figur 3 under oppgave 1j.) Figur 7 viser kromatogrammet etter eit forsøk der ei blanding av paracetamol og 4-aminofenol løyst i metanol blei separert. Det blei brukt ein upolar stasjonær fase.



Figur 7. Kromatogram

Tabell 4. Fysikalske data til stoffa

Stoff	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Molar masse (g/mol)
4-nitrofenol	113	279	139,11
4-aminofenol	187,5	284	109,13
eddiksyreanhydrid	-73,1	139,8	102,09
eddiksyre	16,7	118	60,05
paracetamol	169	dekomponerer	151,16

Skriv ein kjemifagleg tekst med utgangspunkt i informasjonen om paracetamol i teksten og tabell 4. Du skal bruke kjemikompentansen din til å gjere greie for og drøfte eitt eller fleire av punkta nedanfor:

- Vurder kva for nokre reaksjonstypar som inngår i syntesen.
- Separasjon:
 - Vurder korleis ein etter syntesen kan skilje eddiksyreanhydrid frå ei blanding av paracetamol, eddiksyreanhydrid og 4-aminofenol.
 - Drøft kva for ein av toppane i kromatogrammet som tilhøyrrer paracetamol, sjå figur 7.
- Kor mange gram 4-nitrofenol må du starte med for å lage 10,0 g paracetamol?
- Berekn atomeffektiviteten i det siste trinnet av syntesen, og drøft eventuelt korleis heile syntesen passar med andre prinsipp for grøn kjemi.

Svaret ditt bør innehalde reaksjonslikningar, utrekningar og figurar der dette er relevant. Svaret ditt kan gjerne vere på omtrent 250 ord, men det er det faglege innhaldet som blir vurdert, ikkje lengda på teksten.

Bokmål

Eksamensinformasjon	
Eksamenstid	Eksamen varer i 5 timer. Del 1 skal leveres inn etter 2 timer. Del 2 skal leveres inn senest etter 5 timer. Du kan begynne å løse oppgavene i del 2 når som helst, men du kan ikke bruke hjelpemidler før etter 2 timer – etter at du har levert svarene for del 1.
Hjelpemidler under eksamen	Del 1: skrivesaker og linjal Del 2: Alle hjelpemidler er tillatt, bortsett fra åpent internett og andre verktøy som kan brukes til kommunikasjon. Når du bruker nettbaserte hjelpemidler under eksamen, har du ikke lov til å kommunisere med andre. Samskriving, chat og andre måter å utveksle informasjon med andre på er ikke tillatt. Du kan ikke bruke automatisk tekstgenerator som chatbot eller tilsvarende teknologi.
Bruk av kilder	Dersom du bruker kilder i svaret ditt, skal du alltid føre dem opp på en slik måte at leseren kan finne fram til dem. Du skal føre opp forfatter og fullstendig tittel på både lærebøker og annen litteratur. Dersom du bruker utskrifter eller sitat fra internett, skal du føre opp nøyaktig nettadresse og nedlastingsdato.
Vedlegg	1 Tabeller og formler i REA3046 Kjemi 2 2 Eget svarark for oppgave 1 og 2
Vedlegg som skal leveres inn	Vedlegg 2: Eget svarark for oppgave 1 og 2 finner du bakerst i oppgavesettet.
Informasjon om oppgave 1 og oppgave 2	Oppgave 1 har 12 flervalgsoppgaver med fire svaralternativ: A, B, C og D. Det er bare ett riktig svaralternativ for hver flervalgsoppgave. Oppgave 2 har åtte påstander med svaralternativene rett og feil. Blankt svar på oppgave 1 og 2 er likeverdig med feil svar. Dersom du er i tvil, bør du derfor skrive det svaret du mener er mest korrekt. Du kan bare svare med ett svaralternativ. Skriv svarene for oppgave 1 og 2 på eget svarark i vedlegg 2, som ligger helt til sist i oppgavesettet. Svararket skal rives løs fra oppgavesettet og leveres inn. Du skal altså ikke levere inn selve eksamensoppgaven med oppgaveteksten.
Informasjon om vurderingen	Karakteren ved sluttvurderingen blir fastsatt etter en helhetlig vurdering av besvarelsen. De to delene av svaret, del 1 og del 2, blir vurdert under ett. Se eksamensveiledningen med vurderingskriterier til sentralt gitt skriftlig eksamen. Eksamensveiledningen finner du på Utdanningsdirektoratets nettsider.

<p>Vurdering og vekting</p>	<p>Del 1 teller omtrent 40 prosent, og del 2 teller omtrent 60 prosent av hele settet. Vektingen tilsvarer omtrent tidsbruken.</p> <p>På del 1 er forventet tidsbruk på oppgave 1, 2 og 3 til sammen 1 time og på oppgave 4 og 5 til sammen 1 time.</p> <p>Vektingen på del 2 er fordelt omtrent likt på oppgavene 6, 7, 8 og 9, omtrent 45 minutter per oppgave. Deloppgavene på oppgave 6, 7 og 8 vektet omtrent likt.</p> <p>Alle oppgaver med unntak av oppgave 1 og 2 vil kreve begrunnelse av svaret.</p> <p>Noen oppgaver vil kunne løses på ulike måter, siden du selv velger hvilke problemstillinger du vil drøfte. Dette gjelder særlig oppgave 9. Ulike tilnærminger kan derfor gi like høy måloppnåelse.</p> <p>Se eksamensveiledningen på Utdanningsdirektoratets nettsider.</p>
<p>Kilder</p>	<p>Se kildeliste på side 62.</p> <p>Andre grafer, bilder og figurer: Utdanningsdirektoratet.</p>

Del 1

Skriv svarene for oppgave 1 og 2 på eget svarskjema i vedlegg 2.
(Du skal altså *ikke* levere inn selve eksamensoppgaven med oppgaveteksten.)

Oppgave 1 Flervalgsoppgaver

a) Oksidasjonstall

I hvilket stoff har fosfor oksidasjonstall +V?

- A PH₃
- B NaH₂PO₄
- C H₃PO₃
- D P₂O₃

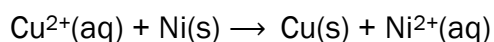
b) Redoksreaksjoner

Hvilken av disse syrene kan brukes til å oksidere Fe²⁺-ioner til Fe³⁺-ioner?

- A svovelsyre, H₂SO₄
- B salpetersyre, HNO₃
- C saltsyre, HCl
- D eddiksyre, CH₃COOH

c) Elektrokjemi

I en elektrokjemisk celle skjer denne reaksjonen:



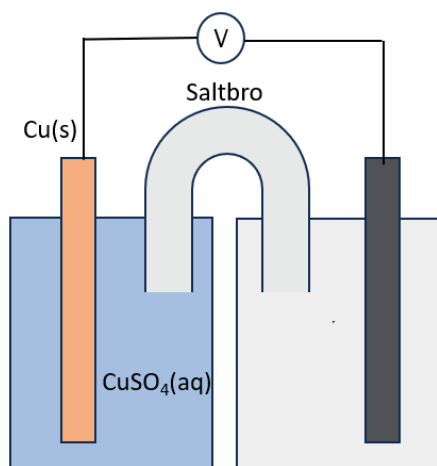
Hva er standard cellepotensial for denne cellen?

- A -0,080 V
- B -0,60 V
- C 0,080 V
- D 0,60 V

d) Elektrokjemi

To elektroder står i hver sin elektrolytt, og en saltbro forbinder halvcellene.

I halvcellen til venstre i figur 1 står en kobber Elektrode i en løsning med CuSO_4 .



Figur 1. Elektrokjemisk celle

Hva må høyre halvcelle bestå av for å gi størst mulig cellespenning?

- A Zn(s) i $\text{ZnSO}_4(\text{aq})$
- B Ag(s) i $\text{AgNO}_3(\text{aq})$
- C Fe(s) i $\text{FeSO}_4(\text{aq})$
- D Pb(s) i $\text{Pb(NO}_3)_2(\text{aq})$

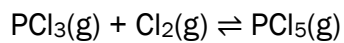
e) Korrosjon

Hva er den viktigste årsaken til at gjenstander av aluminium er godt beskyttet mot korrosjon?

- A Aluminium har lavt reduksjonspotensial.
- B Aluminium er lite reaktivt ved romtemperatur.
- C Det dannes Al_2O_3 på overflaten av metallet.
- D Aluminium er en god strømløder.

f) Likevekt

I en beholder har følgende likevekt innstilt seg:



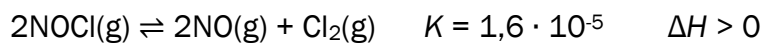
Det tilsettes $\text{Cl}_2(\text{g})$ til beholderen, og en ny likevekt innstiller seg.

Hvordan endres konsentrasjonene etter tilsetningen av $\text{Cl}_2(\text{g})$?

- A $[\text{Cl}_2]$ og $[\text{PCl}_5]$ øker, mens $[\text{PCl}_3]$ minker.
- B $[\text{PCl}_3]$ og $[\text{Cl}_2]$ øker, mens $[\text{PCl}_5]$ minker.
- C $[\text{PCl}_5]$ øker, mens $[\text{PCl}_3]$ og $[\text{Cl}_2]$ minker.
- D $[\text{Cl}_2]$ øker, mens $[\text{PCl}_3]$ og $[\text{PCl}_5]$ minker.

g) Likevekt

I en beholder har følgende likevekt innstilt seg:

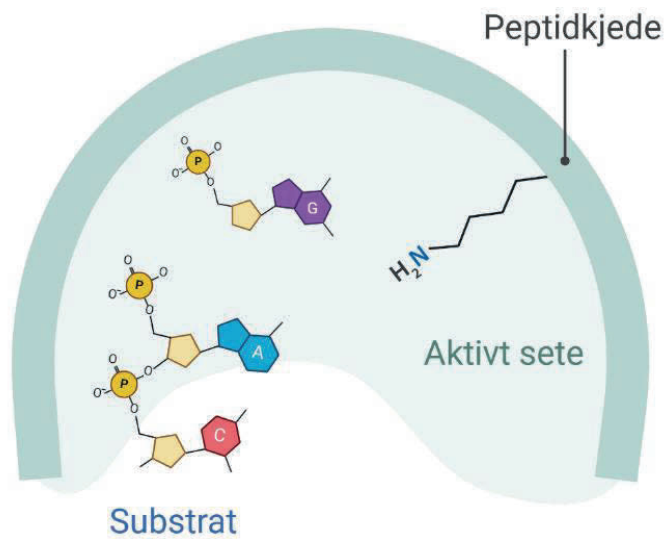


Hvilken av påstandene er riktig?

- A Likevektskonstanten vil øke dersom trykket i beholderen øker.
- B Ved likevekt er $\Delta G < 0$.
- C Dersom temperaturen øker, vil likevekten forskyves mot høyre.
- D Dersom man tilsetter en katalysator, vil likevektskonstanten bli større.

h) Biologiske makromolekyler

DNA-ligase er et enzym som reparerer skadet DNA. Figur 2 viser et utsnitt av enzymet med det aktive setet og substratet.

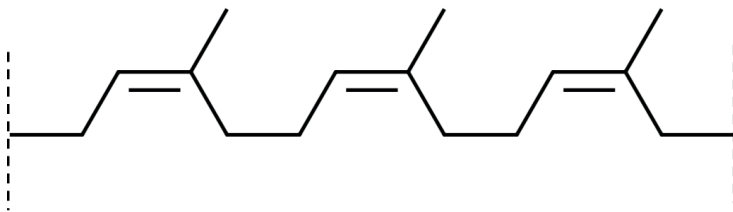


Figur 2. Reparasjon av DNA ved hjelp av enzymet DNA-ligase

Hvilken aminosyre er vist i det aktive setet hos DNA-ligase?

- A lysin
- B asparagin
- C prolin
- D glysin

i) Polymerer



Strukturen ovenfor viser tre repeterende enheter av polymeren naturgummi.

Hvilken av påstandene er riktig?

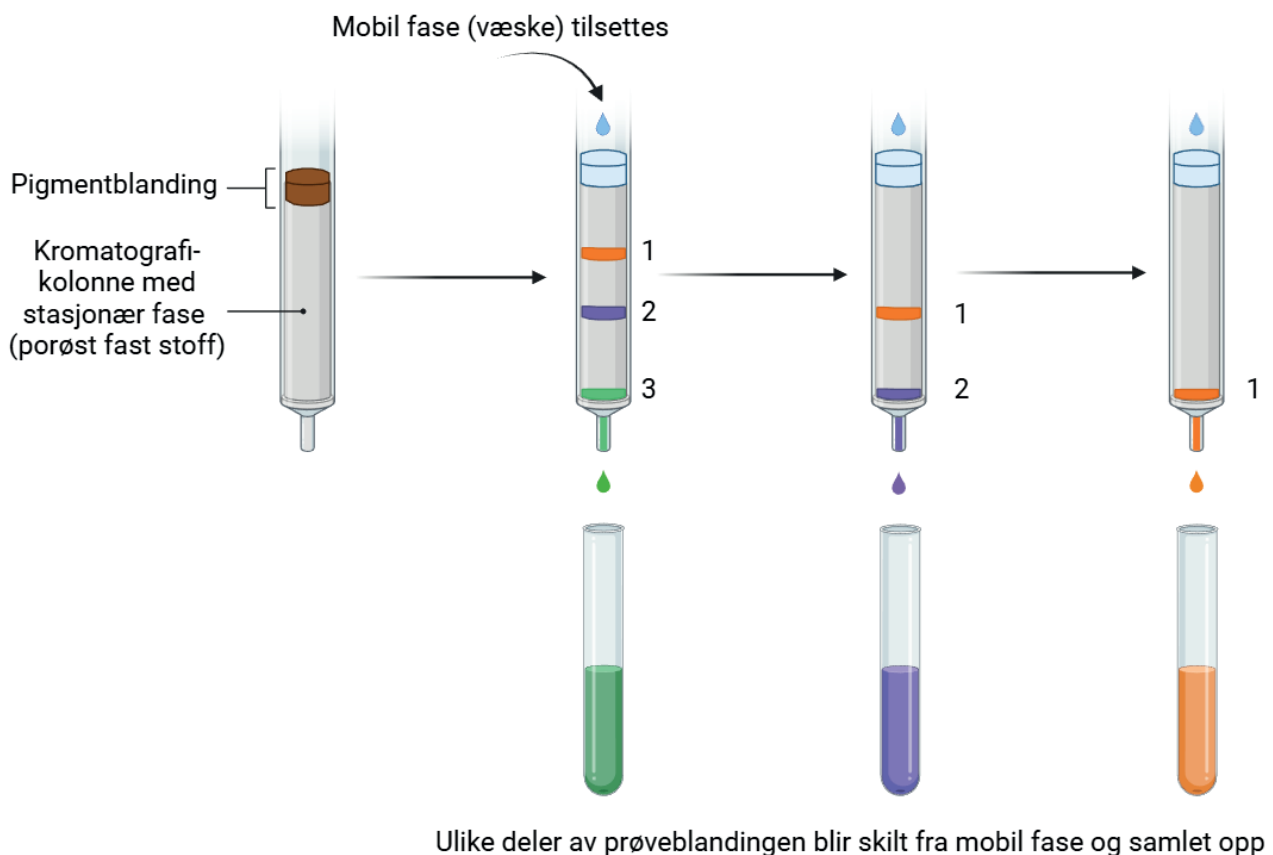
- A Polymeren løses lett i vann.
- B Formelen til den repeterende enheten er C_4H_{10} .
- C Monomeren er but-1,4-dien.
- D Polymeren er en addisjonspolymer.

j) Kromatografi

En blanding av pigmenter (fargestoffer) ble separert ved kolonnekromatografi, se figur 3.

Forsøket ble gjennomført på følgende måte:

- En kolonne av glass ble fylt med en upolar stasjonær fase i fast form.
- Deretter ble pigmentblandingen tilført i toppen av kolonnen.
- En polar mobil fase ble sendt gjennom kolonnen helt til alle pigmentene hadde vandret gjennom.
- Pigmentene, løst i den mobile fasen, ble samlet opp i reagensrør.



Figur 3. Kolonnekromatografi.

Hvilken av påstandene er riktig?

- A Pigment 3 har kortest retensjonstid.
- B Ekstraktet består av fire pigmenter.
- C Pigment 1 er det mest polare pigmentet.
- D Pigment 2 bindes sterkest til den stasjonære fasen.

k) Løselighet

Hvilket salt løses best i vann?

- A CaF_2
- B Ca(OH)_2
- C CaCO_3
- D CaSO_4

l) Løselighet

I hvilken løsning vil det løses **minst** av saltet Mg(OH)_2 ?

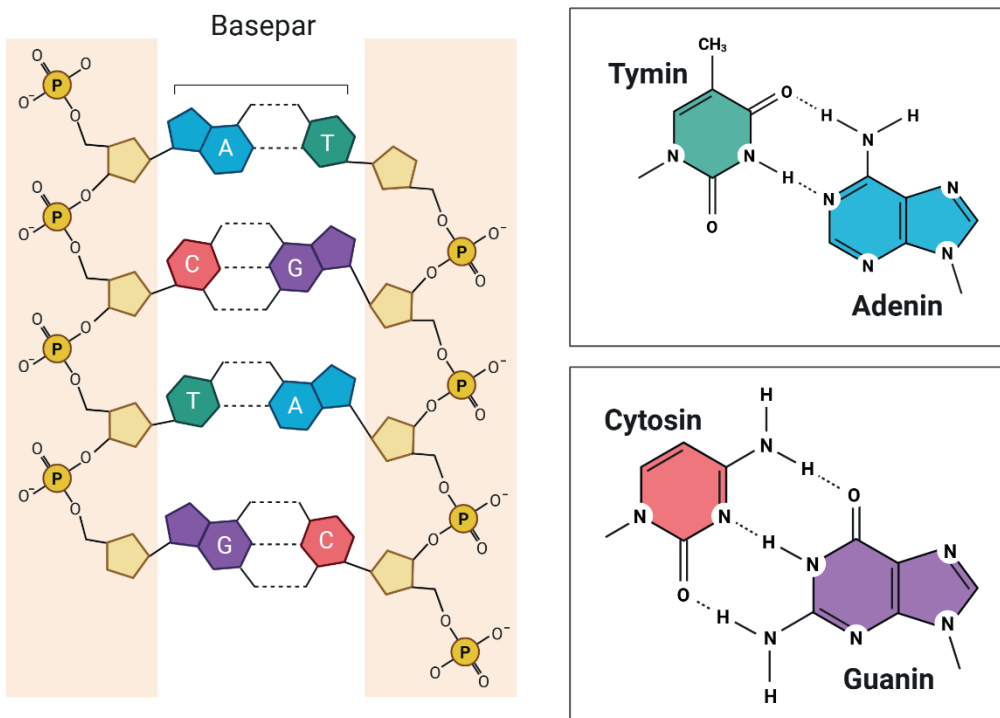
- A 0,10 mol/L HNO_3
- B 0,10 mol/L $\text{Mg(NO}_3)_2$
- C 0,10 mol/L NaOH
- D 0,10 mol/L NaNO_3

Oppgave 2 Rett/feil-oppgaver

a) Biologiske makromolekyler

Denne oppgaven dreier seg om arvestoffet vårt, DNA.

DNA er et polynukleotid bygget opp av to sukkerfosfatkjeder og fire ulike nitrogenbaser, se figur 4. Kjedenes er bygd opp av pentosen deoksyribose (en type sukker) og fosfat. Til kjedene er det festet fire ulike nitrogenbaser: tymin, adenin, cytosin og guanin. De to kjedene blir holdt sammen av hydrogenbindinger mellom nitrogenbasene.



Figur 4. Oppbygningen av DNA. De fire nitrogenbasene er vist til høyre.

Vurder om hver av påstandene er rett eller feil, og kryss av på svararket.

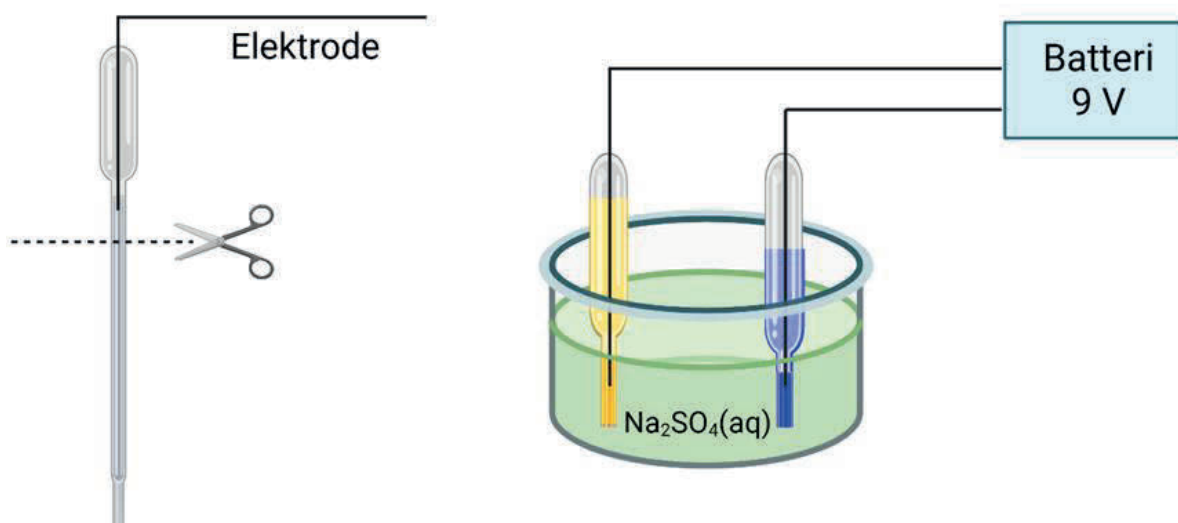
- I Fosfatgruppene i DNA-molekylet har positiv ladning.
- II Dannelse av polynukleotider skjer ved hydrolysereaksjoner.
- III Guanin kan danne maksimalt to hydrogenbindinger til cytosin.
- IV Ved lav pH kan -NH_2 -gruppene på nitrogenbasene bli protonert.

b) Elektrolyse

I et forsøk ble det utført elektrolyse av vann tilsatt natriumsulfat, Na_2SO_4 . Løsningen ble tilsatt noen dråper av syre-base-indikatoren BTB.

Elektroden ble laget ved å stikke en ståltråd gjennom en avklipt pipette av plast. Spenningskilden var et batteri på 9 V. Figur 5 viser elektrolysekarret og elektrodene 10 minutter etter at reaksjonen startet.

Under elektrolysen ble løsningen i den ene pipetten gul og løsningen i den andre pipetten blå. Det ble dannet gass ved begge elektrodene.



Figur 5. Forsøksoppsett for elektrolyse av vann tilsatt natriumsulfat.

Vurder om hver av påstandene er rett eller feil, og kryss av på svararket.

- I Oksidasjonen skjedde der løsningen ble gul.
- II Den negative polen på batteriet ble koblet til elektroden i pipetten med blå løsning.
- III Det kreves en spenning på minst 9 V for at reaksjonen skal skje.
- IV Det ble dannet hydrogengass i den blå løsningen.

Oppgave 3

Ranger løsningene i de tre flaskene etter økende pH. Husk å begrunne svaret.



Løsning A

Blanding av:

100 mL av 0,1 mol/L NaOH og

50 mL av 0,1 mol/L $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$



Løsning B

Blanding av:

150 mL av 0,05 mol/L NaOH og

3 dråper bromtymolblått (BTB)



Løsning C

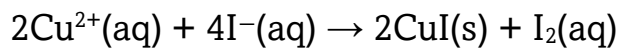
Blanding av:

75 mL av 0,1 mol/L NaOH og

50 mL av 0,2 mol/L HNO_3

Oppgave 4

Kobber(I)jodid, CuI, er et uløselig, hvitt salt som kan lages på laboratoriet ved å la en løsning av kaliumjodid, KI, og en løsning kobber(II)sulfat, CuSO₄, reagere.



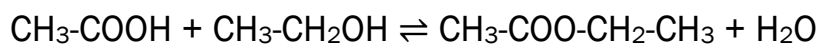
- a) Bruk oksidasjonstall til å avgjøre hvilket stoff som er reduksjonsmiddelet.
- b) En løsning av sølvnitrat, AgNO₃(aq), blir tilsatt fast kobber(I)jodid. Sølvnitrat er i overskudd.

Det kan skje flere konkurrerende reaksjoner. Én reaksjon gir en lysegul utfelling, mens en annen reaksjon danner en blå løsning og et mørkt bunnfall.

Foreslå to reaksjonsligninger som kan forklare disse observasjonene.

Oppgave 5

Konsentrert etansyre og ren etanol reagerer og danner etyletanat:



a) Forklar kort hvilken reaksjonstype dette er.

b) 3,0 mol etansyre og 3,0 mol etanol ble varmet opp i en kolbe.

Etter en tid innstilte det seg en likevekt, og utbyttet av etyletanat var da 2,0 mol.

Hva er likevektskonstanten ved denne temperaturen? (Volumet blir forkortet bort, og du kan derfor se bort fra det i utregningen.)

c) I et nytt eksperiment ble det brukt 3,0 mol etansyre og 6,0 mol etanol.

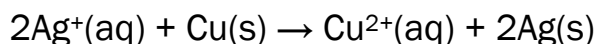
Vurder om det prosentvise utbyttet vil bli høyere eller lavere enn i forsøket i oppgave 5b.

Blank side

Del 2

Oppgave 6

a) Sølvioner reagerer med kobber etter denne reaksjonsligningen:



- Bruk reaksjonsligningen til å vurdere om entropien øker eller minker.
- Bruk data fra tabell 1 til å beregne entropiendringen når 2 mol Ag^+ reagerer med 1 mol Cu. Sammenlign svaret med vurderingen din i oppgave 6a-i.

Tabell 1. Termodynamiske data ved standardbetingelser

	ΔH° (kJ/mol)	S (J/(mol · K))
$\text{Ag}^+(\text{aq})$	105,6	72,7
$\text{Ag}(\text{s})$	0	42,6
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	64,8	-99,6
$\text{Cu}(\text{s})$	0	33,1

- Bruk data fra tabell 1 og beregn endring i Gibbs fri energi for reaksjonen når 2 mol Ag^+ reagerer med 1 mol Cu. Oppgi svaret i kJ.
- Gibbs fri energi kan også beregnes med denne formelen:

$$\Delta G = -n \cdot F \cdot E^\circ$$

n er stoffmengden elektroner

F er Faradays konstant

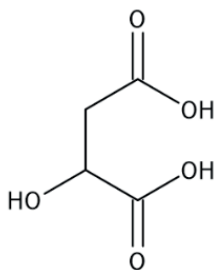
E° er standard cellepotensial

Bruk denne formelen til å beregne Gibbs fri energi.

Oppgave 7

Eplesyre er en organisk syre som finnes naturlig i eple og andre frukter. Den spiller en viktig rolle i flere biologiske prosesser i cellene.

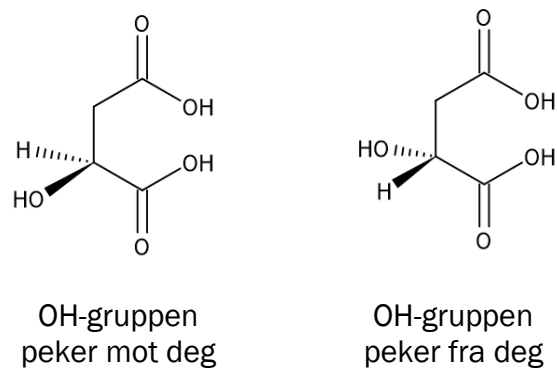
Tabell 2. Informasjon om eplesyre

Navn og formel	Eplesyre (malinsyre) $C_4H_6O_5$
Molar masse	134,09 g/mol
Strukturformel	
Syrekonstant	$pK_{a1} = 3,40$ $K_{a1} = 4,0 \cdot 10^{-4}$

- a) Regn ut pH i en 0,100 mol/L løsning med eplesyre. Ta bare hensyn til første protolysetrinn.
- b) Hydrogenmalat er den korresponderende basen til eplesyre.
En eplesyre-hydrogenmalat-buffer har pH 3,2 og inneholder 30,0 g eplesyre løst i 1,0 L vann.
Hvor mange gram natriumhydrogenmalat inneholder bufferen?

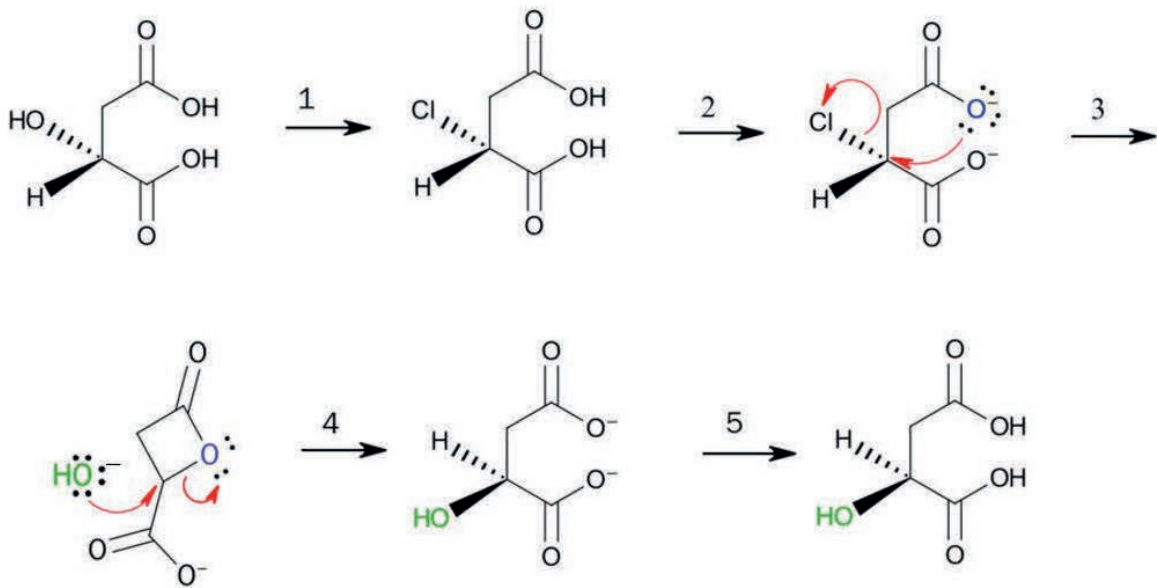
Oppgave 7 fortsetter på neste side.

Eplesyre finnes i to ulike isomere former (stereoisomeri). Forskjellen mellom de to isomerene er den romlige plasseringen av OH-gruppen, se figur 6.



Figur 6. Stereoisomerer av eplesyre

I biologiske prosesser er det viktig at man har den riktige stereoisomerer. Det er mulig å omdanne den ene formen til den andre via en rekke syntetetrinn.



- c) i. Hvilke trinn skjer i basisk miljø? Husk å begrunne svaret.
- ii. Forklar hva som er nukleofiler i de to trinnene der mekanismen er vist.

Oppgave 8

Jern er et viktig mineral som må tilføres kroppen via kostholdet.

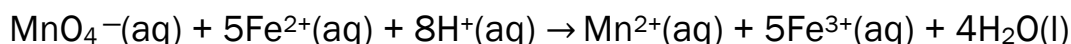
Jernmangel er ikke uvanlig og kan gjøre at man blir trøtt, svimmel og tungpustet.

Behandling med jerntabletter gir ofte rask bedring.

En type jerntabletter inneholder jern(II)sulfat, FeSO_4 , tilsvarende 25 mg jern per tablett.

En kjemielev undersøkte om innholdet i jerntablettene stemmer med det som er oppgitt på pakningen. Eleven brukte titrering med kaliumpermanganat til denne analysen.

I surt miljø reagerer Fe^{2+} -ioner og kaliumpermanganat, KMnO_4 , på følgende måte:



På laboratoriet gikk eleven fram slik:

- Tabletten ble knust i en morter og overført til et begerglass.
- Eleven tilsatte litt vann til begerglasset for å løse opp innholdet, men ikke alt løste seg.
- Begerglasset ble tilsatt litt 3 mol/L sterk syre.
- Byretten ble skylt med vann før den ble fylt opp til merket med 0,0100 mol/L, $\text{KMnO}_4(\text{aq})$.
- Volumet av KMnO_4 som ble tilsatt for å oppnå fargeendring, ble notert i tabell 3.
- Det ble gjennomført tre titreringer og analysert én tablett per titrering.

Tabell 3. Forbruk av KMnO_4

Titrering	1	2	3
Forbruk 0,0100 mol/L KMnO_4 (mL)	8,3	7,2	7

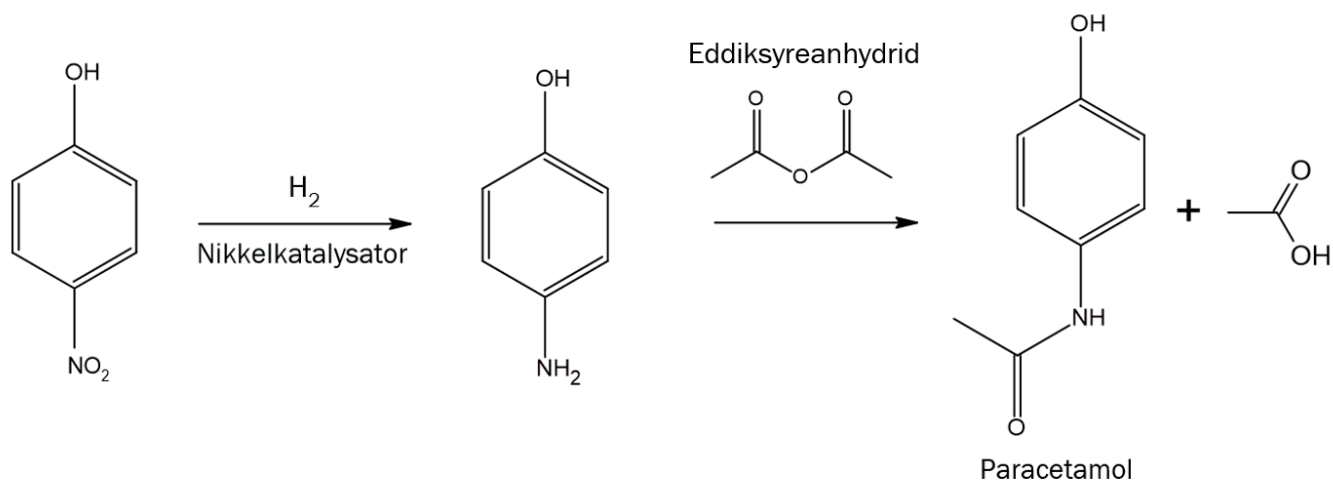
- a) Bruk elevens data til å finne mengden av Fe^{2+} -ioner i tabletten. Oppgi svaret i mg.
- b) Vurder om saltsyre, $\text{HCl}(\text{aq})$, er egnet å bruke som sterk syre i dette forsøket.
- c) i. Pek på to svakheter i elevens gjennomføring av analysen.
- ii. Foreslå to forbedringer av prosedyren.

Oppgave 9

Paracetamol er et mye brukt legemiddel som er kjent i Norge under produktnavnet Paracet.

Syntese

4-nitrofenol kan omdannes til 4-aminofenol ved hjelp av en nikkelkatalysator. Til slutt reagerer 4-aminofenol med eddiksyreanhydrid i en reaksjon kalt acetylering. Det dannes eddiksyre som biprodukt.



Utbytte

I industriell produksjon av 4-aminofenol fra 4-nitrofenol er utbyttet omtrent 96 %, mens utbyttet av paracetamol fra 4-aminofenol er omtrent 90 %.

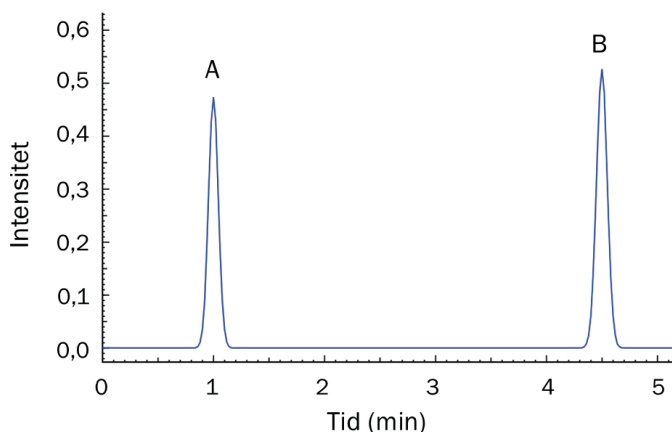
Separasjon

Etter at syntesen er ferdig, har man en blanding av 4-aminofenol, eddiksyreanhydrid, paracetamol og vann.

For å skille paracetamol fra 4-aminofenol kan man løse opp stoffene i den mobile fasen og utføre kolonnekromatografi av løsningen.

(Prinsippet er vist i figur 3 under oppgave 1j.)

Figur 7 viser kromatogrammet etter et forsøk der en blanding av paracetamol og 4-aminofenol løst i metanol ble separert. Det ble brukt en upolar stasjonær fase.



Figur 7. Kromatogram

Tabell 4. Fysikalske data til stoffene

Stoff	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Molar masse (g/mol)
4-nitrofenol	113	279	139,11
4-aminofenol	187,5	284	109,13
eddiksyreanhydrid	-73,1	139,8	102,09
eddiksyre	16,7	118	60,05
paracetamol	169	dekomponerer	151,16

Skriv en kjemifaglig tekst med utgangspunkt i informasjonen om paracetamol i teksten og tabell 4. Du skal bruke kjemikompentansen din til å gjøre rede for og drøfte ett eller flere av punktene nedenfor:

- Vurder hvilke reaksjonstyper som inngår i syntesen.
- Separasjon:
 - Vurder hvordan man etter syntesen kan skille eddiksyreanhydrid fra en blanding av paracetamol, eddiksyreanhydrid og 4-aminofenol.
 - Drøft hvilken av toppene i kromatogrammet som tilhører paracetamol, se figur 7.
- Hvor mange gram 4-nitrofenol må du starte med for å lage 10,0 g paracetamol?
- Beregn atomeffektiviteten i det siste trinnet av syntesen, og drøft eventuelt hvordan hele syntesen passer med andre prinsipper for grønn kjemi.

Svaret ditt bør inneholde reaksjonsligninger, utregninger og figurer der dette er relevant. Svaret ditt kan gjerne være på omtrent 250 ord, men det er det faglige innholdet som blir vurdert, ikke lengden på teksten.

Blank side

Tabeller og formler i REA3046 Kjemi 2

Dette vedlegget kan brukes under både del 1 og del 2 av eksamen.

Innhold i vedlegg 1

De 12 prinsippene i grønn kjemi	44
Standard reduksjonspotensial ved 25 °C	45
Konstanter og formler	46
Syrekonstanter (K_a) i vannløsning ved 25 °C.....	47
Basekonstanter (K_b) i vannløsning ved 25 °C.....	48
Syre-base-indikatorer	49
Sammensatte ioner	49
Massetetthet og konsentrasjon til noen væsker	50
Stabile isotoper for noen grunnstoffer	50
Løselighetstabell for salter i vann ved 25 °C	51
Løselighetsprodukt (K_{sp}) for salt i vann ved 25 °C	52
α -aminosyrer ved pH = 7,4	53
Termodynamiske data ved 25 °C	55
Organiske forbindelser	56
Grunnstoffenes periodesystem	61

De 12 prinsippene i grønn kjemi

- 1. Avfallsforebygging:** Avfallsforebygging har som mål å redusere eller eliminere avfall fra kjemiske prosesser for å øke ressurseffektiviteten og redusere miljøpåvirkningen. For eksempel minimering av mengden avfall, gjenbruk og resirkulering av avfallsmateriale.
- 2. Atomøkonomi:** Synteser bør designes slik at atomer som inngår i utgangsstoffene i størst mulig grad inngår i det endelige produktet.
- 3. Mindre farlige kjemiske synteser:** Fremstilling av kjemiske stoffer og materialer bør være minst mulig farlige for menneskers helse og for miljøet.
- 4. Lag tryggere kjemikalier:** Fremstillingen av kjemiske stoffer og materialer bør optimaliseres slik at stoffene som brukes og dannes, har ønsket funksjon og er mest mulig effektive samtidig som skadelige effekter på helse og miljø minimaliseres.
- 5. Bruk tryggere løsemidler og hjelpestoffer:** Løsemidler og andre hjelpestoffer er stoffer som brukes for å lette eller forbedre reaksjonsprosessen, uten å være direkte involvert i reaksjonen. Bruken av løsemidler og andre hjelpestoffer bør unngås der det er mulig. Når slike stoffer er nødvendig, bør man velge de som er minst skadelige for helse og miljø.
- 6. Energieffektivitet:** Kjemiske prosesser bør designes slik at de krever minst mulig energi. Målet er at synteser utføres ved romtemperatur og vanlig trykk.
- 7. Bruk fornybare råmaterialer:** Hvis mulig, bruk fornybare råmaterialer.
- 8. Minimer derivatisering:** Ved å begrense bruken av mellomtrinn eller reaksjonsprodukter som ikke inngår direkte i det ønskede sluttproduktet fra kjemiske synteser, kan mengden avfall fra og ressurser som brukes i syntesen reduseres. Dette kan også redusere risikoen for forurensning og uønskede biprodukter og gi lavere energiforbruk.
- 9. Katalyse:** Katalyse er prosessen med å øke hastigheten på en kjemisk reaksjon ved å bruke en katalysator. Katalysatorer gjør det mulig å produsere større mengder av en ønsket forbindelse på kortere tid, og med mindre energi- og materialkostnader. Katalysatorer kan også forbedre effektiviteten av en reaksjon ved å favorisere dannelsen av ønsket produkt over uønskede biprodukter.
- 10. Design for nedbryting:** Kjemiske stoffer og materialer må designes slik at når de ikke lenger kan brukes, brytes de ned til ufarlige stoffer som ikke akkumulerer i miljøet.
- 11. Sanntidsanalyse og overvåking:** Analytiske metoder må forbedres slik at det blir mulig å overvåke og kontrollere prosesser i sanntid, og før farlige stoffer dannes.
- 12. Tryggere kjemikalier og prosesser for ulykkesforebygging:** For å minimere risikoen for uhell og ulykker bør man velge trygge prosesser og trygge kjemikalier.

Standard reduksjonspotensial ved 25 °C

Halvreaksjon				
Oksidert form	+ ne^-	→	Redusert form	E° (V)
F_2	+ $2e^-$	→	$2F^-$	2,87
$O_3 + 2H^+$	+ $2e^-$	→	$O_2 + H_2O$	2,08
$S_2O_8^{2-}$	+ $2e^-$	→	$2SO_4^{2-}$	2,01
$H_2O_2 + 2H^+$	+ $2e^-$	→	$2H_2O$	1,78
Ce^{4+}	+ e^-	→	Ce^{3+}	1,72
$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+$	+ $2e^-$	→	$PbSO_4 + 2H_2O$	1,69
$MnO_4^- + 4H^+$	+ $3e^-$	→	$MnO_2 + 2H_2O$	1,68
$2HClO + 2H^+$	+ $2e^-$	→	$Cl_2 + 2H_2O$	1,61
$MnO_4^- + 8H^+$	+ $5e^-$	→	$Mn^{2+} + 4H_2O$	1,51
$BrO_3^- + 6H^+$	+ $6e^-$	→	$Br^- + 3H_2O$	1,42
Au^{3+}	+ $3e^-$	→	Au	1,40
Cl_2	+ $2e^-$	→	$2Cl^-$	1,36
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+$	+ $6e^-$	→	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	1,36
$O_2 + 4H^+$	+ $4e^-$	→	$2H_2O$	1,23
$MnO_2 + 4H^+$	+ $2e^-$	→	$Mn^{2+} + 2H_2O$	1,22
$2IO_3^- + 12H^+$	+ $10e^-$	→	$I_2 + 6H_2O$	1,20
Pt^{2+}	+ $2e^-$	→	Pt	1,18
Br_2	+ $2e^-$	→	$2 Br^-$	1,09
$NO_3^- + 4H^+$	+ $3e^-$	→	$NO + 2H_2O$	0,96
$2Hg^{2+}$	+ $2e^-$	→	Hg_2^{2+}	0,92
$Cu^{2+} + I^-$	+ e^-	→	CuI	0,86
Hg^{2+}	+ $2e^-$	→	Hg	0,85
$ClO^- + H_2O$	+ $2e^-$	→	$Cl^- + 2OH^-$	0,84
Hg_2^{2+}	+ $2e^-$	→	$2Hg$	0,80
Ag^+	+ e^-	→	Ag	0,80
Fe^{3+}	+ e^-	→	Fe^{2+}	0,77
$O_2 + 2H^+$	+ $2e^-$	→	H_2O_2	0,70
I_2	+ $2e^-$	→	$2I^-$	0,54
Cu^+	+ e^-	→	Cu	0,52
$H_2SO_3 + 4H^+$	+ $4e^-$	→	$S + 3H_2O$	0,45
$O_2 + 2H_2O$	+ $4e^-$	→	$4OH^-$	0,40
$Ag_2O + H_2O$	+ $2e^-$	→	$2Ag + 2OH^-$	0,34

Oksidert form	+ ne^-	→	Redusert form	E° (V)
Cu^{2+}	+ $2e^-$	→	Cu	0,34
$\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+$	+ $8e^-$	→	$\text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,30
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$	+ $2e^-$	→	$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,17
Cu^{2+}	+ e^-	→	Cu^+	0,16
Sn^{4+}	+ $2e^-$	→	Sn^{2+}	0,15
$\text{S} + 2\text{H}^+$	+ $2e^-$	→	H_2S	0,14
$\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$	+ $2e^-$	→	$2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0,08
2H^+	+ $2e^-$	→	H_2	0,00
Fe^{3+}	+ $3e^-$	→	Fe	-0,04
Pb^{2+}	+ $2e^-$	→	Pb	-0,13
Sn^{2+}	+ $2e^-$	→	Sn	-0,14
Ni^{2+}	+ $2e^-$	→	Ni	-0,26
PbSO_4	+ $2e^-$	→	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,36
Cd^{2+}	+ $2e^-$	→	Cd	-0,40
Cr^{3+}	+ e^-	→	Cr^{2+}	-0,41
Fe^{2+}	+ $2e^-$	→	Fe	-0,45
S	+ $2e^-$	→	S^{2-}	-0,48
$2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+$	+ $2e^-$	→	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	-0,49
Zn^{2+}	+ $2e^-$	→	Zn	-0,76
$2\text{H}_2\text{O}$	+ $2e^-$	→	$\text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,83
Mn^{2+}	+ $2e^-$	→	Mn	-1,19
$\text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$	+ $2e^-$	→	$\text{Zn} + 2\text{OH}^-$	-1,26
Al^{3+}	+ $3e^-$	→	Al	-1,66
Mg^{2+}	+ $2e^-$	→	Mg	-2,37
Na^+	+ e^-	→	Na	-2,71
Ca^{2+}	+ $2e^-$	→	Ca	-2,87
K^+	+ e^-	→	K	-2,93
Li^+	+ e^-	→	Li	-3,04

Konstanter og formler

Avogadros tall: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Molvolumet av en gass: $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$ ved 0°C og 1 atm ,
 $24,5 \text{ L/mol}$ ved 25°C og 1 atm

Faradays konstant: $F = 96\,485 \text{ C/mol}$

Universell gasskonstant: $R = 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$

Sammenheng ΔG° og K : $\Delta G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln K$, der K er likevektskonstanten

Sammenheng ΔG og E° : $\Delta G = -n \cdot F \cdot E^\circ$, der E° er standard cellepotensial

Syrekonstanter (K_a) i vannløsning ved 25 °C

Navn	Formel	K_a	pK_a
Acetylsalisylsyre	$C_8H_7O_2COOH$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	3,48
Ammoniumion	NH_4^+	$5,6 \cdot 10^{-10}$	9,25
Askorbinsyre	$C_6H_8O_6$	$9,1 \cdot 10^{-5}$	4,04
Hydrogenaskorbation	$C_6H_7O_6^-$	$2,0 \cdot 10^{-12}$	11,7
Benzosyre	C_6H_5COOH	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,20
Benzylsyre (2-fenyleddisyre)	$C_6H_5CH_2COOH$	$4,9 \cdot 10^{-5}$	4,31
Borsyre	$B(OH)_3$	$5,4 \cdot 10^{-10}$	9,27
Butansyre	$CH_3(CH_2)_2COOH$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	4,83
Eplesyre (malinsyre)	$HOOCCH_2CH(OH)COOH$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	3,40
Hydrogenmalation	$HOOCCH_2CH(OH)COO^-$	$7,8 \cdot 10^{-6}$	5,11
Etansyre (eddiksyre)	CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,76
Fenol	C_6H_5OH	$1,0 \cdot 10^{-10}$	9,99
Fosforsyre	H_3PO_4	$6,9 \cdot 10^{-3}$	2,16
Dihydrogenfosfation	$H_2PO_4^-$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21
Hydrogenfosfation	HPO_4^{2-}	$4,8 \cdot 10^{-13}$	12,32
Fosforsyrting	H_3PO_3	$5,0 \cdot 10^{-2}$	1,3
Dihydrogenfosfittion	$H_2PO_3^-$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	6,70
Ftalsyre (benzen-1,2-dikarboksyisyre)	$C_6H_4(COOH)_2$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,94
Hydrogenftalation	$C_6H_4(COOH)COO^-$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	5,43
Hydrogencyanid (blåsyre)	HCN	$6,2 \cdot 10^{-10}$	9,21
Hydrogenfluorid (flussyre)	HF	$6,3 \cdot 10^{-4}$	3,20
Hydrogenperoksid	H_2O_2	$2,4 \cdot 10^{-12}$	11,62
Hydrogensulfation	HSO_4^-	$1,0 \cdot 10^{-2}$	1,99
Hydrogensulfid	H_2S	$8,9 \cdot 10^{-8}$	7,05
Hydrogensulfidion	HS^-	$1,0 \cdot 10^{-19}$	19
Hypoklorsyre (underklorsyrting)	$HClO$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	7,40
Karbonsyre	H_2CO_3	$4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
Hydrogenkarbonation	HCO_3^-	$4,7 \cdot 10^{-11}$	10,33
Klorsyrting	$HClO_2$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	1,94
Kromsyre	H_2CrO_4	$1,8 \cdot 10^{-1}$	0,74

Navn	Formel	K_a	pK_a
Hydrogenkromation	HCrO_4^-	$3,2 \cdot 10^{-7}$	6,49
Maleinsyre (cis-butendisyre)	$\text{HOOCCH}=\text{CHCOOH}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	1,92
Hydrogenmaleation	$\text{HOOCCH}=\text{CHCOO}^-$	$5,9 \cdot 10^{-7}$	6,23
Melkesyre (2-hydroksypropansyre)	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	3,86
Metansyre (maursyre)	HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75
Oksalsyre	$(\text{COOH})_2$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25
Hydrogenoksalation	$(\text{COOH})\text{COO}^-$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	3,81
Propansyre	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	4,87
Salisylsyre (2-hydroksybenzosyre)	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	2,98
Salpetersyring	HNO_2	$5,6 \cdot 10^{-4}$	3,25
Sitronsyre	$\text{C}_3\text{H}_4(\text{OH})(\text{COOH})_3$	$7,4 \cdot 10^{-4}$	3,13
Dihydrogensitration	$\text{C}_3\text{H}_4(\text{OH})(\text{COOH})_2\text{COO}^-$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,76
Hydrogensitration	$\text{C}_3\text{H}_4(\text{OH})(\text{COOH})(\text{COO}^-)_2$	$4,0 \cdot 10^{-7}$	6,40
Svovelsyring	H_2SO_3	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85
Hydrogensulfittion	HSO_3^-	$6,3 \cdot 10^{-8}$	7,2
Vinsyre (2,3-dihydroksybutandisyre, L-tartarsyre)	$(\text{CH}(\text{OH})\text{COOH})_2$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	2,98
Hydrogentartration	$\text{HOOC}(\text{CH}(\text{OH}))_2\text{COO}^-$	$4,6 \cdot 10^{-5}$	4,34

Basekonstanter (K_b) i vannløsning ved 25 °C

Navn	Formel	K_b	pK_b
Acetation	CH_3COO^-	$5,8 \cdot 10^{-10}$	9,24
Ammoniakk	NH_3	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
Metylamin	CH_3NH_2	$4,6 \cdot 10^{-4}$	3,34
Dimetylamin	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	3,27
Trimetylamin	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,20
Etylamin	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	3,35
Dietylamin	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	$6,9 \cdot 10^{-4}$	3,16
Trietylamin	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	3,25
Fenylamin (Anilin)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$7,4 \cdot 10^{-10}$	9,13
Pyridin	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	$1,7 \cdot 10^{-9}$	8,77
Hydrogenkarbonation	HCO_3^-	$2,0 \cdot 10^{-8}$	7,65
Karbonation	CO_3^{2-}	$2,1 \cdot 10^{-4}$	3,67

Syre-base-indikatorer

Indikator	Fargeforandring	pH-omslagsområde
Metylfiolett	gul-fiolett	0,0-1,6
Tymolblått	rød-gul	1,2-2,8
Metyloransje	rød-oransje	3,2-4,4
Bromfenolblått	gul-blå	3,0-4,6
Kongorødt	fiolett-rød	3,0-5,0
Bromkresolgrønt	gul-blå	3,8-5,4
Metylrødt	rød-gul	4,8-6,0
Lakmus	rød-blå	5,0-8,0
Bromtymolblått (BTB)	gul-blå	6,0-7,6
Fenolrødt	gul-rød	6,6-8,0
Tymolblått	gul-blå	8,0-9,6
Fenolftalein	fargeløs-rosa	8,2-10,0
Alizaringul	gul-lilla	10,1-12,0

Sammensatte ioner

Navn	Formel
Acetat, etanat	CH_3COO^-
Ammonium	NH_4^+
Arsenat	AsO_4^{3-}
Arsenitt	AsO_3^{3-}
Borat	BO_3^{3-}
Bromat	BrO_3^-
Fosfat	PO_4^{3-}
Fosfitt	PO_3^{3-}
Hypokloritt	ClO^-

Navn	Formel
Jodat	IO_3^-
Karbonat	CO_3^{2-}
Klorat	ClO_3^-
Kloritt	ClO_2^-
Nitrat	NO_3^-
Nitritt	NO_2^-
Perklorat	ClO_4^-
Sulfat	SO_4^{2-}
Sulfitt	SO_3^{2-}

Massetetthet og konsentrasjon til noen væsker

Navn	Formel	Masseprosent konsentrert løsning	Massetetthet (g/mL)	Konsentrasjon (mol/L)
Saltsyre	HCl	37	1,18	12,0
Svovelsyre	H ₂ SO ₄	98	1,84	17,8
Salpetersyre	HNO ₃	65	1,42	15,7
Eddiksyre	CH ₃ COOH	96	1,05	17,4
Ammoniakk	NH ₃	25	0,88	14,3
Vann	H ₂ O	100	1,00	55,56

Stabile isotoper for noen grunnstoffer

Grunnstoff	Isotop	Relativ forekomst (%) i jordskorpen
Hydrogen	¹ H	99,985
	² H	0,015
Karbon	¹² C	98,89
	¹³ C	1,11
Nitrogen	¹⁴ N	99,634
	¹⁵ N	0,366
Oksygen	¹⁶ O	99,762
	¹⁷ O	0,038
	¹⁸ O	0,200

Grunnstoff	Isotop	Relativ forekomst (%) i jordskorpen
Silisium	²⁸ Si	92,23
	²⁹ Si	4,67
	³⁰ Si	3,10
Svovel	³² S	95,02
	³³ S	0,75
	³⁴ S	4,21
	³⁶ S	0,02
Klor	³⁵ Cl	75,77
	³⁷ Cl	24,23
Brom	⁷⁹ Br	50,69
	⁸¹ Br	49,31

Løselighetstabell for salter i vann ved 25 °C

	Br ⁻	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	CrO ₄ ²⁻	I ⁻	O ²⁻	OH ⁻	S ²⁻	SO ₄ ²⁻
Ag ⁺	U gulhvitt	U hvitt	U gult	U rødt	U lysgult	U svart	-	U svart	T hvitt
Al ³⁺	R hvitt	R hvitt	-	-	R lysgult	U hvitt	U hvitt	R hvitt	R hvitt
Ba ²⁺	L hvitt	L hvitt	U hvitt	U gult	L lysgult	R hvitt	L hvitt	T hvitt	U hvitt
Ca ²⁺	L hvitt	L hvitt	U hvitt	T gult	L hvitt	T hvitt	U hvitt	T hvitt	T hvitt
Cu ²⁺	L grønt	L grønt	U* grønt	U gulbrunt	-	U svart	U blått	U svart	L blått
Fe ²⁺	L gulgrønt	L grønt	U grått	U brunt	L grått	U svart	U grønt	U svart	L grønt
Fe ³⁺	R brunt	R brunt	-	U gult	-	U rødbrun	U brunt	U svart	L brunt
Hg ₂ ²⁺	U hvitt	U hvitt	U gul	U rød	U grønn	-	R svart	-	U gulhvitt
Hg ²⁺	T hvitt	L hvitt	-	U rød	U rødt	U rødt	U hvitt	U svart	R hvitt
Mg ²⁺	L hvitt	L hvitt	U hvitt	L gult	L hvitt	U hvitt	U hvitt	R hvitt	L hvitt
Ni ²⁺	L gulbrun	L grønt	U grønt	U rødbrunt	L svart	U svart	U grønt	U svart	L grønt
Pb ²⁺	T hvitt	T hvitt	U hvitt	U gult	U gult	U gult	U hvitt	U svart	U hvitt
Sn ²⁺	R hvitt	R hvitt	U hvitt	-	R gulrød	U hvit	U hvitt	U brunt	R hvitt
Sn ⁴⁺	R hvitt	R hvitt	-	L gulbrunt	R gulrød	U hvitt	U hvitt	U svart	R hvitt
Zn ²⁺	L hvitt	L hvitt	U hvitt	U gult	L hvitt	U hvitt	U hvitt	U hvitt	L hvitt

U = uløselig. Det løses mindre enn 0,01 g av saltet i 100 g vann.

U* = Det dannes et uløselig blandings salt av CuCO₃ og Cu(OH)₂.

T = tungtløselig. Det løses mellom 0,01 og 1 g av saltet i 100 g vann.

L = lettløselig. Det løses mer enn 1 g av saltet per 100 g vann.

- = ukjent forbindelse, eller forbindelsen dannes ikke ved utfelling

R = reagerer med vann

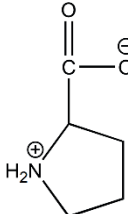
Løselighetsprodukt (K_{sp}) for salt i vann ved 25 °C

Navn	Formel	K_{sp}
Aluminiumfosfat	$AlPO_4$	$9,84 \cdot 10^{-21}$
Bariumfluorid	BaF_2	$1,84 \cdot 10^{-7}$
Bariumkarbonat	$BaCO_3$	$2,58 \cdot 10^{-9}$
Bariumkromat	$BaCrO_4$	$1,17 \cdot 10^{-10}$
Bariumnitrat	$Ba(NO_3)_2$	$4,64 \cdot 10^{-3}$
Bariumoksalat	BaC_2O_4	$1,70 \cdot 10^{-7}$
Bariumsulfat	$BaSO_4$	$1,08 \cdot 10^{-10}$
Bly(II)bromid	$PbBr_2$	$6,60 \cdot 10^{-6}$
Bly(II)hydroksid	$Pb(OH)_2$	$1,43 \cdot 10^{-20}$
Bly(II)jodid	PbI_2	$9,80 \cdot 10^{-9}$
Bly(II)karbonat	$PbCO_3$	$7,40 \cdot 10^{-14}$
Bly(II)klorid	$PbCl_2$	$1,70 \cdot 10^{-5}$
Bly(II)oksalat	PbC_2O_4	$8,50 \cdot 10^{-9}$
Bly(II)sulfat	$PbSO_4$	$2,53 \cdot 10^{-8}$
Bly(II)sulfid	PbS	$3 \cdot 10^{-28}$
Jern(II)fluorid	FeF_2	$2,36 \cdot 10^{-6}$
Jern(II)hydroksid	$Fe(OH)_2$	$4,87 \cdot 10^{-17}$
Jern(II)karbonat	$FeCO_3$	$3,13 \cdot 10^{-11}$
Jern(II)sulfid	FeS	$8 \cdot 10^{-19}$
Jern(III)fosfat	$FePO_4 \cdot 2H_2O$	$9,91 \cdot 10^{-16}$
Jern(III)hydroksid	$Fe(OH)_3$	$2,79 \cdot 10^{-39}$
Kalsiumfluorid	CaF_2	$3,45 \cdot 10^{-11}$
Kalsiumfosfat	$Ca_3(PO_4)_2$	$2,07 \cdot 10^{-33}$
Kalsiumhydroksid	$Ca(OH)_2$	$5,02 \cdot 10^{-6}$
Kalsiumkarbonat	$CaCO_3$	$3,36 \cdot 10^{-9}$
Kalsiummolybdat	$CaMoO_4$	$1,46 \cdot 10^{-8}$
Kalsiumoksalat	CaC_2O_4	$3,32 \cdot 10^{-9}$
Kalsiumsulfat	$CaSO_4$	$4,93 \cdot 10^{-5}$
Kobolt(II)hydroksid	$Co(OH)_2$	$5,92 \cdot 10^{-15}$
Kopper(I)bromid	$CuBr$	$6,27 \cdot 10^{-9}$
Kopper(I)klorid	$CuCl$	$1,72 \cdot 10^{-7}$
Kopper(I)oksid	Cu_2O	$2 \cdot 10^{-15}$
Kopper(I)jodid	CuI	$1,27 \cdot 10^{-12}$
Kopper(II)fosfat	$Cu_3(PO_4)_2$	$1,40 \cdot 10^{-37}$

Navn	Formel	K_{sp}
Kopper(II)hydroksid	$Cu(OH)_2$	$2,20 \cdot 10^{-20}$
Kopper(II)oksalat	CuC_2O_4	$4,43 \cdot 10^{-10}$
Kopper(II)sulfid	CuS	$8 \cdot 10^{-37}$
Kvikksølv(I)bromid	Hg_2Br_2	$6,40 \cdot 10^{-23}$
Kvikksølv(I)jodid	Hg_2I_2	$5,2 \cdot 10^{-29}$
Kvikksølv(I)karbonat	Hg_2CO_3	$3,6 \cdot 10^{-17}$
Kvikksølv(I)klorid	Hg_2Cl_2	$1,43 \cdot 10^{-18}$
Kvikksølv(II)bromid	$HgBr_2$	$6,2 \cdot 10^{-20}$
Kvikksølv(II)jodid	HgI_2	$2,9 \cdot 10^{-29}$
Litiumkarbonat	Li_2CO_3	$8,15 \cdot 10^{-4}$
Magnesiumfosfat	$Mg_3(PO_4)_2$	$1,04 \cdot 10^{-24}$
Magnesiumhydroksid	$Mg(OH)_2$	$5,61 \cdot 10^{-12}$
Magnesiumkarbonat	$MgCO_3$	$6,82 \cdot 10^{-6}$
Magnesiumoksalat	MgC_2O_4	$4,83 \cdot 10^{-6}$
Mangan(II)karbonat	$MnCO_3$	$2,24 \cdot 10^{-11}$
Mangan(II)oksalat	MnC_2O_4	$1,70 \cdot 10^{-7}$
Nikkel(II)fosfat	$Ni_3(PO_4)_2$	$4,74 \cdot 10^{-32}$
Nikkel(II)hydroksid	$Ni(OH)_2$	$5,48 \cdot 10^{-16}$
Nikkel(II)karbonat	$NiCO_3$	$1,42 \cdot 10^{-7}$
Nikkel(II)sulfid	NiS	$2 \cdot 10^{-19}$
Sinkhydroksid	$Zn(OH)_2$	$3 \cdot 10^{-17}$
Sinkkarbonat	$ZnCO_3$	$1,46 \cdot 10^{-10}$
Sinksulfid	ZnS	$2 \cdot 10^{-24}$
Sølvacetat	$AgCH_3COO$	$1,94 \cdot 10^{-3}$
Sølvbromid	$AgBr$	$5,35 \cdot 10^{-13}$
Sølvcyanid	$AgCN$	$5,97 \cdot 10^{-17}$
Sølvjodid	AgI	$8,52 \cdot 10^{-17}$
Sølvkarbonat	Ag_2CO_3	$8,46 \cdot 10^{-12}$
Sølvklorid	$AgCl$	$1,77 \cdot 10^{-10}$
Sølvkromat	Ag_2CrO_4	$1,12 \cdot 10^{-12}$
Sølvoksalat	$Ag_2C_2O_4$	$5,40 \cdot 10^{-12}$
Sølvulfat	Ag_2SO_4	$1,20 \cdot 10^{-5}$
Sølvulfid	Ag_2S	$8 \cdot 10^{-51}$
Tinn(II)hydroksid	$Sn(OH)_2$	$5,45 \cdot 10^{-27}$

α -aminosyrer ved pH = 7,4

Vanlig navn		Vanlig navn	
Forkortelse	Strukturformel	Forkortelse	Strukturformel
pH ved isoelektrisk punkt		pH ved isoelektrisk punkt	
Alanin Ala 6,0	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Arginin Arg 10,8	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH}_2^{\oplus} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Asparagin Asn 5,4	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Aspartat (Asparaginsyre) Asp 2,8	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O}^{\ominus} \end{array}$
Cystein Cys 5,1	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$	Fenylalanin Phe 5,5	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
Glutamin Gln 5,7	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Glutamat (Glutaminsyre) Glu 3,2	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O}^{\ominus} \end{array}$
Glysin Gly 6,0	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Serin Ser 5,7	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$

Vanlig navn		Vanlig navn	
Forkortelse	Strukturformel	Forkortelse	Strukturformel
pH ved isoelektrisk punkt		pH ved isoelektrisk punkt	
Isoleucin Ile 6,0	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	Leucin Leu 6,0	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
Lysin Lys 9,7	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^{\oplus} \end{array} $	Metionin Met 5,7	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
Prolin Pro 6,3		Histidin His 7,6	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{Imidazole ring} \end{array} $
Treonin Thr 5,6	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	Tryptofan Trp 5,9	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{Indole ring} \end{array} $
Tyrosin Tyr 5,7	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{Benzene ring} \\ \\ \text{OH} \end{array} $	Valin Val 6,0	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $

Termodynamiske data ved 25 °C

Stoff	Dannelsesentalpi ΔH_f (kJ/mol)	Entropi S (J/(mol · K))
CH ₄ (g) metan	-74,6	186,3
C ₂ H ₂ (g) etyn	227,4	200,9
C ₂ H ₆ (g) etan	-84,0	229,2
C ₂ H ₅ OH (l) etanol	-277,6	160,7
C ₂ H ₅ OH (g) etanol	-234,8	281,6
C ₃ H ₈ (g) propan	-103,9	270,3
C ₃ H ₆ O (l) propanon	-248,4	199,8
C ₃ H ₇ OH (l) propan-1-ol	-302,6	193,6
C ₃ H ₇ OH (g) propan-1-ol	-255,1	322,6
C ₃ H ₇ OH (l) propan-2-ol	-272,6	181,1
C ₄ H ₁₀ (g) butan	-125,7	310
C ₆ H ₁₄ (l) heksan	-198,7	295
C ₆ H ₁₂ (l) sykloheksan	-156,4	204
C ₆ H ₅ OH (s) fenol	-165,1	144
C ₆ H ₁₂ O ₆ (s) glukose	-1273	209
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (s) sukrose	-2226	
Al (s)	0	28,3
Al ₂ O ₃ (s)	-1676	50,9
Br ₂ (l)	0	152,2
Br ₂ (g)	30,9	245,5
C (s) grafitt	0	5,74
C (s) diamant	1,9	2,38
CaCO ₃ (s)	-1206,9	92,9
CaO (s)	-635,1	39,8
Cl ₂ (g)	0	223,1
CO (g)	-110,5	197,7
CO ₂ (g)	-393,5	213,8
Cu (s)	0	33,1
CuO (s)	-157,3	42,6
Cu ₂ S (s)	-79,5	120,9
Fe (s)	0	27,3
H ₂ (g)	0	130,7
HCl (g)	-92,3	186,9
HCN (g)	135,1	201,8
HI (g)	25,9	206,3
H ₂ O (g)	-241,8	188,8
H ₂ O (l)	-285,8	70,0
HNO ₃ (aq)	-207,4	146,4
HNO ₃ (l)	-174,1	155,6
H ₂ S (g)	-20,2	122
I ₂ (s)	0	116,1
Mg (s)	0	32,7
MgO (s)	-601,2	26,9
Na (s)	0	51,4
NaCl (s)	-411,1	72,1
NaOH (s)	-425,6	64,4
N ₂ (g)	0	191,6

Stoff	Dannelsesentalpi ΔH_f (kJ/mol)	Entropi S (J/(mol · K))
NH ₃ (g)	-46,1	192,8
NH ₄ Cl (s)	-314,4	94,6
NO (g)	90,3	210,8
NO ₂ (g)	33,2	240,1
N ₂ O ₅ (g)	11	346
O ₂ (g)	0	205,2
O ₃ (g)	143	238,8
P ₄ (s)	0	41,1
P ₄ O ₁₀ (s)	-2984	229
Pb (s)	0	64,8
Pb (l)	4,77	72,8
PbCl ₂ (s)	-359,4	136,0
S (s) rombisk	0	31,9
Sn (s) hvitt	0	51,2
Sn (s) grått	-2,03	44,1
SO ₂ (g)	-296,8	248,1
SO ₃ (g)	-396	256,7
Zn (s)	0	41,6
ZnO (s)	-348,0	43,9
ZnS (s)	-203	57,7

Organiske forbindelser

HYDROKARBONER, METTEDE (alkaner)				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Metan	CH ₄	-182	-161	
Etan	C ₂ H ₆	-183	-89	
Propan	C ₃ H ₈	-188	-42	
Butan	C ₄ H ₁₀	-138	-0,5	
Pentan	C ₅ H ₁₂	-130	36	
Heksan	C ₆ H ₁₄	-95	69	
Heptan	C ₇ H ₁₆	-91	98	
Oktan	C ₈ H ₁₈	-57	126	
Nonan	C ₉ H ₂₀	-53	151	
Dekan	C ₁₀ H ₂₂	-30	174	
Syklopropan	C ₃ H ₆	-128	-33	
Syklobutan	C ₄ H ₈	-91	13	
Syklopentan	C ₅ H ₁₀	-93	49	
Sykloheksan	C ₆ H ₁₂	7	81	
2-metylpropan	C ₄ H ₁₀	-159	-12	Isobutan
2,2-dimetylpropan	C ₅ H ₁₂	-16	9	Neopentan
2-metylbutan	C ₅ H ₁₂	-160	28	Isopentan
2-metylpentan	C ₆ H ₁₄	-154	60	Isoheksan
2,2-dimetylbutan	C ₆ H ₁₄	-99	50	Neoheksan

HYDROKARBONER, UMETTEDE (alkener)				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Eten	C ₂ H ₄	-169	-104	Etylen
Propen	C ₃ H ₆	-185	-48	Propylen
But-1-en	C ₄ H ₈	-185	-6	
<i>cis</i> -but-2-en	C ₄ H ₈	-139	4	
<i>trans</i> -but-2-en	C ₄ H ₈	-106	1	
Pent-1-en	C ₅ H ₁₀	-165	30	
<i>cis</i> -pent-2-en	C ₅ H ₁₀	-151	37	
<i>trans</i> -pent-2-en	C ₅ H ₁₀	-140	36	
Heks-1-en	C ₆ H ₁₂	-140	63	
<i>cis</i> -heks-2-en	C ₆ H ₁₂	-141	69	
<i>trans</i> -heks-2-en	C ₆ H ₁₂	-133	68	
<i>cis</i> -heks-3-en	C ₆ H ₁₂	-138	66	
<i>trans</i> -heks-3-en	C ₆ H ₁₂	-115	67	
Sykloheksen	C ₆ H ₁₀	-104	83	
1,3-butadien	C ₄ H ₆	-109	4	
2-metyl-1,3-butadien	C ₅ H ₈	-146	34	Isopren
Heksa-1,3,5-trien	C ₆ H ₈	-12	78,5	
HYDROKARBONER, UMETTEDE (alkyner)				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Etyn	C ₂ H ₂	-81	-85	Acetylen
Propyn	C ₃ H ₄	-103	-23	Metylacetylen
But-1-yn	C ₄ H ₆	-126	8	
But-2-yn	C ₄ H ₆	-32	27	
AROMATISKE HYDROKARBONER				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Benzen	C ₆ H ₆	5	80	
Metylbenzen	C ₇ H ₈	-95	111	
Etylbenzen, fenyletan	C ₈ H ₁₀	-95	136	
Fenyleten	C ₈ H ₈	-31	145	Styren, vinylbenzen
Fenylbenzen	C ₁₂ H ₁₀	69	256	Difenyl, bifenyl
Naftalen	C ₁₀ H ₈	80	218	Enkleste PAH

ALKOHOLER				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Metanol	CH ₃ OH	-98	65	Tresprit
Etanol	C ₂ H ₆ O	-114	78	
Propan-1-ol	C ₃ H ₈ O	-124	97	<i>n</i> -propanol
Propan-2-ol	C ₃ H ₈ O	-88	82	Isopropanol
Butan-1-ol	C ₄ H ₁₀ O	-89	118	<i>n</i> -butanol
Butan-2-ol	C ₄ H ₁₀ O	-89	100	sec-butanol
2-Metylpropan-1-ol	C ₄ H ₁₀ O	-108	108	Isobutanol
2-Metylpropan-2-ol	C ₄ H ₁₀ O	26	82	tert-butanol
Pentan-1-ol	C ₅ H ₁₂ O	-78	138	<i>n</i> -pentanol, amylalkohol
Pentan-2-ol	C ₅ H ₁₂ O	-73	119	sec-amylalkohol
Pentan-3-ol	C ₅ H ₁₂ O	-69	116	Dietylkarbinol
Heksan-1-ol	C ₆ H ₁₄ O	-47	158	Kapronalkohol, <i>n</i> -heksanol
Heksan-2-ol	C ₆ H ₁₄ O		140	
Heksan-3-ol	C ₆ H ₁₄ O		135	
Sykloheksanol	C ₆ H ₁₂ O	26	161	
Etan-1,2-diol	C ₂ H ₆ O ₂	-13	197	Etylenglykol
Propan-1,2,3-triol	C ₃ H ₈ O ₃	18	290	Glyserol, inngår i fettarten triglyserid
KARBONYLFORBINDELSER				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Metanal	CH ₂ O	-92	-19	Formaldehyd
Etanal	C ₂ H ₄ O	-123	20	Acetaldehyd
Fenylmetanal	C ₇ H ₆ O	-57	179	Benzaldehyd
Propanal	C ₃ H ₆ O	-80	48	Propionaldehyd
2-Metylpropanal	C ₄ H ₈ O	-65	65	
Butanal	C ₄ H ₈ O	-97	75	
Propanon	C ₃ H ₆ O	-95	56	Aceton
Butanon	C ₄ H ₈ O	-87	80	Metyletylketon
3-Metylbutan-2-on	C ₅ H ₁₀ O	-93	94	Metylisopropylketon
Pentan-2-on	C ₅ H ₁₀ O	-77	102	Metylpropylketon
Pentan-3-on	C ₅ H ₁₀ O	-39	102	Dietylketon

ORGANISKE SYRER				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Metansyre	CH ₂ O ₂	8	101	Mausyre, pK _a = 3,75
Etansyre	C ₂ H ₄ O ₂	17	118	Eddiksyre, pK _a = 4,76
Propansyre	C ₃ H ₆ O ₂	-21	141	Propionsyre, pK _a = 4,87
2-Metylpropansyre	C ₄ H ₈ O ₂	-46	154	pK _a = 4,84
2-Hydroksypropansyre	C ₃ H ₆ O ₃		122	Melkesyre, pK _a = 3,86
3-Hydroksypropansyre	C ₃ H ₆ O ₃			Dekomponerer ved oppvarming, pK _a = 4,51
Butansyre	C ₄ H ₈ O ₂	-5	164	Smørsyre, pK _a = 4,83
Pentansyre	C ₅ H ₁₀ O ₂	-34	186	Valeriansyre, pK _a = 4,83
Etandisyre	C ₂ H ₂ O ₄			Oksalsyre, pK _{a1} = 1,25, pK _{a2} = 3,81
Propandisyre	C ₃ H ₄ O ₄			Malonsyre, pK _{a1} = 2,85, pK _{a2} = 5,70
Askorbinsyre	C ₆ H ₈ O ₆	190-192		pK _{a1} = 4,17, pK _{a2} = 11,6
Benzosyre	C ₇ H ₆ O ₂	122	250	
ESTERE				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Benzyletanat	C ₉ H ₁₀ O ₂	-51	213	Benzylacetat, lukter pære og jordbær
Butylbutanat	C ₈ H ₁₆ O ₂	-92	166	Lukter ananas
Etylbutanat	C ₆ H ₁₂ O ₂	-98	121	Lukter banan, ananas og jordbær
Etyletanat	C ₄ H ₈ O ₂	-84	77	Etylacetat, løsemiddel
Etylheptanat	C ₉ H ₁₈ O ₂	-66	187	Lukter aprikos og kirsebær
Etylmetanat	C ₃ H ₆ O ₂	-80	54	Lukter rom og sitron
Etylpentanat	C ₇ H ₁₄ O ₂	-91	146	Lukter eple
Metylbutanat	C ₅ H ₁₀ O ₂	-86	103	Lukter eple og ananas
Oktyletanat	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	-39	210	Lukter appelsin
Pentylpentanat	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	-79	204	Lukter eple

ORGANISKE FORBINDELSER MED NITROGEN				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Metylamin	CH ₅ N	-94	-6	pK _b = 3,34
Dimetylamin	C ₂ H ₇ N	-92	7	pK _b = 3,27
Trimetylamin	C ₃ H ₉ N	-117	2,87	pK _b = 4,20
Etylamin	C ₂ H ₇ N	-81	17	pK _b = 3,35
Dietylamin	C ₄ H ₁₁ N	-28	312	pK _b = 3,16
ORGANISKE FORBINDELSER MED HALOGEN				
Navn	Formel	Smeltepunkt (°C)	Kokepunkt (°C)	Diverse
Klormetan	CH ₃ Cl	-98	-24	Metylklorid
Diklormetan	CH ₂ Cl ₂	-98	40	Metylenklorid, mye brukt som løsemiddel
Triklormetan	CHCl ₃	-63	61	Kloroform
Tetraklormetan	CCl ₄	-23	77	Karbontetraklorid
Kloreten	C ₂ H ₃ Cl	-154	-14	Vinylklorid, monomeren i polymeren PVC

Kilder

Kilder til oppgaver

Figurene 1, 2, 3, 4 og figuren i oppgave 3 er alle laget ved hjelp av BioRender.

Kilder til tabellvedlegg

Chemical Safety in Science Education (2023, 25. april). *Hva er grønn kjemi?*

<https://chesse.org/no/gronn-kjemi/hva-er-gronn-kjemi/>

Ester. (u.å.). I *Wikipedia*. Hentet 10. september 2013 fra <https://en.wikipedia.org/wiki/Ester>

Linstrom, P. J. & Mallard, W. G. (Red.). *NIST Chemistry WebBook: NIST Standard Reference Database Number 69*, National Institute of Standards and Technology.

<https://doi.org/10.18434/T4D303>

Prohaska, T., Irrgeher, J., Benefield, J., Böhlke, J., Chesson, L., Coplen, T., Ding, T., Dunn, P., Gröning, M., Holden, N., Meijer, H., Moossen, H., Possolo, A., Takahashi, Y., Vogl, J., Walczyk, T., Wang, J., Wieser, M., Yoneda, S., ... Meija, J. (2022). Standard atomic weights of the elements 2021 (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 94(5), 573–600.

<https://doi.org/10.1515/pac-2019-0603>

National Institute of Standards and Technology (u.å.). *IUPAC-NIST Solubility Database*. Hentet 3. januar 2024 fra https://srdata.nist.gov/solubility/version_his.aspx

Royal Society of Chemistry. (u.å.). *Periodic Table*. Hentet 15. januar 2015 fra <https://periodic-table.rsc.org/>

Rumble, J. R. (Red.). (2022). *Handbook of Chemistry and Physics* (103. utgave). CRC Press. Hentet 12. oktober 2022 fra <http://hbcpc.chemnetbase.com/>

Steen, B.-G. (2009). *Gyldendals tabeller og formler i kjemi: Kjemi 1 og kjemi 2*. Gyldendal.

The University of Rhode Island. (u.å.). *Formation Constants for Complex Ions at 25 °C*. Hentet 3. desember 2013 fra <https://www.chm.uri.edu/weuler/chm112/refmater/Kftable.html>

Kandidatnummer: _____

Svarark nr. 1 av totalt _____ på del 1

Svar oppgåve 1 / oppgave 1

Oppgåve 1 /	Skriv eitt av svaralternativa A, B, C eller D her: /
Oppgave 1	Skriv ett av svaralternativene A, B, C eller D her:
a)	
b)	
c)	
d)	
e)	
f)	
g)	
h)	
i)	
j)	
k)	
l)	

Svar oppgåve 2 / oppgave 2

Oppgåve 2 / Oppgave 2		Set eitt kryss for rett eller feil ved kvar påstandsoppgåve /	
		Sett ett kryss for rett eller feil ved hver påstandsoppgave:	
2a		Rett	Feil
	I		
	II		
	III		
2b	IV		
		Rett	Feil
	I		
	II		
	III		
	IV		

Vedlegg 2 skal leverast kl. 11.00 saman med svaret på oppgåve 3, 4 og 5. /
Vedlegg 2 skal leveres kl. 11.00 sammen med svaret på oppgave 3, 4 og 5.

Tips til deg som akkurat har fått eksamensoppgåva:

- Start med å lese oppgaveinstruksen godt.
- Hugs å føre opp kjeldene i svaret ditt dersom du bruker kjelder.
- Les gjennom det du har skrive, før du leverer.
- Bruk tida. Det er lurt å drikke og ete undervegs.

Lykke til!

Tips til deg som akkurat har fått eksamensoppgaven:

- Start med å lese oppgaveinstruksen godt.
- Husk å føre opp kildene i svaret ditt hvis du bruker kilder.
- Les gjennom det du har skrevet, før du leverer.
- Bruk tiden. Det er lurt å drikke og spise underveis.

Lykke til!