

Eksamen

22.05.2025

REA3046 Kjemi 2



Se eksamenstips på baksiden!

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.
Tillatne hjelpemiddel under eksamen	Del 1: skrivesaker, passar, linjal og vinkelmålar Del 2: Alle hjelpemiddel er lov, bortsett frå opent internett og andre verktøy som gjer det mogleg å kommunisere, som mobiltelefon, programvare for samskriving, chat eller liknande. Du har ikkje lov til å bruke kunstig intelligens som hjelpemiddel under eksamen.
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 formalar i kjemi – 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 bakarst 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	Del 1 tel omtrent 40 prosent, og del 2 tel omtrent 60 prosent av heile settet. Vektinga tilsvareer omtrent tidsbruken. På del 1 er forventa tidsbruk på oppgåve 1, 2 og 3 til saman 1 time og på oppgåve 4 og 5 til saman 1 time. 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. Alle oppgåvene med unntak av oppgåve 1 og 2 vil krevje grunngiving av svaret. 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. Sjå eksamensrettleiinga på nettsidene til Utdanningsdirektoratet.
Kjelder	Sjå kjeldeliste på side 58. Andre grafar, bilete og figurar: Utdanningsdirektoratet.

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) Syrer og basar

Ei løysning har pH 4,2. Kva for eit av stoffa eignar seg til å senke pH i løysninga?

- A natriumhydroksid, NaOH
- B sitronsyre, $\text{C}_3\text{H}_4(\text{OH})(\text{COOH})_3$
- C natriumsulfat, Na_2SO_4
- D natriumhydrogenkarbonat, NaHCO_3

b) Buffer

Kva for ei blanding gir ein buffer med størst mogleg bufferkapasitet mot syre?

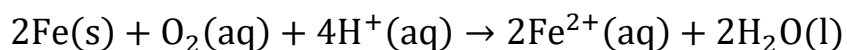
- A 1,2 mol CH_3COOH og 0,80 mol CH_3COO^-
- B 1,0 mol HCl og 4,0 mol NaOH
- C 3,0 mol CH_3COOH og 0,30 mol CH_3COO^-
- D 0,80 mol CH_3COOH og 1,2 mol CH_3COO^-

c) Oksidasjonstal

Kva er oksidasjonstalet til krom i $\text{LiCr}(\text{SO}_4)_2$?

- A -I
- B +I
- C +III
- D +IV

d) Redoksreaksjonar

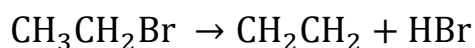


Kva for ein påstand om reaksjonen er rett?

- A Oksygen blir oksidert.
- B Hydrogen blir redusert.
- C Reaksjonslikninga er ikkje balansert.
- D Jern er reduksjonsmiddelet.

e) Utbytte

Brometan reagerer i ein eliminasjonsreaksjon og gir eten og hydrogenbromid, slik reaksjonslikninga viser:



1,0 mol (109 g) brometan reagerte. Utbyttet av HBr var 10%.

Omtrent kor mange gram HBr blei danna?

- A 3 g
- B 8 g
- C 11 g
- D 73 g

f) Separasjonsmetodar

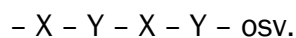
Kva for ein metode vil eigne seg best for å separere metanol frå ei blanding av metanol og vatn?

- A omkrystallisering
- B destillasjon
- C ekstraksjon
- D filtrering

g) Polymerar

Ein polymer er bygd opp av to ulike monomerar, X og Y.

I polymeren er X og Y bundne saman slik:



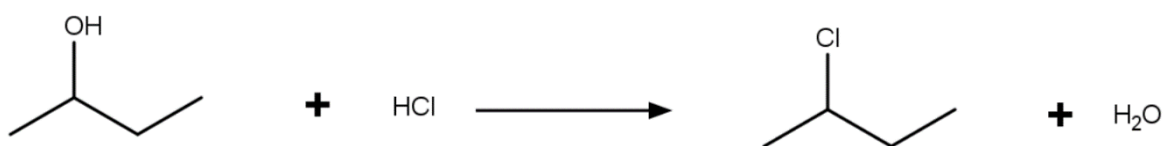
Polymeren er ein kondensasjonspolymer.

Kva kan Y vere når X er $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$?

- A $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
- B $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CHCl}$
- C $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
- D $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$

h) Organiske reaksjonstypar

Kva slags reaksjonstype er vist i figur 1?

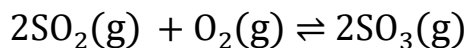


Figur 1. Reaksjon.

- A substitusjonsreaksjon
- B addisjonsreaksjon
- C eliminasjonsreaksjon
- D kondensasjonsreaksjon

i) Likevekt

Ein behaldar blir tilsett svoveldioksid, SO_2 , oksyngengass, O_2 , og svoveltrioksid, SO_3 . Ved start er konsentrasjonen av alle gassane i behaldaren 1,0 mol/L og temperaturen 500 °C.



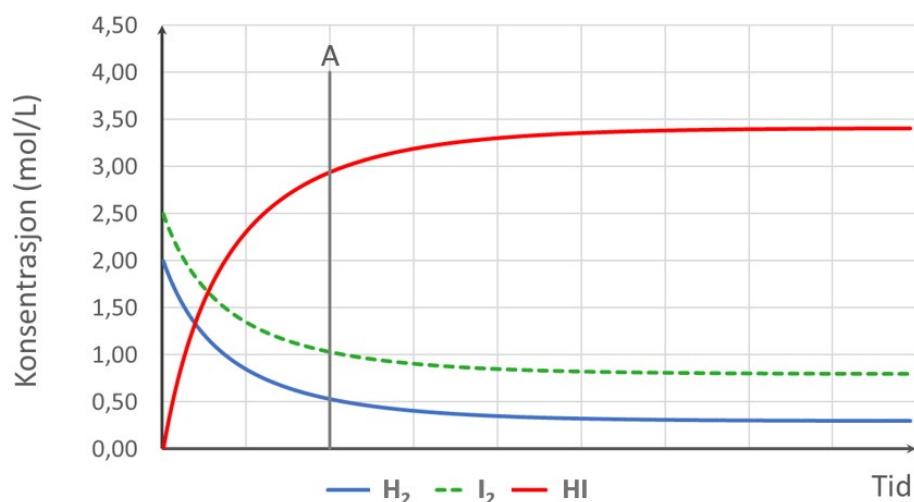
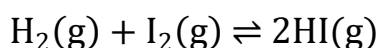
Ved denne temperaturen er likevektskonstanten $K = 4,0$.

Kva for ein påstand er rett for systemet?

- A $Q > K$
- B Reaksjonsfarten er størst mot venstre.
- C Konsentrasjonen av reaktantane vil minke.
- D Konsentrasjonen av SO_3 vil minke.

j) Likevekt

Hydrogengass, $\text{H}_2(\text{g})$, og jodgass, $\text{I}_2(\text{g})$, blir førte inn i ein tom behaldar, og denne reaksjonen skjer:



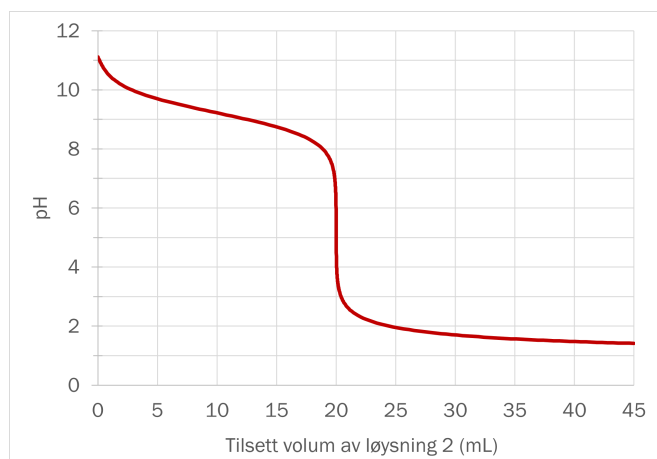
Figur 2. Endringar av gasskonsentrasjon.

Figur 2 viser korleis konsentrasjonane endrar seg fram til det innstiller seg ei likevekt.

Kva for ein påstand er rett?

- A Likevektskonstanten, K , for reaksjonen er mindre enn 1 ($K < 1$).
- B Ved likevekt er $[\text{HI}] = [\text{I}_2]$ i behaldaren.
- C Ved starten av reaksjonen er $[\text{H}_2]$ større enn $[\text{I}_2]$ i behaldaren.
- D Ved tida A er reaksjonsfarta mot høgre større enn reaksjonsfarta mot venstre.

k) Buffer



Figur 3. Titrerkurve.

Ei titrering startar ved at 20,0 mL av løysning 1 med ukjend konsentrasjon blir pipetttert over i ein erlenmeyerkolbe. Figur 3 viser korleis pH-verdien i løysninga endrar seg når løysning 2 blir tilsett frå byretten.

Stoffa i løysningane 1 og 2 reagerer i forholdet 1 : 1.

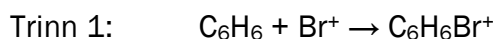
Kva for ein påstand er rett?

- A Løysning 1 i erlenmeyerkolben er ei svak syre.
- B Løysning 1 i erlenmeyerkolben er ein sterk base.
- C Undervegs i titreringa blir det danna ein buffer med bufferområde frå pH 4 til 6.
- D Konsentrasjonane i løysning 1 og 2 er like.

l) Katalysator

Brombenzen kan framstillast frå benzen og brom. FeBr_3 er katalysator i reaksjonen. FeBr_3 reagerer først med brom, Br_2 , og dannar kompleksjonen $[\text{FeBr}_4]^-$ og Br^+ .

Reaksjonen skjer deretter i to trinn:



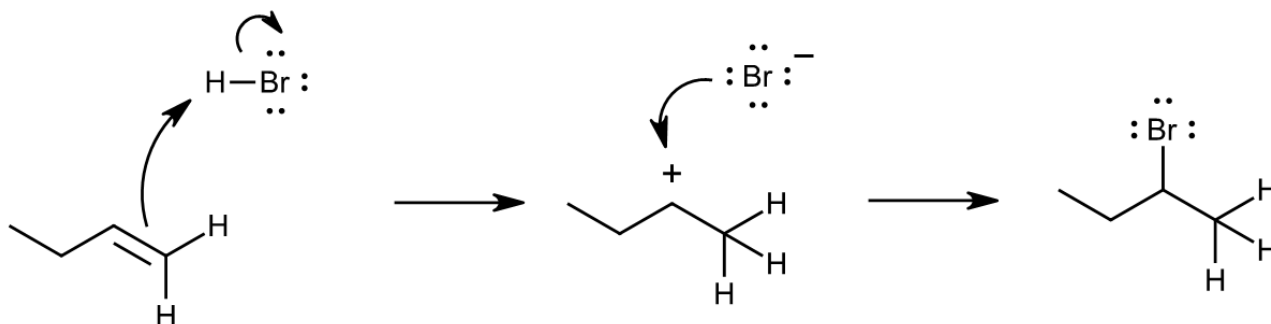
Kva for ein påstand er rett?

- A Br^+ er ein nukleofil i denne reaksjonen.
- B Reaksjonen er ein addisjonsreaksjon.
- C Danninga av Br^+ er ein redoksreaksjon.
- D Katalysatoren blir danna på nytt i trinn 1.

Oppgave 2 Rett/feil-oppgåver

a) Organisk reaksjon

Figur 4 viser ein reaksjonsmekanisme der but-1-en reagerer med HBr og danner 2-brombutan.



Figur 4. Reaksjonsmekanisme.

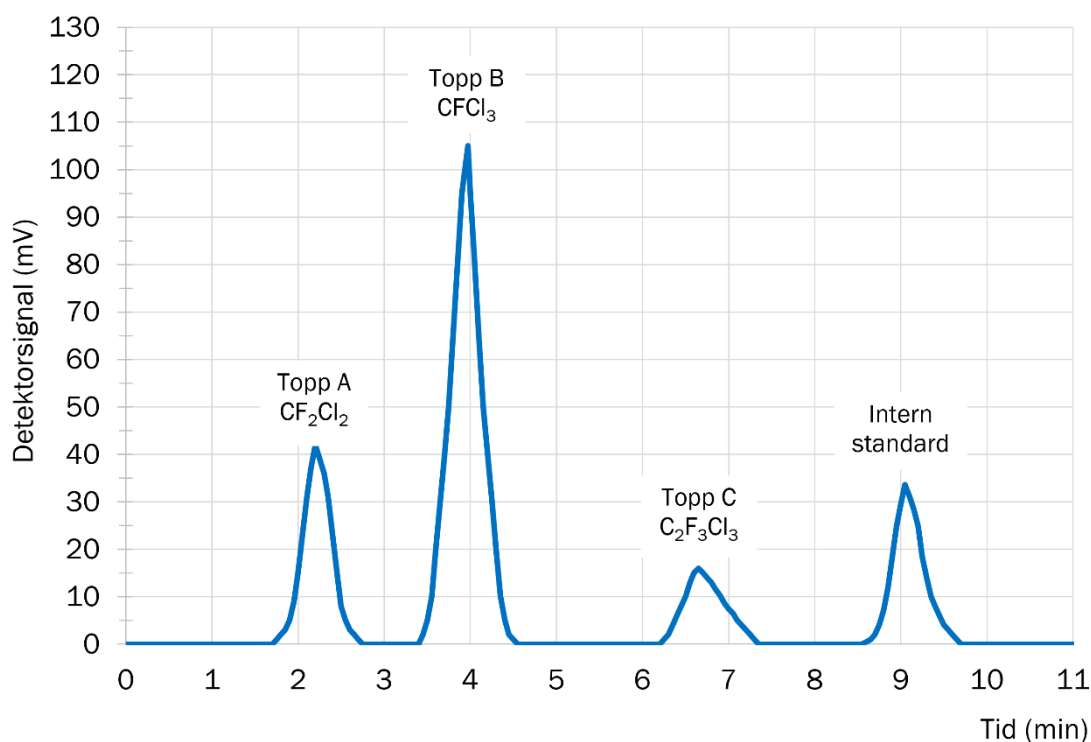
Vurder om påstandane er rett eller feil, og kryss av på svararket.

- I Reaksjonen er ein substitusjonsreaksjon.
- II Produktet som blir danna i reaksjonen, er i samsvar med Markovnikovs regel.
- III Bromid, Br⁻, er ein nukleofil.
- IV Det blir danna eit karbokation undervegs i reaksjonen.

b) Kromatografi

KFK-gassar er hydrokarbon der eitt eller fleire hydrogenatom er bytte ut med klor- eller fluoratom. Etter 1995 har det ikkje vore lov å bruke desse gassane fordi dei bryt ned ozon i atmosfæren.

Figur 5 viser gasskromatogrammet der ei luftprøve er analysert for KFK-gassar. Gassane er separerte etter kokepunkt.

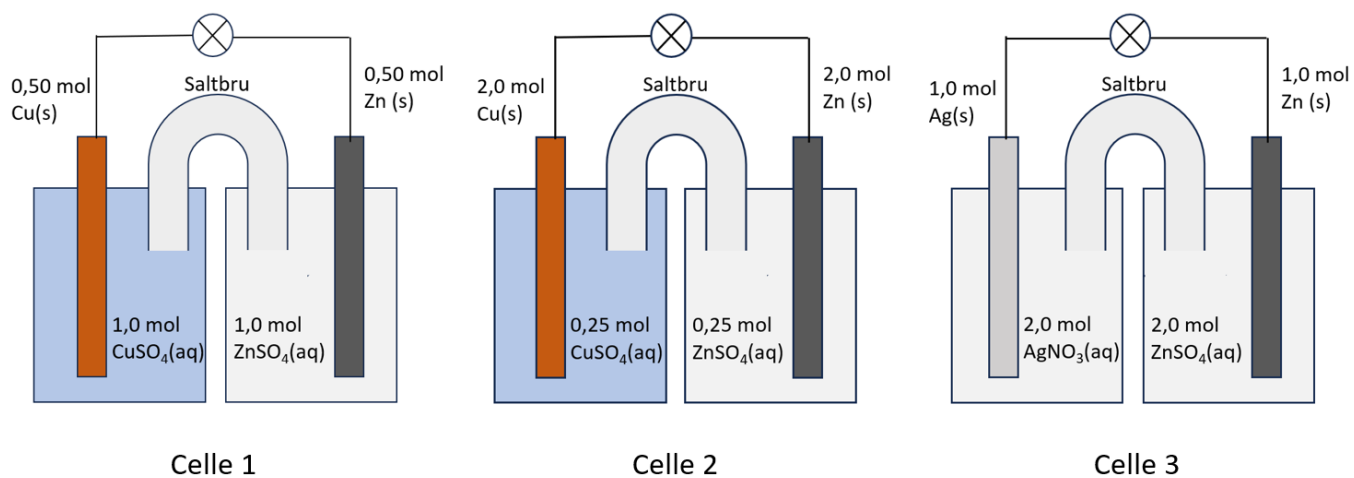


Figur 5. Gasskromatogram.

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

- I $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ (topp C) har lågast kokepunkt.
- II Det er høgast konsentrasjon av $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ (topp C) i luftprøva.
- III CF_2Cl_2 (topp A) har kortast retensjonstid.
- IV Den interne standarden gjer det mogleg å bestemme konsentrasjonane av gassane.

Oppgave 3

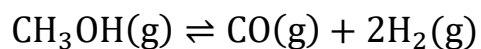


Figur 6. Skisse av tre ulike galvaniske celler.

- Skriv halvreaksjonar og totalreaksjonar for det som skjer i celle 2 og 3.
- Ranger cellene etter aukande batterikapasitet. Grunngi svaret ditt kort.

Oppgåve 4

Metanol, CH_3OH , kan brukast til å lage syntesegass, ei blanding av karbonmonoksid, CO , og hydrogen, H_2 , som vist i reaksjonslikninga nedanfor.



Til ein lukka behaldar på 1,0 L blei det tilsett 4,0 mol metanol. Det innstiller seg ei likevekt og då har det blitt danna 4,0 mol $\text{H}_2(\text{g})$.

a) Kva er konsentrasjonen av gassane ved likevekt?

b)

i. Skriv opp uttrykket for likevektkonstanten K .

ii. Rekn ut K ved likevekt.

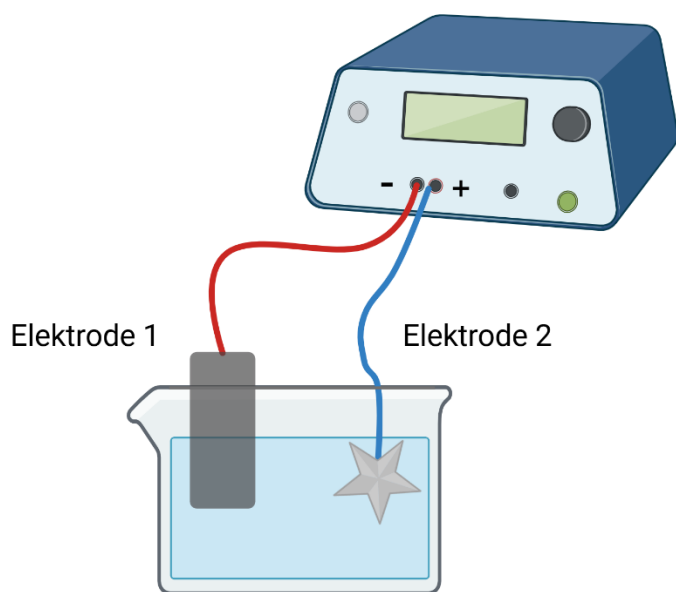
c) Entalpiendringa for reaksjonen er +95 kJ/mol.

Vurder om utbyttet av syntesegass vil endrast dersom temperaturen aukar.

Oppgåve 5

Aluminium, Al, har naturleg eit tynt oksidlag, Al_2O_3 , som vernar metallet mot korrosjon. Dette laget kan gjerast end  tjukkare i ein prosess som blir kalla eloksering, noko som bidreg til at metallet blir end  betre verna mot korrosjon og mekanisk slitasje.

Eloksering skjer ved elektrolyse i ei svovelsyrel ysning, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, der gjenstanden av aluminium er ein av elektrodane.



Figur 7. Eloksering av aluminiumsgjenstand, $\text{Al}(\text{s})$.

Reaksjonslikningane for prosessen står nedanfor. Dei er skrivne riktig veg.

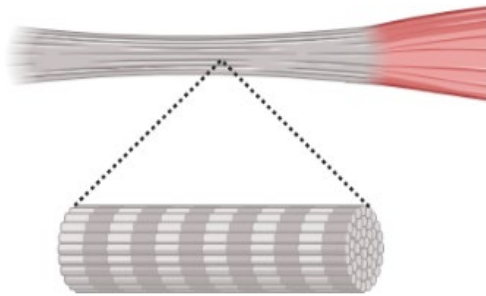
1. $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$
2. $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
3. $2\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$

- a) Bestem kva som blir oksidert og redusert i desse reaksjonane.
- b) Forklar kvar i elektrolysekarret dei ulike reaksjonane skjer.

Del 2

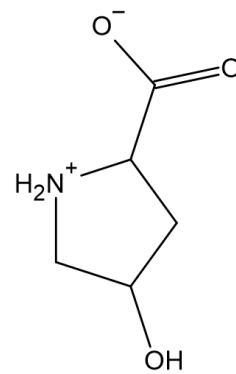
Oppgave 6

Kollagen er det vanligste proteinet hos menneske, og vi finn det blant anna i musklar, hud, brusk og skjelett. Kollagen er eit langstrekt, fiberdannande protein. Det er bygd opp av tre alfaheliksar som blir haldne saman med hydrogenbindingar. Dei vanligaste aminosyrene i kollagen er glysin, prolin og hydroksyprolin.



Figur 8.

Utsnitt av ei muskelsene bygd opp av buntar av kollagenfibrar som ligg tett i tett.



Figur 9.

Hydroksyprolin



Figur 10.

Skisse av trippelheliksen som utgjer kollagen.

- a) Teikn strukturformelen til eit dipeptid som består av glysin og prolin.
- b) Aminosyra hydroksyprolin blir danna ved at enzym koplar ei hydroksygruppe på karbon 4 i aminosyra prolin. Dette skjer etter at resten av polypeptidkjeda er danna.

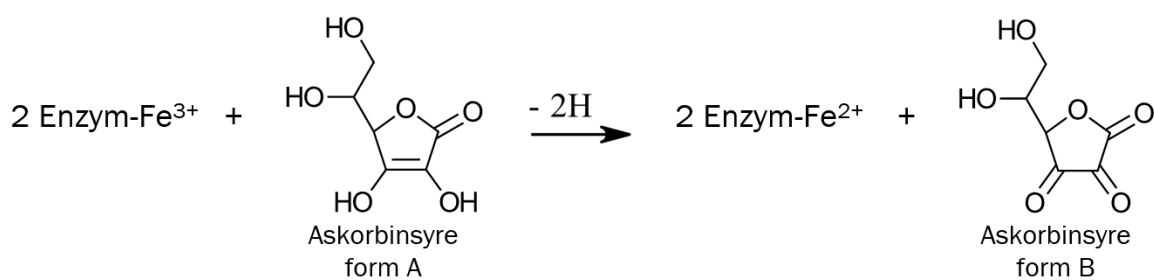
Forklar kvifor omdanninga av prolin til hydroksyprolin er viktig for styrken til kollagen.

- c) Enzymet som katalyserer danninga av hydroksyprolin, har eit jern(II)ion, Fe^{2+} , i det aktive setet og er avhengig av askorbinsyre (C-vitamin) som koenzym. Reaksjonane som skjer, er:

Reaksjon 1:



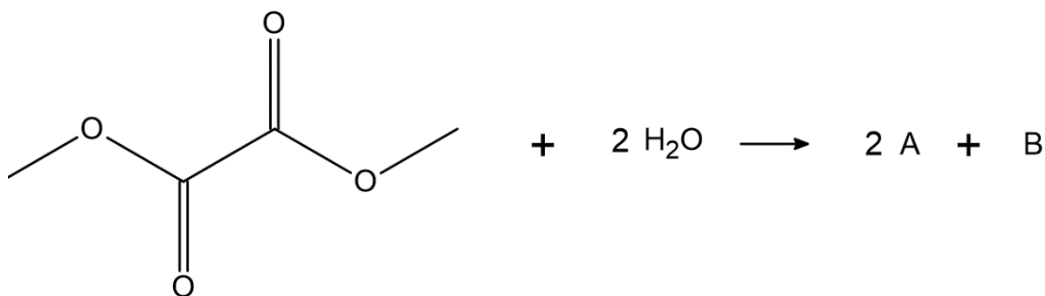
Reaksjon 2:



- i. Vurder kva for ein reaksjonstype askorbinsyre deltek i.
- ii. Forklar kvifor askorbinsyre er viktig for danninga av hydroksyprolin.

Oppgåve 7

Oksalsyre er ei naturleg syre som blant anna gjer at rabarbra smaker surt. Industrielt blir oksalsyre framstilt i ein syntese i fleire trinn. Figur 11 viser reaktantane i siste syntesetrinn.



Figur 11. Siste trinn i syntese av oksalsyre.

- a)
- Skriv strukturformlar for produkta A og B.
 - Kva for ein reaksjonstype er dette?
- b) Kva blir pH i ei 0,25 mol/L løysning av oksalsyre? Ta berre omsyn til første protolysetrinn.
- c) Du skal lage 500 mL av ein buffer med pH 4,0.
Den sure komponenten skal ha ein konsentrasjon på 0,0800 mol/L.
- Du har tilgang til desse stoffa:
- fast natriumoksalat, $\text{Na}_2(\text{COO})_2$ (s)
 - fast natriumhydroksid, NaOH (s)
 - konsentrert saltsyre, 12,0 mol/L HCl (aq)
- Kva for nokre av desse stoffa kan brukast til   lage bufferen? Grunngi svaret ditt.
 - Berekn kor mykje du treng av desse stoffa for   lage bufferen. Oppgi mengdene i gram og/eller liter.

Oppgåve 8

Ei kjemiklasse vil undersøkje korleis l ysingsevna til saltet natriumsulfat, Na_2SO_4 , endrar seg med temperatur. For dei fleste salt aukar l ysingsevna når temperaturen aukar. Elevane har derfor følgjande hypotese:

«L ysingsevna til Na_2SO_4 i vatn aukar når temperaturen aukar.»

Elevane blir delte i seks grupper, der kvar gruppe skal finne l ysingsevna ved  in temperatur. For   undersøkje om hypotesen er rett, følgjer elevane denne prosedyren:

1. Tilset 100,0 mL vatn til eit begerglas. Ha ein magnet og eit termometer i begerglaset og set det i eit vassbad på ein magnetr rar. Pass på at løysninga og vassbadet har stabil temperatur gjennom heile forsøket.
2. Veg opp ca. 1 g vassfritt $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ og noter nøyaktig masse. Tilset saltet i begerglaset og vent til det er heilt l yst. Hald fram med   tilsetje porsjonar på ca. 1 g $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ til saltet ikkje løyser seg i løpet av 2 minutt.
3. Mål temperaturen i løysninga og noter verdien i ein tabell. Noter  g den totale massen av saltet som løyste seg. Ikkje rekn med den porsjonen som ikkje løyste seg.

Resultata til alle gruppene er vist i tabell 1.

Tabell 1. Masse Na_2SO_4 l yst i 100,0 mL vatn ved ulike temperaturar.

Temperatur i �C	2,5	11	25	36	80	90
Oppløyst masse Na_2SO_4 i g	5,8	12,1	25,8	46,3	42,3	41,1

- a) Bruk dataa i tabellen til   vurdere om hypotesen er rett.
- b) Vurder om elevane har tilstrekkeleg grunnlag til   bestemme nøyaktig ved kva for ein temperatur saltet har høgast l ysingsevne.
- c) Ei anna gruppe elevar, som gjorde same forsøk, hadde først tilsett 1,1 g Na_2SO_4 til 100,0 mL vatn ved 22  C. Ved eit uhell tilsette dei så 1,2 g fast sølvnitrat, AgNO_3 , i staden for Na_2SO_4 til begerglaset.

Vurder om det blei felling i begerglaset.

Oppgave 9

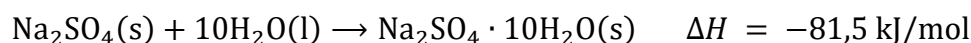
Vassfritt natriumsulfat, Na_2SO_4 , har stor evne til å absorbere vatn og blir brukt i industrien til å fjerne fukt frå legemiddel. Som tørkemiddel er sambindinga òg verdifull i produksjon av papir, tekstil og næringsmiddel. Saltet kan produserast gjennom ulike reaksjonar, sjå tabell 2.

Tabell 2. Danning av vassfritt natriumsulfat.

	Reaksjonsentalpi ΔH (kJ/mol)
$2\text{NaCl(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(l)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)} + 2\text{HCl(g)}$	67,3
$4\text{NaCl(s)} + 2\text{SO}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} + 2\text{H}_2\text{O(g)} \rightarrow 4\text{HCl(g)} + 2\text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)}$	-416,2
$2\text{Na(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(l)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)} + \text{H}_2\text{(g)}$	-570,5
$2\text{NaOH(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(l)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)} + 2\text{H}_2\text{O(g)}$	-202,9

Natriumsulfat-dekahydrat, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, kan brukast til å lagre solenergi. $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ dekomponerer allereie ved 32,4 °C. Oppvarminga kan skje ved hjelp av solvarme.

Når temperaturen søkk under 32,4 °C, vil stoffet krystallisere tilbake til $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O(s)}$:



Skriv ein kjemifagleg tekst som tek utgangspunkt i informasjonen om natriumsulfat i teksten og tabell 2 og 3. Du skal bruke kjemikompentansen din til å gjere greie for og drøfte eitt eller fleire av punkta nedanfor:

- Forklar korleis bruk av Na_2SO_4 kan bidra til å auke reinleiken i syntesar og produkt. Ta gjerne utgangspunkt i forsøk du sjølv har gjort.
- Gjer nødvendige berekningar, og finn Gibbs' fri energi, ΔG , når 1,0 kg av saltet $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ krystalliserer.
- Ta for deg to eller fleire av reaksjonslikningane i tabell 2. Gjer nødvendige berekningar, og vurder korleis temperaturen påverkar spontaniteten til reaksjonane.
- Diskuter dei ulike produksjonsmetodane av saltet med omsyn til atomeffektivitet, risiko og eventuelt andre relevante 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 og ikkje lengda på teksten som blir vurdert.

Tabell 3. Andre relevante data ved $T = 298 \text{ K}$.

Stoff	Nokre faresymbol (piktogram)	ΔH_f° kJ/mol	S° J/(K · mol)
NaCl(s)		-411,2	72,1
H ₂ SO ₄ (l)	 	-814,0	156,9
Na ₂ SO ₄ (s)		-1384,5	149,6
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O (s)		-4324,0	592,9
HCl(g)	 	-92,3	186,9
SO ₂ (g)	 	-296,8	248,2
O ₂ (g)		0,0	205,2
H ₂ O(g)		-241,8	188,8
H ₂ O(l)		-285,8	70,0
Na(s)	 	0,0	51,4
H ₂ (g)		0,0	130,7
NaOH(s)	 	-425,6	64,4

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.
Tillatte hjelpemidler under eksamen	Del 1: skrivesaker, passer, linjal og vinkelmåler Del 2: Alle hjelpemidler er tillatt, bortsett fra åpent internett og andre verktøy som gjør det mulig å kommunisere, som mobiltelefon, programvare for samskriving, chat eller lignende. Du har ikke lov til å bruke kunstig intelligens som hjelpemiddel under eksamen.
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 kjemi – 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.

Vurdering og vekting	Del 1 teller omtrent 40 prosent, og del 2 teller omtrent 60 prosent av hele settet. Vektingen tilsvarer omtrent tidsbruken. 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. 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. Alle oppgaver med unntak av oppgave 1 og 2 vil kreve begrunnelse av svaret. 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. Se eksamensveiledningen på Utdanningsdirektoratets nettsider.
Kilder	Se kildeliste på side 58. Andre grafer, bilder og figurer: Utdanningsdirektoratet.

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) Syrer og baser

En løsning har pH 4,2. Hvilket av stoffene egner seg til å senke pH i løsningen?

- A natriumhydroksid, NaOH
- B sitronsyre, $\text{C}_3\text{H}_4(\text{OH})(\text{COOH})_3$
- C natriumsulfat, Na_2SO_4
- D natriumhydrogenkarbonat, NaHCO_3

b) Buffer

Hvilken blanding gir en buffer med størst mulig bufferkapasitet mot syre?

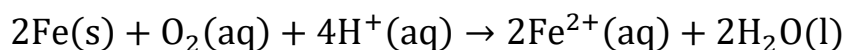
- A 1,2 mol CH_3COOH og 0,80 mol CH_3COO^-
- B 1,0 mol HCl og 4,0 mol NaOH
- C 3,0 mol CH_3COOH og 0,30 mol CH_3COO^-
- D 0,80 mol CH_3COOH og 1,2 mol CH_3COO^-

c) Oksidasjonstall

Hva er oksidasjonstallet til krom i $\text{LiCr}(\text{SO}_4)_2$?

- A -I
- B +I
- C +III
- D +IV

d) Redoksreaksjoner

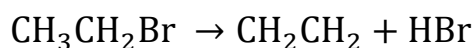


Hvilken påstand om reaksjonen er riktig?

- A Oksygen blir oksidert.
- B Hydrogen blir redusert.
- C Reaksjonsligningen er ikke balansert.
- D Jern er reduksjonsmiddelet.

e) Utbytte

Brometan reagerer i en eliminasjonsreaksjon og gir eten og hydrogenbromid, slik reaksjonsligningen viser:



1,0 mol (109 g) brometan reagerte. Utbyttet av HBr var 10%.

Omtrent hvor mange gram HBr ble dannet?

- A 3 g
- B 8 g
- C 11 g
- D 73 g

f) Separasjonsmetoder

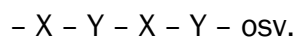
Hvilken metode vil egne seg best for å separere metanol fra en blanding av metanol og vann?

- A omkrystallisering
- B destillasjon
- C ekstraksjon
- D filtrering

g) Polymerer

En polymer er bygget opp av to ulike monomerer, X og Y.

I polymeren er X og Y bundet sammen slik:



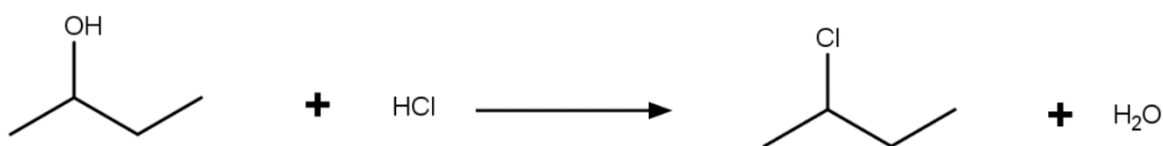
Polymeren er en kondensasjonspolymer.

Hva kan Y være når X er $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$?

- A $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
- B $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CHCl}$
- C $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
- D $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$

h) Organiske reaksjonstyper

Hva slags reaksjonstype er vist i figur 1?

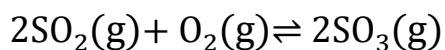


Figur 1. Reaksjon.

- A substitusjonsreaksjon
- B addisjonsreaksjon
- C eliminasjonsreaksjon
- D kondensasjonsreaksjon

i) Likevekt

En beholder tilsettes svoveldioksid, SO_2 , oksyngass, O_2 , og svoveltrioksid, SO_3 . Ved start er konsentrasjonen av alle gassene i beholderen $1,0 \text{ mol/L}$ og temperaturen 500°C .



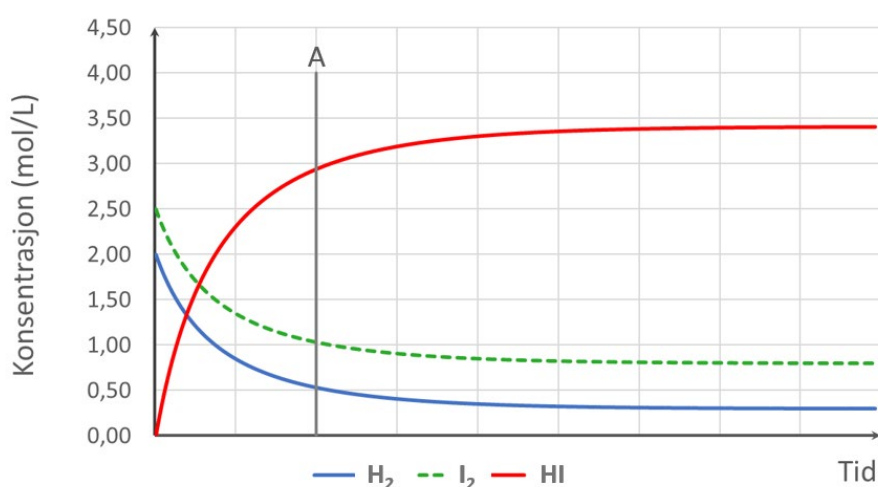
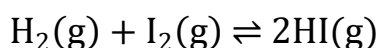
Ved denne temperaturen er likevektskonstanten $K = 4,0$.

Hvilken påstand er riktig for systemet?

- A $Q > K$
- B Reaksjonsfarten er størst mot venstre.
- C Konsentrasjonen av reaktantene vil minke.
- D Konsentrasjonen av SO_3 vil minke.

j) Likevekt

Hydrogengass, $\text{H}_2(\text{g})$, og jodgass, $\text{I}_2(\text{g})$, føres inn i en tom beholder, og denne reaksjonen skjer:



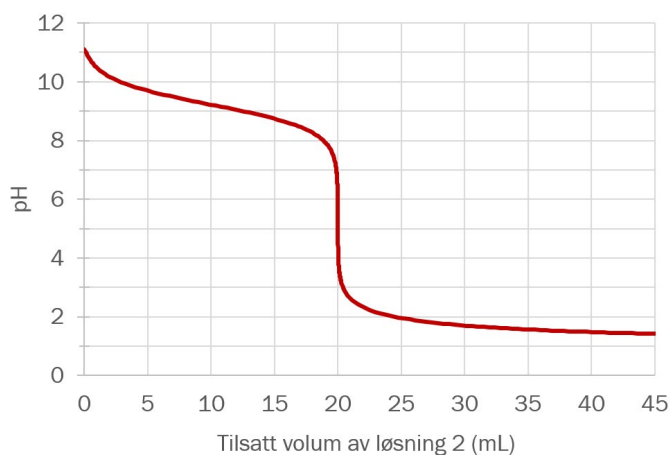
Figur 2. Endringer av gasskonsentrasjon.

Figur 2 viser hvordan konsentrasjonene endrer seg fram til det innstiller seg en likevekt.

Hvilken påstand er riktig?

- A Likevektskonstanten, K , for reaksjonen er mindre enn 1 ($K < 1$).
- B Ved likevekt er $[\text{HI}] = [\text{I}_2]$ i beholderen.
- C Ved starten av reaksjonen er $[\text{H}_2]$ større enn $[\text{I}_2]$ i beholderen.
- D Ved tiden A er reaksjonsfarten mot høyre større enn reaksjonsfarten mot venstre.

k) Buffer



Figur 3. Titrerkurve.

En titrering starter ved at 20,0 mL av løsning 1 med ukjent konsentrasjon pipetteres over i en erlenmeyerkolbe. Figur 3 viser hvordan pH-verdien i løsningen endrer seg når løsning 2 tilsettes fra byretten.

Stoffene i løsningene 1 og 2 reagerer i forholdet 1 : 1.

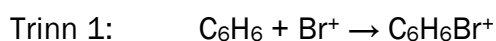
Hvilken påstand er riktig?

- A Løsning 1 i erlenmeyerkolben er en svak syre.
- B Løsning 1 i erlenmeyerkolben er en sterk base.
- C Underveis i titreringen dannes en buffer med bufferområde fra pH 4 til 6.
- D Konsentrasjonene i løsning 1 og 2 er like.

l) Katalysator

Brombenzen kan framstilles fra benzen og brom. FeBr_3 er katalysator i reaksjonen. FeBr_3 reagerer først med brom, Br_2 , og danner kompleksionet $[\text{FeBr}_4]^-$ og Br^+ .

Reaksjonen skjer deretter i to trinn:



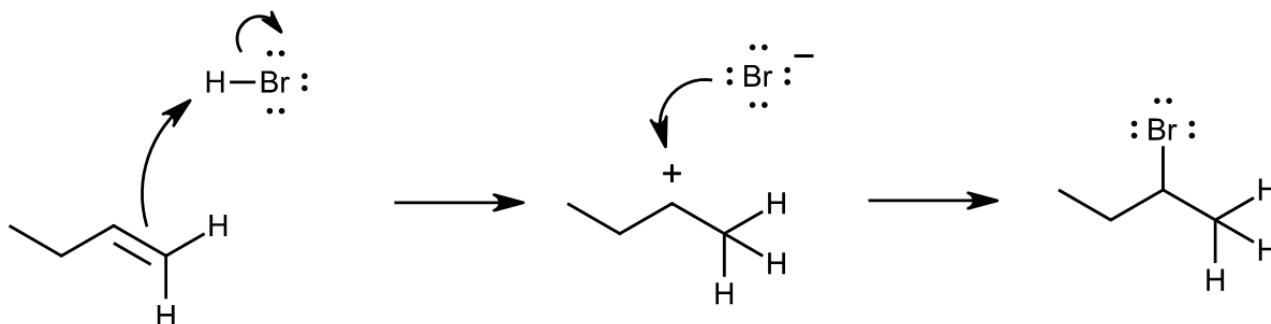
Hvilken påstand er riktig?

- A Br^+ er en nukleofil i denne reaksjonen.
- B Reaksjonen er en addisjonsreaksjon.
- C Dannelsen av Br^+ er en redoksreaksjon.
- D Katalysatoren gjendannes i trinn 1.

Oppgave 2 Rett/feil-oppgaver

a) Organisk reaksjon

Figur 4 viser en reaksjonsmekanisme der but-1-en reagerer med HBr og danner 2-brombutan.



Figur 4. Reaksjonsmekanisme.

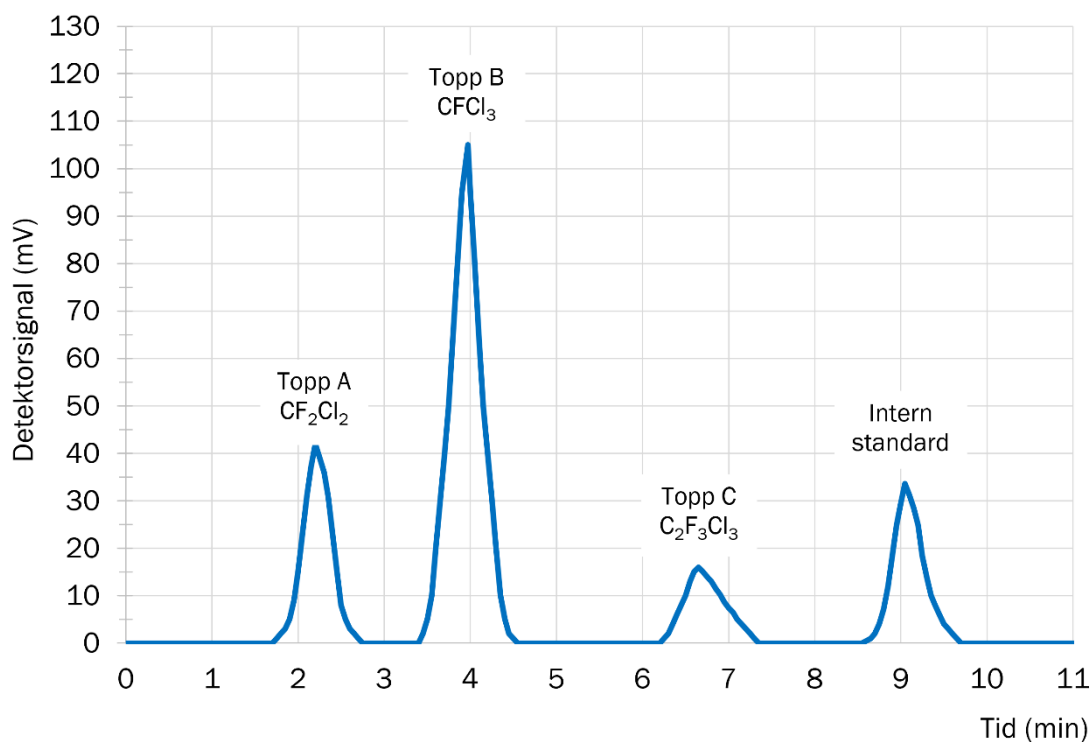
Vurder om påstandene er rett eller feil, og kryss av på svararket.

- I Reaksjonen er en substitusjonsreaksjon.
- II Produktet som dannes i reaksjonen, er i samsvar med Markovnikovs regel.
- III Bromid, Br^- , er en nukleofil.
- IV Det blir dannet et karbokation underveis i reaksjonen.

b) Kromatografi

KFK-gasser er hydrokarboner der ett eller flere hydrogenatomer er byttet ut med klor- eller fluoratomer. Etter 1995 har det ikke vært lov å bruke disse gassene fordi de bryter ned ozon i atmosfæren.

Figur 5 viser gasskromatogrammet der en luftprøve er analysert for KFK-gasser. Gassene er separert etter kokepunkt.

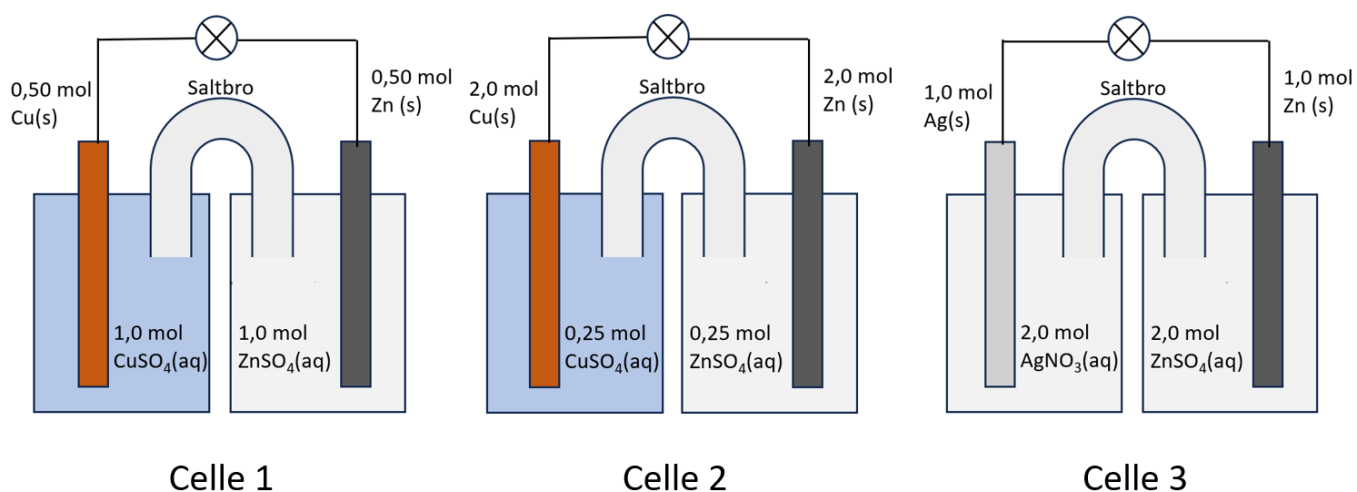


Figur 5. Gasskromatogram.

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

- I C₂F₃Cl₃ (topp C) har lavest kokepunkt.
- II Det er høyest konsentrasjon av C₂F₃Cl₃ (topp C) i luftprøven.
- III CF₂Cl₂ (topp A) har kortest retensjonstid.
- IV Den interne standarden gjør det mulig å bestemme konsentrasjonene av gassene.

Oppgave 3

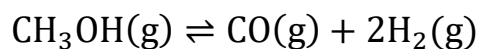


Figur 6. Skisse av tre ulike galvaniske celler.

- Skriv halvreaksjoner og totalreaksjoner for det som skjer i celle 2 og 3.
- Ranger cellene etter økende batterikapasitet. Begrunn svaret ditt kort.

Oppgave 4

Metanol, CH_3OH , kan brukes til å lage syntesegass, en blanding av karbonmonoksid, CO , og hydrogen, H_2 , som vist i reaksjonsligningen nedenfor.



Til en lukket beholder på 1,0 L ble det tilsatt 4,0 mol metanol. Det innstiller seg en likevekt og da har det blitt dannet 4,0 mol $\text{H}_2(\text{g})$.

a) Hva er konsentrasjonen av gassene ved likevekt?

b)

i. Skriv opp uttrykket for likevektkonstanten K .

ii. Regn ut K ved likevekt.

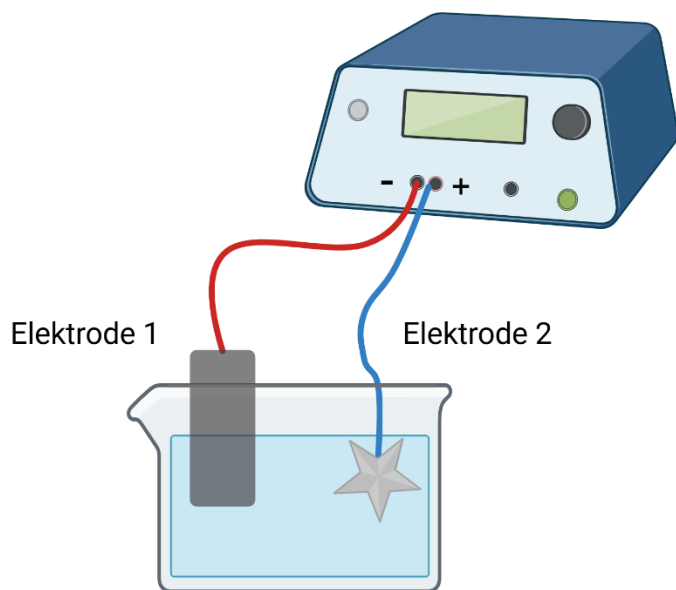
c) Entalpiendringen for reaksjonen er +95 kJ/mol.

Vurder om utbyttet av syntesegass vil endres dersom temperaturen øker.

Oppgave 5

Aluminium, Al, har naturlig et tynt oksidlag, Al_2O_3 , som beskytter metallet mot korrosjon. Dette laget kan gjøres enda tykkere i en prosess som kalles eloksering, noe som bidrar til at metallet blir enda bedre beskyttet mot korrosjon og mekanisk slitasje.

Eloksering skjer ved elektrolyse i en svovelsyreløsning, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, der gjenstanden av aluminium er en av elektrodene.



Figur 7. Eloksering av aluminiumsgjenstand, $\text{Al}(\text{s})$.

Reaksjonsligningene for prosessen står nedenfor. De er skrevet riktig vei.

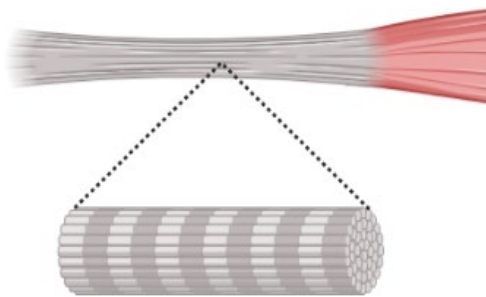
1. $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$
2. $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
3. $2\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$

- a) Bestem hva som blir oksidert og redusert i disse reaksjonene.
- b) Forklar hvor i elektrolysekaret de ulike reaksjonene skjer.

Del 2

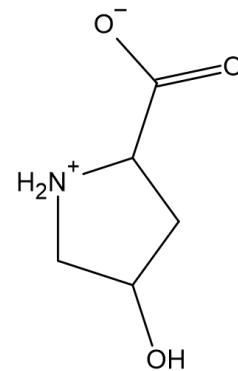
Oppgave 6

Kollagen er det vanligste proteinet hos mennesker, og vi finner det blant annet i muskler, hud, brusk og skjelett. Kollagen er et langstrakt, fiberdannende protein. Det er bygget opp av tre alfahelikser som holdes sammen med hydrogenbindinger. De vanligste aminosyrene i kollagen er glysin, prolin og hydroksyprolin.



Figur 8.

Utsnitt av en muskelsene bygget opp av bunter av kollagenfibre som ligger tett i tett.



Figur 9.

Hydroksyprolin



Figur 10.

Skisse av trippelheliksen som utgjør kollagen.

- a) Tegn strukturformelen til et dipeptid som består av glysin og prolin.
- b) Aminosyren hydroksyprolin dannes ved at enzymer kobler en hydroksygruppe på karbon 4 i aminosyren prolin. Dette skjer etter at resten av polypeptidkjeden er dannet.

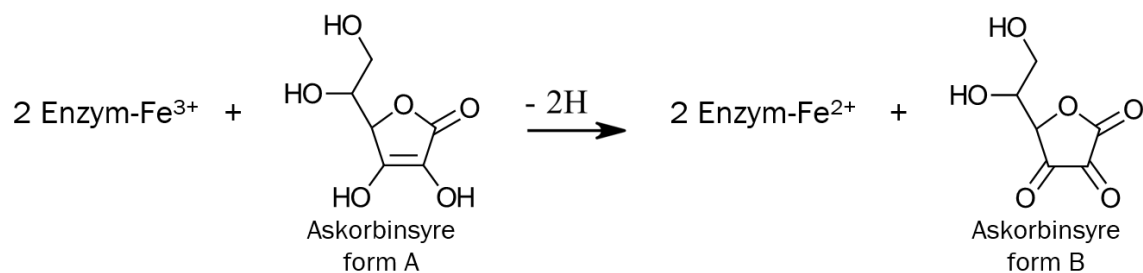
Forklar hvorfor omdannelsen av prolin til hydroksyprolin er viktig for styrken til kollagen.

- c) Enzymet som katalyserer dannelsen av hydroksyprolin, har et jern(II)ion, Fe^{2+} , i det aktive setet og er avhengig av askorbinsyre (C-vitamin) som koenzym. Reaksjonene som skjer, er:

Reaksjon 1:



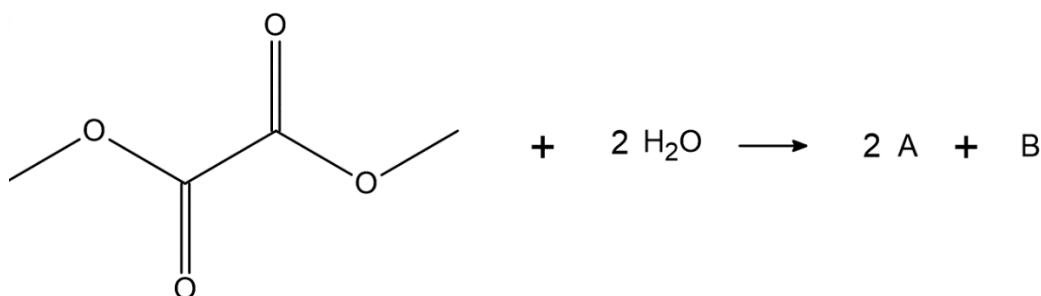
Reaksjon 2:



- Vurder hvilken reaksjonstype askorbinsyre deltar i.
- Forklar hvorfor askorbinsyre er viktig for dannelsen av hydroksyprolin.

Oppgave 7

Oksalsyre er en naturlig syre som blant annet gjør at rabarbra smaker surt. Industrielt framstilles oksalsyre i en syntese i flere trinn. Figur 11 viser reaktantene i siste syntesetrinn.



Figur 11. Siste trinn i syntese av oksalsyre.

- a)
- Skriv strukturformler for produktene A og B.
 - Hvilken reaksjonstype er dette?
- b) Hva blir pH i en 0,25 mol/L løsning av oksalsyre? Ta kun hensyn til første protolysetrinn.
- c) Du skal lage 500 mL av en buffer med pH 4,0.
Den sure komponenten skal ha en konsentrasjon på 0,0800 mol/L.
- Du har tilgang til disse stoffene:
- fast natriumoksalat, Na₂(COO)₂ (s)
 - fast natriumhydroksid, NaOH(s)
 - konsentrert saltsyre, 12,0 mol/L HCl(aq)
- Hvilke av disse stoffene kan brukes til å lage bufferen? Begrunn svaret ditt.
 - Beregn hvor mye du trenger av disse stoffene for å lage bufferen. Oppgi mengdene i gram og/eller liter.

Oppgave 8

En kjemiklasse vil undersøke hvordan løseligheten til saltet natriumsulfat, Na_2SO_4 , endrer seg med temperatur. For de fleste salter øker løseligheten når temperaturen øker. Elevene har derfor følgende hypotese:

«Løseligheten til Na_2SO_4 i vann øker når temperaturen øker.»

Elevene blir delt i seks grupper, der hver gruppe skal finne løseligheten ved én temperatur. For å undersøke om hypotesen er riktig, følger elevene denne prosedyren:

1. Tilsett 100,0 mL vann til et begerglass. Ha en magnet og et termometer i begerglasset og sett det i et vannbad på en magnetrører. Pass på at løsningen og vannbadet har stabil temperatur gjennom hele forsøket.
2. Vei opp ca. 1 g vannfritt $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ og noter nøyaktig masse. Tilsett saltet i begerglasset og vent til det er helt løst. Fortsett å tilsette porsjoner på ca. 1 g $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ til saltet ikke løser seg i løpet av 2 minutter.
3. Mål temperaturen i løsningen og noter verdien i en tabell. Noter også den totale massen av saltet som løste seg. Ikke regn med den porsjonen som ikke løste seg.

Resultatene til alle gruppene er vist i tabell 1.

Tabell 1. Masse Na_2SO_4 løst i 100,0 mL vann ved ulike temperaturer.

Temperatur i °C	2,5	11	25	36	80	90
Oppløst masse Na_2SO_4 i g	5,8	12,1	25,8	46,3	42,3	41,1

- a) Bruk dataene i tabellen til å vurdere om hypotesen er riktig.
- b) Vurder om elevene har tilstrekkelig grunnlag til å bestemme nøyaktig ved hvilken temperatur saltet har høyest løselighet.
- c) En annen gruppe elever, som gjorde samme forsøk, hadde først tilsatt 1,1 g Na_2SO_4 til 100,0 mL vann ved 22 °C. Ved et uhell tilsatte de så 1,2 g fast sølvnitrat, AgNO_3 , i stedet for Na_2SO_4 til begerglasset.

Vurder om det ble felling i begerglasset.

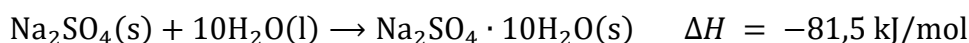
Oppgave 9

Vannfritt natriumsulfat, Na_2SO_4 , har stor evne til å absorbere vann og brukes i industrien til å fjerne fuktighet fra legemidler. Som tørkemiddel er forbindelsen også verdifull i produksjon av papir, tekstiler og næringsmidler. Saltet kan produseres gjennom ulike reaksjoner, se tabell 2.

Tabell 2. Dannelse av vannfritt natriumsulfat.

	Reaksjonsentalpi ΔH (kJ/mol)
$2\text{NaCl(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(l)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)} + 2\text{HCl(g)}$	67,3
$4\text{NaCl(s)} + 2\text{SO}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} + 2\text{H}_2\text{O(g)} \rightarrow 4\text{HCl(g)} + 2\text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)}$	-416,2
$2\text{Na(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(l)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)} + \text{H}_2\text{(g)}$	-570,5
$2\text{NaOH(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(l)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4\text{(s)} + 2\text{H}_2\text{O(g)}$	-202,9

Natriumsulfat-dekahydrat, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, kan brukes til å lagre solenergi. $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ dekomponerer allerede ved 32,4 °C. Oppvarmingen kan skje ved hjelp av solvarme. Når temperaturen synker under 32,4 °C, vil stoffet krystallisere tilbake til $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O(s)}$:



Skriv en kjemifaglig tekst som tar utgangspunkt i informasjonen om natriumsulfat i teksten og tabell 2 og 3. Du skal bruke kjemikompetansen din til å gjøre rede for og drøfte ett eller flere av punktene nedenfor:

- Forklar hvordan bruk av Na_2SO_4 kan bidra til å øke renheten i synteser og produkter. Ta gjerne utgangspunkt i forsøk du selv har gjort.
- Gjør nødvendige beregninger, og finn Gibbs' fri energi, ΔG , når 1,0 kg av saltet $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ krystalliserer.
- Ta for deg to eller flere av reaksjonsligningene i tabell 2. Gjør nødvendige beregninger, og vurder hvordan temperaturen påvirker spontaniteten til reaksjonene.
- Diskuter de ulike produksjonsmetodene av saltet med hensyn til atomeffektivitet, risiko og eventuelt andre relevante 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 og ikke lengden på teksten som blir vurdert.

Tabell 3. Andre relevante data ved $T = 298 \text{ K}$.

Stoff	Noen faresymboler (piktogrammer)	ΔH_f° kJ/mol	S° J/(K · mol)
NaCl(s)		-411,2	72,1
H ₂ SO ₄ (l)	 	-814,0	156,9
Na ₂ SO ₄ (s)		-1384,5	149,6
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O (s)		-4324,0	592,9
HCl(g)	 	-92,3	186,9
SO ₂ (g)	 	-296,8	248,2
O ₂ (g)		0,0	205,2
H ₂ O(g)		-241,8	188,8
H ₂ O(l)		-285,8	70,0
Na(s)	 	0,0	51,4
H ₂ (g)		0,0	130,7
NaOH(s)	 	-425,6	64,4

Blank side

Blank side

Tabeller og formler i REA3046 Kjemi 2

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

Innhold

De 12 prinsippene i grønn kjemi	41
Standard reduksjonspotensial ved 25 °C	42
Konstanter og formler	43
Syrekonstanter (K_a) i vannløsning ved 25 °C	44
Basekonstanter (K_b) i vannløsning ved 25 °C	45
Syre-base-indikatorer	46
Sammensatte ioner, navn og formel	46
Massetetthet og konsentrasjon til noen væsker	47
Stabile isotoper for noen grunnstoffer	47
Løselighetstabell for salter i vann ved 25 °C	48
Løselighetsprodukt (K_{sp}) for salt i vann ved 25 °C	49
α -AMINOSYRER VED pH = 7,4	50
Termodynamiske data ved 25 °C.	52
Organiske forbindelser	53
Grunnstoffenes periodesystem	57
Svar oppgave 1 / oppgave 1 del 1	59
Svar oppgave 2/oppgave 2 del 1	59
Tips til deg som akkurat har fått eksamensoppgåva:	60
Tips til deg som akkurat har fått eksamensoppgaven:	60

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. Eksempler er å minimere 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° målt i 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^-	→	$CuI(s)$	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° målt i V
Cu ²⁺	+ 2e ⁻	→	Cu	0,34
SO ₄ ²⁻ + 10H ⁺	+ 8e ⁻	→	H ₂ S(aq) + 4H ₂ O	0,30
SO ₄ ²⁻ + 4H ⁺	+ 2e ⁻	→	H ₂ SO ₃ + H ₂ O	0,17
Cu ²⁺	+ e ⁻	→	Cu ⁺	0,16
Sn ⁴⁺	+ 2e ⁻	→	Sn ²⁺	0,15
S + 2H ⁺	+ 2e ⁻	→	H ₂ S(aq)	0,14
S ₄ O ₆ ²⁻	+ 2e ⁻	→	2S ₂ 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 ⁻	→	Pb + 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
2CO ₂ + 2H ⁺	+ 2e ⁻	→	H ₂ C ₂ O ₄	-0,49
Zn ²⁺	+ 2e ⁻	→	Zn	-0,76
2H ₂ O	+ 2e ⁻	→	H ₂ + 2OH ⁻	-0,83
Mn ²⁺	+ 2e ⁻	→	Mn	-1,19
ZnO + H ₂ O	+ 2e ⁻	→	Zn + 2OH ⁻	-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: $F = 96485 \text{ C/mol}$

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

Sammenheng ΔG^0 og K : $\Delta G^0 = -R \cdot T \cdot \ln K$, der K er likevektskonstanten

Sammenheng ΔG og E^0 : $\Delta G = -n \cdot F \cdot E^0$, der E^0 er standard cellepotensialet

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
Asorbinsyre	$C_6H_8O_6$	$9,1 \cdot 10^{-5}$	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-fenyleddiksyre)	$C_6H_5CH_2COOH$	$4,9 \cdot 10^{-5}$	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 (<i>cis</i> -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
Salpetersyrting	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
Svovelsyrting	H_2SO_3	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85
Hydrogensulfittion	HSO_3^-	$6,3 \cdot 10^{-8}$	7,2
Vinsyre (2,3-dihydroksybutandisyre, <i>L</i> -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
Bromkreosolgrønt	gul-blå	3,8 - 5,4
Metylørødt	rød-gul	4,8 - 6,0
Lakmus	rød-blå	5,0 - 8,0
Bromtymolblått	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 og formel

Navn	Formel	Navn	Formel
acetat, etanat	CH_3COO^-	jodat	IO_3^-
ammonium	NH_4^+	karbonat	CO_3^{2-}
arsenat	AsO_4^{3-}	klorat	ClO_3^-
arsenitt	AsO_3^{3-}	kloritt	ClO_2^-
borat	BO_3^{3-}	nitrat	NO_3^-
bromat	BrO_3^-	nitritt	NO_2^-
fosfat	PO_4^{3-}	perklorat	ClO_4^-
fosfitt	PO_3^{3-}	sulfat	SO_4^{2-}
hypokloritt	ClO^-	sulfitt	SO_3^{2-}

Massetetthet og konsentrasjon til noen væsker

Forbindelse	Kjemisk formel	Masseprosent konsentrert løsning	Massetetthet ($\frac{\text{g}}{\text{mL}}$)	Konsentrasjon ($\frac{\text{mol}}{\text{L}}$)
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	Grunnstoff	Isotop	Relativ forekomst (%) i jordskorpen
Hydrogen	¹ H	99,985	Silisium	²⁸ Si	92,23
	² H	0,015		²⁹ Si	4,67
Karbon	¹² C	98,89	Svovel	³⁰ Si	3,10
	¹³ C	1,11		³² S	95,02
Nitrogen	¹⁴ N	99,634		³³ S	0,75
	¹⁵ N	0,366		³⁴ S	4,21
Oksygen	¹⁶ O	99,762	Klor	³⁶ S	0,02
	¹⁷ O	0,038		³⁵ Cl	75,77
	¹⁸ O	0,200		³⁷ Cl	24,23
				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 blandingssalt av CuCO₃ og Cu(OH)₂.

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

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

- = Ukjent forbindelse, eller forbindelsen dannes ikke ved utfelling.

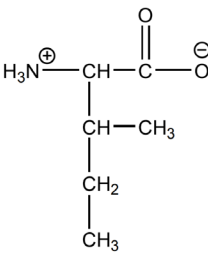
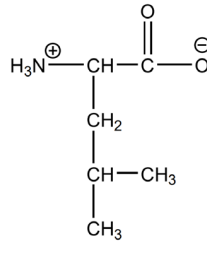
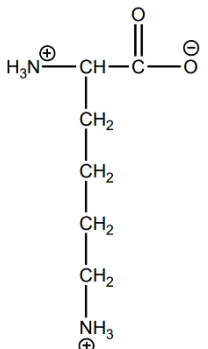
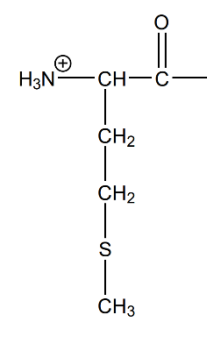
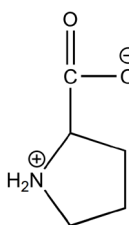
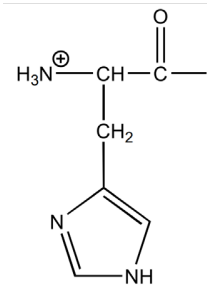
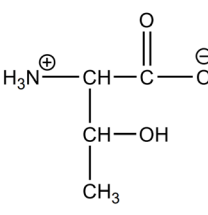
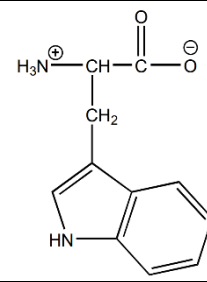
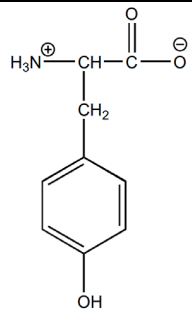
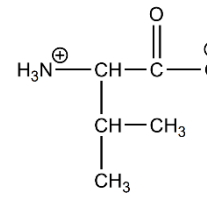
R = reagerer med vann.

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

Navn	Kjemisk formel	K_{sp}	Navn	Kjemisk formel	K_{sp}
Aluminiumfosfat	$AlPO_4$	$9,84 \cdot 10^{-21}$	Kopper(II)sulfid	CuS	$8 \cdot 10^{-37}$
Bariumfluorid	BaF_2	$1,84 \cdot 10^{-7}$	Kvikksølv(I)bromid	Hg_2Br_2	$6,40 \cdot 10^{-23}$
Bariumkarbonat	$BaCO_3$	$2,58 \cdot 10^{-9}$	Kvikksølv(I)jodid	Hg_2I_2	$5,2 \cdot 10^{-29}$
Bariumkromat	$BaCrO_4$	$1,17 \cdot 10^{-10}$	Kvikksølv(I)karbonat	Hg_2CO_3	$3,6 \cdot 10^{-17}$
Bariumnitrat	$Ba(NO_3)_2$	$4,64 \cdot 10^{-3}$	Kvikksølv(I)klorid	Hg_2Cl_2	$1,43 \cdot 10^{-18}$
Bariumoksalat	BaC_2O_4	$1,70 \cdot 10^{-7}$	Kvikksølv(II)bromid	$HgBr_2$	$6,2 \cdot 10^{-20}$
Bariumsulfat	$BaSO_4$	$1,08 \cdot 10^{-10}$	Kvikksølv(II)jodid	HgI_2	$2,9 \cdot 10^{-29}$
Bly(II)bromid	$PbBr_2$	$6,60 \cdot 10^{-6}$	Litiumkarbonat	Li_2CO_3	$8,15 \cdot 10^{-4}$
Bly(II)hydroksid	$Pb(OH)_2$	$1,43 \cdot 10^{-20}$	Magnesiumfosfat	$Mg_3(PO_4)_2$	$1,04 \cdot 10^{-24}$
Bly(II)jodid	PbI_2	$9,80 \cdot 10^{-9}$	Magnesiumhydroksid	$Mg(OH)_2$	$5,61 \cdot 10^{-12}$
Bly(II)karbonat	$PbCO_3$	$7,40 \cdot 10^{-14}$	Magnesiumkarbonat	$MgCO_3$	$6,82 \cdot 10^{-6}$
Bly(II)klorid	$PbCl_2$	$1,70 \cdot 10^{-5}$	Magnesiumoksalat	MgC_2O_4	$4,83 \cdot 10^{-6}$
Bly(II)oksalat	PbC_2O_4	$8,50 \cdot 10^{-9}$	Mangan(II)karbonat	$MnCO_3$	$2,24 \cdot 10^{-11}$
Bly(II)sulfat	$PbSO_4$	$2,53 \cdot 10^{-8}$	Mangan(II)oksalat	MnC_2O_4	$1,70 \cdot 10^{-7}$
Bly(II)sulfid	PbS	$3 \cdot 10^{-28}$	Nikkel(II)fosfat	$Ni_3(PO_4)_2$	$4,74 \cdot 10^{-32}$
Jern(II)fluorid	FeF_2	$2,36 \cdot 10^{-6}$	Nikkel(II)hydroksid	$Ni(OH)_2$	$5,48 \cdot 10^{-16}$
Jern(II)hydroksid	$Fe(OH)_2$	$4,87 \cdot 10^{-17}$	Nikkel(II)karbonat	$NiCO_3$	$1,42 \cdot 10^{-7}$
Jern(II)karbonat	$FeCO_3$	$3,13 \cdot 10^{-11}$	Nikkel(II)sulfid	NiS	$2 \cdot 10^{-19}$
Jern(II)sulfid	FeS	$8 \cdot 10^{-19}$	Sinkhydroksid	$Zn(OH)_2$	$3 \cdot 10^{-17}$
Jern(III)fosfat	$FePO_4 \cdot 2H_2O$	$9,91 \cdot 10^{-16}$	Sinkkarbonat	$ZnCO_3$	$1,46 \cdot 10^{-10}$
Jern(III)hydroksid	$Fe(OH)_3$	$2,79 \cdot 10^{-39}$	Sinksulfid	ZnS	$2 \cdot 10^{-24}$
Kalsiumfluorid	CaF_2	$3,45 \cdot 10^{-11}$	Sølv(I)acetat	$AgCH_3COO$	$1,94 \cdot 10^{-3}$
Kalsiumfosfat	$Ca_3(PO_4)_2$	$2,07 \cdot 10^{-33}$	Sølv(I)bromid	$AgBr$	$5,35 \cdot 10^{-13}$
Kalsiumhydroksid	$Ca(OH)_2$	$5,02 \cdot 10^{-6}$	Sølv(I)cyanid	$AgCN$	$5,97 \cdot 10^{-17}$
Kalsiumkarbonat	$CaCO_3$	$3,36 \cdot 10^{-9}$	Sølv(I)jodid	AgI	$8,52 \cdot 10^{-17}$
Kalsiummolybdat	$CaMoO_4$	$1,46 \cdot 10^{-8}$	Sølv(I)karbonat	Ag_2CO_3	$8,46 \cdot 10^{-12}$
Kalsiumoksalat	CaC_2O_4	$3,32 \cdot 10^{-9}$	Sølv(I)klorid	$AgCl$	$1,77 \cdot 10^{-10}$
Kalsiumsulfat	$CaSO_4$	$4,93 \cdot 10^{-5}$	Sølv(I)kromat	Ag_2CrO_4	$1,12 \cdot 10^{-12}$
Kobolt(II)hydroksid	$Co(OH)_2$	$5,92 \cdot 10^{-15}$	Sølv(I)oksalat	$Ag_2C_2O_4$	$5,40 \cdot 10^{-12}$
Kopper(I)bromid	$CuBr$	$6,27 \cdot 10^{-9}$	Sølv(I)sulfat	Ag_2SO_4	$1,20 \cdot 10^{-5}$
Kopper(I)klorid	$CuCl$	$1,72 \cdot 10^{-7}$	Sølv(I) sulfid	Ag_2S	$8 \cdot 10^{-51}$
Kopper(I)oksid	Cu_2O	$2 \cdot 10^{-15}$	Tinn(II)hydroksid	$Sn(OH)_2$	$5,45 \cdot 10^{-27}$
Kopper(I)jodid	CuI	$1,27 \cdot 10^{-12}$			
Kopper(II)fosfat	$Cu_3(PO_4)_2$	$1,40 \cdot 10^{-37}$			
Kopper(II)hydroksid	$Cu(OH)_2$	$2,20 \cdot 10^{-20}$			
Kopper(II)oksalat	CuC_2O_4	$4,43 \cdot 10^{-10}$			

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		Arginin Arg 10,8	
Asparagin Asn 5,4		Aspartat (Asparaginsyre) Asp 2,8	
Cystein Cys 5,1		Fenylalanin Phe 5,5	
Glutamin Gln 5,7		Glutamat (Glutaminsyre) Glu 3,2	
Glysin Gly 6,0		Serin Ser 5,7	

Vanlig navn		Vanlig navn	
Forkortelse	Strukturformel	Forkortelse	Strukturformel
pH ved isoelektrisk punkt		pH ved isoelektrisk punkt	
Isoleucin Ile 6,0		Leucin Leu 6,0	
Lysin Lys 9,7		Metionin Met 5,7	
Prolin Pro 6,3		Histidin His 7,6	
Treonin Thr 5,6		Tryptofan Trp 5,9	
Tyrosin Tyr 5,7		Valin Val 6,0	

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

Kp = kokepunkt, °C

Smp = smeltepunkt, °C

HYDROKARBONER, METTEDE (alkaner)				
Navn	Formel	Smp	Kp	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-Metyl-propan	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	Smp	Kp	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, alkynes				
Navn	Formel	Smp	Kp	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	Smp	Kp	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	Smp	Kp	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	<i>sec</i> -Butanol
2-Metylpropan-1-ol	C ₄ H ₁₀ O	-108	108	Isobutanol
2-Metylpropan-2-ol	C ₄ H ₁₀ O	26	82	<i>tert</i> -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	<i>sec</i> -amylalkohol

Navn	Formel	Smp	Kp	Diverse
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	Smp	Kp	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	Smp	Kp	Diverse
Metansyre	CH ₂ O ₂	8	101	Maursyre, 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	Smp	Kp	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

Navn	Formel	Smp	Kp	Diverse
Etylpentanat	$C_7H_{14}O_2$	-91	146	Lukter eple
Metylbutanat	$C_5H_{10}O_2$	-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	Smp	Kp	Diverse
Metylamin	CH_5N	-94	-6	$pK_b = 3,34$
Dimetylamin	C_2H_7N	-92	7	$pK_b = 3,27$
Trimetylamin	C_3H_9N	-117	2,87	$pK_b = 4,20$
Etylamin	C_2H_7N	-81	17	$pK_b = 3,35$
Dietylamin	$C_4H_{11}N$	-28	312	$pK_b = 3,16$
ORGANISKE FORBINDELSER MED HALOGEN				
Navn	Formel	Smp	Kp	Diverse
Klormetan	CH_3Cl	-98	-24	Metylklorid
Diklormetan	CH_2Cl_2	-98	40	Metylenklorid, Mye brukt som løsemiddel
Triklormetan	$CHCl_3$	-63	61	Kloroform
Tetraklormetan	CCl_4	-23	77	Karbontetraklorid
Kloreten	C_2H_3Cl	-154	-14	Vinylklorid, monomeren i polymeren PVC

Grunnstoffenes periodesystem

Gruppe 1	Gruppe 2	Forklaring										Gruppe 13	Gruppe 14	Gruppe 15	Gruppe 16	Gruppe 17	Gruppe 18
1 1,008 H 2,1 Hydrogen		Atomnummer Atommasse Symbol Elektronegativitetsverdi Navn () betyr massetallet til den mest stabile isotopen * Lantanoider ** Aktinoider										Fargekoder Ikke-metall Halvmetall Metall Fast stoff B Væske Hg Gass N					2 4,003 He - Helium
3 6,941 Li 1,0 Litium	4 9,012 Be 1,5 Beryllium											5 10,81 B 2,0 Bor	6 12,01 C 2,5 Karbon	7 14,01 N 3,0 Nitrogen	8 16,00 O 3,5 Oksygen	9 19,00 F 4,0 Fluor	10 20,18 Ne - Neon
11 22,99 Na 0,9 Natrium	12 24,31 Mg 1,2 Magnesium	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 26,98 Al 1,5 Aluminium	14 28,09 Si 1,8 Silisium	15 30,97 P 2,1 Fosfor	16 32,07 S 2,5 Svovel	17 35,45 Cl 3,0 Klor	18 39,95 Ar - Argon
19 39,10 K 0,8 Kalium	20 40,08 Ca 1,0 Kalsium	21 44,96 Sc 1,3 Scandium	22 47,87 Ti 1,5 Titan	23 50,94 V 1,6 Vanadium	24 52,00 Cr 1,6 Krom	25 54,94 Mn 1,5 Mangan	26 55,85 Fe 1,8 Jern	27 58,93 Co 1,9 Kobolt	28 58,69 Ni 1,9 Nikkel	29 63,55 Cu 1,9 Kobber	30 65,38 Zn 1,6 Sink	31 69,72 Ga 1,6 Gallium	32 72,63 Ge 1,8 Germanium	33 74,92 As 2,0 Arsen	34 78,97 Se 2,4 Selen	35 79,90 Br 2,8 Brom	36 83,80 Kr - Krypton
37 85,47 Rb 0,8 Rubidium	38 87,62 Sr 1,0 Strontium	39 88,91 Y 1,2 Yttrium	40 91,22 Zr 1,4 Zirkonium	41 92,91 Nb 1,6 Niob	42 95,95 Mo 1,8 Molybden	43 (98) Tc 1,9 Technetium	44 101,07 Ru 2,2 Ruthenium	45 102,91 Rh 2,2 Rhodium	46 106,42 Pd 2,2 Palladium	47 107,87 Ag 1,9 Sølv	48 112,41 Cd 1,7 Kadmium	49 114,82 In 1,7 Indium	50 118,71 Sn 1,7 Tinn	51 121,76 Sb 1,8 Antimon	52 127,60 Te 2,1 Tellur	53 126,90 I 2,4 Jod	54 131,29 Xe - Xenon
55 132,91 Cs 0,7 Cesium	56 137,33 Ba 0,9 Barium	57 138,91 La 1,1 Lantan*	72 178,49 Hf 1,3 Hafnium	73 180,95 Ta 1,5 Tantal	74 183,84 W 1,7 Wolfram	75 186,21 Re 1,9 Rhenium	76 190,23 Os 2,2 Osmium	77 192,22 Ir 2,2 Iridium	78 195,08 Pt 2,2 Platina	79 196,97 Au 2,4 Gull	80 200,59 Hg 1,9 Kvikksølv	81 204,38 Tl 1,8 Thallium	82 207,2 Pb 1,8 Bly	83 208,98 Bi 1,9 Vismut	84 (209) Po 2,0 Polonium	85 (210) At 2,3 Astat	86 (222) Rn - Radon
87 (223) Fr 0,7 Francium	88 (226) Ra 0,9 Radium	89 (227) Ac 1,1 Actinium**	104 (267) Rf - Rutherfordium	105 (268) Db - Dubnium	106 (269) Sg - Seaborgium	107 (270) Bh - Bohrium	108 (269) Hs - Hassium	109 (277) Mt - Meitnerium	110 (281) Ds - Darmstadtium	111 (282) Rg - Røntgenium	112 (285) Cn - Copernicium	113 (286) Nh - Nihonium	114 (290) Fl - Flerovium	115 (289) Mc - Moscovium	116 (293) Lv - Livermorium	117 (294) Ts - Tenness	118 (294) Og - Oganesson
		* 57 138,91 La 1,1 Lantan 58 140,12 Ce 1,1 Cerium 59 140,91 Pr 1,1 Praseodym 60 144,24 Nd 1,1 Neodym 61 (145) Pm 1,1 Promethium 62 150,36 Sm 1,2 Samarium 63 151,96 Eu 1,2 Europium 64 157,25 Gd 1,2 Gadolinium 65 158,93 Tb 1,1 Terbium 66 162,50 Dy 1,2 Dysprosium 67 164,93 Ho 1,2 Holmium 68 167,26 Er 1,2 Erbium 69 168,93 Tm 1,3 Thulium 70 173,05 Yb 1,1 Ytterbium 71 174,97 Lu 1,3 Lutetium															
		** 89 (227) Ac 1,1 Actinium 90 232,04 Th 1,3 Thorium 91 231,04 Pa 1,4 Protactinium 92 238,03 U 1,4 Uran 93 (237) Np 1,4 Neptunium 94 (244) Pu 1,3 Plutonium 95 (243) Am 1,1 Americium 96 (247) Cm 1,3 Curium 97 (247) Bk 1,3 Berkelium 98 (251) Cf 1,3 Californium 99 (252) Es 1,3 Einsteinium 100 (257) Fm 1,3 Fermium 101 (258) Md 1,3 Mendelevium 102 (259) No 1,3 Nobelium 103 (266) Lr 1,3 Lawrencium															

Kilder for tabellvedlegg

- De fleste opplysningene er hentet fra *CRC HANDBOOK OF CHEMISTRY and PHYSICS*, 89. UTGAVE (2008–2009), ISBN 9781420066791
- Oppdateringer er gjort ut fra *CRC HANDBOOK OF CHEMISTRY and PHYSICS*, 96. UTGAVE (2015–2016): <http://www.hbcnetbase.com/> (sist besøkt 16.11.15) og *CRC HANDBOOK OF CHEMISTRY and PHYSICS*, 103. UTGAVE (<https://hbcnetbase.com/faces/contents/ContentsSearch.xhtml?jsessionid=57CCC8FDEC923F2DEE95CD0D134F8706>) (sist besøkt 12.10.22)
- For ustabile radioaktive grunnstoffer ble periodesystemet til «Royal Society of Chemistry» brukt: <http://www.rsc.org/periodic-table> (sist besøkt 15.01.15)
- *Gyldendals tabeller og formler i kjemi*, Kjemi 1 og Kjemi 2, Gyldendal, ISBN: 978-82-05-39274-8
- Esterduft: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ester> (sist besøkt 10.09.2013)
- Stabilitetskonstanter: <http://bilbo.chm.uri.edu/CHM112/tables/Kftable.htm> (sist besøkt 03.12.2013) og, <http://www.cem.msu.edu/~cem333/EDTATable.html> (sist besøkt 03.12.2013)
- Oppdatering gjort fra: <https://webbook.nist.gov/chemistry/> (sist besøkt 3.01.2024)
- Oppdatering gjort fra: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/pac-2019-0603/html> (sist besøkt 3.01.2024)
- Oppdatering gjort fra: https://srdata.nist.gov/solubility/version_his.aspx (sist besøkt 3.01.2024)
- Online Resources for Chemical Safety in Science Education. (2023, 25. april). *Hva er grønn kjemi?* <https://chesse.org/no/gronn-kjemi/hva-er-gronn-kjemi/> (sist besøkt 28.11.24)

Kilder for oppgaver

- Figurene i oppgave 5 og 6 er laget med BioRender.

Kandidatnummer: _____

Svarark nr. 1 av totalt _____ på del 1

Svar oppgave 1 / oppgave 1

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

Svar oppgave 2 / oppgave 2

Oppgave 2 / oppgave 2		Set <i>ett</i> kryss for rett eller feil ved kvar påstandsoppgave: / Sett <i>ett</i> kryss for rett eller feil ved hver påstandsoppgave:	
2a		Rett	Feil
	I		
	II		
	III		
	IV		
2b		Rett	Feil
	I		
	II		
	III		
	IV		

Vedlegg 2 skal leverast kl. 11.00 saman med svaret på oppgave 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!