

2. UTTAKSPRØVE

til den



8. nordiske kjemiolympiaden i Helsinki, Finland,

og den

58. internasjonale kjemiolympiaden i Tasjkent,

Usbekistan



58th International
Chemistry Olympiad
Uzbekistan 2026

Dag: Torsdag 29. januar 2026

Varighet: 180 minutter.

Hjelpemidler: Lommeregner og "Vedlegg 1 til eksamen i kjemi 2".

Maksimal poengsum: 100 poeng.

Oppgavesettet er på **13** sider (inklusive forsiden og svarark)
og har **7** oppgaver.

www.kjemiolympiaden.no

SVARARK

2. UTTAKSPRØVE 2025-26

Navn: _____ Skole: _____

E-postadresse: _____

Mobil: _____ Fødselsdato: _____

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

Sett kryss:

JA	☐
----	--------------------------

NEI	☐
-----	--------------------------

Oppgave 1

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

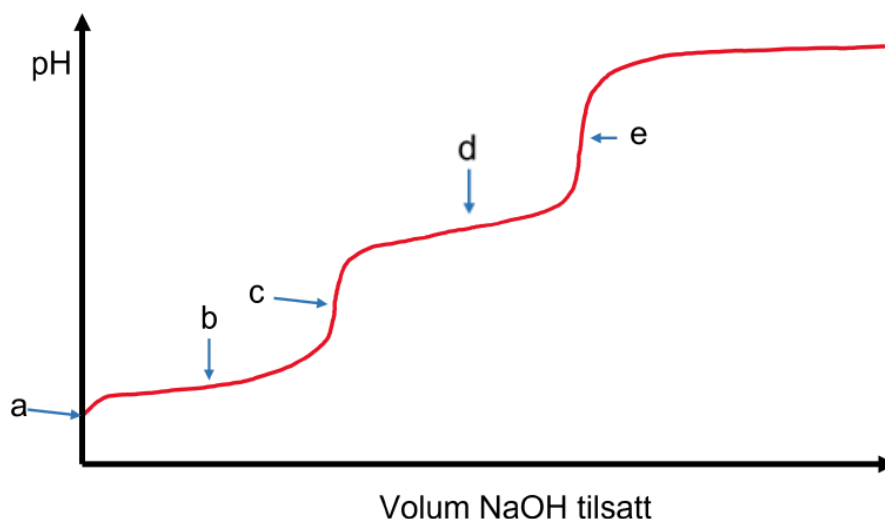
Tema 2025/26 – Reaksjonskinetikk

<u>Orden</u>	<u>Hastighetslov</u>	<u>Lineær form</u>	<u>Halveringsstid</u>
0. orden	$v(t) = k$	$[A](t) = [A]_0 - k \cdot t$	$t_{1/2} = [A]_0 / 2k$
1. orden	$v(t) = k [A](t)$	$\ln([A](t)) = -k \cdot t + \ln [A]_0$	$t_{1/2} = \ln(2)/k$

Oppgave 1 (20 poeng, 2 poeng per deloppgave)

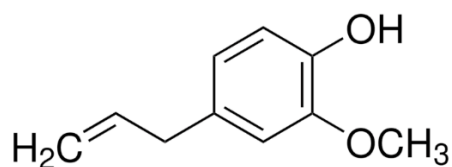
Hvert av spørsmålene i denne oppgaven skal besvares ved å angi bokstavkoden til det alternativet som er korrekt. *Kun ett svar* er korrekt for hvert spørsmål.

- 1) Vi titrerer karbonsyre (H_2CO_3) med NaOH-løsning. Syrekonstantene K_{a1} og K_{a2} for første og andre protolysetrinn er henholdsvis $10^{-6,3}$ og $10^{-10,3}$. Hvilket utsagn er i overenstemmelse med figuren?



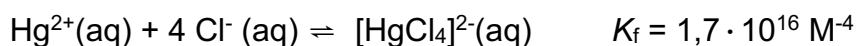
(Figur hentet fra oppgave 9, eksamen KJM1101, Universitetet i Oslo, 2023H)

- A) pH i punkt a er 6,3
B) pH i punkt c er 6,3
C) pH i punkt d er 10,3
D) pH i punkt e er 10,3
- 2) Hvor mange ulike substitusjonsmønstre for de tre gruppene $-\text{OH}$, $-\text{O}-\text{CH}_3$ og $-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ er mulig for forbindelsen eugenol – en aromatisk forbindelse som finnes blant annet i «julekrydderne» nellik og muskat?



- A) 6
B) 10
C) 12
D) 13

3) Gitt likevekten:



Hvordan vil tilsetning av fast NaI påvirke likevekten?

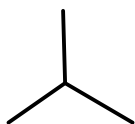
- A) Likevekten påvirkes ikke av tilsetningen
 - B) Likevekten forskyves mot høyre
 - C) Likevekten forskyves mot venstre
 - D) Likevekten påvirkes ved at reaksjonen går raskere
- 4) Løseligheten til kadmiumhydroksid er $1,22 \cdot 10^{-5} \text{ M}$. Hva blir K_{sp} ?
- A) $7,3 \cdot 10^{-15} \text{ M}^3$
 - B) $1,8 \cdot 10^{-15} \text{ M}^3$
 - C) $1,5 \cdot 10^{-10} \text{ M}^3$
 - D) $3,0 \cdot 10^{-10} \text{ M}^3$
- 5) pK_a for H_2CO_3 er 6,35 og pK_a for HCO_3^{-} er 10,33. Hva vil skje med pH om rent vann tilsettes natrumhydrogenokarbonat (NaHCO_3)?
- A) pH vil øke
 - B) pH vil synke
 - C) pH vil forbli den samme
 - D) Svaret avhenger av hvor mye salt som tilsettes
- 6) I en syre-base-titrering av et kjent volum av en eddiksyreløsning med ukjent konsentrasjon, blir det ved et uhell tilsatt for lite vann når eddiksyreløsningen fortynnes i forkant av selve titreringen. Hvordan vil dette påvirke resultatet for den opprinnelige konsentrasjonen eddiksyre?
- A) Konsentrasjonen blir for høy
 - B) Konsentrasjonen blir for lav
 - C) Resultatet vil ikke påvirkes av dette
 - D) Umulig å si uten mer informasjon
- 7) Hvordan framstilles metallisk jern og stål?
- A) Ved elektrolyse av en vannløsning av FeCl_2
 - B) Ved elektrolyse av en vannløsning av FeSO_4 , for å unngå dannelse av klorgass
 - C) Ved elektrolyse av en saltsmelte ved høy temperatur
 - D) Ved reduksjon med karbon ved høy temperatur

8) Hva er rollen til enzymer i kroppen?

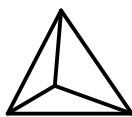
- A) De beskytter oss mot sykdom ved å lage antistoffer
- B) De er katalysatorer for kjemiske reaksjoner
- C) De hindrer farlige kjemiske reaksjoner
- D) De er byggesteiner i DNA-molekylet

9) Fosfor kan danne molekulære forbindelser med veldig ulike geometrier avhengig av antall substituent/ligander og oksidasjonstilstand. Hvilke geometrier forventer du å finne for henholdsvis P(III)Cl_3 og P(V)Cl_5 ?

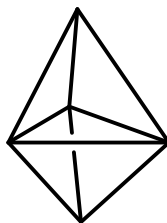
- A) PCl_3 er trigonal pyramidal, mens PCl_5 er trigonal bipyramidal
- B) PCl_3 er trigonal plan, mens PCl_5 er trigonal bipyramidal
- C) PCl_3 er trigonal pyramidal, mens PCl_5 er kvadratisk pyramidal
- D) PCl_3 er trigonal plan, mens PCl_5 er kvadratisk pyramidal



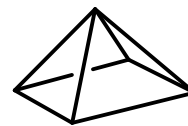
Trigonal plan



Trigonal pyramidal



Trigonal bipyramidal



Kvadratisk pyramidal

10) Rangér følgende forbindelser etter økende kokepunkt: CH_3OH , H_2O , H_2S og NaCl

- A) $\text{CH}_3\text{OH} < \text{H}_2\text{O} < \text{H}_2\text{S} < \text{NaCl}$
- B) $\text{CH}_3\text{OH} < \text{H}_2\text{S} < \text{NaCl} < \text{H}_2\text{O}$
- C) $\text{NaCl} < \text{CH}_3\text{OH} < \text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{O}$
- D) $\text{H}_2\text{S} < \text{CH}_3\text{OH} < \text{H}_2\text{O} < \text{NaCl}$

Oppgave 2 (14 poeng)

Kalk er en fellesbetegnelse for flere kalsiumholdige forbindelser som har stort bruksområde i for eksempel byggenæringen (som byggemateriale) og landbruk/hagebruk (for pH-justering). Som første ledd i fremstilling av sement for muring blir mineralet kalsitt (kalsiumkarbonat) varmet opp og det dannes kalsiumoksid og karbondioksid. Denne prosessen kalles ofte for kalkbrenning.

- a) Skriv balansert reaksjonsligning for kalkbrenning.

Gitt følgende dannelsesentalpier for de ulike komponentene som inngår i kalkbrenning:

$$\Delta H^\circ [\text{CaCO}_3(\text{s})] = -1206.9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ [\text{CaO}(\text{s})] = -635.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ [\text{CO}_2(\text{g})] = -393.5 \text{ kJ/mol}$$

- b) Bruk de oppgitte termodynamiske dataene og regn ut reaksjonsentalpien for reaksjonen i deloppgave a).
- c) Er kalkbrenning en eksoterm eller en endoterm reaksjon? Begrunn svaret.

Trinn to i fremstilling av sement er lesking av kalken sammen med sand og annet fyllmateriale. Her blir kalsiumoksidet blandet med vann under dannelse av kalsiumhydroksid.

- d) Skriv balansert reaksjonsligning for lesking av kalsiumoksid.

Over tid kan dannet kalsiumhydroksid i sement/betong/mørtel reagere videre med karbondioksid i luften og det dannes igjen kalsitt som gir en hvit utfelling på overflaten av muren.

Denne utfellingen av kalsitt kan vaskes av ved å bruke en fortynnet syreløsning.



- e) Skriv balansert reaksjonsligning for oppløsning av kalsitt ved hjelp av fortynnet syre. Du kan bruke $\text{H}^+(\text{aq})$ som generell formel for syren.

En kjemisk reaksjon er gitt ved følgende ligning:



Entalpiendringen (ΔH) for reaksjonen er -50 kJ/mol , og reaksjonen er spontan ved temperaturen 300 K .

- f) Hvilket fortegn har Gibbs fri energi (ΔG) for reaksjonen ved 300 K ? Gi en kort begrunnelse.

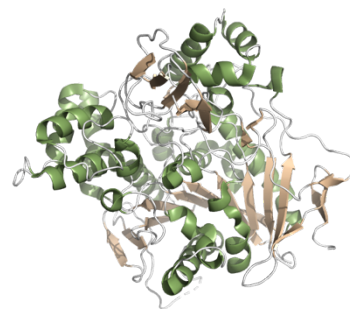
Entropien for reaksjonen er slik at reaksjonen går over fra å være spontan til ikke-spontan ved temperaturen $T = 500 \text{ K}$.

- g) Beregn reaksjonsentropien ΔS for reaksjonen under forutsetning at ΔH er den samme ved både 300 K og 500 K .
- h) Hvilke(n) av følgende fire reaksjonsligninger er forenlig med den observerte entropiendringen?
- i) $2 A (g) + B (g) \rightarrow C (s)$
 - ii) $2 A (s) + B (s) \rightarrow C (g)$
 - iii) $2 A (aq) + B (aq) \rightarrow C (s)$
 - iv) $2 A (l) + B (l) \rightarrow C (g)$

Oppgave 3 (10 poeng)

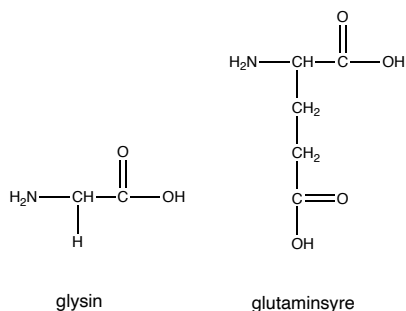
Peptider og proteiner er bygget opp av aminosyreresiduer, og vi skal i denne oppgaven se på noen av egenskapene til aminosyrer og peptider.

To aminosyrer kan reagere med hverandre i en kondensasjonsreaksjon og danne et såkalt dipeptid. Et bestemt dipeptid, som opprettholder nivåene av acetylkolinesterase og hindrer nedbrytning av nevroner, dannes fra aminosyrene glysin og glutaminsyre.

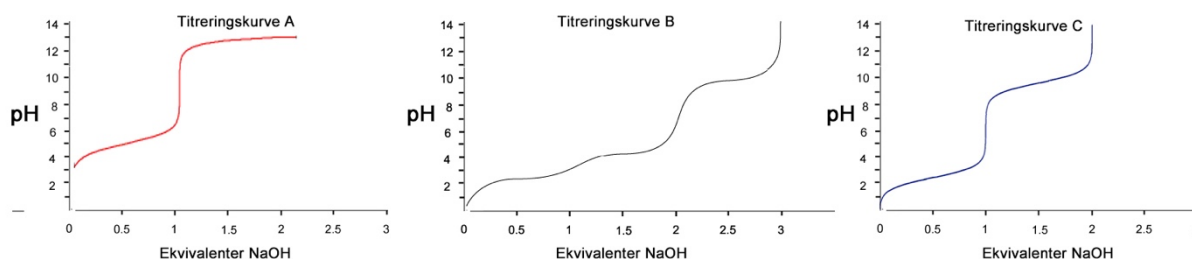


Strukturen av acetylkolinesterase (PDBid 1b41)

- a) Figuren under viser strukturformlene til de to aminosyrene glysin og glutaminsyre. Skriv strukturformelen til dipeptidet glysyl-glutaminsyre.



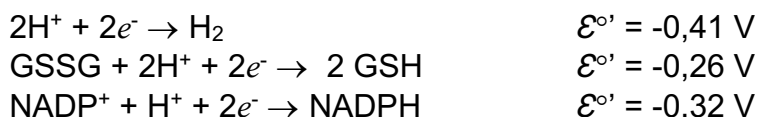
- b) Under er titreringskurvene for tre syrer vist. Hver av syrene er titrert med NaOH-løsning, og x-aksen angir hvor mange mol hydroksid som er tilsatt per mol syre. Hvilken av titreringskurvene tilhører hvilken av aminosyrene glysin og glutaminsyre? Begrunn kort svaret.



- c) Hva er pH i glysinløsningen over etter tilsetning av 0,5 ekvivalenter NaOH? (Syrekonstantene til glysin er $K_{a1} = 4,6 \cdot 10^{-3}$ og $K_{a2} = 2,0 \cdot 10^{-10}$)
- d) Skriv strukturformelen til den formen av glysin som dominerer ved pH = 1 og til den formen som dominerer ved pH = 13.

Tripeptidet glutation (γ -glutamyl-cysteinyl-glysin), forkortet GSH, fungerer som en antioksidant (SH angir SH-gruppen i cystein). To molekyler GSH kan redusere såkalte disulfidbindinger ($R-S-S-R' \rightarrow R-SH + HS-R'$) i proteiner, og blir selv da oksidert til dimeren GSSG. Forbindelsen $NADP^+/NADPH$ er en viktig kofaktor som inngår i mange biokjemiske redoksreaksjoner.

Utdrag fra tabellen over *standard biokjemiske* reduksjonspotensialer (pH = 7,0):

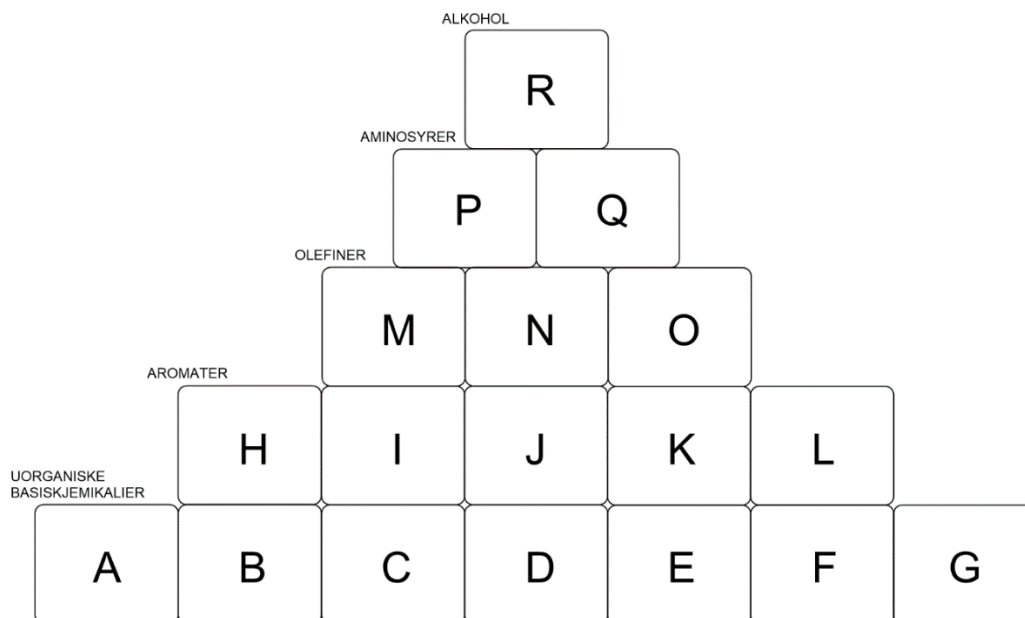


(I standard reduksjonspotensialer $\mathcal{E}^{\circ}$ er $[H^+] = 1,0$, men biokjemiske reaksjoner foregår ofte ved pH = 7,0. Derfor oppgis vanligvis standard reduksjonspotensialer i biokjemien $\mathcal{E}^{\circ'}$ ved pH = 7,0).

- e) Vil kofaktoren NADPH kunne redusere den oksiderte formen av glutation (GSSG) ved pH = 7,0? Begrunn svaret.

Oppgave 4 (18 poeng)

EU-kommisjonen foreslo i 2025 en lov kalt *EU Critical Chemicals Act* i et forsøk på å beskytte europeisk kjemisk industri ved å øke industriens globale konkurranseevne. Som del av dette arbeidet har EU-landene identifisert 18 kjemikalier (**A – R**) som er definert som kritiske «byggeklosser» av stor betydning for europeisk kjemisk industri. Disse 18 stoffene kan ordnes i en «stoffpyramide» som vist nedenfor.



Bunnivået i stoffpyramiden utgjøres av syv uorganiske basiskjemikalier, hvorav **tre** er grunnstoffer (**A – G**). Disse syv kjemikaliene produseres vanligvis på følgende måte:

- **A:** Lages ved å reagere hydrogen (H_2) og nitrogen (N_2) under høyt trykk og forhøyet temperatur og i nærvær av en egnet katalysator (Haber-Bosch-prosessen). Produktet er en gass med stikkende lukt som løser seg godt i vann.
- **B:** Lages ved elektrolyse av en vandig oppløsning av natriumklorid (koksalt). Stoffet dannes som en gass ved den positive elektroden (anoden). Gassen er grønnfarget og giftig.
- **C:** Lages ved å behandle mineralet flusspat (CaF_2) med svovelsyre (H_2SO_4). Dette gir en gass som løser seg i vann og danner en syre som kan etse glass.
- **D:** Lages ved å behandle kvarts (SiO_2) med koks (nesten rent karbon) i en elektrisk lysbueovn ved svært høye temperaturer. Dette halvmetallet er blant annet viktig for transistorer og solcellepaneler.
- **E:** Lages ved å behandle natriumklorid i vann med ammoniakk og karbondioksid, noe som gir ammoniumklorid og utfelt natriumhydrogenkarbonat. Stoffet fås når sistnevnte forbindelse varmes opp (under avgivelse av vann og en gass). Stoffet er ofte kjent under trivialnavnet soda.
- **F:** Lages ved elektrolyse av en vandig oppløsning av natriumklorid (koksalt). Dette utpreget basiske stoffet dannes ved den negative elektroden (katoden), oppløst i vann.
- **G:** Utvinnes enten fra naturlige forekomster, typisk i områder med vulkansk aktivitet, eller opparbeides som biprodukt fra petroleum eller naturgass, der innhold av dette gulfargede grunnstoffet ikke er ønskelig.

- a) Identifiser de syv uorganiske basiskjemikaliene **A – G** i stoffpyramiden ved hjelp av opplysningene ovenfor og gi deres kjemiske formler/atomsymboler.

Laget over bunnivået i stoffpyramiden utgjøres av fem aromatiske forbindelser (**H – L**). Disse er kjemisk sammensatt, eller kan fremstilles, på følgende måte:

- **H**: Aromat med kjemisk formel C_6H_6 .
- **I**: Substituert aromat med kjemisk formel C_7H_8 .
- **J**: Disubstituert aromat med kjemisk formel C_8H_{10} . Forekommer som tre ulike strukturisomerer.
- **K**: Aromat med kjemisk formel C_6H_6O . Er en type aromatisk alkohol.
- **L**: Aromat laget ved dehydrogenering av etylbenzen. Er viktig i produksjonen av forskjellige polymerer.

- b) Tegn de kjemiske strukturene til de fem aromatiske forbindelsene **H – L**. For stoff **J** kan du tegne en hvilken som helst av de tre mulige strukturisomerene.

Laget over aromatene i stoffpyramiden utgjøres av tre C_2 - C_4 alkener/olefiner (**M – O**). Alle tre forbindelser lages i dag som regel ved moleky spalting («cracking») av petroleum eller naturgass. De kan kort beskrives på følgende måte:

- **M**: Det viktigste av alle organiske stoffer når det kommer til produksjonsvolum. Kan polymeriseres til en uforgrenet, lineær polymer.
- **N**: Et C_3 -alken som kan polymeriseres til en polymer med sidegruppe(r).
- **O**: Et C_4 -alken med kjemisk formel C_4H_6 og er sentral i produksjonen av syntetisk gummi.

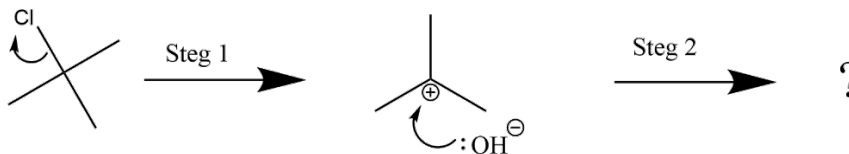
- c) Tegn de kjemiske strukturene til de tre alkenene **M – O**.

- d) Toppen av stoffpyramiden utgjøres av en giftig alkohol **R** som tidligere ble laget ved tørrdestillasjon av tre, men som nå lages fra såkalt syntesegass (blanding av hydrogen og karbonmonoksid). Gi navn og kjemisk struktur for alkohol **R**.

- e) Laget over olefinene i stoffpyramiden utgjøres av to vanlige aminosyrer (**P** og **Q**). Ved dekarboksylering (avspaltning av karbondioksid) fra aminosyre **P** fås den illeluktende forbindelsen kadaverin, et stoff med kjemisk formel $NH_2(CH_2)_5NH_2$. Aminosyre **Q** er sammen med cystein den eneste svovelholdige aminosyren blant de 20 naturlige aminosyrene som alle levende celler bruker for å bygge opp proteiner. Den kan lages syntetisk fra kloretylmetylsulfid ($ClCH_2CH_2SCH_3$). Tegn de kjemiske strukturene til de to aminosyrene **P** og **Q** (uten å angi stereokjemi).

Oppgave 5 (10 poeng)

Nedenfor ser du reaksjonsmekanismen til en organisk reaksjon. Det første trinnet er hastighetsbestemmende (bestemmer ordenen til reaksjonen), og er det trinnet vi skal se på i deloppgave c) og d).



- Gi korrekt systematisk navn på utgangsstoffet og reaksjonstypen som totalreaksjonen for begge trinnene sett under ett er et eksempel på.
- Hva er sluttproduktet etter det andre trinnet? Oppgi korrekt systematisk navn og struktur.

I en studie av reaksjonshastigheten ved romtemperatur målte noen kjemikere konsentrasjonen til utgangsstoffet (forkortet til [R]) ved ulike tidspunkter. Startkonsentrasjonen var 0,150 mol/L.

Tid (minutt)	[R] (mol/L)
0	0,150
10	0,100
20	0,067
30	0,045
40	0,030

- Bruk dataene til å avgjøre om reaksjonen er av 0. orden eller 1. orden. Finn også hastighetskonstanten k .

Ved en annen temperatur ble hastighetskonstanten målt til å være $k = 0,05 \text{ min}^{-1}$. Ellers ble eksperimentet utført på samme måte.

- Finn ut hvor lang tid reaksjonen må gå for at 90% av reaktanten skal bli omgjort til produkt.

Oppgave 6 (10 poeng)

Batterier med natriumioner i stedet for litiumioner har én veldig stor fordel: natrium er veldig lett å få tak i. Batterier med litium dominerer likevel fortsatt på verdensbasis fordi det er mange utfordringer med kjemien i natriumbatterier.

Ett problem finner vi på anoden. Det er mulig å legge så mange litiumioner inn mellom lagene i grafitt at man danner C_6Li . Med natrium er dette nesten ikke mulig å gjøre og man må bruke andre materialer.

- a) Hva er det gjennomsnittlige oksidasjonstallet for karbon i C_6Li ? Hvor stor prosentandel av massen av en anode av C_6Li er litium?

En forenklet versjon av natriumionbatteriet inneholder natriummetall som oksideres. En forenklet katode kan for eksempel være $Fe(II)/Fe(III)$.

- b) Skriv balansert reaksjonsligning for denne forenklede framstillingen og regn ut celledspenningen.

Den vanligste størrelsen for sammenligning av batterier er «spesifikk energi», som er energi per masse (enhet: kJ/kg).

- c) Et natriumionbatteri med spenning 3,05 V veier til sammen 0,5 kg, hvorav 23 gram er natrium som kan reagere. Finn den spesifikke energien til batteriet.

Mens litiumionbatterier bruker organiske løsemidler som elektrolytter, er det overraskende nok enkelte natriumionbatterier som bruker vann som elektrolytt.

- d) Skriv balansert reaksjonsligning for reaksjonen som skjer når man tilsetter natriummetall til et overskudd av vann.

Oppgave 7 (18 poeng)

Mangan(IV)oksid, MnO_2 , også kalt mangandioksid, forekommer naturlig som mineralet brunstein. En kjemiker har fått en steinprøve fra en geolog som ønsker å vite masseprosenten av brunstein i prøven. Prøven veier 2,40 g. Kjemikeren vet at MnO_2 er et nokså sterkt oksidasjonsmiddel og bestemmer seg for å prøve å bestemme mengden MnO_2 indirekte ved å behandle prøven (etter først å ha pulverisert den) med et overskudd jodid, I^- , i surt vandig miljø, og så bestemme mengden jod som dannes ved titrering mot tiosulfat, $S_2O_3^{2-}$ (jodometri).

- a) Skriv den balanserte reaksjonsligningen for reaksjonen mellom MnO_2 og I^- , og forklar hvorfor den er spontan ved standard betingelser.
- b) Hvor stor er likevektskonstanten for reaksjonen ved $25^\circ C$? (NB! Mange redoksreaksjoner har store likevektskonstanter).

Kjemikeren lager en 0,500 mol/L løsning av natriumtiosulfat, $Na_2S_2O_3$, i vann, og begynner å titrere. For tydeligere å se omslaget, tilsetter han noen dråper av en vannløsning av et bestemt polysakkarid når han nærmer seg ekvivalenspunktet. I det den blåsvarte fargen på løsningen i titrerkolben forsvinner, leser han av et forbruk av tiosulfatløsningen på 22,08 mL.

- c) Hvilket polysakkarid, som er vanlig å bruke som indikator i jodometriske titreringer, ble tilsatt?
- d) Skriv ned den balanserte reaksjonsligningen for reaksjonen mellom jod og tiosulfat som finner sted i titrerkolben.
- e) Hva er masseprosenten av brunstein i steinprøven?

Mangan(II)-ioner danner flere lite løselige salter, bl.a. mangan(II)karbonat ($K_{sp}(\text{MnCO}_3) = 2,24 \cdot 10^{-11}$) og mangan(II)hydroksid ($K_{sp}(\text{Mn}(\text{OH})_2) = 1,6 \cdot 10^{-13}$). Anta at 50,0 mL av en hydrogenkarbonat/karbonat-buffer med $[\text{HCO}_3^-] = 0,100 \text{ mol/L}$ og $[\text{CO}_3^{2-}] = 0,100 \text{ mol/L}$ tilsettes til 0,45 L av en $1,00 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$ løsning av mangan(II)klorid.

- f) Hva er pH i bufferløsningen?
- g) Hvilket mangan(II)-salt vil eventuelt felles ut? Begrunn svaret ditt ved å gjøre relevante beregninger.