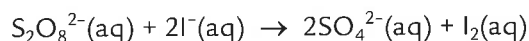




18. Aktiveringsenergi

Formålet med dette eksperiment er at bestemme aktiveringsenergien for reaktionen mellem persulfat, $S_2O_8^{2-}$, og iodid:



Reaktionen er samlet set af anden ordens reaktion med følgende hastighedsudtryk:

$$v = k \cdot [S_2O_8^{2-}] \cdot [I^-]$$

hvor k er hastighedskonstanten.

I eksperimentet bestemmes reaktionshastigheden, hvorefter hastighedskonstanten kan beregnes. Udføres forsøget ved forskellige temperaturer, er det muligt at undersøge, om reaktionen følger Arrhenius-ligningen:

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}}$$

hvor E_a er aktiveringsenergien, og k_0 er en teoretisk hastighedskonstant, hvor temperaturen er »uendelig stor«.

Arrhenius-ligningen kan omskrives til:

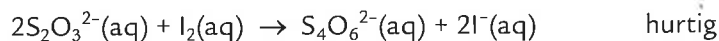
$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} + \ln k_0$$

Når man skal undersøge, om reaktionen følger Arrhenius-ligningen, laves et såkaldt Arrhenius-plot, dvs. man afbilder $\ln k$ som funktion af $\frac{1}{T}$. Hvis reaktionen følger Arrhenius-ligningen, vil afbildningen vise en lineær sammenhæng. Konstanterne E_a (aktiveringsenergien) og k_0 bestemmes grafisk.

Reaktionen startes ved at blande følgende tre opløsninger:

1. 10,0 mL 0,200 M $Na_2S_2O_8$
2. 10,0 mL 0,200 M KI
3. 5,0 mL $4,00 \cdot 10^{-3}$ M $Na_2S_2O_3$ med stivelse

Thiosulfat reagerer med de dannede diiodmolekyler i en meget hurtig reaktion:



Først når thiosulfat er brugt op, kommer opløsningen til at indeholde diiodmolekyler, som sammen med opløsningens indhold af stivelse giver en blå farve. Vi måler den tid, Δt , som går fra reaktionens start, til opløsningen får en blå farve.

Den aktuelle stofmængdekonzentration af thiosulfat ved reaktionens begyndelse er $8,00 \cdot 10^{-4}$ M. Lige når thiosulfat er brugt op, er $[S_2O_8^{2-}]$ formind-

sket med $4,00 \cdot 10^{-4}$ M. Reaktionshastigheden kan dermed beregnes af følgende formel:

$$v = - \frac{\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{\Delta t} = \frac{4,00 \cdot 10^{-4} \text{ M}}{\Delta t}$$

APPARATUR

- 4 bægerglas, 250 mL
- Bægerglas, 100 mL
- 15 reagensglas
- Pipette, 5 mL
- Pipettesuger
- Spatel
- Termometer til måling med 0,1 grads nøjagtighed
- 2 buretter
- Buretteholder
- Stativ
- Stopur/mobiltelefon

KEMIKALIER

- $4,00 \cdot 10^{-3}$ M natriumthiosulfat, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, med stivelse
- $0,200$ M kaliumiodid, KI
- $0,200$ M natriumpersulfat, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$
- Isterninger

EKSPERIMENTELT

Forsøget skal udføres ved stuetemperatur og fire andre temperaturer. Der skal bruges fire 250 mL bægerglas. Fyld disse næsten til randen med henholdsvis lunkent vand (ca. 30°C), køligt vand (ca. 15°C), koldt vand (ca. 10°C) og koldt vand tilsat isstykker.

Sæt derefter i *hvert* af disse bægerglas tre reagensglas, der rummer følgende opløsninger:

1. 10,0 mL $0,200$ M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$
2. 10,0 mL $0,200$ M KI
3. 5,0 mL $4,00 \cdot 10^{-3}$ M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ med stivelse



Figur 18.1. Temperaturen fastholdes ved hjælp af et vandbad.

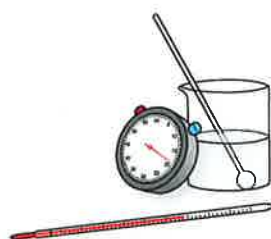
Aftap opløsning 1 og 2 ved hjælp af buretter og afmål opløsning 3 med pipette. Stil reagensglassene til temperering i mindst et kvarter – gerne længere.

I ventetiden udføres et forsøg ved stuetemperatur: Gør tre reagensglas klar med opløsninger som angivet ovenfor. Lav reaktionen i et 100 mL bægerglas, som står på et stykke hvidt papir.

Hæld først opløsning 3 fra reagensglasset over i bægerglasset.

Start reaktionen ved samtidig at hælde indholdet af de to andre reagensglas over i bægerglasset og start samtidig et stopur. Rør godt rundt med en spatel. Aflæs tiden, Δt , på stopuret, når opløsningen begynder at blive blå. Mål umiddelbart herefter reaktionsblandingsens temperatur. Notér resultaterne i skemaet på næste side.

Rengør bægerglasset og gennemfør tilsvarende målinger ved de fire andre temperaturer. Husk at måle reaktionsblandingsens temperatur *umiddelbart* efter tidsmålingen (temperaturen vil ikke helt blive lig med det pågældende



Figur 18.2. Stopuret startes, så snart opløsningerne med reaktanterne er hældt sammen i bægerglasset.

vandbads temperatur, men det gør ikke noget; det er udmærket, hvis den laveste temperatur fx er ca. 8 °C og den højeste ca. 25 °C).

Forsøg

1

2

3

4

5

$\Delta t/s$	Temperatur/°C
13,5	22,4
87	7,7
46,5	11,2
18,6	18,4
9,1	28

Omgivelser: 22,4 grader C

EFTERBEHANDLING

1. Beregn de aktuelle stofmængdekonzentrationer ved reaktionens begyndelse for persulfat og iodid.

$[S_2O_8^{2-}]$	$[I^-]$

2. Beregn reaktionshastigheden v for hvert af de fem forsøg. Notér i skemaet herunder.
3. Beregn hastighedskonstanten k for hvert af de fem forsøg. Ved beregningerne benyttes de aktuelle stofmængdekonzentrationer i reaktionsblandingen ved reaktionens begyndelse.
4. Beregn $\ln k$ for hvert af de fem forsøg.
5. Beregn den absolutte temperatur T og $\frac{1}{T}$ for hvert af de fem forsøg.

v	k	$\ln k$	T	$\frac{1}{T}$

6. Lav et Arrhenius-plot ved at afbilde $\ln k$ som funktion af $\frac{1}{T}$. Lav lineær regression og kommentér afbildningen.
7. Bestem ud fra Arrhenius-plottet E_a og k_0 .
8. Beregn hastighedskonstanten ved 60 °C.
9. Beregn reaktionshastigheden ved 60 °C.
10. Beregn reaktionstiden Δt , hvis forsøget udføres ved 60 °C. Kommentér.

E_a	k_0	Hastigheds- konstant ved 60 °C	Beregnet reak- tionshastighed ved 60 °C	Beregnet reaktionstid ved 60 °C