

## Oppgave 7

### Reaksjonshastighet

Navn og dato: Marcus Lexander 18/10/17

Labgruppe og plassnr.: Onsdag plass 17

#### Sammendrag

I dette forsøket er effekten av temperatur, konsentrasjon av reaktanter og katalysator undersøkt. Det er vist at økt temperatur gir økt reaksjonshastighet ved å løse brusetabletter av sitronsyre ( $C_6H_8O_7$ ) og natriumhydrogenkarbonat ( $NaHCO_3$ ) i vann med ulik temperatur. Dette er og blitt brukt til å beregne aktiveringsenergien for reaksjonen mellom disse stoffene til 18 kJ/mol. Det er vist at økt konsentrasjon av reaktanter også øker reaksjonshastigheten ved å løse opp magnesiumbiter i ulike konsentrasjoner av saltsyre (HCl). Dette er også blitt brukt til å eksperimentelt finne orden for denne reaksjonen til 2,0. Effekten av mangan(IV)oksid, gjær og kaliumjodid (KI) som katalysator for dissosiasjonen av hydrogenperoksid ( $H_2O_2$ ) er undersøkt og det er funnet at kaliumjodid er den beste av disse katalysatorene og at økt konsentrasjon av øker effekten.

#### 1 Teori

Reaksjonshastighet er et mål på hvor fort en reaksjon går. Den er definert som en endring i stoffmengde per enhet tid og i en generell reaksjonsligning kan representeres slik:

$$aA \rightarrow bB \Rightarrow v = -\frac{1}{a} \frac{dn_A}{dt} = \frac{1}{b} \frac{dn_B}{dt} \quad (1-1)$$

der  $\frac{dn_A}{dt}$  er endring i antal mol A over et tidsintervall dt. Denne reaksjonshastigheten vil avhenge av temperaturen etter **Arrhenius' ligning** (1),

$$v = A e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (1-2)$$

der A er en konstant, R er gasskonstanten, T er temperaturen og  $E_a$  er aktiveringsenergien for reaksjonen som er tilnærmet temperaturuavhengig.

Reaksjonshastighet kan også uttrykkes med **hastighetsloven** (1),

$$v = k [A]^x \quad (1-3)$$

Der k er en konstant, [A] er konsentrasjonen av A og x er reaksjonens orden som sier noe om reaksjonsmekanismen. For ideelle elementære reaksjoner er denne lik den støkiometriske faktoren til stoffet. De fleste reaksjoner er ikke elementære så reaksjonsorden er en eksperimentelt funnet verdi.

Katalysatorer er stoffer som endrer reaksjonsmekanismen uten å selv ingå i reaksjonen. Dette resulterer i en endret aktiveringsenergi for reaksjonen og endrer da reaksjonshastigheten.

## **2 Eksperimentelt**

### **2.1 Effekt av temperatur**

Et 500 mL begerglass ble fylt med ca. 300 mL rent isvann uten isbiter. Temperatur ble notert. En brusetablett (blanding av natriumhydrogenkarbonat og sitronsyre) ble sluppet ned i begeret og stoppeklokke ble startet. Det ble rørt forsiktig med termometeret slik at tablettene ikke fløt helt opp til overflaten. Tid og temperatur ble notert idet tablettene var helt oppløst.

Forsøket ble gjentatt med 300 mL vann på ca. 10°C, 20°C og 30°C (Laget med å blande isvann med springvann).

### **2.2 Effekt av reaktantenes konsentrasjoner**

En strimmel med magnesiummetall ble pusset blank og klippet til 4 biter på 1 cm. 50 mL 0,75 M saltsyre (HCl) ble helt i en 100 mL erlenmeyerkolbe. En magnesiumbit ble sluppet ned i syren og stoppeklokken ble startet. Kolben ble rotert og tid ble notert idet magnesiumbiten var helt oppløst.

Forsøket ble gjentatt med de resterende magnesiumbitene og HCl-konsentrasjoner på henholdsvis, 1 M, 1,5 M og 2 M.

### **2.3 Effekt av katalysator**

a) Valg av katalysator.

ca. 2 mL 10% hydrogenperoksid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ble helt i et reagensrør. En spatelspiss mangan(IV)oksid (ca. 0,3 g) ble tilsatt og klokkeslettet ble notert til nærmeste minutt. Røret ble satt i et stativ og løsningen las stå å bruse i inntil 15 min. Hvis brusingen stopper før 15 min noteres klokkeslettet.

Forsøket gjentas med mangan(IV)oksid byttet ut med henholdsvis 1 mL gjærsuspensjon og 1 mL 1 M kaliumjodid(KI). Ved bruk av KI som katalysator ble tid målt med stoppeklokke.

b) Mengde av katalysator

Tre nye reagensrør ble fylt med 2 mL 10 %  $\text{H}_2\text{O}_2$ . I disse ble det tilsatt 1 mL henholdsvis 0,5 M, 2 M og 4 M KI. Tid til brusing sluttet ble målt med stoppeklokke for alle tre løsningene.

### 3 Resultater

#### 3.1 Effekt av temperatur

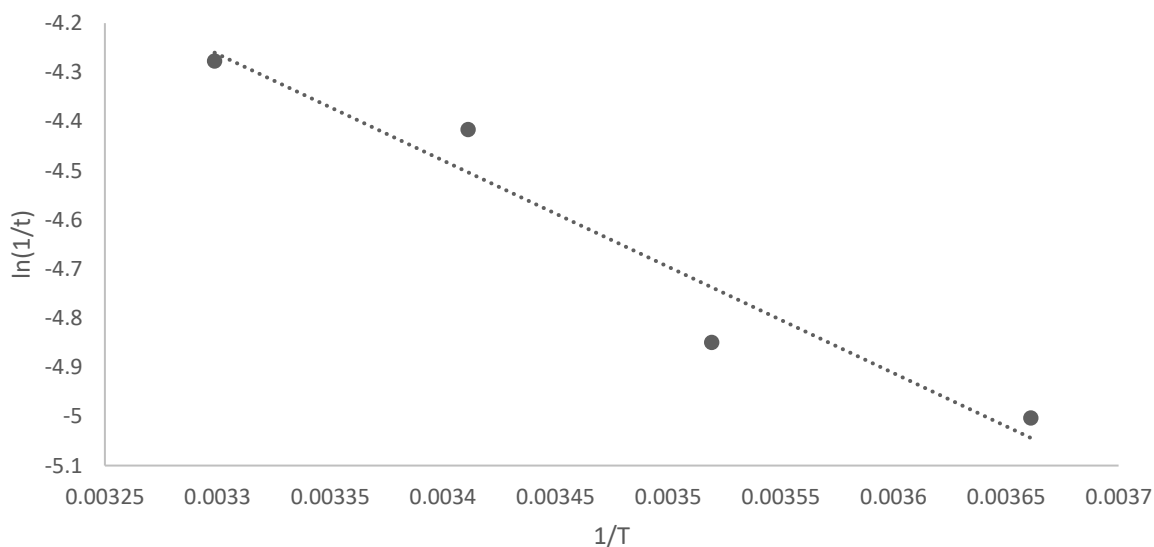
Starttemperaturene i de fire reaksjonene var målt til 0°C, 11°C, 20°C og 30°C og tiden til brusetabletten var oppløst ble henholdsvis målt til 149 s, 128 s, 83 s og 72 s. Sluttemperaturene for reaksjonene var alle innen en halv til en grad av starttemperaturen. Vi antar at stoffmengden i tablettene er konstant så vi kan si at reaksjonshastigheten er omvendtproporsjonal med tiden:

$$v = \frac{\text{konstant}}{t} \quad (3-1)$$

Vi kan da kombinere denne ligningen med ligning (1-2) kan vi få følgende uttrykk:

$$\ln\left(\frac{1}{t}\right) = \ln\left(\frac{A}{\text{konstant}}\right) - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \quad (3-2)$$

Vi ser her at hvis vi plotter  $\ln\left(\frac{1}{t}\right)$  mot  $\frac{1}{T}$  så får vi en rett linje med stigningstall  $-\frac{E_a}{R}$  og et konstantledd med de ukjente konstantene i ligningene. Ut fra stigningstallet kan vi finne aktiveringsenergien uten å vite de konstantene. Microsoft Excel ble brukt til å finne en lineær regresjon der stigningstallet ble funnet til å være -2163 K som ganget med  $-R$  for å finne aktiveringsenergien gir 18 kJ/mol.



**Figur 3.1:**  $\ln\frac{1}{t}$  plottet mot  $\frac{1}{T}$  der  $t$  er tiden det tok for tabletten å løses opp og  $T$  er starttemperaturen. Stigningstallet til grafen ble målt til -2163 K og aktiveringsenergien for reaksjonen ble da beregnet til 18 kJ/mol.

**Tabell 3.1:** Tid for oppløsning av brusetabletter ved gitte temperaturer.

Temperatur (°C)	0	11	20	30
Tid (s)	149	128	82	72

### 3.2 Effekt av reaktantenes konsentrasjon

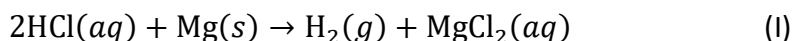
Tid for oppløsning av magnesium i saltsyre med konsentrasjon på 0,75 M, 1,0 M, 1,5M og 2 M ble henholdsvis målt til 208 s, 111 s, 50 s og 28 s. Vi kan bruke ligning (3-1) til å omforme ligning (1-3)

$$\ln \frac{1}{t} = x \ln[\text{HCl}] + \ln \frac{k}{\text{konstant}} \quad (3-2)$$

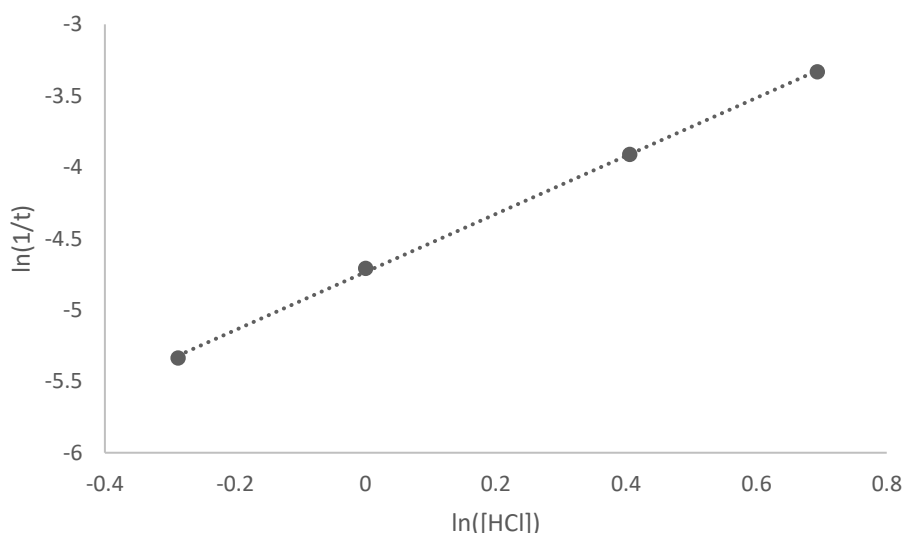
slik at vi kan som i 3.1 plote  $\ln \frac{1}{t}$  mot  $\ln[\text{HCl}]$  og finne stigningstallet  $x$  som er reaksjonsorden uten å vite verdiene til konstantleddet. Microsoft Excel ble også her brukt til å finne en lineær regresjon der stigningstallet ble beregnet til 2,03. Ligning (1-3) kan omformes ved å kombinere den med to ulike konsentrasjoner til

$$x = \frac{\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right)}{\ln\left(\frac{[\text{HCl}]_1}{[\text{HCl}]_2}\right)} \quad (3-3)$$

som kan brukes til å finne reaksjonsorden for to verdier, som er greit når en har få verdier. Med denne metoden for tre par av punkter blir reaksjonsorden beregnet til 2,06 (Beregning i vedlegg 1). Hadde dette vært en ideell elementær reaksjon hadde reaksjonsordenen vært 2 utfra reaksjonsligningen



der den støkiometriske faktoren for HCl er 2.



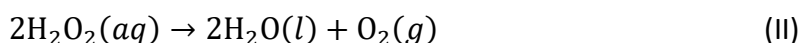
**Figur 3.2:**  $\ln\left(\frac{1}{t}\right)$  plottet mot  $\ln[\text{HCl}]$  der  $t$  er tiden brukt for å løse opp magnesiumbiten og  $[\text{HCl}]$  er konsentrasjonen av HCl. Stigningstallet til grafen beskriver reaksjonens orden og ble beregnet til 2,03

**Tabell 3.2:** Tid for oppløsning av magnesiumsbiter i gitte konsentrasjoner av HCl

Kons. HCl (M)	0,75	1,0	1,5	2,0
Tid (s)	208	111	50	28

### 3.3 Effekt av katalysator

Ved tilsats av de ulike katalysatorene katalyseres reaksjon (II)



og det dannes oksyngengass som bruser. Tid til brusing sluttet med manganoksid som katalysator tok mye mer enn 15 så tidtaking på denne ble avsluttet. Brusing med gjærsuspensjonen som katalysator var stoppet etter ca. 9 min. 1 M kaliumjodid som katalysator ga brusing i ca. 2 min. Vi ser da at manganoksid er den dårligste katalysatoren og kaliumjodid den beste. Ved økt konsentrasjon av kaliumjodid ser vi at effekten av katalysatoren blir større og tiden til brusingen sluttet var lavere.

**Tabell 3.3:** Tid til brusing i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sluttet med ulike katalysatorer

Katalysator	MnO <sub>2</sub>	Gjærsuspensjon	KI (1,0 M)
Tid	> 15 min	9 min	2:02 min

**Tabell 3.4:** Tid til brusing i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sluttet med ulike konsentrasjoner av KI som katalysator

Kons (M)	0,5	1,0	2,0	4,0
Tid (s)	245	122	61	40

## 4 Diskusjon

Ved oppløsning av brusetabletter fløt tablettene i ulik grad opp til overflaten så det å holde de til lik grad under vannet ved røring ble vanskelig. Det er veldig vanskelig å si til hvilken grad dette har påvirket resultatene siden vi ikke har målinger på hvor mye av overflaten til tablettene som reagerte aktivt når den fløt til overflaten av vannet. Det er og vanskelig å se akkurat når tablettene var oppløst siden den var dekket i ulik mengde skum utfra temperaturen til vannet. Dette kan skyldes et par sekunder fra eller til som kan gi noen få prosent i avvik i aktiveringsenergien (Beregnet ved å endre verdier i Excel arket. Hvis alle tid verdiene ble endret med 2 sekunder i den retningen som ga størst utslag på stigningstallet ble det maks 6% avvik). Usikkerheten i temperaturmålingen er på 0,5 grader og er mer eller mindre neglisjerbar i forhold til usikkerheten i tiden. Avvik i tidtaking kan også skyldes at målingene er gjort av to personer som ikke nødvendigvis avgjør om tablettene er ferdigoppløst likt.

For magnesiumstripene i saltsyre har vi et lignende problem som med tablettene der de flyter i overflaten og blir i ulik grad boblet opp av syren. Vi har ingen målinger på hvorvidt dette har påvirket resultatene så det antas at det ikke er noe betydelig forskjell i reaksjonsflaten mellom de ulike konsentrasjonene. Her har vi også samme problem med at det er vanskelig å avgjøre akkurat når magnesiumbitten er ferdig oppløst og at dette blir gjort av to forskjellige personer. Denne kan stå for større avvik enn i delforsøk 1 siden tiden er lavere og det da står for en prosentvis større feil. Når det kommer til resultatet her kan vi forvente en verdi i nærheten av 2 siden reaksjonsorden ville vært akkurat 2 om reaksjonen er en elementær reaksjon, og den faktiske reaksjonen ikke er en veldig innviklet reaksjon. Verdiene vi fikk som er omtrent lik 2 med usikkerheten i tid målingen tatt i betraktning gir da grei mening. Her vil også lineær regresjon gi en bedre verdi enn det å regne for to og to punkter. Regresjonen tar alle punktene i betraktning på en gang, mens med å regne med to og to punkter burde en regnet med hver eneste kombinasjon av to punkter som er mange utregninger selv for bare 4 verdier og helt umulig å gjøre på noe fornuftig tid for særlig mange flere verdier.

For katalysatorene er det lite kvantitative feilkilder som er veldig verdt å snakke om etter som en bare var interessert i den kvalitative effekten av forskjellige katalysatorer og økende og minkende konsentrasjon av de. Det var som i de andre delforsøkene vanskelig å avgjøre akkurat når brusingen sluttet, mye fordi etter den første aggressive brusingen var det en svak bobling som varte mye lengre som mulig skyldes oppløst oksygen i vannet som går ut av løsningen når utviklingen av oksyngengass stopper og da partialtrykket av oksygen på vannet minker.

## 5 Litteraturliste

1. Hafskjold, B. og Madland, E., Laboratoriekurs i KJ1000 Generell kjemi, 4. utgave, NTNU, Trondheim, 2017.

## Vedlegg 1: Beregninger

$$x = \frac{\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right)}{\ln\left(\frac{[\text{HCl}]_1}{[\text{HCl}]_2}\right)}$$

$$x_1 = \frac{\ln\frac{111}{208}}{\ln\frac{1}{0,75}} = 2,18$$

$$x_2 = \frac{\ln\frac{50}{111}}{\ln\frac{1}{1,5}} = 1,97$$

$$x_3 = \frac{\ln\frac{28}{50}}{\ln\frac{1,5}{2}} = 2,02$$

$$\bar{x} = \frac{2,18 + 1,97 + 2,02}{3} = 2,06$$

## Vedlegg 2: Svar på kontrollspørsmål

### Kontrollspørsmål

1. Gitt at tabletten har samme stoffmengde; har størrelsen på brystablettene noe å si i forsøk 7-1? Forklar hvorfor/hvorfor ikke.  
Ja, tablettstørrelsen vil ha noe å si på reaksjonshastigheten ettersom reaksjonsflaten vil øke og da mer av tabletten løses opp på en gang (gitt at den økte mengden fyllstoff i tabletten ikke har noe spesiell innvirkning på reaksjonshastigheten).
2. Hva er en katalysator? Nevn også eksempler på noen katalysatorer andre enn de du brukte i forsøket.  
En katalysator er (Som beskrevet i teoridelen) et stoff som endrer reaksjonsmekanismen slik at aktiveringsenergi og da reaksjonshastigheten endres. Enzymer er typiske katalysatorer i biologiske systemer, for eksempel laktase som katalyserer nedbrytelsen av laktose. Produksjonen av estere er ofte katalysert med svovelsyre siden det er vanntiltrekkende og dette forskyver likevekten mellom alkohol, karboksylsyre og ester mot økt konsentrasjon av esteren.
3. Gitt reaksjon (I) i teorikapittelet; vil reaksjonshastigheten øke eller synke med økende aktiveringsenergi?  
Reaksjonshastigheten vil synke med økende aktiveringsenergi siden færre av kollisjonene mellom molekyler har den energien som trengs for å reagere.
4. Gitt reaksjon (I) i teorikapittelet; vil reaksjonshastigheten øke eller synke med økende temperatur?  
Her vil reaksjonshastigheten øke siden det at temperaturen øket betyr at den gjennomsnittlige kinetiske energien er høyere, altså flere av kollisjonene mellom molekylene vil ha den energien som kreves for å reagere.