

## EXPERIMENTELLT PROV ONSDAG 2011-03-16

Provet omfattar en uppgift som redovisas enligt anvisningarna.  
Provtid: 180 minuter. Hjälpmedel: Miniräknare.

**OBS! Tabell- och formelsamling får EJ användas.**

**Skriv NAMN och SKOLA på VARJE inlämnat papper!**  
**Riskbedömning: Måttligt riskfylld laboration.**

**OBS! Till laborationen följer en svarsblankett på vilken alla beräkningar och uträkningar skall redovisas. Lösningar eller redovisningar utanför denna blankett kommer inte tas med i bedömningen.**

**Om du behöver en ny svarsblankett får du be om en sådan av din lärare.**

**De lösningar du erhållit skall räcka till hela laborationen. Om du behöver mer ger detta poängavdrag som anges av din lärare vid inskickning av provet.**

**Det är lämpligt att börja laborera så snart som möjligt. Det finns sedan viss tid att under laborationens gång läsa igenom provet som innehåller viss teori som man inte går igenom på gymnasiekursen i kemi. Dina lösningar skall tempereras vilket tar ca 10 minuter och under denna tid bör du läsa igenom hela laborationen. Huvuddelen av de 40 poäng som delas ut ges för rimliga resultat vid laborationen.**

**Skyddsglasögon skall användas under hela det experimentella provet.**

Kaliumjodid  $0,50 \text{ mol/dm}^3 \text{ KI}$



H302 - Skadligt vid förtäring

Kaliumpersulfat  $0,010 \text{ mol/dm}^3 \text{ K}_2\text{S}_2\text{O}_8$



H 315 Irriterar huden

H317 Kan orsaka hudirritation

H319 Orsakar allvarlig ögonirritation

H334 Kan orsaka allergi- eller astmasymtom eller andningssvårigheter vid inandning

Natriumtiosulfat  $0,0050 \text{ mol/dm}^3 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

2 % stärkelselösning

## Teori

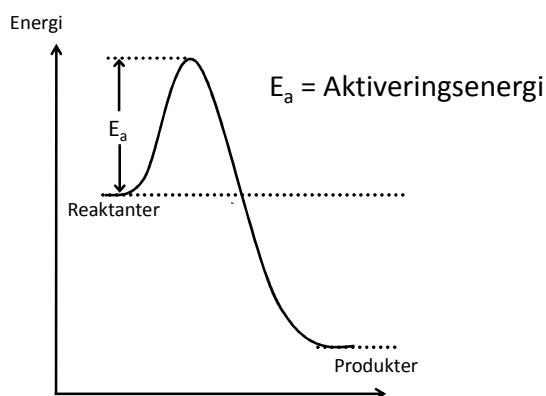
Kemiska reaktioners hastigheter karakteriseras genom olika reaktionsparametrar såsom aktiveringsenergi, hastighetskonstanter, reaktionsordningar och frekvensfaktorer.

På 1880-talet undersökte svensken Svante Arrhenius (Nobelpristagare 1903) hur reaktioners hastighet varierar med temperaturen. Han fann ett samband som kallas för Arrheniusekvationen och som skrivs

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

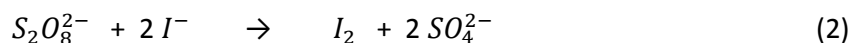
där  $k$  är hastighetskonstanten,  $A$  är frekvensfaktorn,  $E_a$  är aktiveringsenergin,  $R$  är gaskonstanten ( $R=8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ), och  $T$  är absoluta temperaturen. ( $0 \text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$ )

Ekvationen beskriver sambandet mellan hur fort en reaktion sker och den energi som måste tillföras för att den ska äga rum, den s.k. aktiveringsenergin.

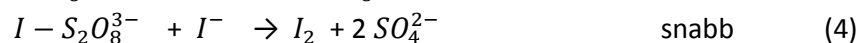


Figur 1. Energivådiagram som visar en kemisk reaktions aktiveringsenergi

I denna uppgift ska du bestämma reaktionsparametrarna när persulfatjoner,  $S_2O_8^{2-}$ , reagerar med jodidjoner,  $I^-$ , under bildandet av jod,  $I_2$ , samt sulfatjoner,  $SO_4^{2-}$ . Reaktionen kan skrivas



Nettoreaktionen anses bestå av två steg som beskrivs med följande reaktionsmekanism



Reaktionen mellan persulfatjoner  $S_2O_8^{2-}$  och jodidjoner är långsam. Detta steg avgör hur fort reaktionen sker och kallas därför det hastighetsbestämmande steget.

Reaktionshastigheten,  $v$  ( $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$ ), för förbrukning av persulfatjoner är beroende av koncentrationerna av persulfatjoner och jodidjoner. Hastighetsuttrycket för detta förlopp skrivs som

$$v = -\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt} = k_1[S_2O_8^{2-}][I^-] \quad (5)$$

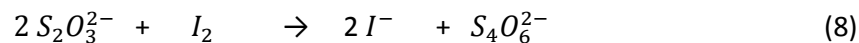
där  $k_1$  är hastighetskonstanten.

I detta försök har försöksbetingelserna valts så att koncentrationen av jodidjoner är konstant. Detta medför att hastighetsuttrycket (5) kan förenklas till

$$v = k_2[S_2O_8^{2-}] \quad (6)$$

$$\text{där } k_2 = k_1[I^-] \quad (7)$$

Koncentrationen av jodidjoner hålls konstant genom att låta tiosulfatjoner reagera med den bildade joden. Reaktionen är mycket snabb och återbildar jodidjoner enligt följande



Detta innebär att ingen nettoproduktion av  $I_2$  kommer att kunna registreras förrän alla tiosulfatjoner,  $S_2O_3^{2-}$ , har förbrukats. När alla tiosulfatjoner har förbrukats färgas lösningen blå, då  $I_2$  bildar ett blått komplex med stärkelse. Tidpunkten när detta sker betecknas med  $t_{blå}$ .

Startkoncentrationen av persulfatjoner sätts till  $a_0$  och koncentration vid tiden  $t$  sätts till  $a_t$ . När hastighetsuttrycket (6) integreras och tiden sätts till  $t_{blå}$  fås uttrycket

$$\ln \frac{a_0}{a_{t_{blå}}} = k_2 \cdot t_{blå} \quad (9)$$

När Arrheniusekvationen logaritmeras fås ekvationen

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad (10)$$

Genom att bestämma hastighetskonstanten vid olika temperaturer är det möjligt att avsätta  $\ln k$  mot  $1/T$  och få ett linjärt samband. Aktiveringsenergin och frekvensfaktorn kan därefter bestämmas.

## Uppgift (Se även svarsblanketten)

- Bestäm de tider,  $t_{\text{blå}}$ , det tar för en given mängd av persulfatjoner att reagera vid olika temperaturer.
- Beräkna hastighetskonstanterna  $k_2$  vid olika temperaturer ur ekvation (9) och de korresponderande  $k_1$ -värden ur ekvation (7).
- Använd Arrheniusekvationen och bestäm med hjälp av en graf aktiveringsenergin  $E_a$  och frekvensfaktorn  $A$  utifrån beräknade  $k_1$ -värden och temperaturer.

## Material och kemikalier

10 st provrör som rymmer minst  $20 \text{ cm}^3$ , pipettfyllare

3 st pipetter (2 st 10 ml samt 1 st 5 ml dvs. en pipett för respektive lösning)

5 st mindre bägare ( $50 - 100 \text{ cm}^3$ ), 5 st större bägare ( $100 - 200 \text{ cm}^3$ )

Termometer  $0 - 100^\circ\text{C}$  eller  $0 - 50^\circ\text{C}$  (helst digital termometer), tidtagarur

Glasstav och märkpena. För att reglera temperaturen ska isvatten och varmt vatten (ca  $50 - 60^\circ\text{C}$ ) finnas tillgängliga.

$0,010 \text{ mol/dm}^3 \text{ K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,  $0,50 \text{ mol/dm}^3 \text{ KI}$ ,  $0,0050 \text{ mol/dm}^3 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 2% färsk stärkelselösning

## Utförande

Placera de tio provrören i de fem större bägarna, två i varje bägare. De större bägarna skall innehålla vatten med temperaturen mellan  $15^\circ\text{C}$  till  $35^\circ\text{C}$ , där ett temperaturintervall på ungefär  $5^\circ\text{C}$  är lämpligt.

I det ena provröret pipetteras  $10,0 \text{ cm}^3 0,50 \text{ mol/dm}^3 \text{ KI}$  och  $5,0 \text{ cm}^3 0,0050 \text{ mol/dm}^3 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Det andra provröret skall innehålla  $10,0 \text{ cm}^3 0,010 \text{ mol/dm}^3 \text{ K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  samt 5 droppar 2 % stärkelselösning. Låt provrören stå ca 5-10 minuter i den större bägaren.

Ta upp provrören i bägaren med lägst temperatur. Sätt en mindre tom glasbägaren i den större och håll i lösningen från ett av provrören i den tomma bägaren. Håll därefter i lösningen från det andra provröret i bägaren samtidigt som tiden börjar mätas. Rör om med glasstav eller termometer. Notera den tid (anges i sekunder) det tar tills lösningen blåfärgas, dvs. då bildad jod bildar komplex med stärkelse. Temperaturen avläses med  $0,5^\circ\text{C}$  noggrannhet. Upprepa därefter proceduren med de övriga provrören och reglera temperaturen om nödvändigt så att du får bra temperaturintervall. Skulle du få något eller några oväntade resultat upprepa då proceduren med dessa provrör.

## Svarsblankett till experimentellt prov

Namn: \_\_\_\_\_

Skola: \_\_\_\_\_

### Resultatsammanställning

Resultat eller beräkningar som redovisas utanför svarsrutor rättas inte.

1. Anteckna i tabell 1 temperaturen på lösningen i °C samt tiden (i sekunder) det tar för den blå färgen att uppträda,  $t_{blå}$ .

Tabell 1

Bägare	Temp (°C)	Tid för blå färg, $t_{blå}(s)$
Bägare 1		
Bägare 2		
Bägare 3		
Bägare 4		
Bägare 5		

2. Beräkna startkoncentrationen  $a_0$  av persulfatjoner. Beräkna också koncentrationsminskningen  $x$ , för  $S_2O_8^{2-}$  som reagerat vid tiden  $t_{blå}$ . Beräkna sedan koncentrationen  $a_{t_{blå}} = a_0 - x$  som återstår av  $S_2O_8^{2-}$  vid tiden  $t_{blå}$ .

Redovisa dina beräkningar.

3. Beräkna  $k_2$  för varje försökstemperatur (uttryck (9)). För in beräknade värden i tabell 2. Redovisa dina beräkningar för bägare nr 1.

4. Räkna om temperaturen till absolut temperatur  $T$  vid  $t_{blå}$ , samt beräkna värdet av  $\frac{1}{T}$  ( $\frac{1}{K}$ ). Ange dessa värden i tabell 2. Redovisa beräkningarna för bägare nr 1.

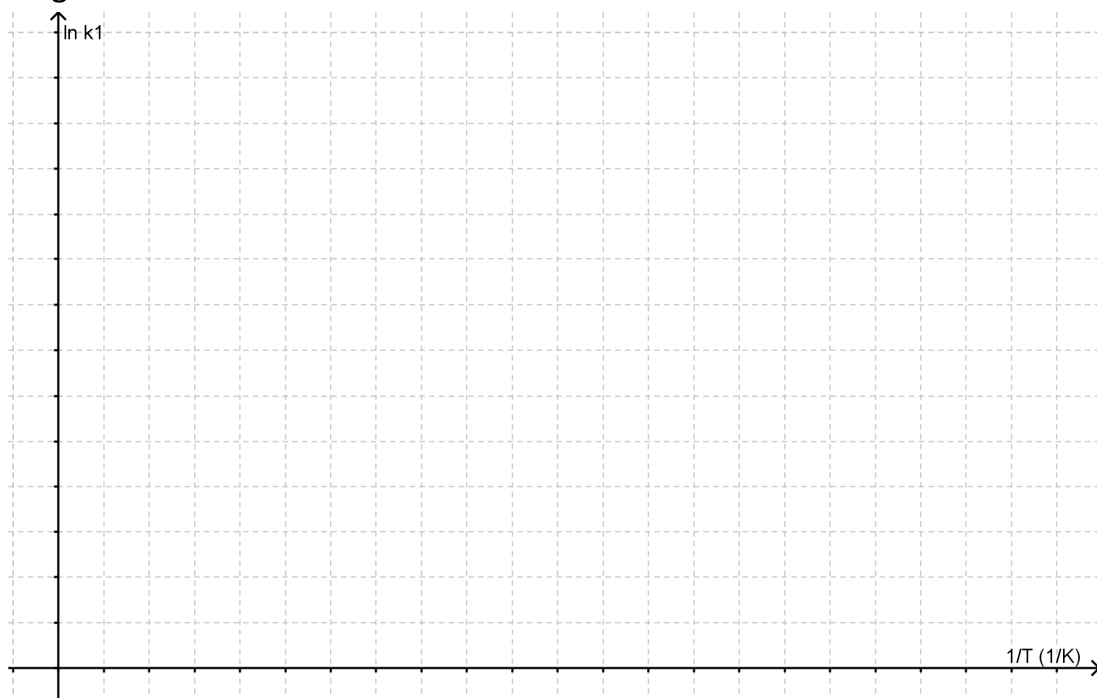
5. Beräkna  $k_1$  (uttryck 7) samt  $\ln k_1$  och för in värdena i tabell 2. Redovisa beräkningarna för bägare nr 1.

Tabell 2

Bägare	Temp(°C)	Tid för blå färg, $t_{blå}(s)$	$k_2 (s^{-1})$	$k_1 (mol^{-1} \cdot dm^3 s^{-1})$	$\frac{1}{T} (\frac{1}{K})$	$\ln k_1$
Bägare 1						
Bägare 2						
Bägare 3						
Bägare 4						
Bägare 5						

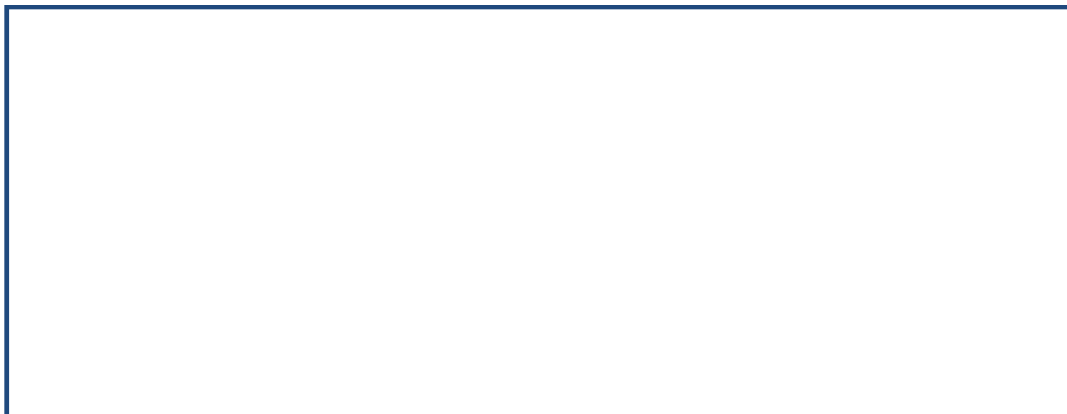
6. I diagram 2 skall du rita en graf av  $\ln k_1$  som funktion av  $1/T$ .

Diagram 2



7. Aktiveringsenergin,  $E_a$ , och frekvensfaktorn,  $A$ , från uttryck (10) bestäms ur lutningen respektive beräkning ur uttryck 10 via insättning av lutningen och värdena för en punkt på linjen.

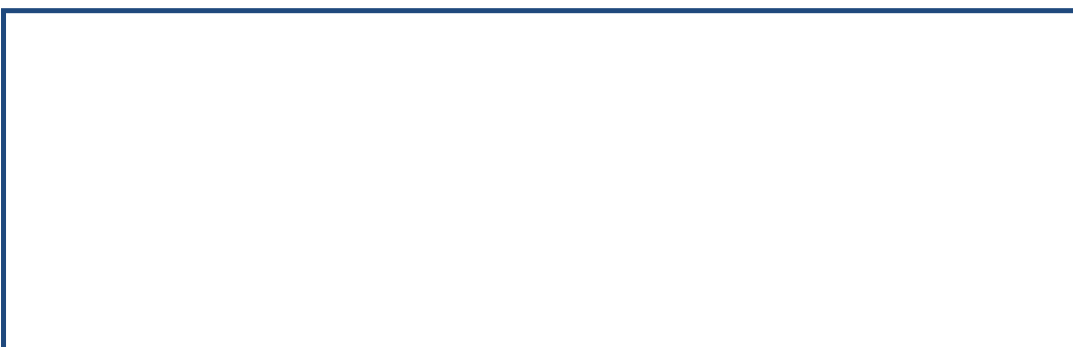
a) Bestäm ur diagram 2 ( $\ln k_1 = f(1/T)$ ) ett värde på lutningen



b) beräkna aktiveringsenergin,  $E_a$ , uttryckt i kJ/mol.



c) Beräkna frekvensfaktorn,  $A$ .



Lämna in hela svarsblanketten till din handledare.



## Svar och rättningsmall till det experimentella provet

Alla resultat skall föras in i svarsblanketten. Resultat eller beräkningar utanför dessa rutor bedöms inte.

1. Antecknat och fått rimliga värden i tabell 1 vad beträffar temperatur och reaktionshastighet. Eleven har redovisat minst fyra relevanta resultat. (18 p)
2. Eleven har beräknat koncentrationsminskningen av  $S_2O_8^{2-}$  samt den återstående koncentrationen  $a_0-x$ , vid tiden  $t_{blä}$ . (4 p)
3. Eleven har beräknat  $k_2$  för varje försökstemperatur, fört in värdena i tabell 2 samt redovisat beräkningarna för bägare nr 1. (3 p)
4. Eleven har räknat om temperaturen till Kelvin ( $T$ ), beräknat värdet av  $1/T$ , fyllt i tabell 2 och visat beräkningarna för bägare nr 1. (2 p)
5. Eleven har beräknat  $\ln k_1$  och fört in dessa värden i tabell 2. (2 p)
6. Eleven har markerat sina mätpunkter i diagram 2 och ritat en linjär graf av  $\ln k_1$  som funktion av  $(1/T)$ . (5 p)
- 7 a) Eleven har bestämt lutningen ur diagram  $\ln k_1 = f(1/T)$ . (2 p)  
b) Eleven har redovisat beräkningarna av aktiveringsenergin  $E_a$ , och svarat i kJ/mol.  
(Riktvärde  $E_a \approx 50$  kJ/mol, under dessa försöksbetingelser) (2 p)
- c) Eleven har beräknat frekvensfaktorn,  $A$ . (2 p)

# Anvisningar till ledaren för det experimentella provet 2011- 03-16

## För experimenten behövs följande lösningar:

$0,50 \text{ mol/dm}^3$  KI Lösningens koncentration ( $\text{mol/dm}^3$ ) ska anges på flaskan som eleven får. Lös upp 83,1 g i  $1 \text{ dm}^3$

$0,010 \text{ mol/dm}^3$   $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  Lösningens koncentration ( $\text{mol/dm}^3$ ) ska anges på flaskan som eleven får. Lös upp 2,7 g i  $1 \text{ dm}^3$ . Det tar tid att lösa upp kaliumpersulfatet.

$0,0050 \text{ mol/dm}^3$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  Lösningens koncentration ( $\text{mol/dm}^3$ ) ska anges på flaskan som eleven får. Lös upp 0,79 g i  $1 \text{ dm}^3$ . (vattenfritt salt) eller 1,24 g i  $1 \text{ dm}^3$  (kristalliserat salt  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ )

2 % färsk stärkelselösning. 10 gram löslig stärkelse rörs ned i ca  $0,5 \text{ dm}^3$  vatten som värms upp försiktigt så att stärkelsen löser sig. Låt lösningen svalna.

## För varje deltagare ska följande utrustning vara framdukad:

### Lösningar:

$100 \text{ cm}^3$   $0,50 \text{ mol/dm}^3$  KI

$100 \text{ cm}^3$   $0,010 \text{ mol/dm}^3$   $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$

$100 \text{ cm}^3$   $0,0050 \text{ mol/dm}^3$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Droppflaska  $10\text{-}100 \text{ cm}^3$  med 2 % färsk stärkelselösning

### Material:

10 st provrör som rymmer minst  $20 \text{ cm}^3$

3 st pipetter: 2 st à  $10,0 \text{ cm}^3$  samt 1 st à  $5,0 \text{ cm}^3$ , en för respektive lösning

Pipettfyllare

5 st större bägare ( $100\text{-}250 \text{ cm}^3$ ) som ska fungera som vattenbad.

5 st mindre bägare ( $50\text{-}100 \text{ cm}^3$ ) som måste få plats i den större.

En bägare med isvatten samt en bägare med varmvatten (ca  $50\text{-}60^\circ\text{C}$ ) skall finnas tillgänglig för alla för att kunna göra lämpliga vattenbad.

Glasstav till omrörning

Skyddsglasögon

Sprutflaska med (avjoniserat eller destillerat) vatten

Tidtagarur

Termometer  $0\text{-}100^\circ\text{C}$  eller  $0\text{-}50^\circ\text{C}$  (helst digital termometer)

Hushållspapper, märkpenna