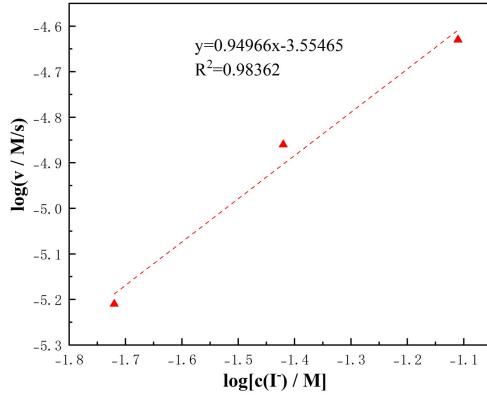
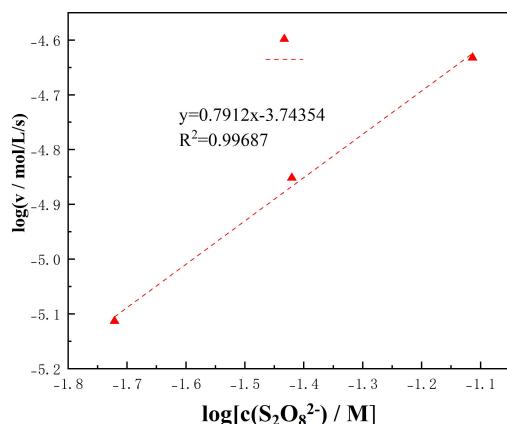


# 化学反应速率与活化能的测定

学号: 250001100	姓名: 金安逊	院系: 化学与分子工程学院
所在实验室: 第一实验室	实验日期: 2025.11.26	室温 (°C) : 20.0~22.0

## (1) 反应级数测定结果

实验编号	1	2	3	4	5
温度 (°C)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
0.20 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液 (mL)	20.0	10.0	5.0	20.0	20.0
0.20 mol/L KI 溶液 (mL)	20.0	20.0	20.0	10.0	5.0
0.010 mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 (mL)	8.0	4.0	2.0	4.0	2.0
0.20% 淀粉溶液 (mL)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
0.20 mol/L $\text{KNO}_3$ 溶液 (mL)	0	0	0	10.0	15.0
0.20 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液 (mL)	0	14.0	21.0	4.0	6.0
$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液浓度 (mol/L)	0.077	0.038	0.019	0.077	0.077
KI 溶液浓度 (mol/L)	0.077	0.077	0.077	0.038	0.019
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液浓度 (mol/L)	0.0015	0.00077	0.00038	0.00077	0.00038
反应时间 $\Delta t$ (s)	32.16	27.36	24.66	27.78	30.50
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 浓度变化, $\Delta(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ (mol/L)	0.00075	0.000385	0.00019	0.000385	0.00019
反应的平均速率, $v = \Delta(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})/\Delta t$ (mol·L <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	0.0000233	0.0000141	0.0000077	0.0000139	0.0000062
$\lg(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$	-1.11	-1.42	-1.72	-1.11	-1.11
$\lg(I^-)$	-1.11	-1.11	-1.11	-1.42	-1.72
$\lg v$	-4.63	-4.85	-5.11	-4.86	-5.21
$m$	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
$n$	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
$k = \frac{v}{(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})^m(I^-)^n}$	0.0020	0.0021	0.0020	0.0023	0.0020



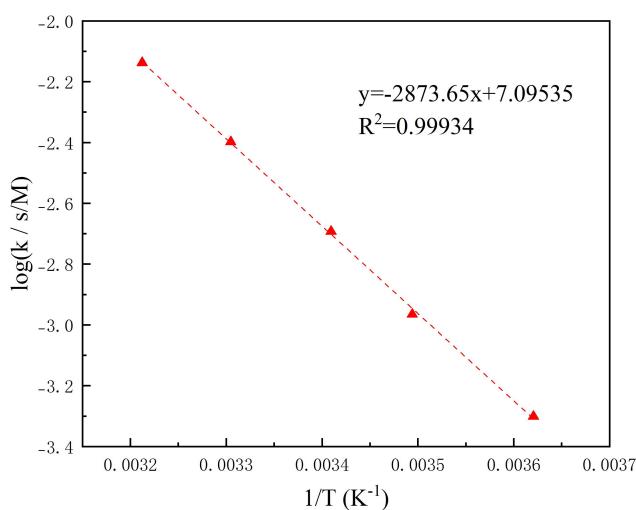
## (2) 反应活化能测定结果

溶液成分

0.20 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液(mL)	20.0
0.20 mol/L KI 溶液 (mL)	10.0
0.010 mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 (mL)	8.0
0.20% 淀粉溶液 (mL)	4.0
0.20 mol/L $\text{KNO}_3$ 溶液 (mL)	10.0
0.20 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液 (mL)	0
$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液浓度 (mol/L)	0.077
KI 溶液浓度 (mol/L)	0.038
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液浓度 (mol/L)	0.0015

反应速率

实验编号	1	2	3	4	5
温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	3.0	13.0	20.1	29.4	38.1
温度 (K)	276.2	286.2	293.3	302.6	311.3
反应时间 $\Delta t$ (s)	245.91	113.41	60.59	30.72	16.87
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 浓度变化, $\Delta(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ (mol/L)	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075
反应的平均速率, $v = \Delta(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})/\Delta t$ (mol·L $^{-1}$ s $^{-1}$ )	0.0000030	0.0000066	0.000012	0.000024	0.000045
$k = \frac{v}{(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})^m(\text{I}^-)^n}$	0.00050	0.00108	0.00203	0.00400	0.00729
$1/T$	0.003621	0.003494	0.003409	0.003305	0.003212
$\lg k$	-3.30	-2.96	-2.69	-2.40	-2.14
$E_a$ (kJ mol $^{-1}$ )	53299				



### (3) 催化剂对反应速率的影响

反应条件

0.20 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液(mL)	20.0
0.20 mol/L KI 溶液 (mL)	10.0
0.010 mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 (mL)	8.0
0.20% 淀粉溶液 (mL)	4.0
0.20 mol/L $\text{KNO}_3$ 溶液 (mL)	10.0
0.20 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液 (mL)	0
$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液浓度 (mol/L)	0.077
KI 溶液浓度 (mol/L)	0.038
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液浓度 (mol/L)	0.0015
反应温度 (°C)	20.0

实验编号	1	2
0.02 mol/L $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 溶液加入量	1 滴	2 滴
反应时间 $\Delta t$ (s)	44.15	27.06
反应的平均速率, $v = \Delta(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})/\Delta t$ (mol·L <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	0.000017	0.000028
温度 T(°C)	21.0	21.5
$k = \frac{v}{(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})^m(\text{I}^-)^n}$	0.0072882	0.0027869

附：原始实验记录（扫描版）

2023年11月27日

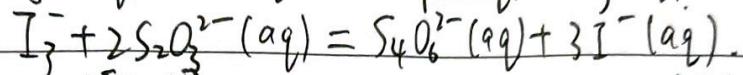
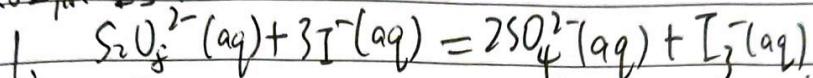
第45页

## 实验10：化学反应速率与活化能的测定

### 实验目的

- 验证浓度、温度、催化剂对化学反应速率的影响。
- 测定  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  与  $\text{KI}$  反应的速率并计算反应级数、反应速率常数及活化能。

### 实验原理



$$2. V = -\frac{\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{\Delta t} = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^m[\text{I}^-]^n = -\frac{\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{2\Delta t \text{变蓝}}$$

$$3. \lg V = m \lg [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] + n \lg [\text{I}^-] + \lg k. \quad (\text{可认为反应中 } \text{S}_2\text{O}_8^{2-}, \text{ I}^- \text{ 浓度不变})$$

通过  $\lg V$  对  $\lg [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$  作图,  $\lg V$  对  $\lg [\text{I}^-]$  作图可求得  $m, n, k$ .

$$4. \lg k = A - \frac{E_a}{2,303RT}. \quad \text{通过 } \lg k \text{ 对 } T \text{ 作图可求得 } E_a.$$

### 实验内容

- 验证浓度对反应速率的影响并求反应级数

a. 室温下用3个量筒分别取0.2M KI溶液20mL, 0.01M  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  8.0mL, 0.20% 淀粉溶液4.0mL者加入150mL烧杯, 混合均匀。

b. 另一个量筒取0.2M  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  20.0mL快速加入烧杯, 同时打开秒表, 快速搅拌。一出现蓝色立即停止计时, 记录  $\Delta t$ 。

c. 改变试剂用量进行另外4次实验, 不足的量分别用0.2M  $\text{KNO}_3$  溶液和0.2M  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  补足。

d. 计算各反应的速率  $V$ , 用表中 I. III. IV 数据作  $\lg V \sim \lg [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$  图, 求  $m$ , 用 I. IV. V 数据作  $\lg V \sim \lg [\text{I}^-]$  图。

表 1:

	I	II	III	IV	V
实验序号					
反应温度(°C)			20.0		
试剂	0.2M $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	20	10	5	20
用量(mL)	0.2M KI	20	20	20	10
	0.010M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	8.0	4.0	2.0	4.0
	0.2% 淀粉	4.0	4.0	4.0	4.0
	0.2M $\text{KNO}_3$	0	0	0	10
	0.2M $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	14	21	4.0
	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	0.077	0.038	0.019	0.077
反应物起始浓度 KI (M)	KI	0.077	0.077	0.077	0.038
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$1.5 \times 10^{-3}$	$7.7 \times 10^{-4}$	$3.8 \times 10^{-4}$	$7.7 \times 10^{-4}$
反应时间 t(s)		32.16	27.36	24.66	27.78
$\Delta [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$		$7.5 \times 10^{-4}$	$3.9 \times 10^{-4}$	$1.9 \times 10^{-4}$	$3.9 \times 10^{-4}$
平均速率 V ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )		$2.3 \times 10^{-5}$	$(4.1 \times 10^{-5})$	$7.7 \times 10^{-6}$	$(3.9 \times 10^{-5})$
速率常数 $k = \frac{V}{[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^m [\text{I}]^n}$		0.0020	0.0021	0.0020	0.0023
	$(\text{mol}^{m+n-1} \cdot \text{L}^{-(m+n-1)} \text{s}^{-1})$				
	$m = 0.79$	$n = 0.95$			

## 2. 验证温度对反应速率的影响并求活化能.

- a. 按步骤 1 中方法. 把 10.0mL KI, 8.0mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 10.0mL  $\text{KNO}_3$ , 4.0mL 淀粉加入 150mL 烧杯 1, 20mL  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  → 烧杯 2. 冰水浴冷却.
- b. 待烧杯 1, 2 溶液均冷却至 0°C. 2 中溶液 → 1 中, 开启计时, 搅拌.
- c. 在约 10°C, 20°C, 30°C, 35°C 条件下重复实验. 得 5 个温度下反应时间
- d. 各次  $\lg k$  对  $1/T$  作图得  $E_a$ .



表 2:

0.2M $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (mL)	20.0
0.2M KI (mL)	10.0
0.010M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)	8.0
0.2% 淀粉 (mL)	4.0
0.2M $\text{KNO}_3$ (mL)	10.0
0.2M $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (mL)	0
$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (M)	0.077
KI (M)	0.038
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (M)	$1.5 \times 10^{-3}$

实验编号	I	II	III	IV	V
反应温度(℃)	终: 3.0	终: 13.0	终: 20.0	终: 29.5	终: 38.0
反应时间(s)	745.9	113.41	120.0	60.59	30.72
反应速率 $v$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$3.0 \times 10^{-6}$	$6.6 \times 10^{-6}$	$1.2 \times 10^{-5}$	$2.4 \times 10^{-5}$	$4.5 \times 10^{-5}$
速率常数 $k$ ( $\text{M}^{-1} \cdot \text{s}$ )	$5.0 \times 10^{-4}$	$1.08 \times 10^{-3}$	$2.03 \times 10^{-3}$	$4.00 \times 10^{-3}$	$7.3 \times 10^{-3}$
$\lg k$	-3.30	-2.96	-2.69	-2.40	-2.14
$1/T$ ( $\text{K}^{-1}$ )	$3.621 \times 10^{-3}$	$3.494 \times 10^{-3}$	$3.409 \times 10^{-3}$	$3.305 \times 10^{-3}$	$3.212 \times 10^{-3}$
$E_a = 53.299 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$					

## 3. 引入催化剂对反应速率的影响

a. 按步骤 2 试剂用量和操作，在混合前加入一定量 0.02M  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

实验序号	I	II	III	IV	V
0.02M $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 加入量	1 滴	2 滴	半滴		
反应时间 $t$ (s)	44.15	27.06			
反应平均 $v = \frac{\Delta(S_2O_8^{2-})}{\Delta t}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-5}$			
( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )					
T	{前: 21.0 后: 21.0} 21.0	{前: 21.0 后: 22.0} 21.5			

卢国宁

## [课后问题].

1. 若不用  $S_2O_8^{2-}$  而用  $I^-/S_2O_4^{2-}$  浓度表示反应速率， $k$  是否改变？

会改变。一个反应的速率只受温度、催化剂的影响，但如果用某一反应物表示该反应的速率时，由于它们的计量系数不同，表观速率常数也会有倍数上的不同。如因为  $2d[S_2O_8^{2-}] = d(I^-)$ ，所以  $k_{S_2O_8^{2-}} = 2 k_I$ 。

2. 为什么可通过溶液出现蓝色的时间计算反应速率，出现蓝色反应是否终止？

因为  $I^-$  与  $S_2O_3^{2-}$  反应速率远大于  $S_2O_8^{2-}$  反应生成  $I_2$  的速率。一开始  $I^-$  一生成就被  $S_2O_3^{2-}$  消耗故不显色。一旦  $S_2O_3^{2-}$  耗尽， $I_2$  立即显色。因此可通过  $S_2O_3^{2-}$  的浓度计算消耗的  $S_2O_3^{2-}$  浓度，进而通过时间求出产率。

并未终止，只是  $S_2O_3^{2-}$  被耗尽，但  $S_2O_8^{2-}$  和  $I^-$  仍然大量可继续反应生成  $I_2$ 。