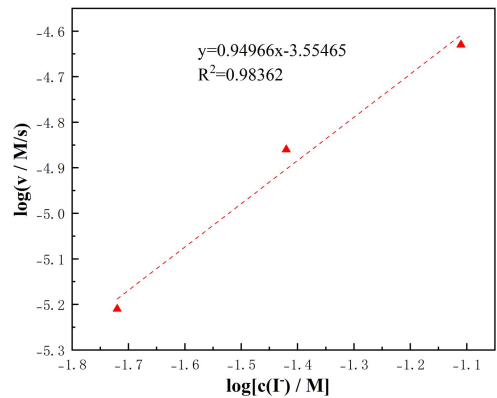
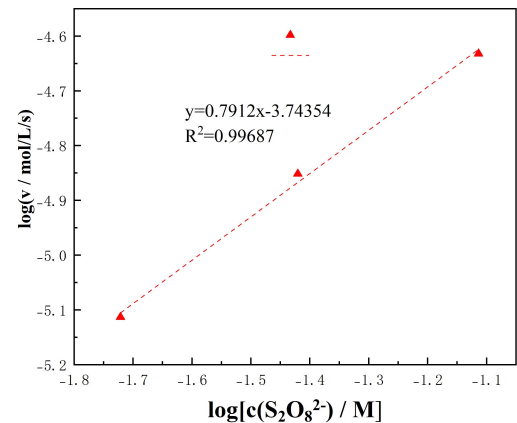


化学反应速率与活化能的测定

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（℃）：20.0~22.0

(1) 反应级数测定结果

实验编号	1	2	3	4	5
温度（℃）	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
0.20 mol/L (NH ₄) ₂ S ₂ 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 Na ₂ S ₂ 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 KNO ₃ 溶液（mL）	0	0	0	10.0	15.0
0.20 mol/L (NH ₄) ₂ SO ₄ 溶液（mL）	0	14.0	21.0	4.0	6.0
(NH ₄) ₂ S ₂ 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
Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液浓度（mol/L）	0.0015	0.00077	0.00038	0.00077	0.00038
反应时间 Δt（s）	32.16	27.36	24.66	27.78	30.50
S ₂ O ₈ ²⁻ 浓度变化， Δ(S ₂ O ₈ ²⁻)（mol/L）	0.00075	0.000385	0.00019	0.000385	0.00019
反应的平均速率， v = Δ(S ₂ O ₈ ²⁻)/Δt（mol·L ⁻¹ ·s ⁻¹ ）	0.0000233	0.0000141	0.0000077	0.0000139	0.0000062
lg（S ₂ 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
$k = \frac{v}{(S_2O_8^{2-})^m(I^-)^n}$	0.0020	0.0021	0.0020	0.0023	0.0020



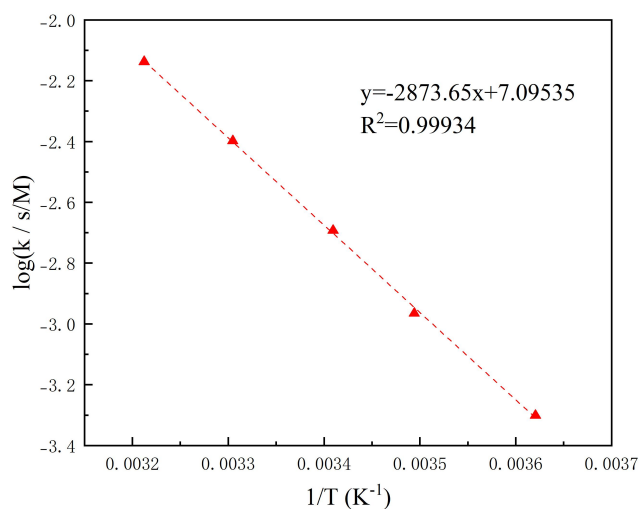
(2) 反应活化能测定结果

溶液成分

0.20 mol/L (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ 溶液(mL)	20.0
0.20 mol/L KI 溶液 (mL)	10.0
0.010 mol/L Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液 (mL)	8.0
0.20%淀粉溶液 (mL)	4.0
0.20 mol/L KNO ₃ 溶液 (mL)	10.0
0.20 mol/L (NH ₄) ₂ SO ₄ 溶液 (mL)	0
(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ 溶液浓度 (mol/L)	0.077
KI 溶液浓度 (mol/L)	0.038
Na ₂ S ₂ 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 (°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 Δt (s)	245.91	113.41	60.59	30.72	16.87
S ₂ 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 (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ 溶液(mL)	20.0
0.20 mol/L KI 溶液 (mL)	10.0
0.010 mol/L Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液 (mL)	8.0
0.20%淀粉溶液 (mL)	4.0
0.20 mol/L KNO ₃ 溶液 (mL)	10.0
0.20 mol/L (NH ₄) ₂ SO ₄ 溶液 (mL)	0
(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ 溶液浓度 (mol/L)	0.077
KI 溶液浓度 (mol/L)	0.038
Na ₂ S ₂ 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 Cu(NO ₃) ₂ 溶液加入量	1 滴	2 滴
反应时间 Δt (s)	44.15	27.06
反应的平均速率, $v = \Delta(S_2O_8^{2-})/\Delta t$ (mol·L ⁻¹ s ⁻¹)	0.000017	0.000028
温度 T(°C)	21.0	21.5
$k = \frac{v}{(S_2O_8^{2-})^m(I^-)^n}$	0.0072882	0.0027869

附：原始实验记录（扫描版）

2021年11月27日

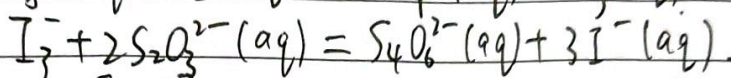
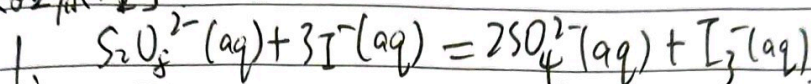
第 45 页

实验10: 化学反应速率与活化能的测定

实验目的

1. 验证浓度、温度、催化剂对化学反应速率的影响。
2. 测定 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 与 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



$$2. \quad v = -\frac{\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{\Delta t} = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^m[\text{I}^-]^n = -\frac{\Delta[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]}{2\Delta t_{\text{变蓝}}}$$

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

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 .

$$4. \quad \lg k = A - \frac{E_a}{2.303RT} \quad \text{通过 } \lg k \text{ 对 } \frac{1}{T} \text{ 作图可求得 } E_a$$

实验内容

1. 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 、

0.2% 淀粉溶液 4.0mL 都加入 150mL 烧杯, 混合均匀。

b. 另一个量筒量取 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 Δt 即 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 KI 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、V 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:

实验序号	I	II	III	IV	V
反应温度(°C)			20.0		
0.2M (NH ₄) ₂ SO ₄	20	10	5	20	20
0.2M KI	20	20	20	10	5
试剂 0.010M Na ₂ SO ₃	8.0	4.0	2.0	4.0	2.0
用量(mL) 0.2% 淀粉	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
0.2M KNO ₃	0	0	0	10	15
0.2M (NH ₄) ₂ SO ₄	0	14	21	4.0	6.0
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.077	0.038	0.019	0.077	0.077
反应物起始浓度 KI	0.077	0.077	0.077	0.038	0.019
(M) Na ₂ SO ₃	1.5×10^{-3}	7.7×10^{-4}	3.8×10^{-4}	7.7×10^{-4}	3.8×10^{-4}
反应时间 Δt (s)	32.16	27.36	24.66	27.78	30.50
$\Delta [S_2O_8^{2-}]$ (mol·L ⁻¹)	7.5×10^{-4}	3.9×10^{-4}	1.9×10^{-4}	3.9×10^{-4}	1.9×10^{-4}
平均速率 V (mol·L ⁻¹ ·s ⁻¹)	2.3×10^{-5}	1.4×10^{-5}	7.7×10^{-6}	1.39×10^{-5}	6.2×10^{-6}
速率常数 $k = \frac{V}{[S_2O_8^{2-}]^m [I]^{-n}}$	0.0020	0.0021	0.0020	0.0023	0.0020
(mol ^{m+n-1} ·L ^{-(m+n-1)} ·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.

- 按步骤 1 中方法, 把 10.0mL KI, 8.0mL Na₂SO₃, 10.0mL KNO₃, 4.0mL 淀粉加入 150mL 烧杯 1, 20mL (NH₄)₂SO₄ → 烧杯 2, 冰水浴冷却
- 待烧杯 1, 2 溶液均冷却至 0°C, 2 中溶液 → 1 中, 开启秒表, 搅拌
- 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
- 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 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)	1.5×10^{-3}

实验编号	I	II	III	IV	V
反应温度 ($^{\circ}\text{C}$)	30	30	30	29.4	38
反应时间 (s)	245.9	113.4	60.5	30.72	16.87
反应速率 v ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)	3.0×10^{-6}	6.6×10^{-6}	1.2×10^{-5}	2.4×10^{-5}	4.5×10^{-5}
速率常数 k ($\text{M}^{-1} \cdot \text{s}$)	5.0×10^{-4}	1.08×10^{-3}	2.03×10^{-3}	4.00×10^{-3}	7.3×10^{-3}
$\lg k$	-3.30	-2.96	-2.69	-2.40	-2.14
$1/T$ (K^{-1})	3.621×10^{-3}	3.494×10^{-3}	3.409×10^{-3}	3.305×10^{-3}	3.212×10^{-3}
$E_a = 53.299 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$					

3. 验证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 $0.02\text{M Cu}(\text{NO}_3)_2$ 。

实验序号	I	II	III	IV	V
0.02M $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 加量	1 滴	2 滴	4 滴		
反应时间 Δt (s)	44.15	27.06			
反应平均 $v = \frac{\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{\Delta t}$ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)	1.7×10^{-5}	2.8×10^{-5}			
T	前: 21.0 后: 21.0	21.0	前: 21.0 后: 22.0	21.5	

中国

[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、^{浓度}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, 表现的速率常数也会有^{的浓度变化率}系数上的不同。

如因为 $2d[S_2O_8^{2-}] = d(I^-)$, 所以 $k_{S_2O_8^{2-}} = 2k_{I^-}$ 。

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_2 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_2 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 $S_2O_8^{2-}$ 浓度, 进而通过时间求出^{求出产率}。

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