



碘鐘交響曲-反應速率與反應級數

領取專用器材：

- 50 mL 錐形瓶 15 個：洗淨、烘乾、放冷
(戴麻布手套，以水泥台旁黃色塑膠盆裝盛)
- 5 mL 刻度吸管 2 支、安全吸球 2 個
- 軟木塞 2 個
- 計時器 1 個
- 標籤紙數張 (標示刻度吸管、燒杯、錐形瓶)

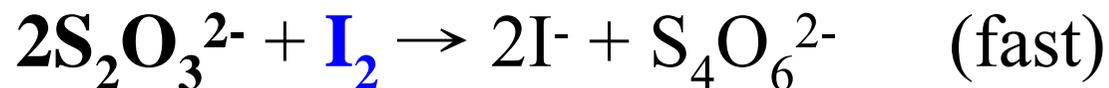
準備個人器材：

- 工程用計算機
- 100 mL 燒杯 2 個：洗淨烘乾，分別標示 $K_2S_2O_8$ 、 K_2SO_4



碘鐘交響曲-反應速率定律式

- 高中化學：秒錶實驗
- 普通化學： $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{I}^- \rightarrow 2\text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2$
 - 速率定律式：Rate = $k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^m[\text{I}^-]^n$
 - 速率測量：加入限量 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 與 I_2 反應



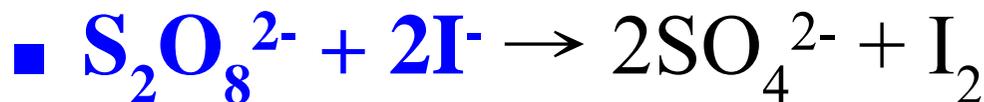
硫代硫酸根用盡時(Δt)，計算 $\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$ ，計算速率

$$\Delta[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] = 2\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$$

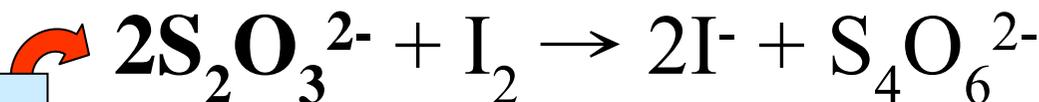
$$\text{rate} = \frac{-\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{\Delta t} = \frac{-\frac{1}{2}\Delta[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]}{\Delta t}$$



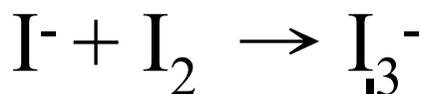
過硫酸根與碘離子反應速率測定



實驗欲測其
反應速率式



反應速率極快
前生成 I_2 立刻用掉



澱粉指示劑



限量之 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 用完
澱粉指示劑變色

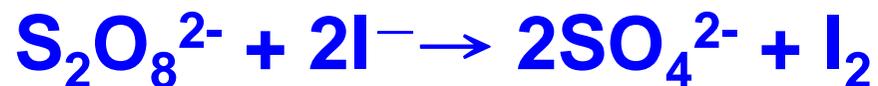
限量之計時劑

$$\Delta[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] = 2 \Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$$

$$\text{rate} = \frac{-\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{\Delta t} = \frac{-\frac{1}{2} \Delta[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]}{\Delta t}$$



初速率法決定速率定律式



表一：三組不同初濃度試驗（總體積均10 mL）

試驗 編號	0.20 M NaI (mL)	0.20 M NaCl (mL)	0.0050 M Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	2% 澱粉 (mL)	0.10 M K ₂ SO ₄ (mL)	0.10 M K ₂ S ₂ O ₈ (mL)	變色 時間 Δt (s)
1	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	61
2	2.0	2.0	1.0	1.0	0	4.0	31
3	4.0	0	1.0	1.0	2.0	2.0	33

限量之計時劑（體積、莫耳數固定）

註：加入NaCl_(aq)及K₂SO_{4(aq)}乃為維持溶液之離子強度固定



$$\text{rate} = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^m[\text{I}^-]^n$$

$$\frac{0.0050 \text{ M} \times 1 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 0.00050 \text{ M}$$

$$\text{rate} = \frac{-\Delta[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}{\Delta t} = \frac{-\frac{1}{2}\Delta[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]}{\Delta t} = \frac{-\frac{1}{2}(0 - 0.00050)}{\Delta t} = \frac{0.00025}{\Delta t}$$

$$\frac{\text{rate}_2}{\text{rate}_1} = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{61}{31} = \frac{k(2[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}])^m([\text{I}^-])^n}{k([\text{S}_2\text{O}_8^{2-}])^m([\text{I}^-])^n} = 2^m \quad \mathbf{m = 0.98}$$

$$\frac{\text{rate}_3}{\text{rate}_1} = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_3} = \frac{61}{33} = \frac{k([\text{S}_2\text{O}_8^{2-}])^m(2[\text{I}^-])^n}{k([\text{S}_2\text{O}_8^{2-}])^m([\text{I}^-])^n} = 2^n \quad \mathbf{n = 0.89}$$

代入m、n即可求出k值



自行設計實驗之取量計算：

預定變色時間：**90 s**

■ 變色時間長反應速度慢，反應物取量(濃度)應少，依配方1變化

試驗 編號	0.20 M NaI (mL)	0.20 M NaCl (mL)	0.0050 M Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	2% 澱粉 (mL)	0.10 M K ₂ SO ₄ (mL)	0.10 M K₂S₂O₈ (mL)	變色 時間 Δt (s)
1	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	61
Rate ₉₀	2.0	2.0	1.0	1.0	4 - x (2.7)	x (1.3)	90

$$\frac{\text{rate}_1}{\text{rate}_{90}} = \frac{\Delta t_{90}}{\Delta t_1} = \frac{90}{61} = \frac{k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^{0.98} [\text{I}^-]^{0.89}}{k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^{0.98} [\text{I}^-]^{0.89}} = \left(\frac{2.0}{x}\right)^{0.98}$$

$$\log\left(\frac{90}{61}\right) = 0.98 \log\left(\frac{2.0}{x}\right) \quad \mathbf{x = 1.34 \text{ (mL)}}$$



自行設計實驗之取量：

預定變色時間：**29 s**

- 變色時間短反應速度快，反應物取量(濃度)應高，依配方3變化

試驗 編號	0.20 M NaI (mL)	0.20 M NaCl (mL)	0.0050 M Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	2% 澱粉 (mL)	0.10 M K ₂ SO ₄ (mL)	0.10 M K₂S₂O₈ (mL)	變色 時間 Δt (s)
3	4.0	0	1.0	1.0	2.0	2.0	33
Rate ₃₉	4.0	0	1.0	1.0	4.0 - y (1.7)	y (2.3)	29

$$\frac{\text{rate}_3}{\text{rate}_{29}} = \frac{\Delta t_{29}}{\Delta t_3} = \frac{29}{33} = \frac{k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^{0.98} [\text{I}^-]^{0.89}}{k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^{0.98} [\text{I}^-]^{0.89}} = \left(\frac{2.0}{y}\right)^{0.98}$$

$$\log\left(\frac{29}{33}\right) = 0.98 \log\left(\frac{2.0}{y}\right) \quad \mathbf{y = 2.28 \text{ (mL)}}$$



實驗步驟 1：取樣準備



- 15個50 mL錐形瓶
洗烘、**放冷**至室溫
- 標示
- 按表1三次試驗取樣



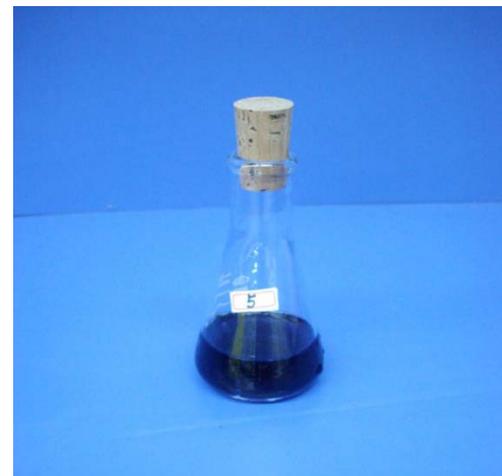
定量液體分注器量取
NaI
NaCl
Na₂S₂O₃
2% 澱粉溶液
置於錐形瓶中
*使用同一組藥品
*排除分注器氣泡



刻度吸量管量取
K₂SO₄於錐形瓶中
*洗淨刻度吸量管
以少量試劑潤洗2次



實驗步驟 2：反應及計時



- 開始記錄時間
- 加入最後一項反應物 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$
- 瓶口塞上軟木塞
- 以手搖動錐形瓶**20秒**後靜置

*直接將安全吸球拔除，溶液全量排放

*勿使溶液外濺!

*可在錐形瓶下方墊白紙以方便觀察



- 溶液開始變色
- 立即停止計時
- 記錄變色時間 (Δt)



實驗步驟3：計算及測試配方



- 重覆3種初濃度試驗
- 取平均值作為 Δt

*二次重覆試驗變色時間差異超過3秒
需再重做一次

- 計算： m 、 n 及 k 值
- 依抽到的變色時間(Δt)
設計一組試樣取量
- 實際取量試劑
- 測量變色時間是否正確

碘鐘交響曲：
準備一瓶試劑
配合交響曲音樂
進行比賽反應



實驗提醒

- 錐形瓶應置烘箱烘乾**放冷**後使用，不使用紙擦乾
- 15個若不夠，要多洗再烘乾
- **溶液均無色，貼標籤避免錯取**
- 計時應與加入 $K_2S_2O_8$ 溶液同步
- 將安全吸球拔掉直接全量排放加入 $K_2S_2O_8$ 溶液
- 搖動錐形瓶混合溶液20秒，靜置觀察
- 整個實驗計時與加溶液之方式需一致
- m 、 n 值需取2位有效數字，如 $m = 0.96$
- 自行設計實驗，需注意維持總溶液體積10 mL
- 寫下完整配方，以便利協助查驗
- 一定要參加碘鐘交響曲比賽，最刺激好玩的步驟