

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中 (職) 組 成果報告表單

題目名稱：反應速率

一、摘要：

由實驗找出點鐘反應的速率定律式，改變過去使用澱粉當作指示劑顯示反應時間，利用導電計測量反應時間，希望能更準確偵測。

二、探究題目與動機

國中理化課程中曾學過——化學反應的時間會受到許多因素影響，例如：反應物濃度、壓力、溫度……，然而我們只知道反應所需的時間在不同的反應物濃度下會改變，卻不能預測出某個濃度下的反應時間。高中課程中的「碘鐘反應」實驗，當反應進行到一定程度會出現明顯顏色變化，藉由改變反應物濃度，會得出不同的反應時間，就可求出反應速率的速率定律式，進而可預測在某反應物濃度下所需的反應時間。

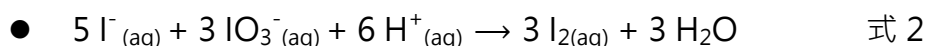
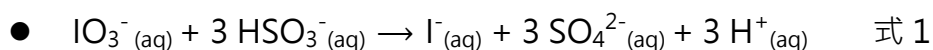
碘鐘反應是在水溶液中進行的，而離子濃度能夠造成水溶液導電度的變化，因此我們想利用導電度的變化軌跡理解反應何時完成（平衡）。

三、探究目的與假設

1. 探討碘酸根離子濃度與反應速率。
2. 探討亞硫酸氫根離子濃度與反應速率。
3. 求出碘鐘反應的反應速率定律式。
4. 以導電度的變化軌跡了解碘鐘反應的反應速率。

四、探究方法與驗證步驟

碘鐘反應原理



研究脈絡圖

前置作業——實驗器材架設

1. 開啟數據收集軟體並將導電度計連接電腦。
2. 測量範圍設為 $0 \mu\text{s/cm} \sim 20000 \mu\text{s/cm}$ 。
3. 利用標準液進行導電度計校正。
4. 設定採樣率為每秒 40 次、採樣時機設為當導電度上升超過 $1000 \mu\text{s/cm}$ 時。
5. 將導電度計及漏斗放入試管中。

反應試劑配製

溶液 A (碘酸鉀溶液) :

1. 取碘酸鉀 0.43 g 加水至 100 ml 配製成 0.02 M 碘酸鉀溶液。

溶液 B (亞硫酸氫鈉、硫酸、澱粉混合液) :

1. 取 4 g 澱粉加入約 80 ml 蒸餾水煮沸後靜置一天。
2. 取 0.06 g 焦亞硫酸鈉及 2 M 硫酸 0.25 ml 加入澱粉液中再加水至 100 ml。

反應時間與導電度軌跡量測

1. 數據收集軟體狀態設為「等待觸發」。
2. 透過漏斗將所有反應物溶液同時倒入試管中並開始計時。
3. 一旦溶液「開始」由無色轉變為藍黑色即停止計時。
4. 待導電度軌跡穩定後停止數據收集。

實驗甲、探討碘酸根離子濃度與反應速率的關係

探究方法：

1. 將溶液 A 依照表 1 稀釋成不同濃度的碘酸鉀溶液。
2. 分別取 A₁、A₂、A₃、A₄、A₅ 與 5 ml 溶液 B 進行反應，測量反應時間及導電度變化軌跡。
3. 以上步驟重複 3 次計算各組平均。

表 1、各濃度碘酸鉀溶液配製

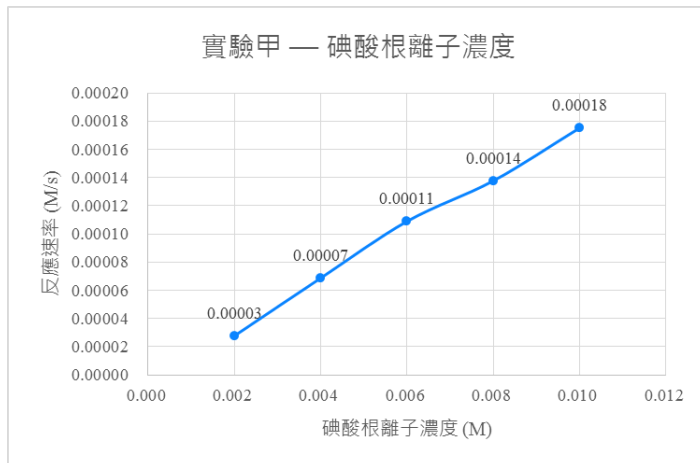
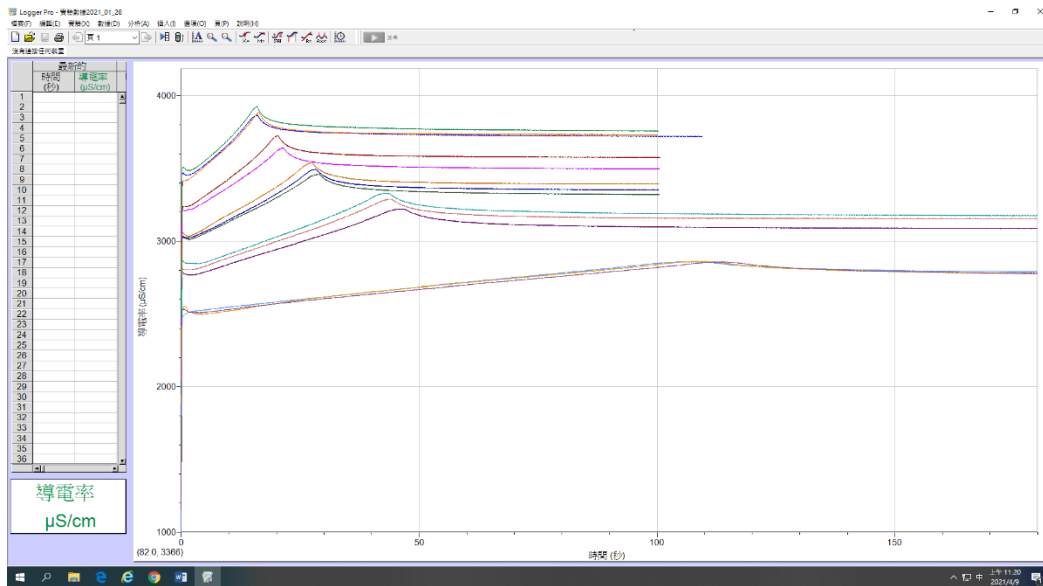
各濃度碘酸鉀溶液之稀釋比例					
溶液	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
溶液 A (ml)	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
蒸餾水 (ml)	0	1.0	2.0	3.0	4.0
[IO ₃ ⁻]	0.020	0.016	0.012	0.008	0.004

實驗結果：

表 2、實驗甲_ 碘酸根離子濃度_ 反應速率計算結果

實驗	混合後濃度 (M)		反應時間 (s)	反應速率 (M/s) $\frac{\Delta[\text{HSO}_3^-]}{\Delta t}$
	[IO ₃ ⁻]	[HSO ₃ ⁻]		
A ₁ + B	0.010	0.0032	18.26	1.8 x 10 ⁻⁴
A ₂ + B	0.008	0.0032	23.23	1.4 x 10 ⁻⁴
A ₃ + B	0.006	0.0032	29.37	1.1 x 10 ⁻⁴
A ₄ + B	0.004	0.0032	46.55	6.9 x 10 ⁻⁵
A ₅ + B	0.002	0.0032	115.59	2.8 x 10 ⁻⁵

使用導電度測量的實驗結果



結果討論：

反應速率的定義為單位時間內反應物的消耗量或生成物的生成量。由於本探究中將溶液變色時間點視為反應完成，又溶液變色條件為 HSO_3^- 耗盡，因此利用各組溶液混合後的 HSO_3^- 濃度及溶液從混合至開始變色所需的時間計算出反應速率如表 2。

計算結果顯示碘鐘反應之反應速率與 IO_3^- 濃度的一次方成正比，因此對 IO_3^- 而言這是一級反應。

根據導電度軌跡我們發現溶液混合後導電度會逐漸上升，而溶液變色時正好到達頂點隨即開始下降，最後回復穩定。

與碼表紀錄的時間比對，導電度數據達頂點時剛好是變色時間，由反應式可知，反應過程中，離子濃度增加，當 HSO_3^- 反應完畢時 I_2 產生使導電度突然下降，因此可當作反應時間。

實驗乙、探討亞硫酸氫根離子濃度與反應速率的關係

探究方法：

1. 將溶液 B 依照表 3 稀釋成不同濃度的亞硫酸氫鈉溶液。
2. 分別取 B₁、B₂、B₃、B₄、B₅ 與 5 ml 溶液 A 進行反應，測量反應時間及導電度變化軌跡。
3. 以上步驟重複 3 次計算各組平均。

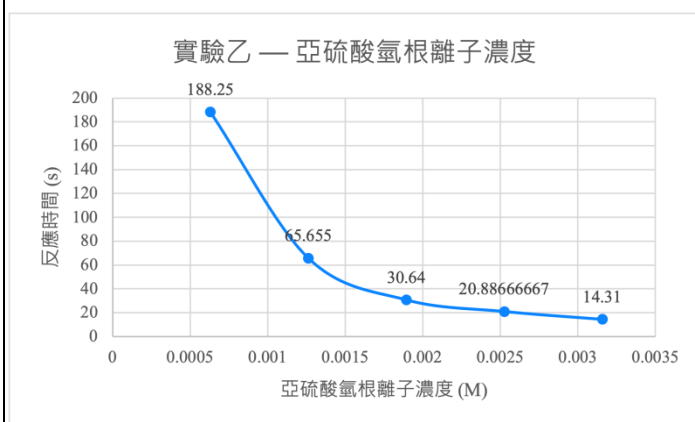
表 3、各濃度亞硫酸氫鈉溶液配製

各濃度亞硫酸氫鈉溶液之稀釋比例					
溶液	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
溶液 B (ml)	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
蒸餾水 (ml)	0	1.0	2.0	3.0	4.0
[HSO ₃ ⁻]	0.0064	0.00512	0.00384	0.00256	0.00128

實驗結果：

表 4、實驗乙_亞硫酸氫根離子濃度_反應速率計算結果

實驗	混合後濃度 (M)		反應時間 (s)	反應速率 (M/s) $\frac{\Delta[\text{HSO}_3^-]}{\Delta t}$
	[IO ₃ ⁻]	[HSO ₃ ⁻]		
A + B ₁	0.010	0.0032	14.31	2.2×10^{-5}
A + B ₂	0.010	0.00256	20.89	1.2×10^{-5}
A + B ₃	0.010	0.00192	30.64	6.3×10^{-6}
A + B ₄	0.010	0.00128	65.66	1.9×10^{-6}
A + B ₅	0.010	0.00064	188.25	3.4×10^{-7}



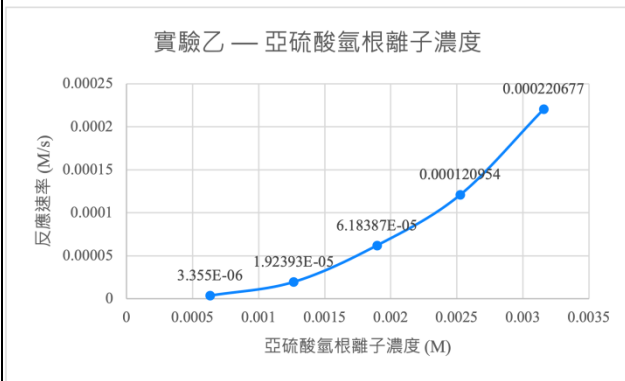


圖 1、實驗乙_亞硫酸氫根濃度_反應速率

結果討論：

實驗乙進行時發現隨著 HSO_3^- 的濃度降低，溶液由「開始」變色至完全呈現藍黑色的時間愈來愈長，檢查實驗步驟與反應式，當稀釋 HSO_3^- 濃度時， H^+ 濃度也以相同比例稀釋，推測 H^+ 濃度可能也影響反應速率。

實驗丙、控制硫酸濃度，改變亞硫酸氫根濃度

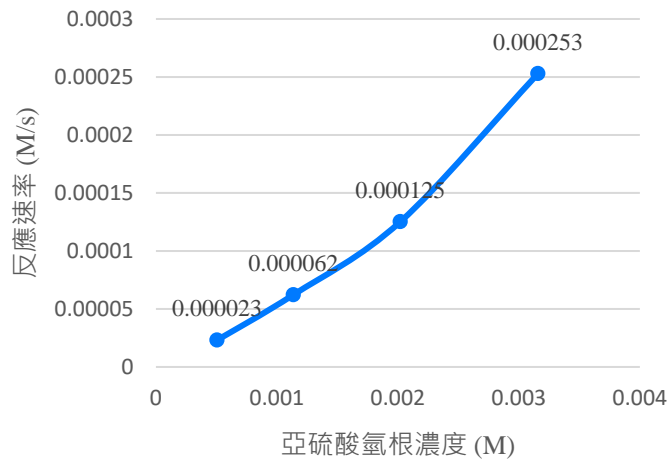
探究方法：

1. 配製不含硫酸的溶液 B。
2. 分別取 5 ml 含硫酸及不含硫酸的溶液 B 與 5 ml 溶液進行 A 反應，測量反應時間及變色狀況和導電度數據。
3. 重複 3 次計算平均。

實驗結果：

實驗	混合後濃度 (M)		反應時間 (s)	反應速率 (M/s)
	$[\text{IO}_3^-]$	$[\text{HSO}_3^-]$		$\frac{\Delta[\text{HSO}_3^-]}{\Delta t}$
A + B ₁	0.010	0.0032	12.50	2.5×10^{-4}
A + B ₂	0.010	0.00256	16.13	1.25×10^{-4}
A + B ₃	0.010	0.00192	18.26	6.2×10^{-5}
A + B ₄	0.010	0.00128	21.84	1.3×10^{-5}
A + B ₅	0.010	0.00064	27.85	4.5×10^{-6}

實驗丙 — 改變亞硫酸氫根離子濃度_控制硫酸濃度



結果討論：

計算結果顯示碘鐘反應之反應速率與 HSO_3^- 濃度的一次方成正比，因此對 IO_3^- 而言這是一級反應。

五、結論與生活應用

1. 導電度數據達頂點時剛好是變色時間，由反應式 1 可知，反應過程中，離子濃度增加，由反應式可知當 HSO_3^- 反應完畢時 I_2 產生使導電度突然下降，因此導電計可當作此實驗的偵測儀器。
2. 由實驗甲與丙可求得反應速率定律式： $R=k[\text{IO}_3^-][\text{HSO}_3^-]$

參考資料

高中化學反應速率