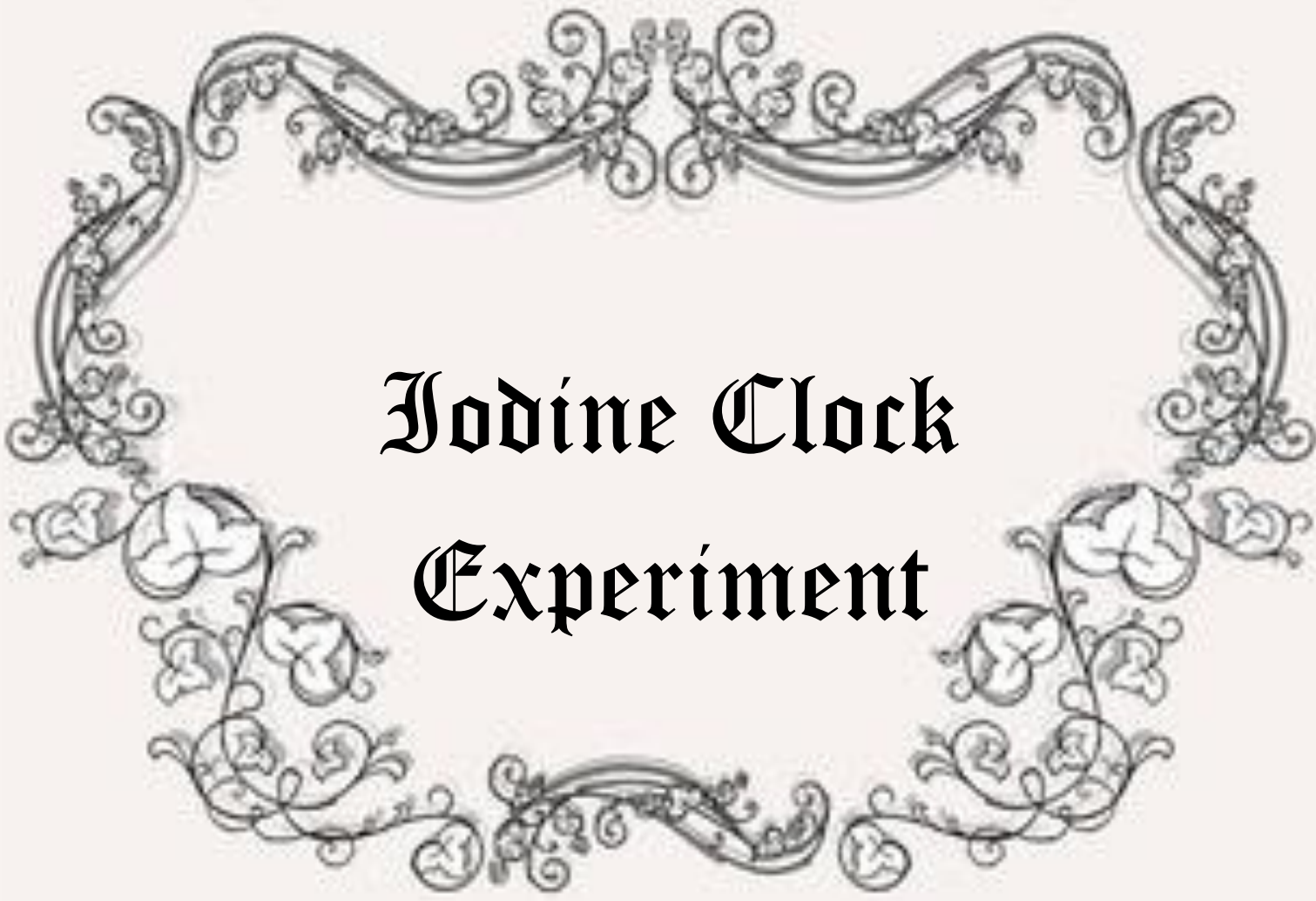
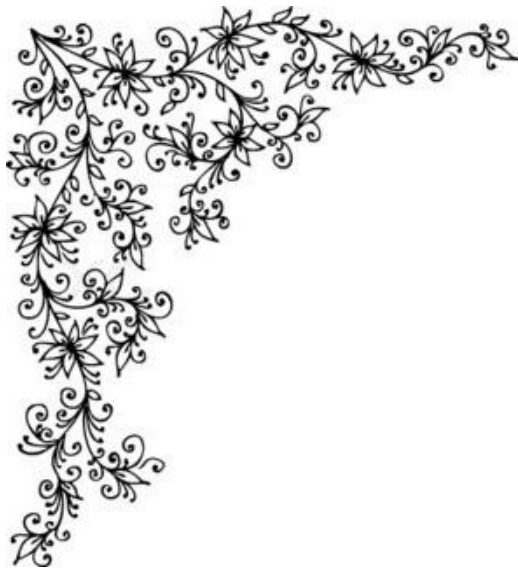




Iodine Clock Experiment

Fifth team 2013.03.20





† 目錄 †

實驗紀錄及結果：

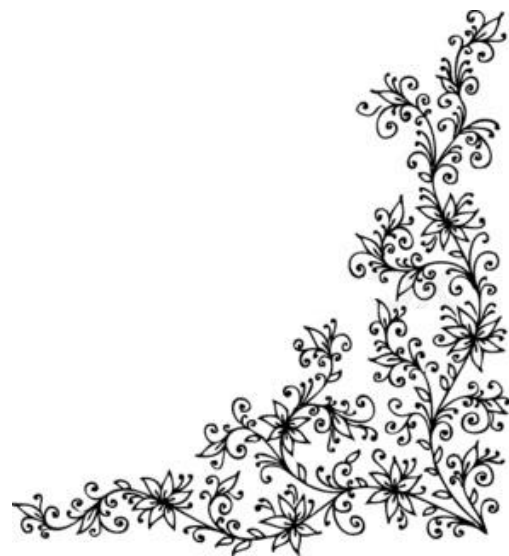
(初期反應速率法).....1

(積分做圖法) 5

誤差檢討.....9

心得.....10

實驗組員及分工細目.....11



碘鐘實驗 --- 反應級數與活化能之測定 -實驗結果與問題討論

日期：102 年 3 月 13 日

組別：第五組

姓名&學號：0013B037 郭育嫻、0013B039 陳鈺儒

一、實驗紀錄及結果

(一) 初期反應速率法

1. 反應時間測定

編號	0.2M NaI (ml)	0.2M NaCl (ml)	0.005M Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	2% 澱粉 (ml)	0.1M K ₂ SO ₄ (ml)	0.1M K ₂ S ₂ O ₈ (ml)	反應時間 (Δt) (sec)
1	2	2	1	1	2	2	95.6
2	2	2	1	1	0	4	59.9
3	4	0	1	1	2	2	51.5

※Na₂S₂O₃ 為限量試劑

※混合液的總體積皆為 10ml

2. 計算各反應物的起始濃度及試驗 1、2、3 的初速率：

$$rate = \frac{-\Delta [S_2O_8^{2-}]}{\Delta t} = \frac{-\frac{1}{2}\Delta [S_2O_3^{2-}]}{\Delta t}$$

編號	混合液中反應物起始濃度(M)			平均時間 Δt (sec)	反應速率 Rate(M/sec)
	[S ₂ O ₃ ²⁻]	[S ₂ O ₈ ²⁻]	[I ⁻]		
1	5×10 ⁻⁴	2×10 ⁻²	4×10 ⁻²	95.6	2.615×10 ⁻⁶
2	5×10 ⁻⁴	4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	59.9	4.174×10 ⁻⁶
3	5×10 ⁻⁴	2×10 ⁻²	8×10 ⁻²	51.5	4.854×10 ⁻⁶

(i)反應物起始濃度計算式：

(a) [S₂O₃²⁻]

$$[S_2O_3^{2-}] = \frac{C_M(M) \times V(L)}{V_{total}(L)} = \frac{0.005(M) \times (1 \times 10^{-3})L}{10 \times 10^{-3}L} = 5 \times 10^{-4} \rightarrow \text{每杯皆相同}$$

(b) $[S_2O_8^{2-}]$

$$[S_2O_8^{2-}] = \frac{C_M(M) \times V(L)}{V_{total}(L)} = \frac{0.1(M) \times (2 \times 10^{-3})L}{10 \times 10^{-3}L} = 2 \times 10^{-2} \rightarrow \text{編號 1、3}$$

$$[S_2O_8^{2-}] = \frac{C_M(M) \times V(L)}{V_{total}(L)} = \frac{0.1(M) \times (4 \times 10^{-3})L}{10 \times 10^{-3}L} = 4 \times 10^{-2} \rightarrow \text{編號 2}$$

(c) $[I^-]$

$$[I^-] = \frac{C_M(M) \times V(L)}{V_{total}(L)} = \frac{0.2(M) \times (2 \times 10^{-3})L}{10 \times 10^{-3}L} = 4 \times 10^{-2} \rightarrow \text{編號 1、2}$$

$$[I^-] = \frac{C_M(M) \times V(L)}{V_{total}(L)} = \frac{0.2(M) \times (4 \times 10^{-3})L}{10 \times 10^{-3}L} = 8 \times 10^{-2} \rightarrow \text{編號 3}$$

(ii) 反應速率計算式：

$$rate = \frac{-\Delta [S_2O_8^{2-}]}{\Delta t} = \frac{-\frac{1}{2}\Delta [S_2O_3^{2-}]}{\Delta t}$$

由於 $Na_2S_2O_3$ 為限量試劑，所以實驗結束後的 $Na_2S_2O_3$ 必會用完，因此 $\Delta [S_2O_3^{2-}] = -5 \times 10^{-4}$ 代入上方公式，即可得 **rate**。(在此不用 $\Delta [S_2O_8^{2-}]$ 計算，因為我們難以得知實驗後混合液剩下的 $[S_2O_8^{2-}]$ ，故用 $\Delta [S_2O_3^{2-}]$ 進行計算)

(a) 編號一：

$$Rate = \frac{-\frac{1}{2}\Delta [S_2O_3^{2-}]}{\Delta t} = \frac{-\frac{1}{2} \times (-5 \times 10^{-4})}{95.6} = 2.615 \times 10^{-6}$$

(b) 編號二：

$$Rate = \frac{-\frac{1}{2}\Delta [S_2O_3^{2-}]}{\Delta t} = \frac{-\frac{1}{2} \times (-5 \times 10^{-4})}{59.9} = 4.174 \times 10^{-6}$$

(c) 編號三：

$$Rate = \frac{-\frac{1}{2}\Delta [S_2O_3^{2-}]}{\Delta t} = \frac{-\frac{1}{2} \times (-5 \times 10^{-4})}{51.5} = 4.854 \times 10^{-6}$$

3. 計算相對於 $S_2O_8^{2-}$ 和 I^- 的反應級數 m 、 n (以二位有效數字表示) 與速率常數 (k)。

由三個不同濃度之速率測定，可列出以下三個速率方程：

$$(1). rate = k[2 \times 10^{-2}]^m [4 \times 10^{-2}]^n = 2.615 \times 10^{-6}$$

$$(2). rate = k[4 \times 10^{-2}]^m [4 \times 10^{-2}]^n = 4.174 \times 10^{-6}$$

$$(3). rate = k[2 \times 10^{-2}]^m [8 \times 10^{-2}]^n = 4.854 \times 10^{-6}$$

(i) 計算 m 和 n 值：

(a) m 值計算：

$$<1>\text{將}\frac{(1)}{(2)}\text{得到}\rightarrow\frac{k[2\times10^{-2}]^m[4\times10^{-2}]^n}{k[4\times10^{-2}]^m[4\times10^{-2}]^n}=\frac{2.615\times10^{-6}}{4.174\times10^{-6}}$$

$$<2>\text{上下刪去}\rightarrow\left(\frac{1}{2}\right)^m=0.6264973646$$

$$<3>\text{左右曲-1 次方}\rightarrow 2^m=\frac{1}{0.6264973646}$$

$$<4>\text{左右曲 log}\rightarrow\log(2^m)=\log\left(\frac{1}{0.6264973646}\right)$$

$$<5>m \text{ 為次方可以提到 log 前面}\rightarrow m\log 2=\log\left(\frac{1}{0.6264973646}\right)$$

$$<6>\text{將 } \log 2 \text{ 除過去}\rightarrow m=\frac{\log\left(\frac{1}{0.6264973646}\right)}{\log 2}=0.674169$$

$$\therefore m=\underline{0.674169}$$

(b) n 值計算:

$$<1>\text{將}\frac{(1)}{(3)}\text{得到}\rightarrow\frac{k[2\times10^{-2}]^m[4\times10^{-2}]^n}{k[2\times10^{-2}]^m[8\times10^{-2}]^n}=\frac{2.615\times10^{-6}}{4.854\times10^{-6}}$$

$$<2>\text{上下刪去}\rightarrow\left(\frac{1}{2}\right)^n=0.5387309436$$

$$<3>\text{左右曲-1 次方}\rightarrow 2^n=\frac{1}{0.5387309436}$$

$$<4>\text{左右曲 log}\rightarrow\log(2^n)=\log\left(\frac{1}{0.5387309436}\right)$$

$$<5>n \text{ 為次方可以提到 log 前面}\rightarrow n\log 2=\log\left(\frac{1}{0.5387309436}\right)$$

$$<6>\text{將 } \log 2 \text{ 除過去}\rightarrow n=\frac{\log\left(\frac{1}{0.5387309436}\right)}{\log 2}=\underline{0.892363162}$$

$$\therefore n=\underline{0.892363162}$$

(ii)計算 k 值(速率常數):

→任取(1)~(3)一組數據,將已求得的 m 與 n 代入,即可求出 k 值.

<1>取(2)數據:

$$\text{rate} = k[4\times10^{-2}]^{0.674169}[4\times10^{-2}]^{0.892363162} = 4.174\times10^{-6} \times \frac{1}{2}$$

$$\rightarrow\text{得 } k=\underline{6.4629\times10^{-4}}$$

4. 自行設計實驗之取量

預定變色時間： 75(sec) ； 實際變色時間： 76(sec)

試劑	預定取量(ml)	試劑	預定取量(ml)
2% starch	1	0.005M Na ₂ S ₂ O ₃	1
0.2M NaI	2	0.1M K ₂ SO ₄	x= 2.868
0.2M NaCl	2	0.1M K ₂ S ₂ O ₈	4 - x= 1.132

<1>依據公式,代入預定之濃度,並設S₂O₈²⁻之濃度為 x.

$$= \frac{-\frac{1}{2}[S_2O_3^{2-}]}{\Delta t} = k \left[\frac{0.1 \cdot x \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} \right]^m \left[\frac{0.2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} \right]^n$$

<2>代入預定之時間→75 秒.

$$\rightarrow \frac{-\frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-4}}{75} = 6.4629 \times 10^{-4} \left[\frac{0.1 \cdot x \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} \right]^{0.674169} \left[\frac{0.2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} \right]^{0.892363162}$$

→ ∴ x = 2.867990675

<3>因此 0.1M 之K₂S₂O₈之體積為約 2.868 ml,預定總體積為 10 ml,剩下 4 ml 讓 0.1MK₂S₂O₈與 0.1MK₂S₂O₄做分配.

→ 4 - 2.868 = 1.132

→ 0.1MK₂S₂O₄體積為 2.868ml.

<4>依此體積實驗結果: 為 76 秒!!!

→誤差為:1.3%.

(二) 積分做圖法

1. 反應時間測定

編號	2% 澱粉 (ml)	1M NaI (ml)	0.2M Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	蒸餾水 (ml)	0.15M K ₂ S ₂ O ₈ (ml)	反應時間 (t, sec)
1	1	5	5.5	1.5	5	986
2	1	5	4.5	2.5	5	692
3	1	5	3.5	3.5	5	532
4	1	5	2.5	4.5	5	331
5	1	5	1.5	5.5	5	167
6	1	5	0.5	6.5	5	57

※當溶液中的 Na₂S₂O₃ 用盡，溶液便會產生多餘的 I₂ 與澱粉作用，呈深藍色

※混合液的總體積皆為 18ml

2. 計算

編號	S ₂ O ₃ ²⁻ 莫耳數 (mole)	S ₂ O ₈ ²⁻ 原始莫耳數 (mole)	S ₂ O ₈ ²⁻ 剩餘莫耳數 (mole)	[S ₂ O ₈ ²⁻] 剩餘濃度 (M)	ln [S ₂ O ₈ ²⁻]	$\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]}$
1	1.1X10 ⁻³	7.5X10 ⁻⁴	2X10 ⁻⁴	0.011	-4.50986	90.90909
2	9X10 ⁻⁴	7.5X10 ⁻⁴	3X10 ⁻⁴	0.017	-4.07454	58.82353
3	7X10 ⁻⁴	7.5X10 ⁻⁴	4X10 ⁻⁴	0.022	-3.81671	45.45455
4	5X10 ⁻⁴	7.5X10 ⁻⁴	5X10 ⁻⁴	0.028	-3.57555	35.71429
5	3X10 ⁻⁴	7.5X10 ⁻⁴	6X10 ⁻⁴	0.033	-3.41125	30.30303
6	1X10 ⁻⁴	7.5X10 ⁻⁴	7X10 ⁻⁴	0.039	-3.24419	25.64103

在此六次試驗中，反應物(NaI、K₂S₂O₈) 之濃度均相同，僅是計時劑 Na₂S₂O₃ 用量不同。由於 $\Delta [S_2O_3^{2-}] = 2\Delta [S_2O_8^{2-}]$ ，因此，當經過時間 t，反應液變色時，溶液中剩餘之 [S₂O₈²⁻]，可由反應液內加入之 Na₂S₂O₃ 的量來計算：

(1) 由各杯中所加 Na₂S₂O₃ 體積及濃度，計算 S₂O₃²⁻ 莫耳數

$$[S_2O_3^{2-}] \text{ mole} = C_M(M) \times V(L) = 0.2 (M) \times (5.5 \times 10^{-3}) L = 1.1 \times 10^{-3} \rightarrow \text{編號 1}$$

$$[S_2O_3^{2-}] \text{ mole} = C_M(M) \times V(L) = 0.2 (M) \times (4.5 \times 10^{-3}) L = 9 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 2}$$

$$[S_2O_3^{2-}] \text{ mole} = C_M(M) \times V(L) = 0.2 (M) \times (3.5 \times 10^{-3}) L = 7 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 3}$$

$$[S_2O_3^{2-}] \text{ mole} = C_M(M) \times V(L) = 0.2 (M) \times (2.5 \times 10^{-3}) L = 5 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 4}$$

$$[S_2O_3^{2-}] \text{ mole} = C_M(M) \times V(L) = 0.2 (M) \times (1.5 \times 10^{-3}) L = 3 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 5}$$

$$[S_2O_3^{2-}] \text{ mole} = C_M(M) \times V(L) = 0.2 (M) \times (0.5 \times 10^{-3}) L = 1 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 6}$$

(2) 計算溶液中 S₂O₈²⁻ 之莫耳數

$$[S_2O_8^{2-}] \text{ mole} = C_M(M) \times V(L) = 0.15 (M) \times (5 \times 10^{-3}) L = 7.5 \times 10^{-4} \rightarrow \text{每杯皆相同}$$

(3) 由 $\Delta [S_2O_3^{2-}] = 2\Delta [S_2O_8^{2-}]$ 關係式，計算經時間 t 後，每杯中之 $S_2O_8^{2-}$ 剩餘量(mole)，並計算其濃度(M)

(i) $S_2O_8^{2-}$ 剩餘量(mole)

$$\begin{aligned}\text{剩餘 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} &= \text{原始 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} - \text{用掉 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} \\ &= \text{原始 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} - \frac{1}{2} \times \Delta [S_2O_3^{2-}]\end{aligned}$$

$$\text{剩餘 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} = 7.5 \times 10^{-4} - \frac{1}{2} \times 1.1 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 1}$$

$$\text{剩餘 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} = 7.5 \times 10^{-4} - \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-4} = 3 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 2}$$

$$\text{剩餘 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} = 7.5 \times 10^{-4} - \frac{1}{2} \times 7 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 3}$$

$$\text{剩餘 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} = 7.5 \times 10^{-4} - \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 4}$$

$$\text{剩餘 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} = 7.5 \times 10^{-4} - \frac{1}{2} \times 3 \times 10^{-4} = 6 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 5}$$

$$\text{剩餘 } [S_2O_8^{2-}] \text{ mole} = 7.5 \times 10^{-4} - \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-4} = 7 \times 10^{-4} \rightarrow \text{編號 6}$$

(ii) $[S_2O_8^{2-}]$ 剩餘濃度(M)

$$[S_2O_8^{2-}] \text{ 剩餘濃度(M)} = \frac{\text{剩餘}[S_2O_8^{2-}] \text{ mole}}{V_{\text{total}}(L)}$$

$$[S_2O_8^{2-}] \text{ 剩餘濃度(M)} = \frac{2 \times 10^{-4}}{18 \times 10^{-3}(L)} = 0.011(M) \rightarrow \text{編號 1}$$

$$[S_2O_8^{2-}] \text{ 剩餘濃度(M)} = \frac{3 \times 10^{-4}}{18 \times 10^{-3}(L)} = 0.017(M) \rightarrow \text{編號 2}$$

$$[S_2O_8^{2-}] \text{ 剩餘濃度(M)} = \frac{4 \times 10^{-4}}{18 \times 10^{-3}(L)} = 0.022(M) \rightarrow \text{編號 3}$$

$$[S_2O_8^{2-}] \text{ 剩餘濃度(M)} = \frac{5 \times 10^{-4}}{18 \times 10^{-3}(L)} = 0.028(M) \rightarrow \text{編號 4}$$

$$[S_2O_8^{2-}] \text{ 剩餘濃度(M)} = \frac{6 \times 10^{-4}}{18 \times 10^{-3}(L)} = 0.033(M) \rightarrow \text{編號 5}$$

$$[S_2O_8^{2-}] \text{ 剩餘濃度(M)} = \frac{7 \times 10^{-4}}{18 \times 10^{-3}(L)} = 0.039(M) \rightarrow \text{編號 6}$$

(4) 計算六次試驗之 $\ln [S_2O_8^{2-}]$ 及 $\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]}$ 。

(i) $\ln [S_2O_8^{2-}]$

$$\ln [S_2O_8^{2-}] = \ln [0.011] = -4.50986 \rightarrow \text{編號 1}$$

$$\ln [S_2O_8^{2-}] = \ln [0.017] = -4.07454 \rightarrow \text{編號 2}$$

$$\ln [S_2O_8^{2-}] = \ln [0.022] = -3.81671 \rightarrow \text{編號 3}$$

$$\ln [S_2O_8^{2-}] = \ln [0.028] = -3.57555 \rightarrow \text{編號 4}$$

$$\ln [S_2O_8^{2-}] = \ln [0.033] = -3.41125 \rightarrow \text{編號 5}$$

$$\ln [S_2O_8^{2-}] = \ln [0.039] = -3.24419 \rightarrow \text{編號 6}$$

(ii) $\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]}$

$$\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]} = \frac{1}{[0.011]} = 90.90909 \rightarrow \text{編號 1}$$

$$\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]} = \frac{1}{[0.017]} = 58.82353 \rightarrow \text{編號 2}$$

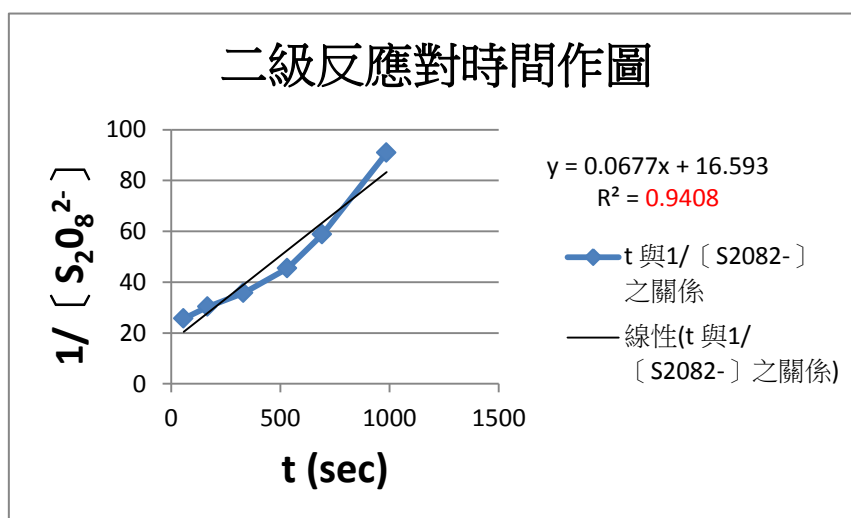
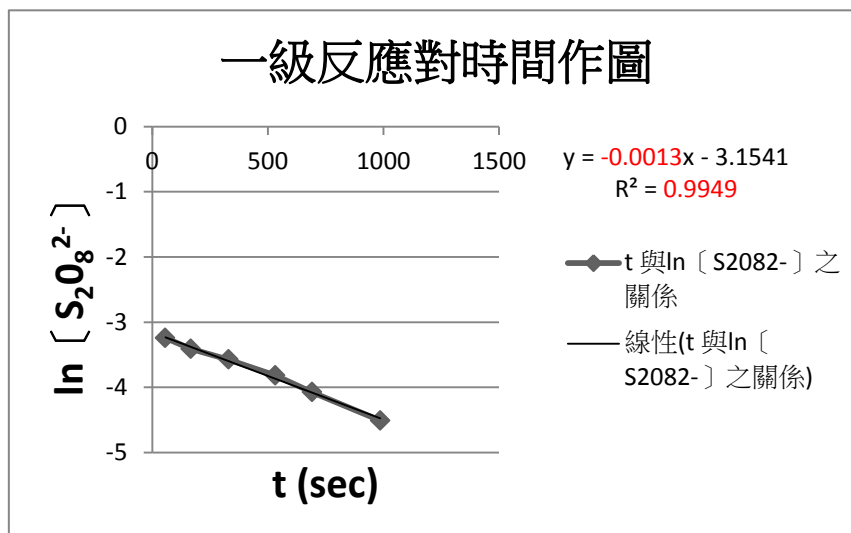
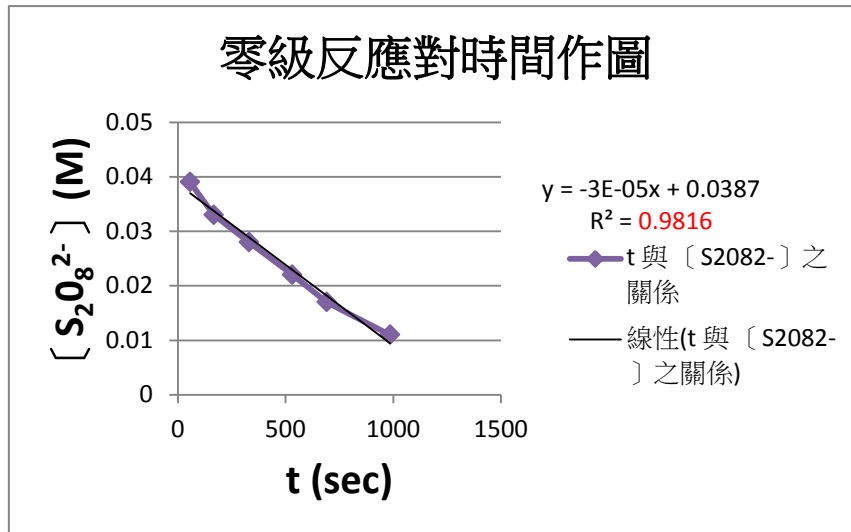
$$\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]} = \frac{1}{[0.022]} = 45.45455 \rightarrow \text{編號 3}$$

$$\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]} = \frac{1}{[0.028]} = 35.71429 \rightarrow \text{編號 4}$$

$$\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]} = \frac{1}{[0.033]} = 30.30303 \rightarrow \text{編號 5}$$

$$\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]} = \frac{1}{[0.039]} = 25.64103 \rightarrow \text{編號 6}$$

3. 分別以 $[S_2O_8^{2-}]$ 、 $\ln [S_2O_8^{2-}]$ 、 $\frac{1}{[S_2O_8^{2-}]}$ (為 Y 軸) 對時間 t 做圖。



4. 由 3 之結果，判斷此反應對反應物 $K_2S_2O_8$ 而言：

反應級數：一級反應 ($\therefore R^2 = 0.9949$ ，最接近 1)

速率常數(k)：0.0013 ($\therefore \ln [S_2O_8^{2-}] = -kt + \ln [S_2O_8^{2-}]_0 \therefore k = 0.0013$)

二、誤差檢討

1. 藥劑體積誤差(Tips 重複使用).
2. 蒸發.
3. 磁攪拌器使水潑濺,黏附燒杯壁,而使反應量較少.
4. 看燒杯又看碼表之時間誤差.
5. 計算時,小數點精確取位程度.

三、心得

育珊：

這算是做過實驗當中最準得一次，誤差相當地小，在第一次實驗自行設計時間，誤差為 1 秒，而在第二次積分作圖中，第一級反應回歸線 r 平方值為 0.995！

進入大一下學期後，對於學科的掌握以有很大的進步，不同於之前高中的朦朧未懂，我終於能真正地探索科學而非為了考試。像這次對於計算和化學方程式的理解都很容易，這有賴過去的基礎，更讓我驚覺到科學的美妙，就是在於組織與善用過往的經驗與知識，對疑惑設計實驗以求證，並做邏輯分析與研討，這種「思想」與「行動」的結合真是美好！我不只是求知者，而是親身驗證真理的實行者！

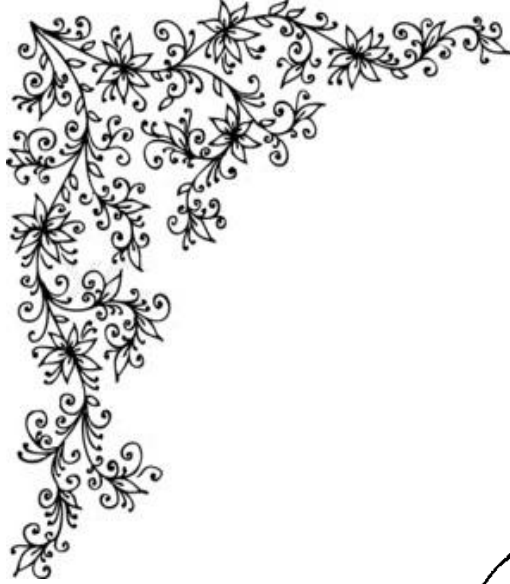
我對於科學並沒有明確的目的，對於科學的學習並非為了功利（成績、工作…），而是一種再單純不過的渴望，經觀察科學、理解科學、發現科學感受到大自然的宏偉奧妙，無限的驚奇，無止境的感動正如仰望銀河與那無邊無際的宇宙，陷入遺忘自我的片刻，剎那間，碰觸到宇宙洪荒前那初始的存在，即是「真理」！

鈺儒：

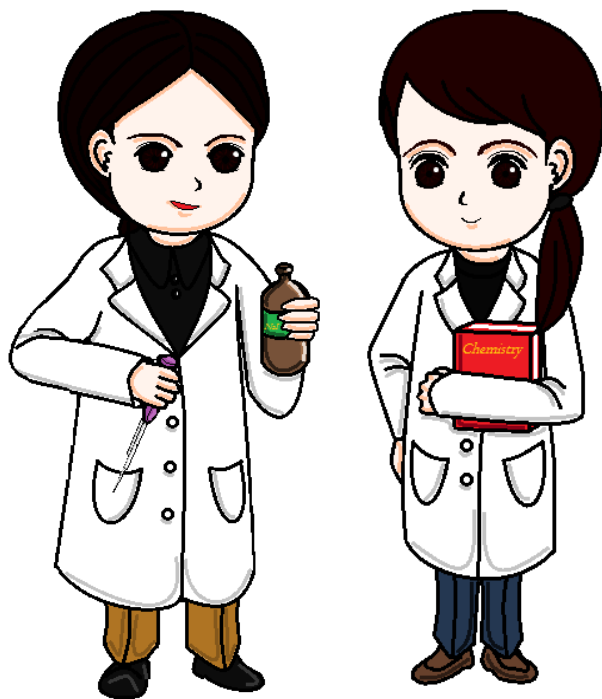
這次的實驗難度比上學期的實驗加深很多，但趣味性十足。尤其在進行自行設計的實驗時，大家可都手拿碼表、眼盯燒杯，嘴巴一邊念念有詞「慢一點變色…慢一點變色…」「趕快變色!!!趕快變色!!!」，甚至尖叫，全心投入在實驗的世界裡。如此投入在實驗中，那種興奮且快樂的心情，才是實驗課真正的目的，這堂實驗課也成為也成為繼鋁明礬實驗後，最令我感到有趣的課之一。

此外這次的實驗誤差也相當小，趨勢線 R^2 值為 0.995，預測的變色時間也只有 1 秒的差距，一切都要歸功於合作的默契，讓我們的實驗更加精準地完成。

經由這次的實驗，讓我們學習到如何更精準的量取藥品體積、快速且準確的操作實驗以降低誤差。實驗過程中與組員和同桌的同學的默契也變得相當重要，藥品的添加、實驗結果的計算等，都是經由大家互相幫忙、互相監督才得以準確地完成實驗，是一堂收穫豐盛的實驗課。



† 實驗組員 †



郭育姍 陳鈺儒

分工合作細目

實驗：

藥品添加：育姍

計時：鈺儒

紀錄：鈺儒

計算：育姍&鈺儒 (皆有計算，再互相核對)

登記數據、作圖：育姍

儀器整理、收拾：育姍&鈺儒

實驗結報：

文字內容：鈺儒

表格、作圖：鈺儒

計算式、方程式：育姍&鈺儒

校訂：育姍&鈺儒

繪圖、美編：育姍 (報告內所有繪圖皆是育姍用電腦繪圖畫出)

排版：育姍&鈺儒

