

第十二屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA12-319

作品名稱：BZ 震盪化學動力學應用---雙色螢光棒製作

姓名：林念臻

關鍵字：BZ 震盪化學動力學、雙色螢光棒、速率定律式

目錄

一、	摘要	p. 2
二、	研究動機	p. 2
三、	研究目的	p. 2
四、	研究藥品及器材	p. 2
五、	研究過程及方法一（B Z 震盪反應）	p. 3
六、	研究結果一（B Z 震盪反應）	p. 6
七、	研究過程及方法二（雙色螢光棒）	p. 14
八、	研究結果二（雙色螢棒）	p. 16
九、	結論	p. 20
十、	討論及應用	p. 20
十一、	參考資料	p. 22

一、 摘要

BZ 震盪反應是一種紫紅色、藍色交替出現的週期性震盪反應。將每一種反應物的濃度對”紫紅色週期”及”藍色週期”關係找出，並求出各反應物的反應級數，將速率定律式完整計算出來。進一步結合生活應用，將小螢光棒放入聚乙烯外殼內，加入 BZ 震盪反應溶液。而裡層螢光棒所發出的光，透過外層震盪溶液的紫紅色及藍色便能交替的發光，設計出顏色交替出現的雙色螢光棒！

二、 研究動機

在畢業旅行的營火晚會上，每個人手上都拿著螢光棒，紅色、藍色、綠色，炫爛耀眼。唯一美中不足的是：每支螢光棒只有一種顏色，如果我能使螢光棒有兩種顏色交替出現，不但能增加晚會的興致，更能使會場更加絢麗美觀。上網搜尋後發現 BZ 震盪反應只需幾種化學物質便能製造出紫紅色及藍色交替出現的溶液，如果將此震盪反應搭配發光物質，便能製造出變換顏色的螢光棒。

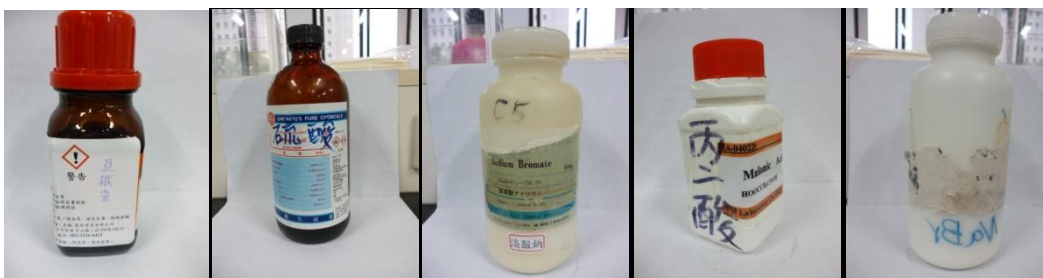
三、 研究目的

算出 BZ 震盪反應速率定律式，調製出能長時間進行 BZ 震盪反應的各反應物最佳濃度，再將此濃度配製出的震盪溶液搭配小螢光棒，製造出顏色能交替出現的雙色螢光棒。

四、 研究藥品及器材

1. 藥品

亞鐵靈 Fe(phen)、硫酸(H_2SO_4)、溴酸鈉($NaBrO_3$)、丙二酸($CH_2(COOH)_2$)、溴化鈉($NaBr$)及蒸餾水。



(圖一)Fe(phen)

(圖二) H_2SO_4

(圖三) $NaBrO_3$

(圖四) $CH_2(COOH)_2$

(圖五)NaBr

2. 器材

- (1) BZ 震盪反應: 燒杯(100mL)、滴量管、安全吸球、玻棒、加熱攪拌器、磁石、電子天平、刮勺、秤量紙及碼錶。
- (2) 雙色螢光棒: 燒杯(100mL)、滴量管、安全吸球、玻棒、加熱攪拌器、磁石、電子天平、刮勺、秤量紙、碼錶、漏斗、市售 5mm×200mm 螢光棒 (藍色、黃色及紅色)、聚乙烯長形水管(直徑 10mm)、橡膠塞子及保鮮膜。



(圖六)橡膠塞子



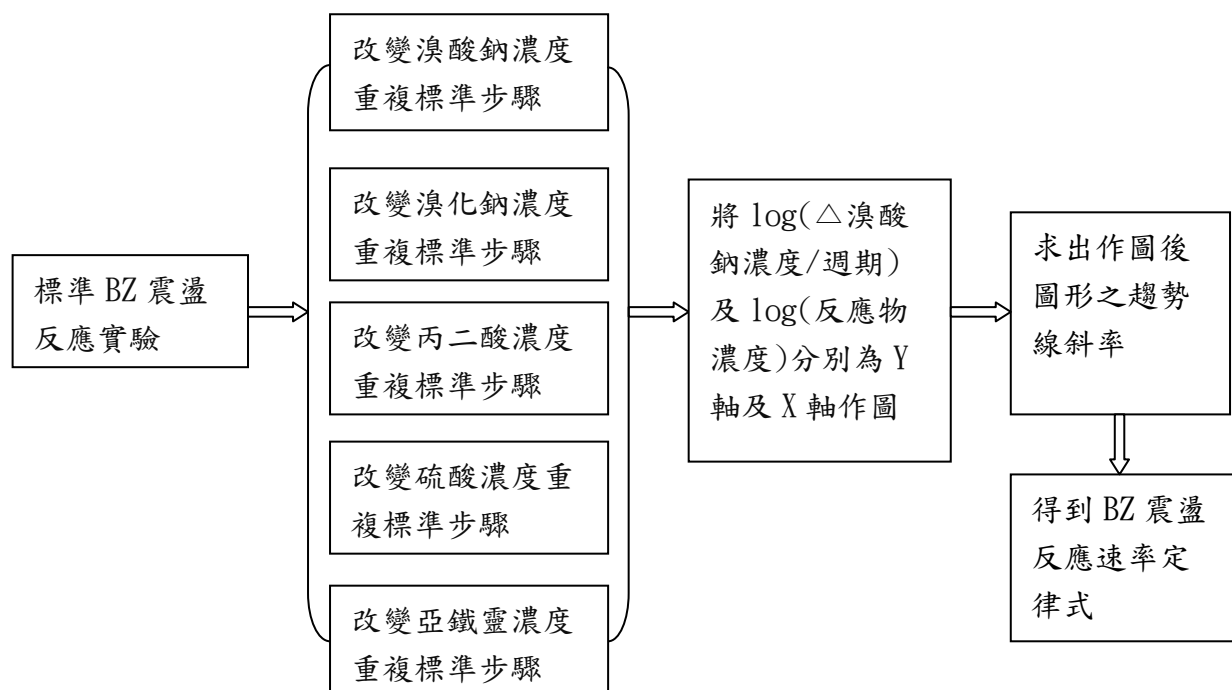
(圖七)市售 5mm×200mm 螢光棒



(圖八) 聚乙烯長形水管

五、 研究過程及方法一(BZ 震盪反應)

1. BZ 震盪反應流程圖——求出速率定律式



(圖九) BZ 震盪反應流程圖

2. 簡介 BZ 震盪反應

(1) BZ 震盪反應主要反應機構:

- $\text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- + 6\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Br}_2$ (橙黃色) + $3\text{H}_2\text{O}$
- $\text{HOOCCH}_2\text{COOH} + \text{Br}_2$ (橙黃色) $\rightarrow \text{HOOCCHBrCOOH} + \text{Br}^-$ (無色) + H^+
- $3\text{HOOCCH}_2\text{COOH} + 2\text{BrO}_3^- + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{HOOCCHBrCOOH} + 3\text{CO}_2$ (氣泡) + $4\text{H}_2\text{O}$
- $\text{BrO}_3^- + 6\text{Fe}(\text{phen})_3^{2+}$ (還原態, 紅色) + $6\text{H}^+ \rightarrow \text{Br}^- + 6\text{Fe}(\text{phen})_3^{3+}$ (氧化態, 藍色) + $3\text{H}_2\text{O}$
- $\text{HOOCCHBrCOOH} + 4\text{Fe}(\text{phen})_3^{3+}$ (氧化態, 藍色) + $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Br}^- + 4\text{Fe}(\text{phen})_3^{2+}$ (還原態, 紅色) + $5\text{H}^+ + 2\text{CO}_2$ (氣泡) + COOH

(2) BZ 震盪反應反應物:

溴酸鈉、溴化鈉、丙二酸、硫酸、亞鐵靈。

3. 標準 BZ 震盪反應實驗步驟

(1) 配置 A、B、C 三杯溶液:

A: 50mL 蒸餾水+3.74g 溴酸鈉+2mL 硫酸

B: 10mL 蒸餾水+1.00g 溴化鈉

C: 10mL 蒸餾水+1.00g 丙二酸

(2) 將 A、B、C 三杯溶液以 20mL、1mL、3.3mL 的比例按順序混合裝入 100mL 燒杯中, 此時混合液成橘紅色(圖十), 待橘紅色液體轉為黃色(圖十一), 再變為透明無色(圖十二)。



橘紅色溶液(圖十)

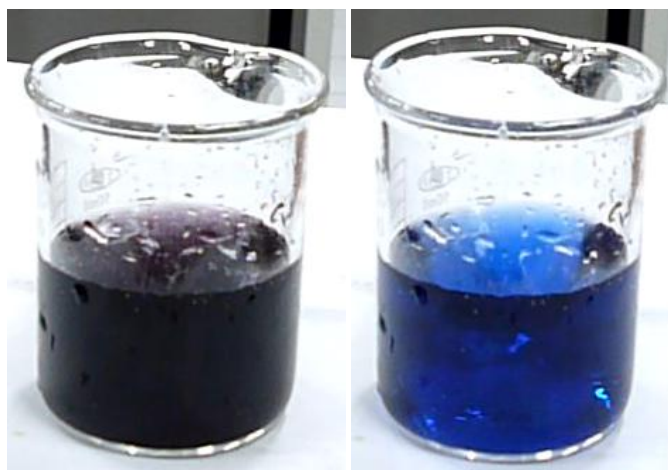
黃色溶液(圖十一)

透明溶液(圖十二)

- 橘紅色液體為 Br_2 (溴氣) 所造成, 須靜置溶液於通風櫥內, 待溶液中的溴氣散失, 溶液由橘紅色逐漸轉至黃色終至無色透明, 此時溶液中充滿無色的 Br^- 。

(3) 將燒杯放至於加熱攪拌器上, 放入磁石, 攪拌鈕調至刻度 6.5。

(4) 加入 2mL 亞鐵靈, 以碼表測定紫紅色(圖十三)、藍色(圖十四)交替出現的週期各取十個。



紫紅色(圖十三)

藍色(圖十四)

(5) 在定溫(25°C)下，配製 A'、A*、A[#]、A[#]#、B'、B''、C'及 C''等八杯溶液。

- A' : 50mL 蒸餾水、3.2g NaBrO₃、2mL H₂SO₄
- A* : 50mL 蒸餾水、2.8g NaBrO₃、2mL H₂SO₄
- A[#] : 50mL 蒸餾水、3.2g NaBrO₃、1mL H₂SO₄
- A[#]# : 50mL 蒸餾水、3.2g NaBrO₃、3mL H₂SO₄
- B' : 5mL 蒸餾水、0.45g NaBr
- B'' : 5mL 蒸餾水、0.55g NaBr
- C' : 10mL 蒸餾水、0.9g CH₂(COOH)₂
- C'' : 10mL 蒸餾水、1.1g CH₂(COOH)₂

(6) 以 A'BC、A*BC、A[#]BC、A[#]#BC、AB'C、AB''C、ABC'及 ABC''等八種組合，重複標準 BZ 震盪反應實驗步驟 2 到 4。

(7) 以 ABC 之組合，重複標準 BZ 震盪反應實驗步驟 2 到 4，但將步驟 4 的亞鐵靈用量改為 1mL。

(8) 以 ABC 之組合，重複標準 BZ 震盪反應實驗步驟 2 到 4，但將步驟 4 的亞鐵靈用量改為 3mL。

六、 研究結果一(BZ 震盪反應)

1. BZ 震盪反應週期測量結果(表一到十一)如下

(表一)ABC :

震盪次數 \< 顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	9.89	1.51
二	11.29	1.57
三	11.46	1.55
四	11.37	1.51
五	11.03	1.39
六	11.52	2.15
七	11.52	1.44
八	11.40	1.59
九	10.53	1.26
十	12.55	2.25

(表二)AB'C :

震盪次數 \< 顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	10.91	2.49
二	11.31	1.72
三	11.33	1.52
四	12.38	0.55
五	11.99	1.47
六	12.12	1.32
七	12.04	1.40
八	12.22	1.93
九	11.69	1.35
十	12.30	1.68

(表三)AB''C :

震盪次數 \< 顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	11.22	1.89
二	11.92	1.22
三	11.92	1.61
四	11.91	1.52
五	12.05	1.65
六	11.56	1.79
七	11.86	2.15
八	12.35	1.48
九	12.26	1.56
十	12.28	1.43

(表四)ABC' :

震盪次數 \< 顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	12.06	2.94
二	13.07	1.73
三	12.71	1.75
四	12.64	1.75
五	12.61	1.96
六	13.04	1.89
七	12.70	1.53
八	13.02	1.25
九	12.82	1.85
十	12.79	2.03

(表五)ABC'':

震盪次數 \\顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	9.31	2.26
二	10.00	1.35
三	9.90	1.75
四	10.16	1.53
五	9.83	1.86
六	9.42	1.30
七	10.43	1.30
八	10.98	0.89
九	10.17	1.24
十	10.46	1.42

(表六)A'BC:

震盪次數 \\顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	11.22	1.81
二	11.53	1.22
三	11.25	1.47
四	11.93	1.11
五	11.65	1.35
六	11.98	1.52
七	12.01	1.41
八	12.02	1.52
九	11.99	1.21
十	12.02	1.14

(表七)A*BC:

震盪次數 \\顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	13.31	0.98
二	7.88	0.99
三	8.03	0.90
四	7.59	1.12
五	14.37	1.18
六	15.22	1.02
七	13.02	2.11
八	14.70	1.24
九	14.09	1.15
十	15.28	1.31

(表八)A杯加 1mL 亞鐵靈:

震盪次數 \\顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	23.99	1.61
二	23.27	1.31
三	24.70	1.32
四	24.03	1.22
五	26.97	1.28
六	26.26	1.31
七	25.25	1.48
八	26.27	1.11
九	26.05	1.17
十	24.91	1.19

(表九)A 杯加 3mL 亞鐵靈:

震盪次數 \\顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	5.38	2.04
二	5.24	1.47
三	4.98	1.46
四	4.99	1.30
五	5.35	1.19
六	5.92	1.81
七	5.35	1.14
八	6.81	1.26
九	5.23	1.24
十	6.42	1.54

(表十)A⁺BC:

震盪次數 \\顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	60.14	2.45
二	48.73	2.27
三	45.69	1.85
四	52.14	2.00
五	46.92	1.46
六	57.21	2.10
七	48.73	2.22
八	54.14	2.02
九	42.30	1.86
十	56.20	2.37

(表十一)A^{##}BC:

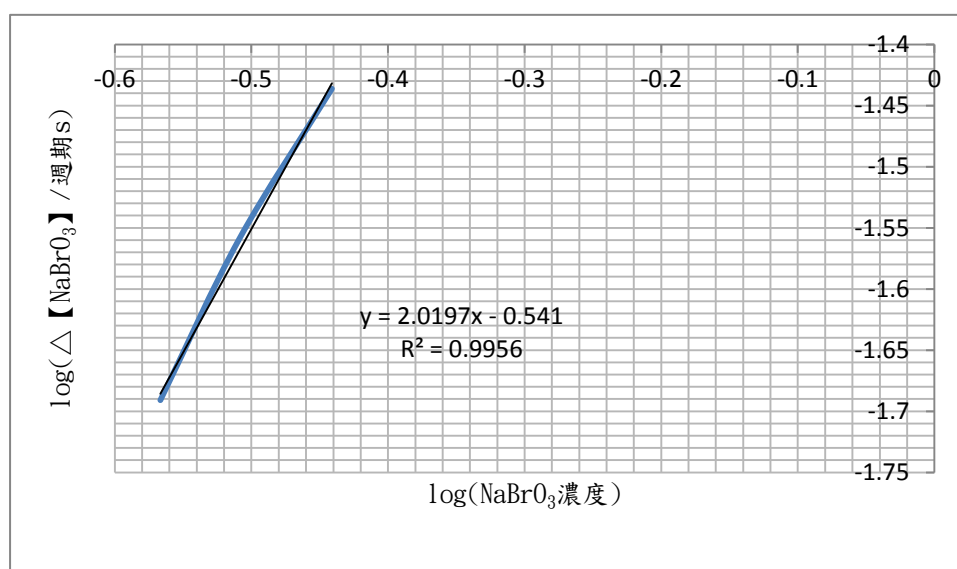
震盪次數 \\顏色	紫紅色週 期(秒)	藍色週期 (秒)
一	2.74	0.81
二	2.86	0.36
三	3.58	0.54
四	2.26	0.44
五	3.35	0.58
六	3.21	0.61
七	3.25	0.38
八	3.22	0.66
九	3.12	0.77
十	3.10	0.65

2. 速率定律式級數計算

- (1) 由於紫紅色的週期明顯比藍色週期長，測量時較能減少實驗誤差，故取紫紅色週期來計算 BZ 震盪反應速率定律式。
- (2) 將 $\log(\text{濃度})$ 與 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$ 分別為 X 軸及 Y 軸以 Eecel 繪製平滑曲線圖，再求其平滑曲線之趨勢線斜率，得到各物質的反應級數(趨勢線斜率即為反應級數)。
- (3) NaBrO₃ 級數計算：

	$\log(\text{NaBrO}_3 \text{ 濃度 } C_M)$	$\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$
A*	-0.56675	-1.69092
A'	-0.50876	-1.55874
A	-0.44103	-1.43624

(表十三) $\log(\text{NaBrO}_3 \text{ 濃度})$ 及 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$



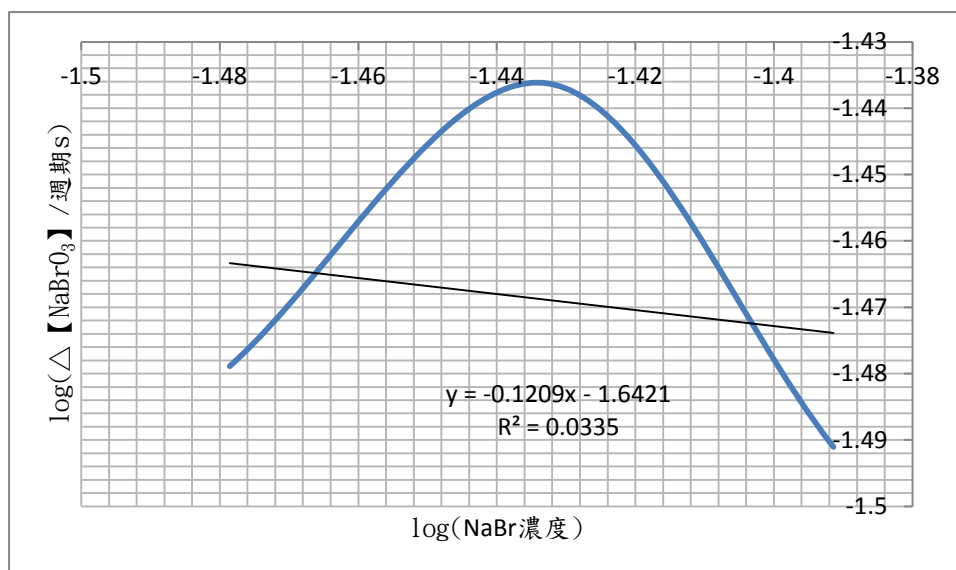
(圖十五) $\log(\text{NaBrO}_3 \text{ 濃度})$ 和 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$ 作圖

(圖十五) 中趨勢線斜率 2.0197，即為 NaBrO₃ 級數。

- (4) NaBr 級數計算：

	$\log(\text{NaBr 濃度 } C_M)$	$\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$
B'	-1.47855	-1.47886
B	-1.43279	-1.43624
B''	-1.39140	-1.49103

(表十四) $\log(\text{NaBr 濃度})$ 及 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$



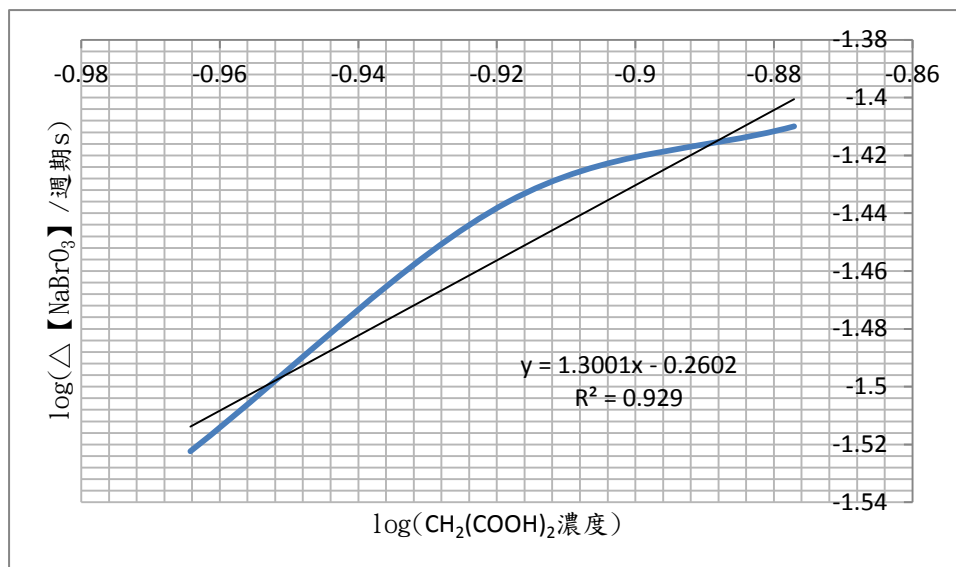
(圖十六) $\log(\text{NaBr 濃度})$ 和 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$ 作圖

- 由於 $\log(\text{NaBr 濃度})$ 和 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$ 所作之圖明顯不為一直線，原以為是實驗誤差所造成，但經過多次的實驗後，求得之圖皆為如此，故推得 NaBr 之反應級數不為一簡單小數，且在 $[\text{NaBr}] = 0.03692\text{M}$ (此時稱為最佳濃度) 時，可得紫紅色之最短週期，不論增加或減少濃度皆會使紫紅色週期上升，因此在配製震盪反應時會將 NaBr 濃度固定在最佳濃度，於速率定律式中將不顯示其濃度對週期的影響。

(5) $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$ 級數計算：

	$\log(\text{CH}_2(\text{COOH})_2 \text{ 杯濃度 } C_i)$	$\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$
C'	-0.96423	-1.52239
C	-0.91848	-1.43624
C''	-0.87708	-1.40999

(表十五) $\log(\text{CH}_2(\text{COOH})_2 \text{ 濃度})$ 及 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$

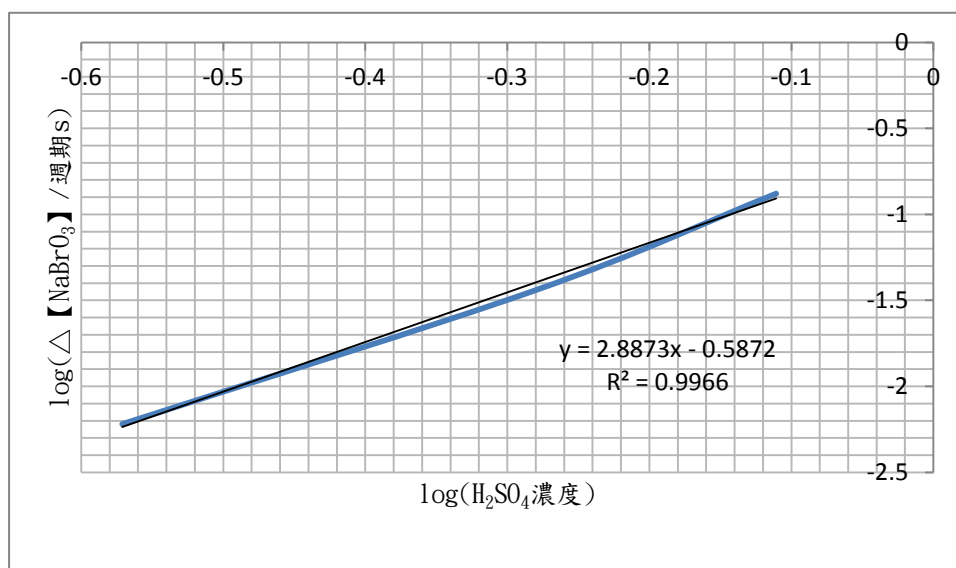


(圖十七) $\log(\text{CH}_2(\text{COOH})_2$ 濃度) 和 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$ 作圖
(圖十七) 中趨勢線斜率 1.3001，即為 $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$ 級數。

(6) H_2SO_4 級數計算：

	$\log(\text{H}_2\text{SO}_4$ 濃度 C_M)	$\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$
A [#]	-0.57122	-2.22020
A	-0.27863	-1.43624
A ^{##}	-0.11081	-0.87879

(表十六) $\log(\text{H}_2\text{SO}_4$ 濃度) 及 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$

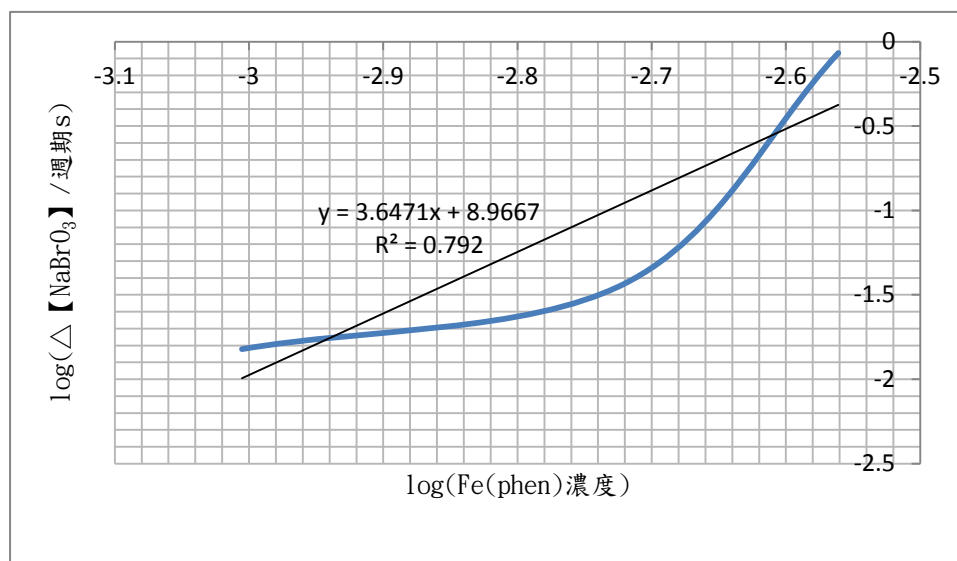


(圖十八) $\log(\text{H}_2\text{SO}_4$ 濃度) 和 $\log(\Delta \text{【NaBrO}_3\text{】} / \text{週期 s})$ 作圖
(圖十八) 中趨勢線斜率 2.8873，即為 H_2SO_4 級數。

(7) Fe(phen)級數計算：

	log(亞鐵靈濃度 C_M)	log(Δ 【NaBrO ₃ 】 /週期 s)
A 杯加入 1mL 亞鐵靈	-3.00518	-1.82107
A 杯加入 2mL 亞鐵靈	-2.72099	-1.43624
A 杯加入 3mL 亞鐵靈	-2.56110	-0.06734

(表十七)log(Fe(phen)濃度)及 log(Δ 【NaBrO₃】 /週期 s)



(圖十九)log(Fe(phen)濃度)和 log(Δ 【NaBrO₃】 /週期 s)作圖

(圖十九)中趨勢線斜率 3.6471，即為 Fe(phen)級數。

(8) 綜合上方數據可將速率定率式寫成如下

$$r_{\text{NaBrO}_3} = k_{\text{NaBrO}_3} [\text{NaBrO}_3]^{2.0197} [\text{CH}_2(\text{COOH})_2]^{1.3001} [\text{H}_2\text{SO}_4]^{2.8873} [\text{Fe}(\text{phen})]^{3.6471}$$

3. 速率常數 k 的計算

(1) 各反應物濃度

【NaBrO ₃ 】	濃度數值(C_M)	k
【A*】	0.27118	2.378×10^{11}
【A'】	0.30992	2.461×10^{11}
【A】	0.36221	2.382×10^{11}

【NaBr】	濃度數值(C_M)	
【B'】	0.03322	
【B】	0.03692	
【B''】	0.04061	

【CH ₂ (COOH) ₂ 】	濃度數值(C _M)	k
【C'】	0.10858	2.240×10 ¹¹
【C】	0.12065	2.382×10 ¹¹
【C''】	0.13271	2.236×10 ¹¹

【H ₂ SO ₄ 】	濃度數值(C _M)	k
【A [#] 】	0.26840	2.740×10 ¹¹
【A】	0.52647	2.382×10 ¹¹
【A [#] 】	0.77480	2.817×10 ¹¹

【Fe(phen)】	濃度數值(C _M)	k
【A 加 1mL 亞鐵靈】	9.881×10 ⁻⁴	10.68×10 ¹¹
【A 加 2mL 亞鐵靈】	1.901×10 ⁻³	2.405×10 ¹¹
【A 加 3mL 亞鐵靈】	2.747×10 ⁻³	1.144×10 ¹¹

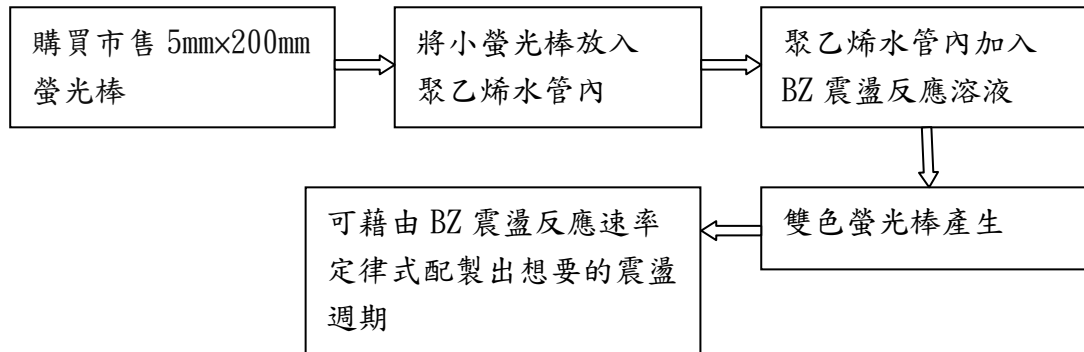
(2) 將濃度代入速率定律式中求出平均速率常數 $k_{\text{NaBrO}_3} = 2.45 \times 10^{11}$

(3) 綜合上方數據可將速率定率式寫成如下

$$r_{\text{NaBrO}_3} = 2.45 \times 10^{11} \text{【NaBrO}_3\text{】}^{2.0197} \text{【CH}_2(\text{COOH})_2\text{】}^{1.3001} \text{【H}_2\text{SO}_4\text{】}^{2.8873} \text{【Fe(phen)】}^{3.6471}$$

七、 研究過程及方法二(雙色螢光棒)

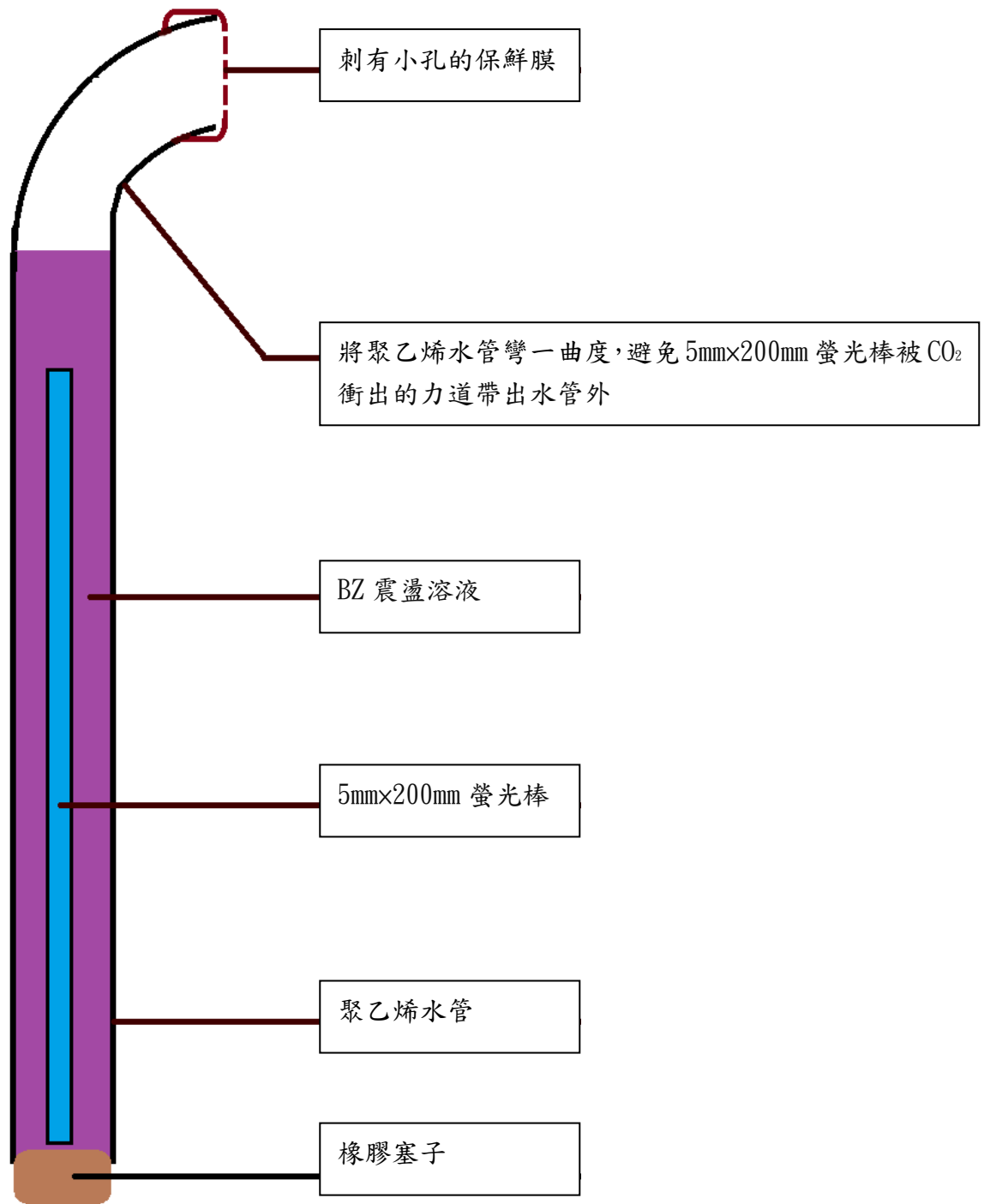
1. 雙色螢光棒製作流程



(圖二十)雙色螢光棒製作流程圖

2. 螢光棒製作步驟

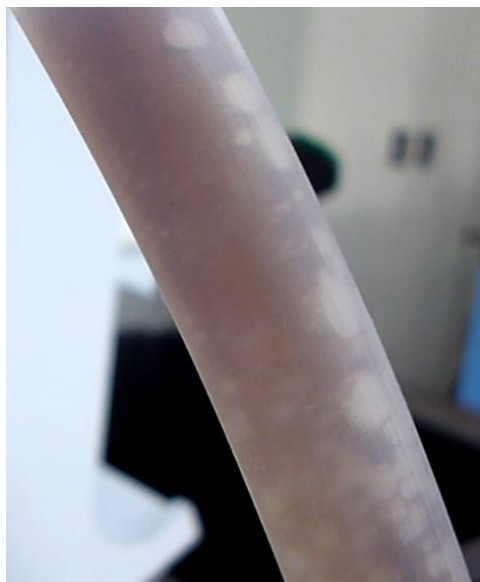
- (1) 以標準 BZ 震盪反應實驗步驟配製 BZ 震盪反應溶液。
- (2) 將聚乙烯長型水管一端塞入橡膠塞，並將 5mm×200mm 螢光棒置入其中。
- (3) 將已開始產生震盪的溶液以漏斗倒入水管內。
- (4) 將保鮮膜封於聚乙烯水管的上端，並刺上小孔使 CO₂ 氣體得以排出。
- (5) 輕折水管使螢光棒發亮，即可得雙色螢光棒。
- (6) 螢光棒設計圖請見 (圖二十一)。



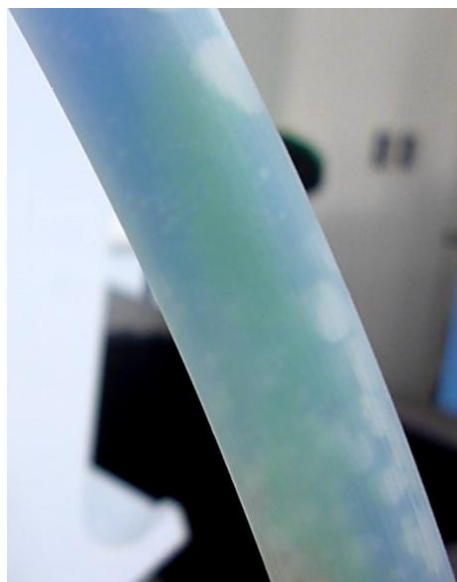
(圖二十一)螢光棒設計圖

八、 研究結果二(雙色螢光棒)

1. 未放置於暗室中的雙色螢光棒震盪顏色，如(圖二十二)、(圖二十三)。
 - (1) 此時震盪溶液的顏色幾乎將 5mm×200mm 螢光棒所發出的光遮蓋住。
 - (2) 圖中聚乙烯水管壁上的氣泡即為 CO₂ 氣體。

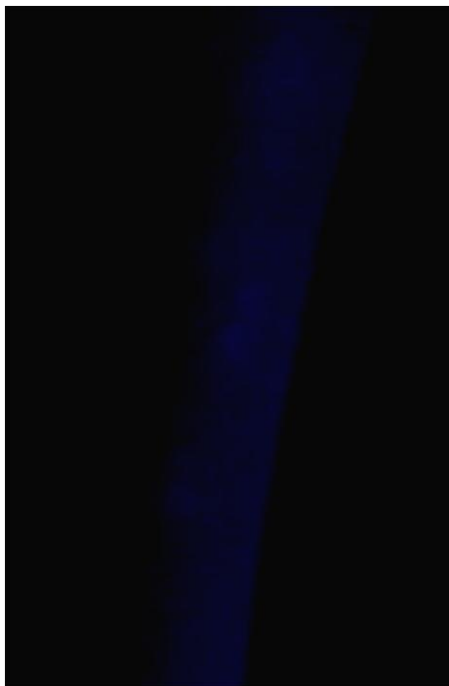


(圖二十二) 未放置於暗室時雙色螢光棒所呈現的紫紅色

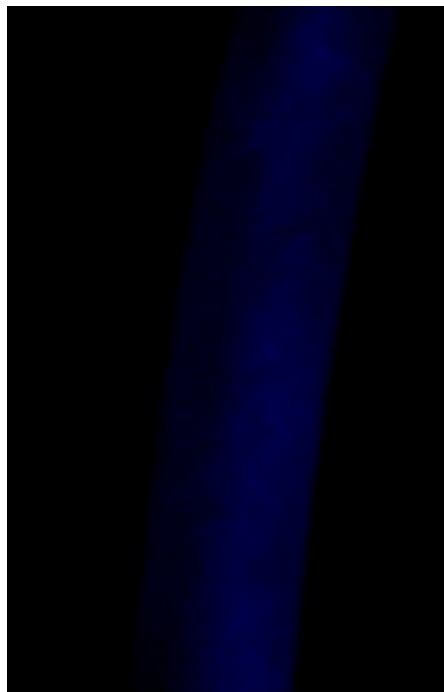


(圖二十三) 未放置於暗室時雙色螢光棒所呈現的藍色

2. 於暗室中比較內含不同顏色的 5mm×200mm 螢光棒之雙色變換效果。
- (1) 使用藍色 5mm×200mm 螢光棒，(圖二十四)為震盪溶液呈現紫紅色時雙色螢光棒的顏色，(圖二十五)為震盪溶液呈現藍色時雙色螢光棒的顏色。



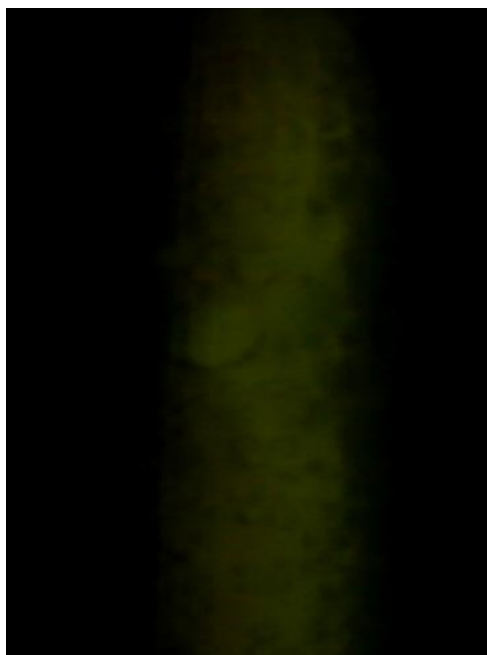
(圖二十四)震盪溶液呈現紫紅色時
雙色螢光棒的顏色



(圖二十五)震盪溶液呈現藍色時
雙色螢光棒的顏色

- 由於紫紅色顏色較深，和黑暗的背景類似，故呈現出的雙色螢光棒看似為深藍、淺藍的顏色變化。

(2) 使用黃色 5mm×200mm 螢光棒，(圖二十六)為震盪溶液呈現紫紅色時雙色螢光棒的顏色，(圖二十七)為震盪溶液呈現藍色時雙色螢光棒的顏色。



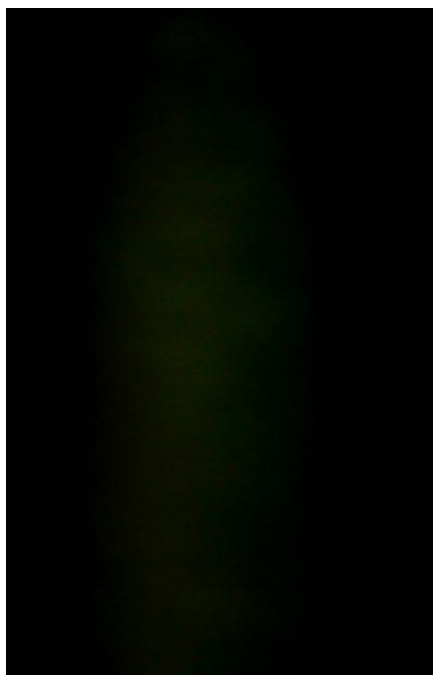
(圖二十六)震盪溶液呈現紫紅色時
雙色螢光棒的顏色



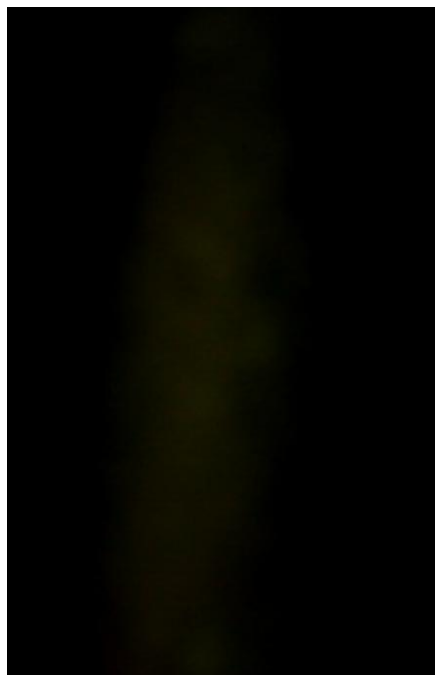
(圖二十七)震盪溶液呈現藍色時
雙色螢光棒的顏色

- 黃色 5mm×200mm 螢光棒顏色及亮度太強，蓋過震盪反應溶液的紫紅色及藍色，故幾乎看不出雙色震盪效果，呈現出的雙色螢光棒看似為黃色。
- 由於無法用肉眼得知震盪反應顏色變換的時間點，故是藉由拍攝影片上所顯示的時間，用已知的週期推得震盪溶液的顏色。

- (3) 使用紅色 5mm×200mm 螢光棒，(圖二十八)為震盪溶液呈現紫紅色時雙色螢光棒的顏色，(圖二十九)為震盪溶液呈現藍色時雙色螢光棒的顏色。



(圖二十八)震盪溶液呈現紫紅色時
雙色螢光棒的顏色



(圖二十九)震盪溶液呈現藍色時
雙色螢光棒的顏色

- 紅色 5mm×200mm 螢光棒顏色較深，使其本身的發光效果較藍色及黃色微弱，震盪反應溶液的紫紅色及藍色會蓋住其本身所發出的光，故幾乎看不出雙色震盪效果，呈現出的雙色螢光棒看似為極弱的橘色。
- 由於無法用肉眼得知震盪反應顏色變換的時間點，故是藉由拍攝影片上所顯示的時間，用已知的週期推得震盪溶液的顏色。

4. 綜合 2. 之(1)(2)(3)三個實驗，可知藍色 5mm×200mm 螢光棒最能顯現出雙色震盪的效果。唯市售之白色螢光棒極為罕見，無法購得，如能使用之，想必效果會較藍色更佳。

九、 結論

1. 速率定律式:

$$r_{\text{NaBrO}_3} = 2.45 \times 10^{11} \text{【NaBrO}_3\text{】}^{2.0197} \text{【CH}_2(\text{COOH})_2\text{】}^{1.3001} \text{【H}_2\text{SO}_4\text{】}^{2.8873} \text{【Fe(phen)】}^{3.6471}$$

2. 對反應速率的影響為 $\text{Fe(phen)} > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{NaBrO}_3 > \text{CH}_2(\text{COOH})_2$
3. NaBrO_3 、 $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$ 、 H_2SO_4 和亞鐵靈的濃度變化和週期呈現反向變動。
4. NaBr 對週期的影響較為特別，在 $\text{【NaBr】} = 0.03692\text{M}$ 為最佳濃度，可得紫紅色之最短週期，不論增加或減少濃度皆會使紫紅色週期上升。
5. 已製造出雙色螢光棒，但仍須克服顏色變化不明顯及 CO_2 生成的問題。

十、 討論及應用

整個實驗過程中，遇到了許多瓶頸，尤其是雙色螢光棒的製作。以下將列舉所遇到的問題並說明如何克服。

	所遇到的問題	解決辦法
1.	由於” 苯基草酸酯、紅螢烯、9, 10-二苯基蒽” 等皆為管制藥品，無法購得，雖然可用其他藥品代替，但製造出的螢光棒體積會嫌太大，無法塞入聚乙烯外殼中	購買市售 5mm×200mm 螢光棒代替。
2.	無法購得白色的 5mm×200mm 螢光棒。	以最相近的藍色螢光棒代替，並以其其他種顏色的螢光棒嘗試出效果最佳的顏色。
3.	BZ 震盪反應產生了大量的 CO_2 氣泡，如果將聚乙烯水管兩端皆密封會使橡膠塞在反應時噴出，溶液流出並造成危險。	只密封聚乙烯水管的下端，上端以刺有小孔的保鮮膜包覆，使 CO_2 氣泡得由管子的上端排出，但此舉也將限制雙色螢光棒的使用方向。
4.	大量 CO_2 氣泡在排出的同時，會將 5mm×200mm 螢光棒往上推出聚乙烯水管外。	將聚乙烯水管彎成一弧度，卡住 5mm×200mm 螢光棒，使 5mm×200mm 螢光棒不至於因 CO_2 的推力而衝出聚乙烯水管外。
5.	由於聚乙烯水管管腔窄小，如先將尚未加入亞鐵靈的震盪溶液倒入管內，再滴入亞鐵靈，亞鐵靈會因無法均勻混合而使震盪反應侷限於一個小範圍內。	先加入亞鐵靈並混合均勻，使溶液開始震盪後再將震盪溶液倒入聚乙烯水管中。

至於應用方面，目前雙色螢光棒仍然在試驗階段，除了須克服顏色變化不明顯及 CO₂ 生成的問題外，BZ 震盪溶液的廢液處理也是需要考量的因素。基於想要達到理想雙色螢光棒的動力驅使下，還嘗試了其他種震盪反應的雙色螢光棒應用，以下將表列各種不同種類的震盪反應用於製造雙色螢光棒的優缺點。

	BZ 震盪反應	BR 震盪反應	藍瓶反應
震盪顏色	紫紅色、藍色	淡黃色、藍色	透明無色、藍色
反應是否產生氣體	是，為 CO ₂	是，為 O ₂	否，但需要 O ₂ 作為反應物
雙色螢光棒可否完全密封	否	否	可，但管腔中的 O ₂ 一旦作用完便無法再震盪
運用於雙色螢光棒的缺點	反應時產生氣體，使雙色螢光棒無法密封	反應時產生氣體，使雙色螢光棒無法密封	管腔窄小，亞甲藍無法均勻和 O ₂ 反應，故產生的藍色極淡，幾乎無法辨別
震盪時是否需要攪拌	否	否	是，須用力搖晃使亞甲藍由無色的還原態氧化成藍色的氧化態

由上表可知，唯一能勉強密封的藍瓶反應因為顏色太淡而無法用來製造雙色螢光棒，而顏色足以呈現出差異的 BZ 震盪卻因為 CO₂ 的產生而無法密封。其實，震盪反應本身的教育性及趣味性遠遠大於實用性，故要將其應用於生活上確實有段差距。

十一、 參考資料

1. 陳素真，科學教育月刊，1994，166，3
2. 科學研習月刊 45-7(藍瓶反應)
3. 對高中生談振盪反應(高雄女中 化學教師 陳文靜)
4. 震盪反應之探討與研究(林敬堯、羅喬嶽)
5. 陳亞拿、游茜雯、翁梓樺 (2007)；當我們倒在一起--BR 振盪反應的探討。
中華民國第四十七屆中小學科學展覽會高中組化學科。
6. 色彩變變變
(<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-013.html>)
7. 陳文靜，BZ 反應的振盪圖形，來自 <http://chem.kshs.kh.edu.tw/Teaching%20resource/teachshare/chem960927/chem31.pdf>
8. 林香君、宋碧琳、葉尚倫，BZ 反應動力學研究 <http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=32&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=6&sid=4419>
9. [tps://zh.wikipedia.org/wiki/](https://zh.wikipedia.org/wiki/)(維基百科---螢光棒)