

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：化學界的時鐘-BR 振盪反應探討

關 鍵 詞：BR 振盪、碘鐘、丙二酸

編號：B3030

摘要

我們透過改變丙二酸、雙氧水等藥品量，試圖找到各藥劑對於 BR 振盪的影響，並調配出最佳振盪比例。振盪時間超過 10 分鐘，振盪次數最佳狀態接近 100 次。

由於振盪次數相當高，為求精準，我們嘗試使用學校的分光光度計紀錄觀察，但由於產生氣體而失敗，最後利用自製光敏電阻和電源供應裝置，測出較準確振盪變化，並提供穩定的光源，避免更多誤差。最後並用圖表分析其規律。

我們發現澱粉的溶解程度會影響顏色的呈現，丙二酸增多會使振盪次數變多，縮短整體週期，拉長震盪總時長，而雙氧水則能加快反應速度。

壹、研究動機

有一次在 YouTube 上看到有關科學遊戲的影片，覺得很有趣，索性點開欣賞，其中就是製作 BR 反應的實驗，看著燒杯裡的溶液瞬間變色，不禁讓我們也想自己動手做做看，於是去請教老師，結果發現前年學長已經初步研究過，但學長們只是設計測量的方法，並沒有找出最佳比例配方，對變因的討論也有限。於是我們只是照著影片中的比例調配藥品，發現兩個問題，一是震盪次數不如影片中的效果，所以我們開始試著改變各藥品的量，例如：雙氧水、丙二酸……希望能藉此使振盪次數更多，找出震盪最高次的配方，二是震盪時並沒有出現影片中的藍紫色，我們因而開始探討變色的原因，並了解其化學式，就此展開了這次的研究。

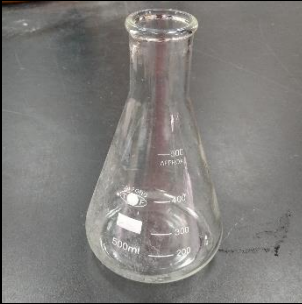
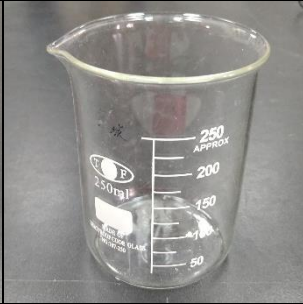

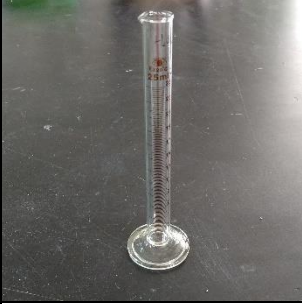

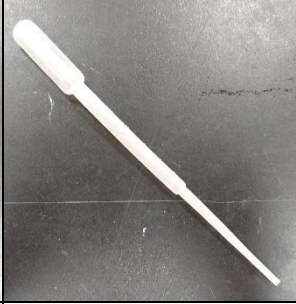
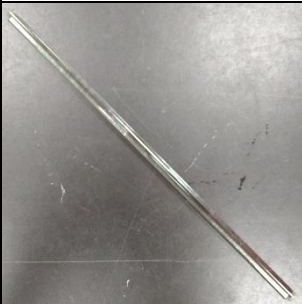

貳、研究目的

- 一、找出最佳振盪次數比例
- 二、調整改進前人的自製測量方法，以便能更穩定測量出 BR 反應的顏色變化
- 三、找出影響振盪週期的藥品
- 四、找出影響總時長的藥品

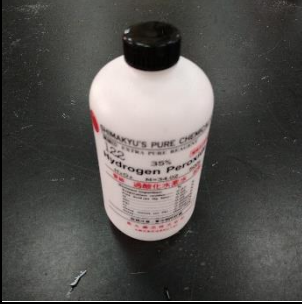
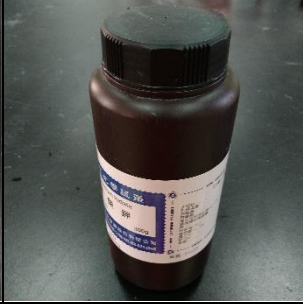
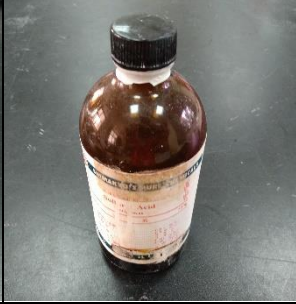
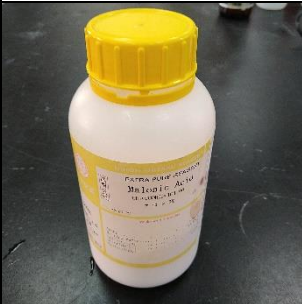
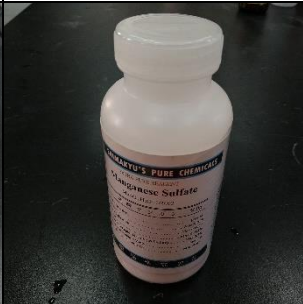
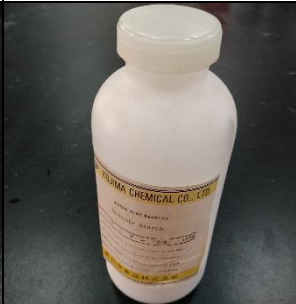
參、研究設備與器材

一、器材

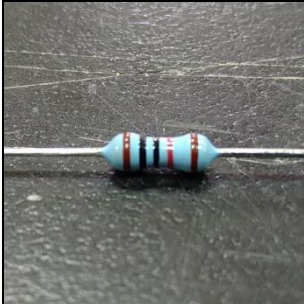
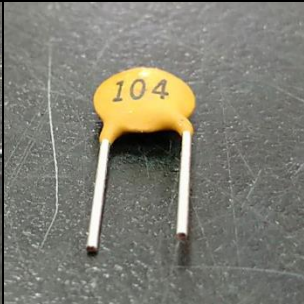


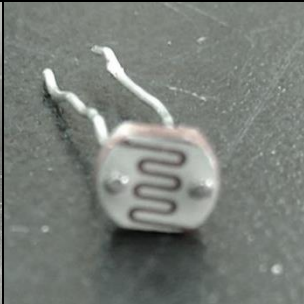
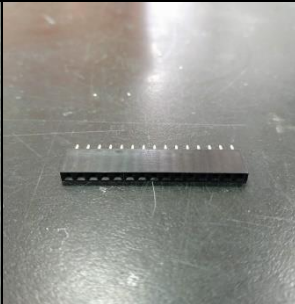
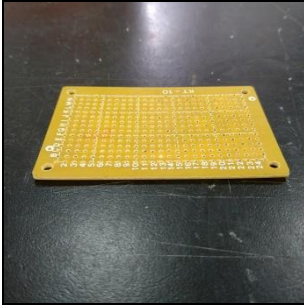
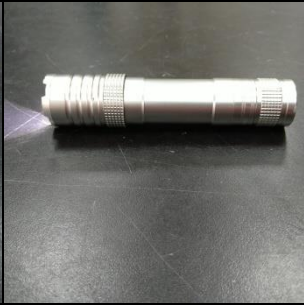



| | | |
|--|--|--|
|  |  |  |
| 500ml 錐形瓶 | 250ml 燒杯 | 500ml 燒杯 |
|  |  |  |
| 量筒 | 試藥匙 | 滴管 |
|  |  | |
| 玻棒 | 磅秤 | |

二、藥品

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 雙氧水 | 碘酸鉀 | 濃硫酸 |
|  |  |  |
| 丙二酸 | 硫酸亞錳 | 可溶澱粉 |

三、自製測量工具的材料

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 10kΩ 電阻 | 0.1 μ F(104)電容 | Arduino Nano 板 <u>之前學長使用的是</u> <u>Arduino Uno</u> |
|  |  |  |
| 按鈕 | 光敏電阻 | 排孔(15pin) |
|  |  |  |
| 萬用板 | 手電筒 | USB mini 傳輸線 |

四、軟體與電子設備

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 電腦 | Arduino IDE | PLX-DAQ |

【註】PLX-DAQ 是用以將數據傳入 excel 的程式，我們找到了最近新釋放的版本，和過去學長們使用的不同，已經可以使用在 64 位元版的 excel 上了。

肆、實驗設計

一、基本藥品比例(1份)：

| | 水 | 其他藥品 | 備註 |
|-------------------|--------|-----------------------------|---|
| A 溶液 | 30ml | 35%的過氧化氫 20ml | 無 |
| B 溶液 | 50ml | 0.5g 的硫酸、 2.125g的碘酸鉀 | 無 |
| C ₁ 溶液 | 17.5ml | 0.1g 的澱粉 | 需加熱至接近透明 待降至所需的量， 靜置冷卻(可多加 水，避免加熱後水 分過少)。 |
| C ₂ 溶液 | 32.5ml | 0.75g 的丙二酸、 0.175g 的硫酸亞錳 | 需待 C ₁ 溶液冷卻後 與其混合均勻，形 成 C 溶液。 |

最後再以 C→B→A 的順序加入，即可開始反應。

二、測得數據方式

我們曾想過使用以下三種方法測得數據

1. 測量溶液電阻法

因為 BR 反應變色的主要原因是錯碘離子(I₃⁻)的濃度變化，而錯碘離子(I₃⁻)又是由碘分子(I₂)與碘離子(I⁻)形成，所以可以利用通電的電流量來判斷溶液中電解質(I₃⁻、I⁻)的濃度。

2. 測量透光度法

BR 反應最大的特色就是顏色有明顯的變化，而澱粉與錯碘離子(I₃⁻)的深藍色化合物可以使溶液透光度大幅降低，所以可以利用打光以及測量亮度來判斷反應總共進行了多少次。

3. 分光光度計測量法

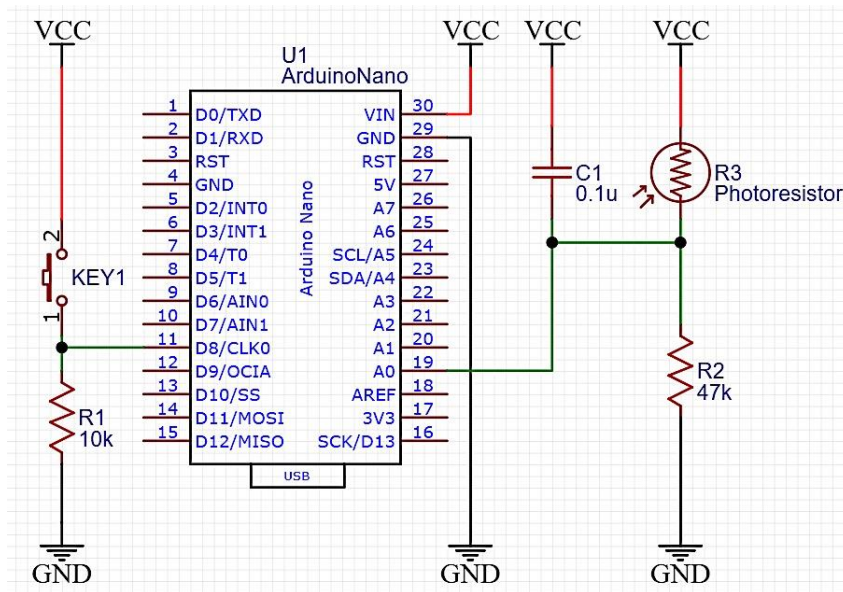
這種方法也是利用顏色變化的特點來偵測反應的進行，與前者不同的是利用專業儀器來測量更精準的數據。

以下是三種方法的優缺點

| | 優點 | 缺點 |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 測量溶液電阻法 | 離子的量可以直接測得，在量少時較精準。 | 由於溶液中含有硫酸以及其他離子的關係，可能無法只測得碘離子的濃度。 |
| 測量透光度法 | 測量顏色變化，較測量離子直觀，並且在量多時還是可以測量精準的數據。 | 容易受環境、光源的影響。 |
| 分光光度計測量法 | 利用分光光度計可以偵測全部波長的光線，較第二種方法精準。 | 在機器中的溶液不能有氣泡，而BR 卻是一種會產生氧氣的反應。 |

綜合以上所有的優缺點來看，我們最後決定採用第二種方法，而測量亮度的設備製作方法如下：

1. 依照下圖的電路將所有零件組裝在麵包板上。



2. 將手電筒用滴定管架以及夾子固定。
3. 將手電筒背後的殼打開，用鱷魚夾接上正負極，並施加 4.2V 的電壓。
4. 把以下程式上傳至 Arduino Nano 板(寫入一次即可)
5. 在 excel 中打開 PLX-DAQ 即可開始測量

```

jshonson@ubuntu:~$ cat test.cpp
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
    int i = 1;
    while(i <= 10) {
        cout << " ";
        cout << i;
        cout << "\n";
        i++;
    }
}
jshonson@ubuntu:~$ g++ test.cpp
jshonson@ubuntu:~$ ./a.out
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

```

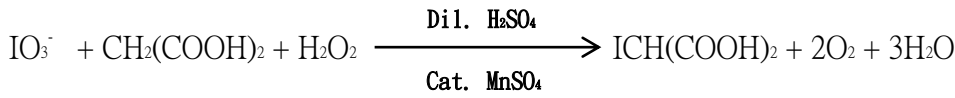
伍、 研究過程與結果

一、各藥品功用

| | 藥品功能 |
|--|---|
| 過氧化氫 (H ₂ O ₂) | 1.將次碘酸轉為碘離子 2.將碘酸根離子轉為次碘酸 |
| 碘酸鉀 (KIO ₃) | 提供碘酸根離子 (IO ₃ ⁻) |
| 硫酸 (H ₂ SO ₄) | 提供氫離子 (酸性環境) |
| 澱粉((C ₆ H ₁₀ O ₅) _n) | 指示劑 |
| 丙二酸 (CH ₂ (COOH) ₂) | 還原劑 (從藍變回黃) |
| 硫酸亞錳 (MnSO ₄) | 催化劑 |

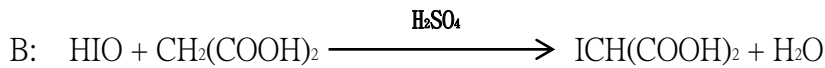
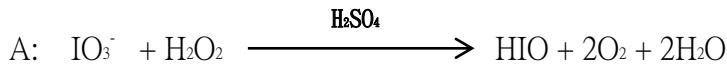
二、BR 反應的各反應式

1. BR 反應的總反應式

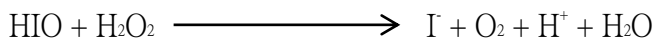


從反應物變成產物的過程會產生碘離子(I⁻)與碘分子(I₂)，碘離子(I⁻)與碘分子(I₂)在結合產生錯碘離子(I₃⁻)，錯碘離子(I₃⁻)與澱粉結合成為深藍色的錯合物，成為了 BR 反應中的深藍色來源。

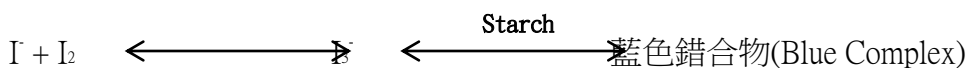
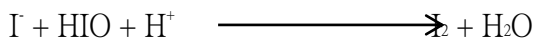
2. 總反應式所分成的 A、B 兩部分



上述的 A 反應負責製造次碘酸(HIO)，而 B 反應則是將次碘酸(HIO)與丙二酸(CH₂(COOH)₂)結合為碘代丙二酸(ICH(COOH)₂)來消耗次碘酸(HIO)，而次碘酸(HIO)的功用如下

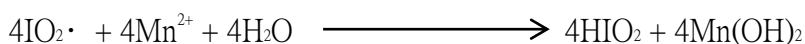
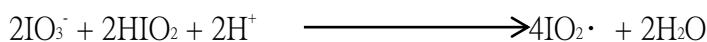


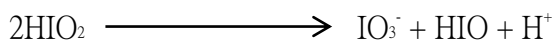
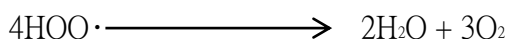
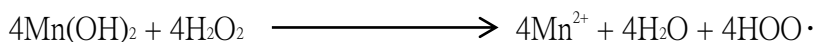
產生的碘離子(I⁻)可以透過下列反應式轉為錯碘離子(I₃⁻)並與澱粉結合。



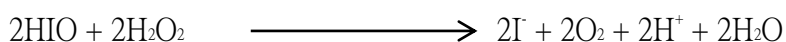
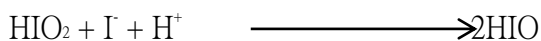
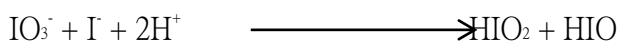
而 A 反應製造次碘酸(HIO)的方法又兩種，分為自由基反應(Radical Process)和非自由基反應(Non-Radical Process)，兩種方法製造次碘酸(HIO)的速度以及需要的物質也太不一樣

3. Radical process





4. Non-Radical Process



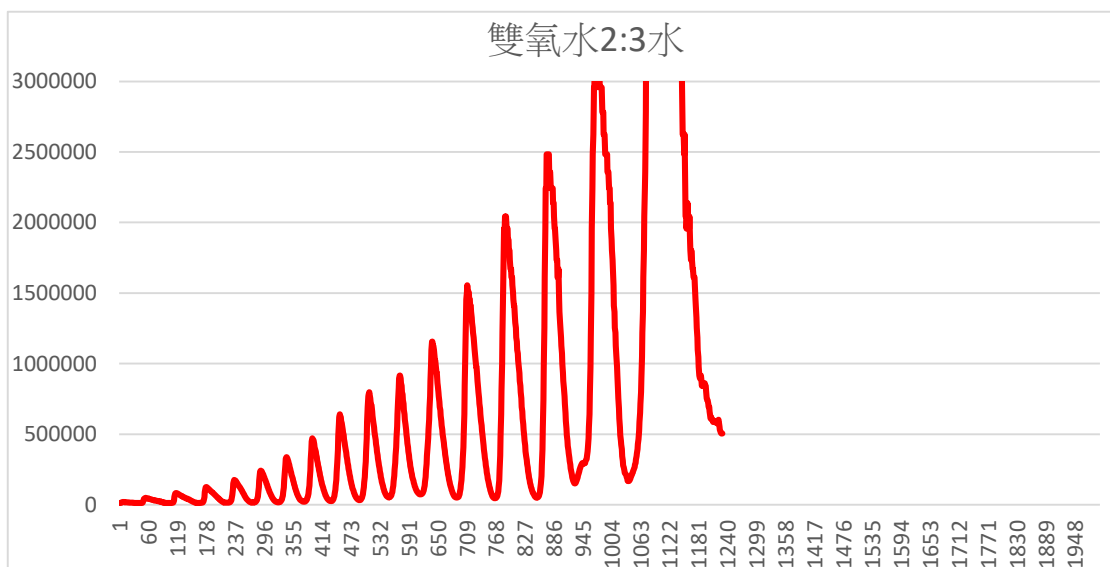
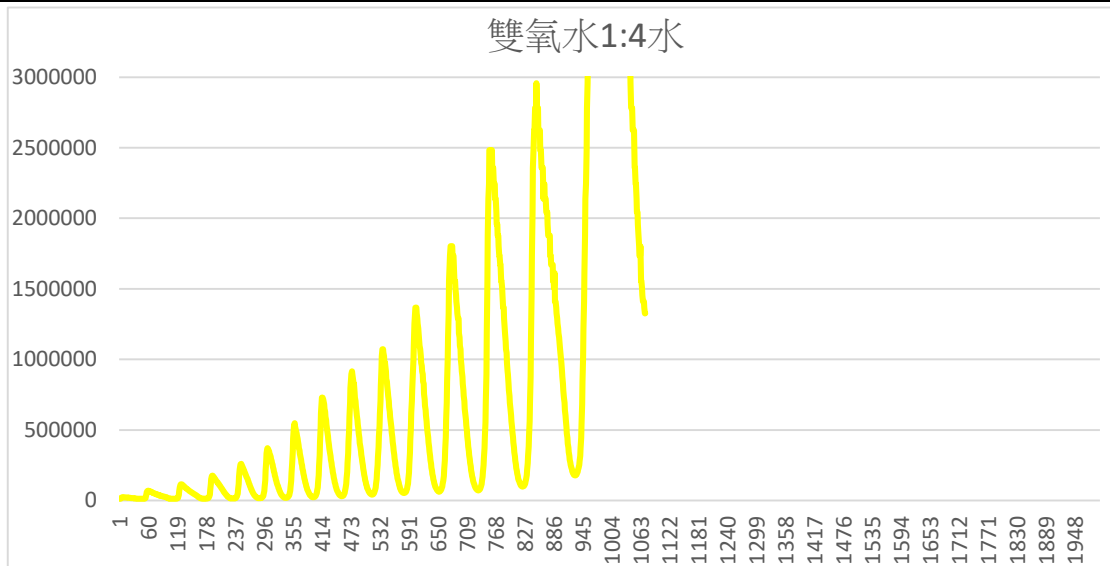
因為非自由基的反應牽涉到碘離子(I⁻)，因此在一開始(溶液中沒有碘離子(I⁻)時)無法透過非自由基反應來製造次碘酸(HIO)，而自由基反應所需的亞碘酸(HIO₂)可以由碘酸根離子(IO₃⁻)以及過氧化氫(H₂O₂)來產生(少量)，自由基反應產生次碘酸(HIO)的速度極為快速，快到無法馬上由反應式 B 來消耗，淤積過多的次碘酸(HIO)會透過上述的反應式來形成錯碘離子(I₃⁻)與藍色錯合物，但是在非自由基反應第二行反應的速度比自由基反應的第一行還要快時，亞碘酸(HIO₂)會全部都被非自由基反應的第二行反應掉，而自由基反應就無法進行。但是非自由基反應產生次碘酸(HIO)的速度比較緩慢，而公式 B 消耗次碘酸(HIO)的速度也比較快時，次碘酸(HIO)變不夠來製造碘離子(I⁻)，這代表不會有錯碘離子(I₃⁻)再產生，深藍色的複合物也逐漸褪色，所剩下的碘分子(I₂)與碘離子(I⁻)也逐漸會被丙二酸(CH₂(COOH)₂)消耗並化為碘代丙二酸(ICH(COOH)₂)，並且非自由基反應也因為碘離子(I⁻)濃度太低而被停止。這時因為非自由基反應又停止了，所以自由基反應可以繼續使用亞碘酸(HIO₂)，快速的產生更多次碘酸(HIO)，並且一直重複這個過程直到丙二酸(CH₂(COOH)₂)、碘酸根離子(IO₃⁻)或過氧化氫(H₂O₂)其中一個消耗完為止。

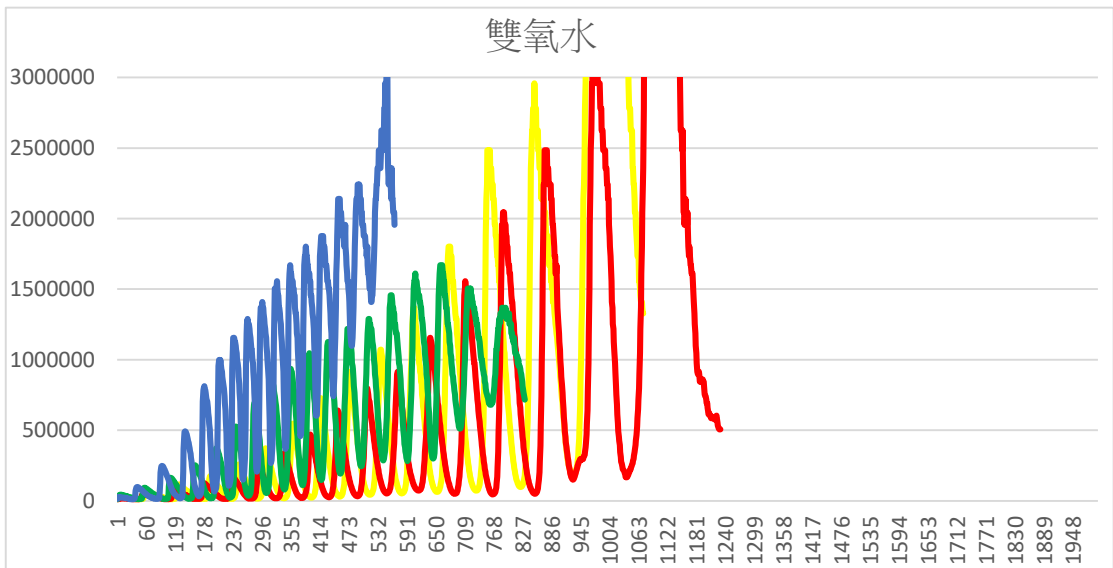
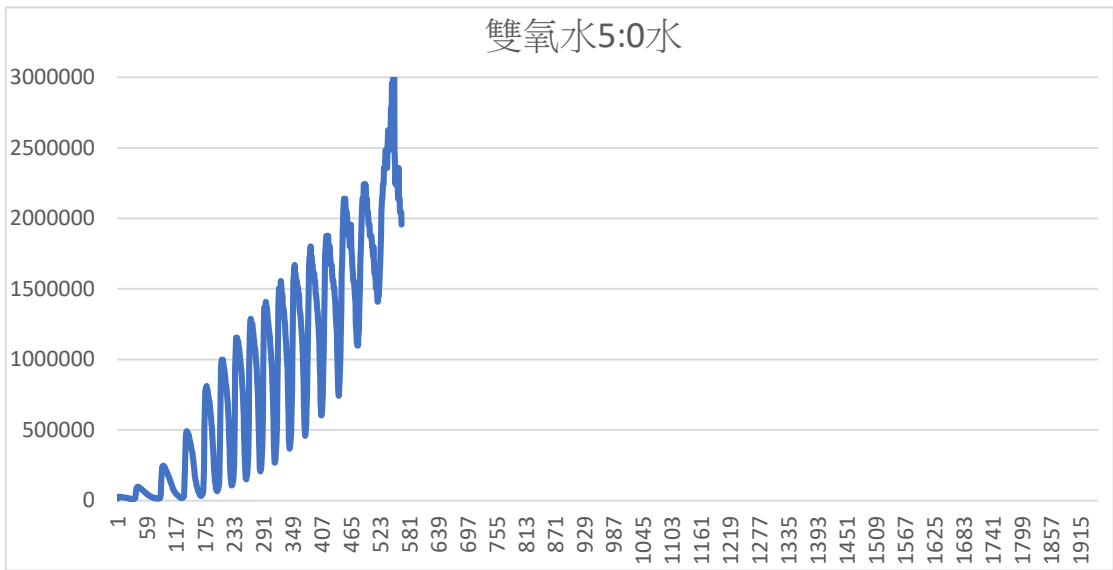
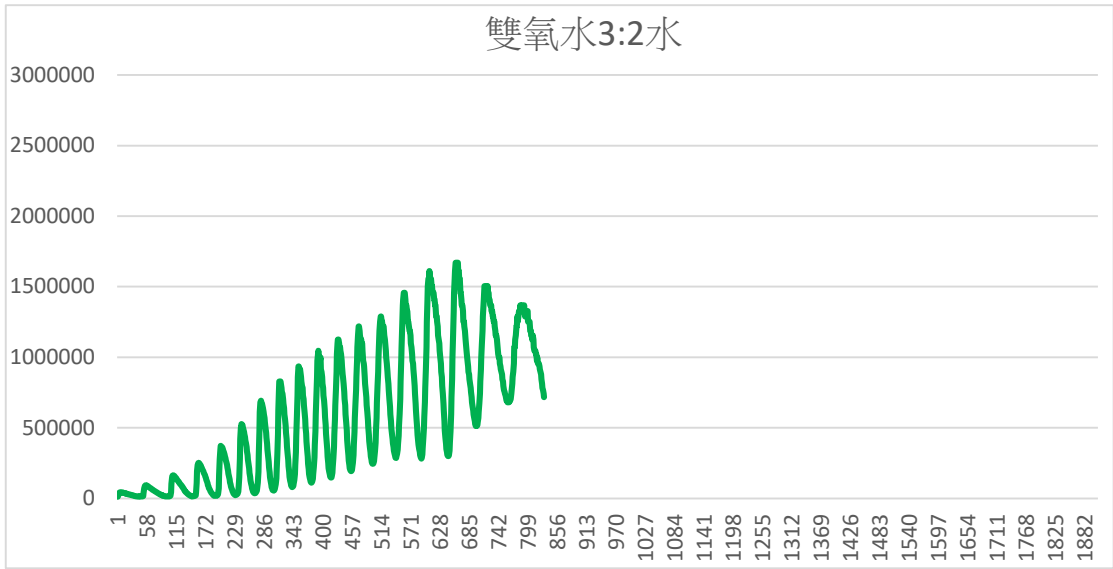
三、變因探討

1. 雙氧水

我們透過化學式發現許多振盪階段都需要雙氧水反應，所以我們推測雙氧水在此振盪實驗中消耗很快，也非常重要，因此我們首先改變了雙氧水的量作為變因。

| 雙氧水 | 雙氧水 1:4 水 | 雙氧水 2:3 水 | 雙氧水 3:2 水 | 雙氧水 5:0 水 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 震盪結束時間 (秒) | 214.6 | 246 | 166.2 | 113.2 |
| 前十次 震盪平均週期 (秒) | 11.6 | 10.98 | 8.3 | 6.84 |
| 震盪次數(次) | 15 | 17 | 18 | 16 |



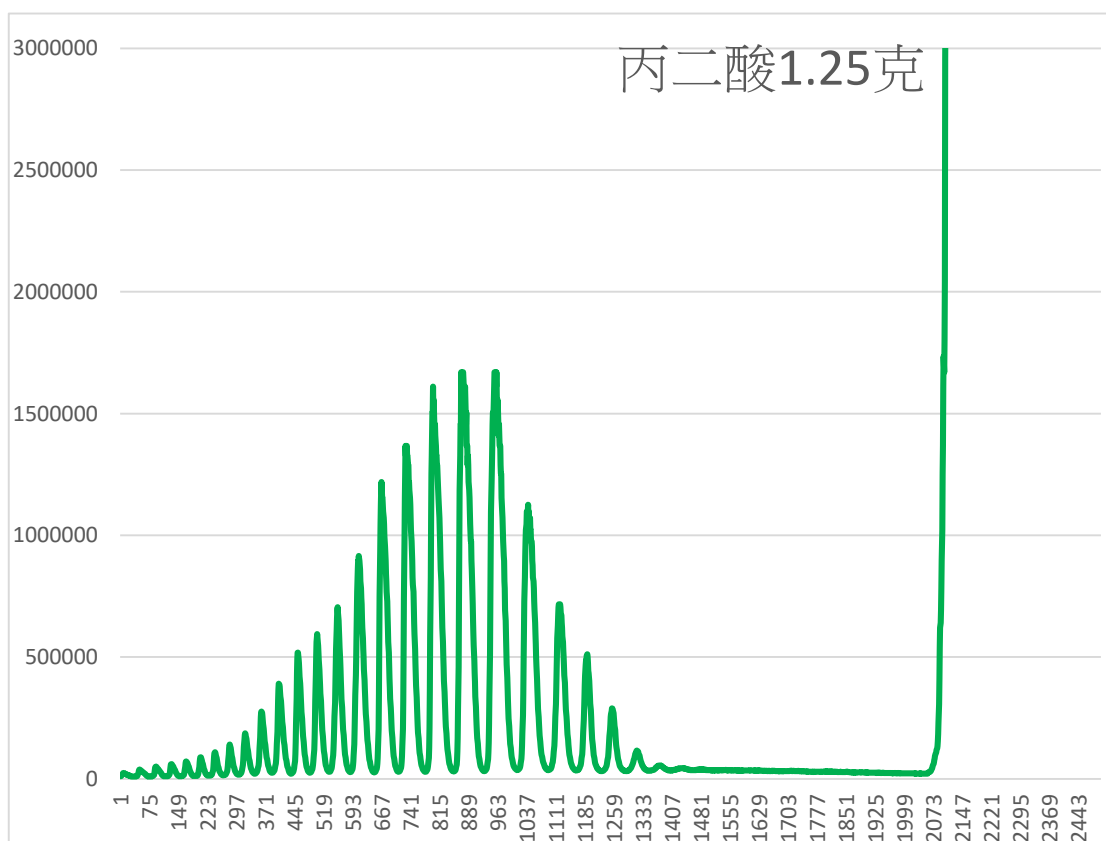
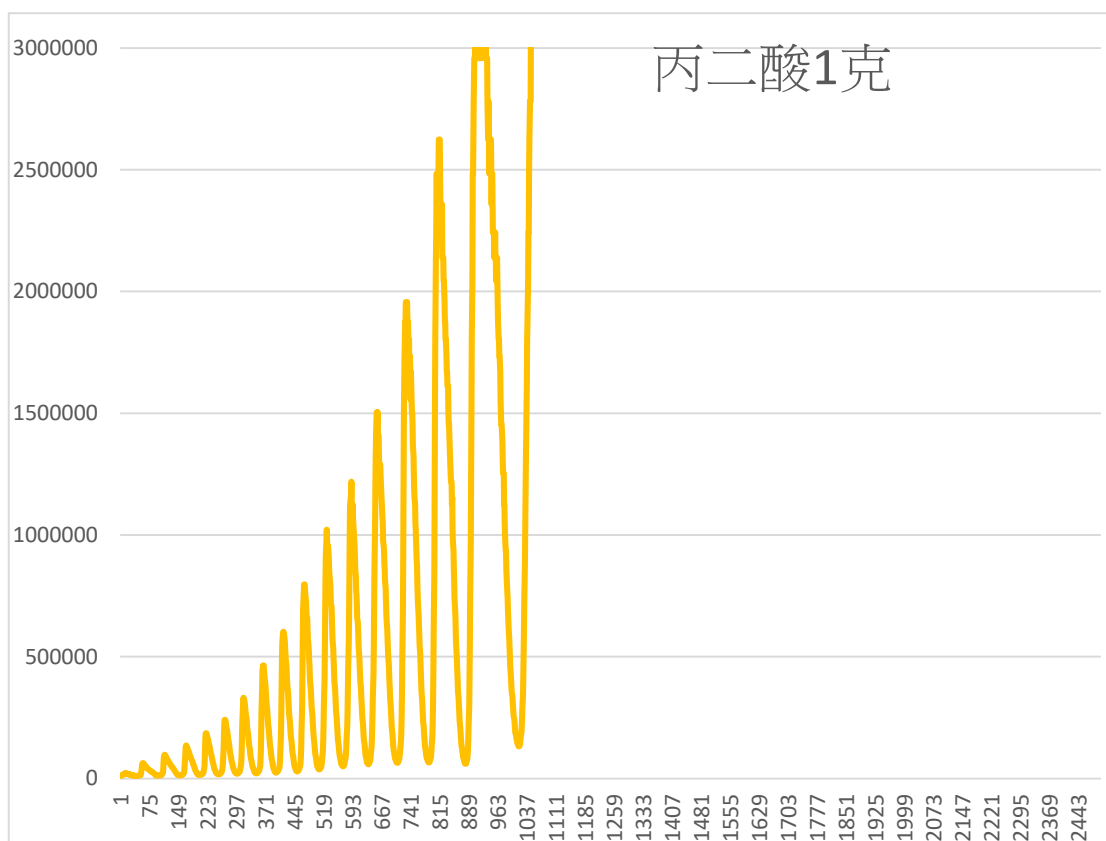


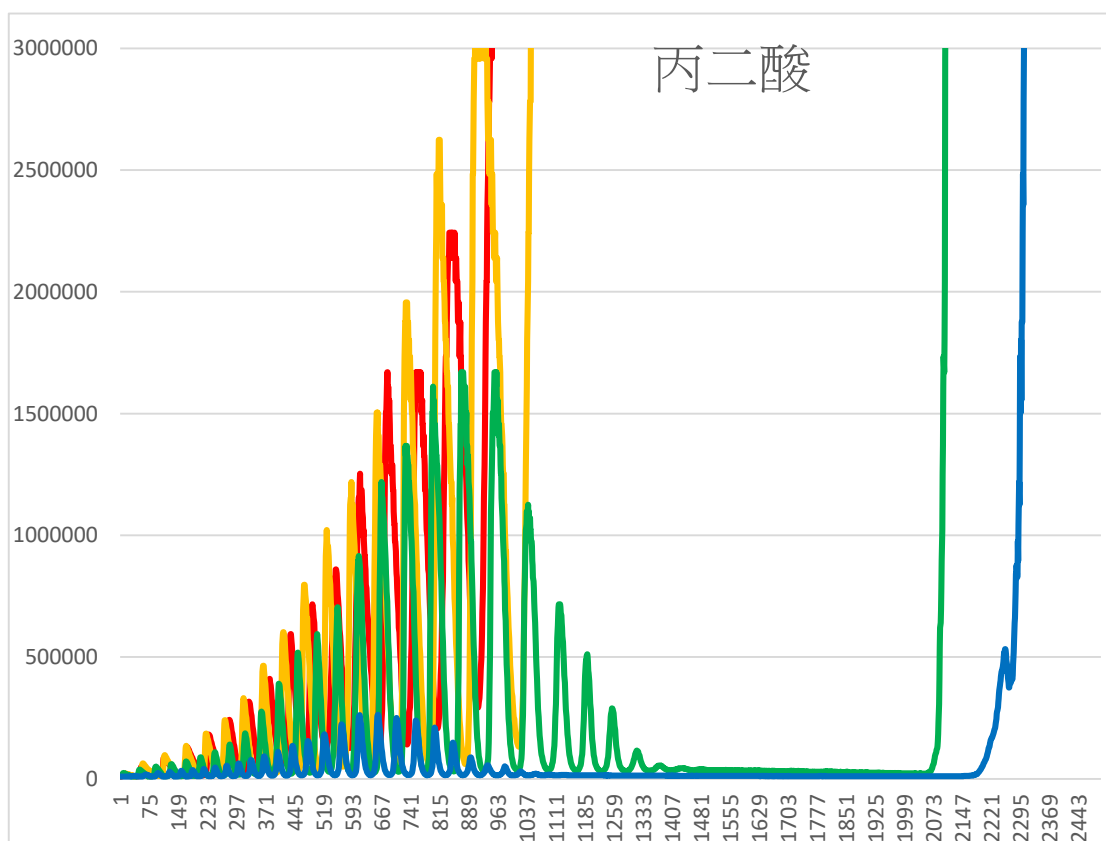
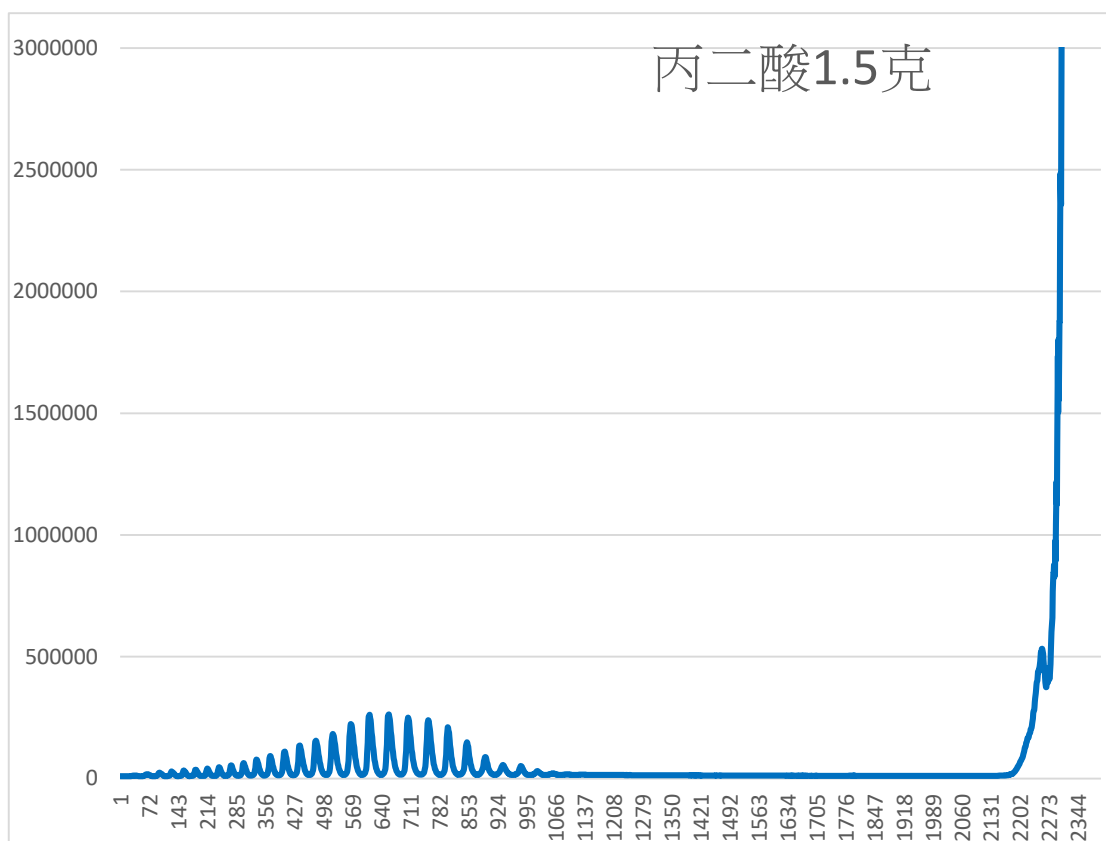
2. 丙二酸

一次我們不小心將丙二酸加過量，原本打算捨棄這次調配的藥劑，但靈機一動，想試試看丙二酸在此反應中有什麼影響，結果振盪意外的持久，於是我們開始嘗試丙二酸的變因

| 丙二酸 | 0.75 克 | 1 克 | 1.25 克 | 1.5 克 |
|----------------------|--------|-------|--------|-------|
| 震盪結束時間 (秒) | 224 | 244.4 | 412.75 | 230.2 |
| 前十次 震盪平均週期 (秒) | 10.46 | 10.14 | 7.72 | 5.74 |
| 震盪次數(次) | 16 | 17 | 30 | 31 |







四、研究歷程問題與解決方式

問題一：沒有振盪反應，懷疑是實驗器材沒清洗完全。

解決方案：將所有器材用 RO 水沖洗。

問題二：由於澱粉無法完全溶解在熱水中，使振盪變色不均勻影響判別。

解決方案：我們將澱粉液的水煮沸，使澱粉近乎完全溶解。

問題三：由於此化學振盪會產生氣泡和碘蒸氣，分光光度計無法測量。

解決方案：改以光敏電阻取代分光光度計。

問題四：找不到合適光源，若光源能量過強會使顏色變深。

解決方案：最後採取鋰電池用手電筒，並用滴定管架、夾子架高。

問題五：因為鋰電池供電不穩，所以每組光敏跑出的數據都有落差，使分析數據不穩定。

解決方案：直接利用電源供應器提供穩定電源，並關掉教室電燈減少干擾，使每組光敏數據相當。

問題六：電阻值太低導致輸入 Arduino 的電壓太低，使數值變為 0。

解決方案：換電阻值較高的電阻（47K Ω ）。

問題七：老師說，由變色週期的逐漸拉長，從我們測得的數據，是可以計算反應速率變化的，但分析較為困難，需要花比較多時間教我們。

陸、 結論

- 一、 丙二酸增多會使振盪次數變多，縮短整體週期，並拉長振盪總時長。
- 二、 雙氧水能加快反應速度，使振盪總時長縮短，但對於震盪次數不會有太大影響。
- 三、 澱粉若無法完全溶解在熱水中，使振盪變色不均勻影響判別。
- 四、 氯會影響震盪反應的數據，因此過程中千萬不能用自來水取代 RO 水。

柒、 參考文獻

一、 The Briggs-Rauscher Reaction科學影片

<https://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjZjvmX-vTuAhUKBZQKHct8AS0QwqsBMAB6BAgMEAM&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DSCoLMfplVWs&usg=AOvVaw1nWb0-TO9ztM6nGWUM3LCd>

二、 善 Bang 的化學鐘—B-R 震盪反應 報告書

https://www.mxeduc.org.tw/scienceaward/history/projectDoc/18th/doc/SA18-424_final.pdf

三、 碘鐘反應

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%98%E9%92%9F%E5%8F%8D%E5%BA%94>

四、 當我們倒在一起--BR 振盪反應的探討

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=381&sid=2311>