

屏東縣第 65 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科別：化學科

組別：國中組

作品名稱：Safranin O 之反應速率探究



關鍵詞：Safranin O、氧化還原、反應級數

編號：B3015

摘要

我們採用 ArduinoUNO R3 電路板安裝光敏電阻，以自製的自動計時工具來觀測番紅 O (Safranin O)之氧化還原的各項變因對其反應速率的影響。

在本次的探究中，反應物濃度對反應速率影響的部份，我們嘗試計算了反應級數，得到氫氧化鈉的反應級數為 1 級，葡萄糖的反應級數為 2 級。

將 Safranin O 與亞甲藍混合，調整適當濃度的氫氧化鈉與葡萄糖進行藍瓶反應，由於 Safranin O 與亞甲藍的還原電位不同，從最初的紫色先轉變成紅色，再轉變成無色，可製造類似靛胭脂的三色變化。

壹、研究動機

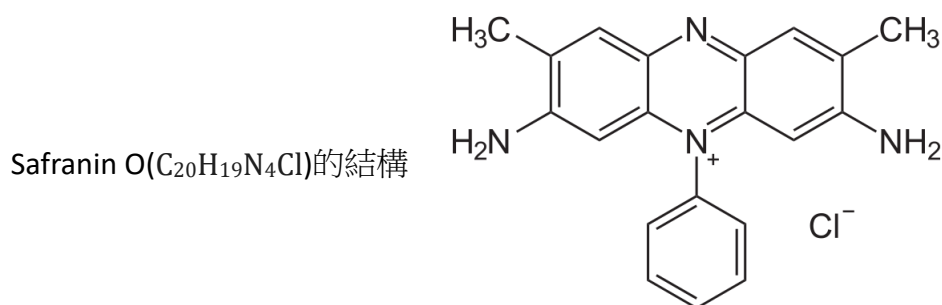
在學校舉辦的暑假科學營隊活動中，老師帶領我們進行了一次引人入勝的實驗。我們將靛胭脂滴入特製的溶液中，觀察到溶液的顏色從綠色逐漸變為紅色，再轉變為黃色。而搖晃瓶子後，溶液又恢復成綠色。這一多次反覆的變色過程引起了我的濃厚興趣。查閱文獻後，我們發現這涉及氧化還原反應，並進一步了解到亞甲藍也能產生類似效果。

在慶祝生日的晚餐時，家人點的西班牙海鮮燉飯，米飯變成了黃色，家人說這是因為燉飯中使用了香料番紅花，所產生變色的現象；心想，該不會這也是氧化還原變色的現象吧！這促使了我們決定使用番紅花進行類似實驗，但變色效果並不明顯。與老師討論、查詢資料後得知，能明顯變色的是番紅 O，而番紅 O 與番紅花中的成分是不同的化學物質，且氫氧化鈉與葡萄糖的濃度會影響反應結果，這激發了我們想要更深入探討的慾望。在參加生活科技競賽時，我們學會了使用 Arduino 電路板，並且想到可以利用光敏電阻觀察溶液的變色反應，避免肉眼判定的誤差。我們還與老師討論了反應速率的理論，最終在與同學的合作下順利展開了這次探究，期望揭示這些變色反應的科學機理。

貳、研究之原理

一、氧化還原指示劑：

使用亞甲藍的「藍瓶反應」係一氧化還原反應，在該反應中的還原劑是葡萄糖，氧化劑則是空氣中的氧氣，亞甲藍則為氧化還原指示劑；亞甲藍在氧化態呈現藍色，還原態則呈現無色。搖晃振盪溶液時，亞甲藍被氧氣氧化，故溶液呈藍色；接著靜置時，氧化態的亞甲藍逐漸被葡萄糖還原，轉為無色。若採用 **Safranin O** 取代亞甲藍，在氧化態呈現紅色，還原態則視氫氧化鈉濃度呈現無色或黃色。



二、反應級數：

如果反應物的濃度與反應速率無關，稱為零級反應。反應速率與反應物的濃度成正比，稱為一級反應。反應速率與反應物的濃度平方成正比，稱為二級反應。可由積分做圖法來判斷。

貳、研究目的

- 一、番紅花的變色觀察。
- 二、探討 Safranin O 氧化還原反應中，氫氧化鈉濃度與反應速率的關係。
- 三、探討 Safranin O 氧化還原反應中，葡萄糖濃度與反應速率的關係。
- 四、Safranin O 與亞甲藍混合的變色效果。

參、研究設備及器材

一、藥品：



氫氧化鈉



葡萄糖



番紅染色液(0.1%)



亞甲藍(0.1%)

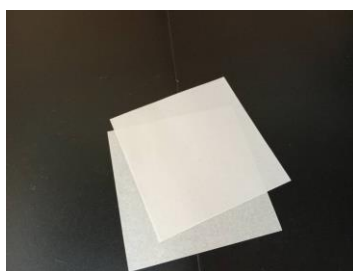


番紅花

二、器材：



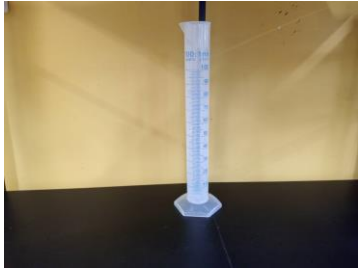
溫度計



秤量紙



電子秤



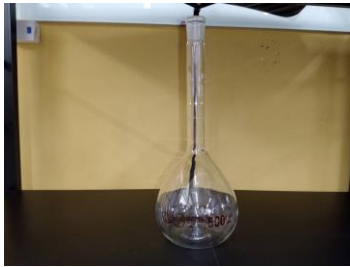
量筒



滴管



刮勺



量瓶



錐形瓶



燒杯



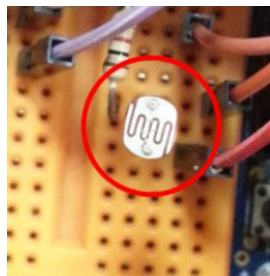
橡皮塞



磁石攪拌加熱器

三、自行設計測量工具：

Arduino UNO R3 電路板、光敏電阻、杜邦線、筆電



四、分析使用軟體：PLX-DAQ-V2、EXCEL

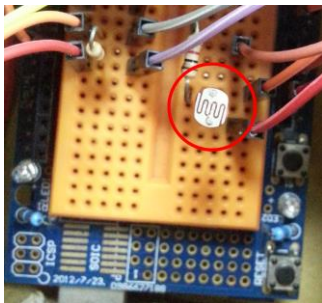
肆、研究方法

- 一、自行製作顏色變化測量的測量工具。
- 二、在 25°C 下，固定氫氧化鈉及葡萄糖濃度，測量過濾過的番紅花水溶液之反應速率。
- 三、在 25°C，固定葡萄糖及 Safranin O 濃度，測量 5 個不同氫氧化鈉濃度下，濃度與反應速率的關係。
- 四、在 25°C，固定氫氧化鈉及 Safranin O 濃度，測量 5 個不同葡萄糖濃度下，濃度與反應速率的關係。
- 五、在 25°C，固定氫氧化鈉及葡萄糖濃度，測量亞甲藍及 Safranin O 混合後之反應速率。

伍、研究過程及結果

- 一、自行製作顏色變化測量的測量工具。

將光敏電阻(圖一)連接 Arduino 電路板(圖二)，放置於遮光盒子中(圖三)，並連接筆記型電腦(圖四)。



(圖一)



(圖二)



(圖三)



(圖四)

Arduino 電路板讀取數據的程式碼編寫如下：

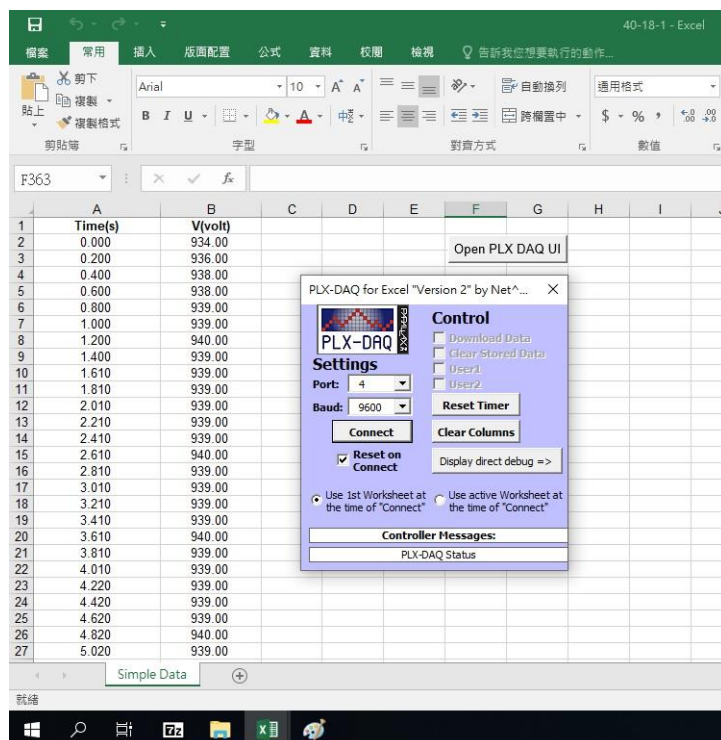
```
#define intervaltime 200 //間隔幾毫秒進行下一次測量
int sensorReading; //設定 Arduino 從光敏電阻讀到的電壓值為 sensorReading
float time; //資料格式
void setup()
{
    Serial.begin(9600); //Arduino 與序列埠監視器傳輸速率為 每秒 9600 bits
    Serial.println("LABEL,Time(s),V(volt)");
}

void loop() {
    sensorReading = analogRead(A0); //Arduino 從腳 A0，類比讀入光敏
    //電阻感測到的電壓值
    time=millis()*0.001; //紀錄時間
    Serial.print("DATA"); //傳送數據至 excel 試算軟體
    Serial.print(",");
    Serial.print(time);
    Serial.print(",");
    Serial.println(sensorReading); //送出資料至 excel
    delay(intervaltime); //間隔幾毫秒進行下一次測量
}
```

藉由 PLX-DAQ-V2 這個免費軟體，可將光敏電阻數據即時匯入 EXCEL 試算表。

安裝完畢後，利用其所提供的巨集程式，在 excel 中可以控制資料匯入。

讀取數據畫面狀態如下：



二、在 25.0°C，固定氫氧化鈉及葡萄糖濃度，測量過濾過的番紅花水溶液之反應速率。

- 【方法】1. 錐形瓶裝入配好的 100mL 溶液，其中固定 $[C_6H_{12}O_6]=0.3M$ 、 $[NaOH]=2.0M$ 、使用 1% 的番紅花水溶液，調整溫度至 25.0°C。
2. 使用電動攪拌機固定攪拌 15 秒(以便固定氧氣濃度)，放置於感測器(光敏電阻)上，同時按下軟體開關開始記錄讀數，紀錄所需時間。

【結果】番紅花的變色並不明顯，即使變色，需要很長的時間。



三、在 25.0°C，固定葡萄糖及番紅濃度，測量 5 個不同氫氧化鈉濃度下，濃度與反應速率的關係。

- 【方法】1. 錐形瓶裝入配好的 100mL 溶液，其中固定 $[C_6H_{12}O_6]=0.3M$ 、 $C_{20}H_{19}N_4Cl$ 2ml、使用 $[NaOH]=1.0M$ ，調整溫度至 25.0°C。
2. 使用電動攪拌機固定攪拌 15 秒(以便固定氧氣濃度)，放置於感測器(光敏電阻)上，同時按下軟體開關開始記錄讀數，紀錄光敏電阻讀數上升至 950 所需時間。每個濃度進行三次，取平均值。
3. 重複 1~2，改用 $[NaOH]$ 為 1.5M、2.0M、2.5M、3.0M 重複進行測量。

【結果】 $[NaOH]$ 與反應時間的關係：

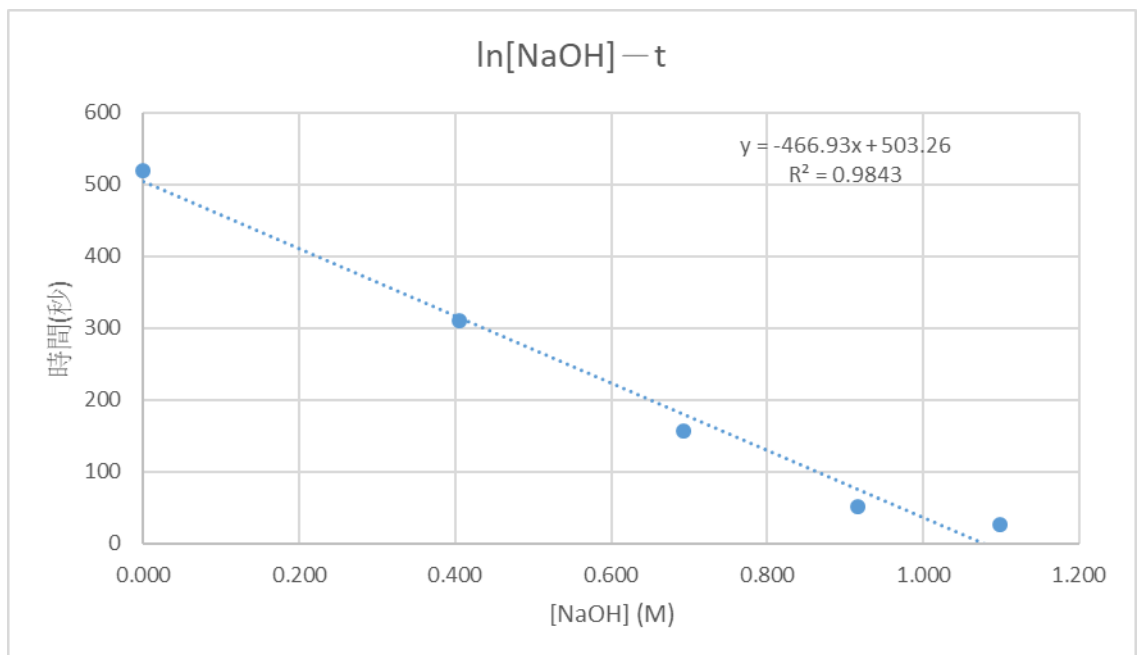
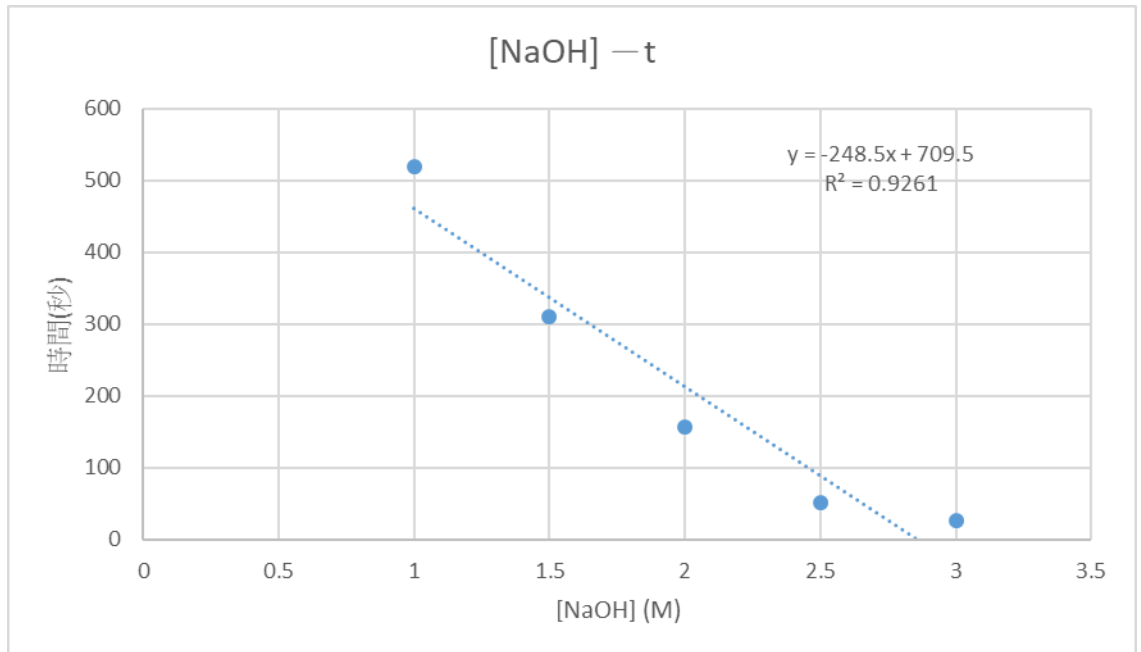
$[NaOH]$ (M)	時間 t(s)	$[NaOH]^{-1}$ (M^{-1})	$\ln [NaOH]$
1.0	518.2	1.00	0.000
1.5	310.1	0.67	0.405
2.0	156.3	0.50	0.693
2.5	51.8	0.40	0.916
3.0	26.1	0.33	1.099

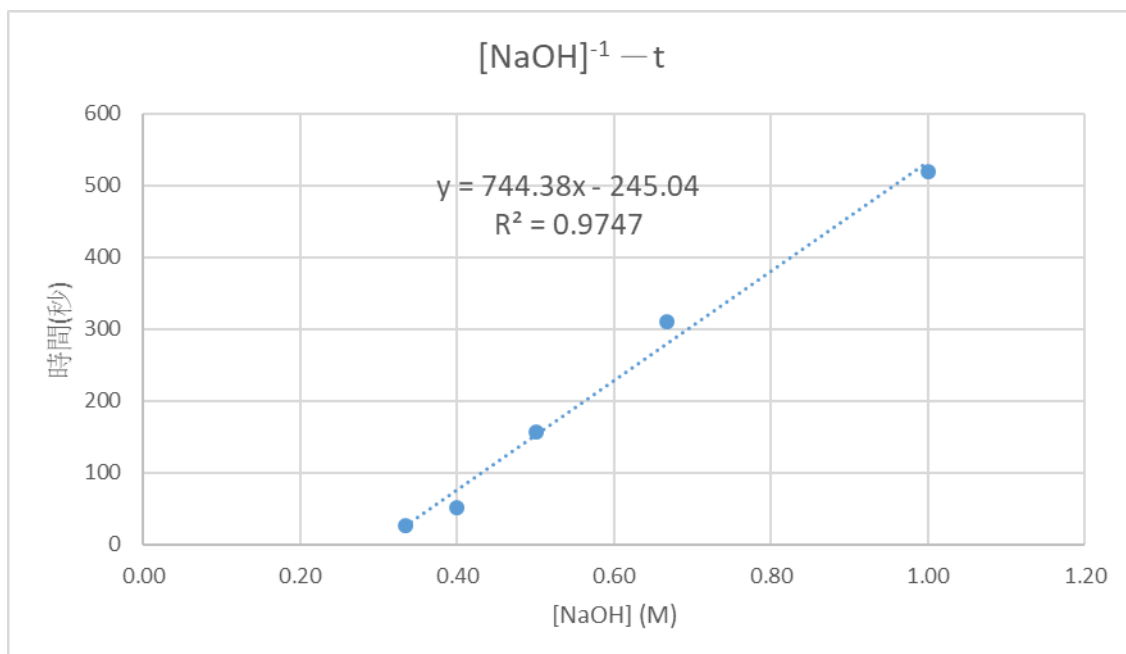
使用積分作圖法判斷反應級數

Safranin O 的反應速率可表達如下

$$R = k[NaOH]^m[C_6H_{12}O_6]^n[C_{20}H_{19}N_4Cl]^p[O_2]^q$$

由於葡萄糖、Safranin O 及氧氣的濃度固定，因此反應速率 R 正比於 $[NaOH]^m$ 分別以 $[NaOH]$ 、 $\ln [NaOH]$ 、 $[NaOH]^{-1}$ 對時間 t 作圖





以 $\ln [\text{NaOH}] - t$ 的關係圖為直線，相關係數 0.9843 最高
因此判斷氫氧化鈉的反應級數為一級。

四、在 25°C，固定氫氧化鈉及番紅濃度，測量 5 個不同葡萄糖濃度下，濃度與反應速率的關係。

- 【方法】1. 錐形瓶裝入配好的 100mL 溶液，其中固定 $[\text{NaOH}] = 2.0\text{M}$ 、 $\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{N}_4\text{Cl}$ 2ml、使用 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6] = 0.1\text{M}$ ，調整溫度至 25.0°C。
2. 使用電動攪拌機固定攪拌 15 秒(以便固定氧氣濃度)，放置於感測器(光敏電阻)上，同時按下軟體開關開始記錄讀數，紀錄光敏電阻讀數上升至 950 所需時間。每個濃度進行三次，取平均值。
3. 重複 1~2，改用 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$ 為 0.2M、0.3M、0.4M、0.5M 重複進行測量。

【結果】 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$ 與反應時間的關係：

$[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6] (\text{M})$	時間 $t(\text{s})$	$[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]^{-1} (\text{M}^{-1})$	$\ln [\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$
0.1	454.9	20.00	2.9957
0.2	223.5	13.33	2.5903
0.3	156.3	10.00	2.3026
0.4	112.1	8.00	2.0794
0.5	84.8	6.67	1.8971

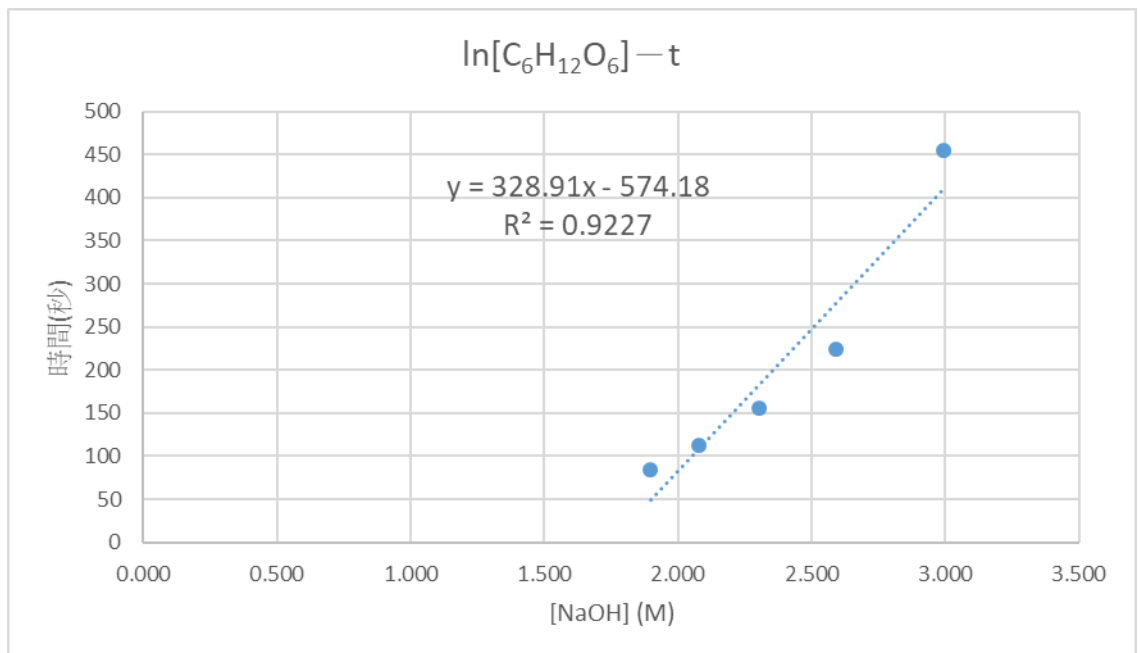
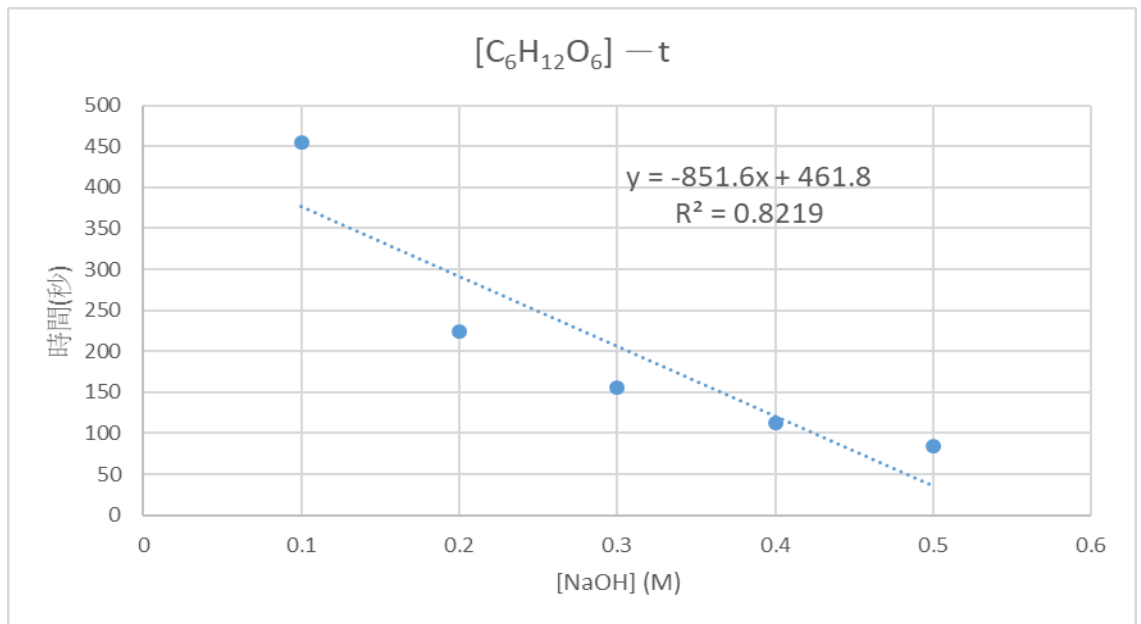
使用積分作圖法判斷反應級數

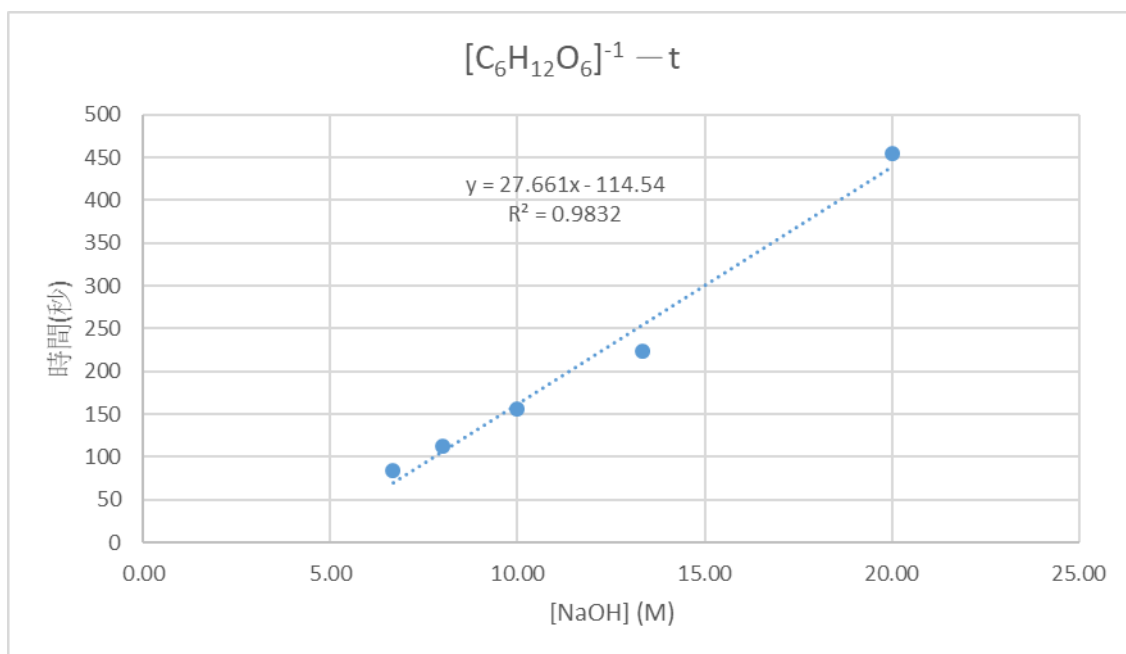
Safranin O 的反應速率可表達如下

$$R = k[NaOH]^m[C_6H_{12}O_6]^n[C_{20}H_{19}N_4Cl]^p[O_2]^q$$

由於氫氧化鈉、Safranin O 及氧氣的濃度固定，因此反應速率 R 正比於 $[C_6H_{12}O_6]^n$

分別以 $[C_6H_{12}O_6]$ 、 $\ln [C_6H_{12}O_6]$ 、 $[C_6H_{12}O_6]^{-1}$ 對時間 t 作圖





以 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]^{-1} - t$ 的關係圖為直線，相關係數 **0.9832** 最高
因此判斷葡萄糖的反應級數為一級。

五、在 25°C，固定氫氧化鈉及葡萄糖濃度，測量亞甲藍及番紅混合後之反應速率

- 【方法】1. 錐形瓶裝入配好的 100mL 溶液，其中固定 $[\text{NaOH}] = 2.0\text{M}$ 、 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6] = 0.3\text{M}$ ，使用 $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$ 2ml 及 $\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{N}_4\text{Cl}$ 2ml，調整溫度至 25.0°C。
2. 使用電動攪拌機固定攪拌 15 秒(以便固定氧氣濃度)，放置於感測器(光敏電阻)上，同時按下軟體開關開始記錄讀數，紀錄光敏電阻讀數上升至 950 所需時間。
- 【結果】溶液一開始呈現紫色(亞甲藍與 Safranin O 混合的顏色)，然後轉變呈現紅色，最後變成無色。

陸、結論

一、自行製作顏色變化測量的測量工具。

我們所設計的測量工具，藉由光敏電阻測量顏色改變造成的光量變化，排除了肉眼觀察顏色的不確定性，並且能自動記錄時間，便利於後續的各項分析。

二、番紅花主要的色素成分是番紅花苷（crocin）和番紅花酸（picrocrocin），其變色情形不明顯。

三、探討濃度與反應速率的關係。

（一）在定溫下，固定 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$ 、 $[\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{N}_4\text{Cl}]$ ，探討 $[\text{NaOH}]$ 與反應速率的關係。

由積分作圖法，判斷 $[\text{NaOH}]$ 的反應級數為 1 級。

（二）在定溫下，固定 $[\text{NaOH}]$ 、 $[\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{N}_4\text{Cl}]$ ，探討 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$ 與反應速率的關係。

由積分作圖法，判斷 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$ 的反應級數為 2 級。

四、將 Safranin O 與亞甲藍混合，調整適當濃度的氫氧化鈉與葡萄糖進行藍瓶反應，由於 Safranin O 與亞甲藍的還原電位不同，從最初的紫色先轉變成紅色，再轉變成無色，可製造類似靛胭脂的三色變化。

柒、問題與討論

一、番紅 O 與番紅花有何關聯？

【討論】番紅 O (Safranin O) 與番紅花 (Saffron) 是兩種完全不同的物質，儘管名稱相似，但它們的來源、性質和用途截然不同。

番紅 O (Safranin O)：

是一種合成染料，屬於苯胺類染料。常用於生物學染色，如細菌、細胞核和染色體的染色。化學結構與番紅花無關。

番紅花 (Saffron)：是一種天然香料，取自番紅花 (Crocus sativus) 的花柱。主要成分為藏花酸 (Crocetin)、藏花醛 (Safranal) 和番紅花苷 (Crocin)。用於食品調味、著色以及傳統醫藥。

總結來說，番紅 O 是人工合成的染料，而番紅花是天然植物提取物，兩者沒有直接關聯。

二、光敏電阻的靈敏度問題。

【討論】光敏電阻相當的靈敏性還不錯，在我們操作的過程中，只要人站在遮光的盒子附近，稍微擋到一些光源(日光燈)，讀數立即有變化，而且是在極短的時間內反應。因此，我們在上方加了一盞 LED 檯燈，藉由較強的光源，來降低環境的干擾。此外，每一顆光敏電阻即使在相同光源下，電阻值也不同，因此必須串聯適當的電阻來校正，讀數才能在一個適當的範圍變動，在我們這次的實驗中，串聯了一顆 $4.7k\Omega$ 的電阻。

三、當氫氧化鈉濃度較高時造成的現象。

【討論】當使用濃度較高氫氧化鈉時，例如 2.5M、3M，溶液最後無法完全變成透明，而是呈現淡黃色。關於此點，我們找不到相關的說明。

四、不同濃度下，反應級數是否會改變？

【討論】在我們所使用的各反應物的濃度範圍內，未發現反應級數有改變的情形。

捌、參考資料

一、番紅 O (Safranin O)：維基百科

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%95%AA%E7%B4%85>

二、不依賴 pH 的氧化還原指示劑：維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7%E5%8C%96%E8%BF%98%E5%8E%9F%E6%8C%87%E7%A4%BA%E5%89%82>

三、藍瓶實驗：維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%93%9D%E7%93%B6%E5%AE%9E%E9%AA%8C>

四、Arduino 範例：光敏電阻的使用

<https://blog.jmaker.com.tw/arduino-photoresistor/>

五、PLX-DAQ 二代!!!讓 excel 直接抓取 arduino 數據

<https://ijpaid.blogspot.com/2017/12/plx-daq-excelarduino.html>

六、碘鐘實驗－積分速率定律式及活化能：

大學普通化學實驗第 16 版，國立台灣大學化學系，台北，民國 113 年