

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

第三名

030201

色變~移印幻影-著墨於儀

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者：  國二 郭珈妤  國一 陳貞臻	指導老師：  賴月琴
---------------------------------	------------------

關鍵詞：顏色感測器模組及可調變色燈的吸光儀辨  
色、移印染

## 摘要

我們將染布前處理後，墨水樹心染材經煮染及上色時間越久染色效果越佳；染液呈紅色，略呈酸性，加鹼呈紫色、加酸呈黃色，但染布在空氣中置放，漸回復紅棕色。

我們也發現，加入不同含金屬離子的媒染劑會改變染液的顏色，而且前媒染比後媒染的顯色效果佳；後媒染則比同媒染的顯色效果佳。

最後，我們開發出整合手機 App 辨色的第二代在暗箱光路徑區中測比色槽染液的 RGB、染布使用 GY-33 顏色感測器模組量測，可增加顏色量測的準確度。另外，也終於成功的製造出第四代可調變色燈的吸光儀設計，在十六色燈的感光電壓下，與串接電阻檢測電壓的線性回歸趨勢線的  $R^2$  值均可達 0.99 以上，並可依染液選擇色燈，製作出不同濃度的檢量線並定量染布後的廢液濃度，回收再利用。

## 壹、研究動機

去年我參加了學校的植物染假日技藝班，我發現：不僅花草、葉子可以染，連老樹上的鬚、砍下樹幹上的皮、種子與果實等都可以染！

我體會了幾種染材：福木、洋蔥、胭脂蟲，最後還用墨水樹染布，再做出抱枕，但是，我發現我們很多人染出來的顏色不盡相同，有的還差異很大。我問技藝班老師，為什麼會這樣？她也說不出所以然來…。

學校每學期都會請工友用電鋸把茂密的校樹主枝旁的樹幹一一鋸掉，我看著旗桿圍著一截一截的樹幹，在幾週風吹日曬後，樹心顏色愈變愈深，我就在想，它除了變成資源垃圾外，是否還有其它用途？就像墨水樹心染材一樣…。

最讓我感興趣的是，技藝班老師拿了一個她最近學的移印染技術做的袋子，我看著一片片葉子形狀像幻影一樣，拓印在墨水樹染布上，真是好看！

我決定了，我拜託科展老師帶著我和學妹一起一探墨水樹染及移印染的多彩變化吧~加油了！



## 貳、研究目的

- 一、墨水樹的來源及先備知識調查
- 二、染液及染布的 RGB 辨色研究
- 三、可調變色燈的吸光儀研究及設計
- 四、墨水樹在水相中萃取色素的溶解度初測
- 五、墨水樹萃取液的酸鹼性色變
- 六、墨水樹在媒染劑中的色變
- 七、墨水樹萃取液在不同液相中的水平及垂直層析色層分佈
- 八、墨水樹的色布染
- 九、移印染在墨水樹色布上的色變
- 十、墨水樹染材的減量回收及再利用之研究

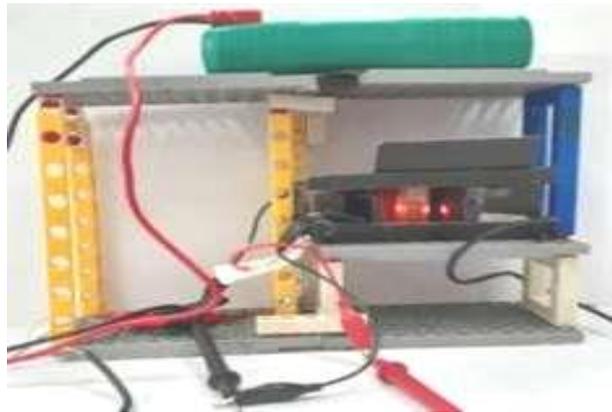
# 參、研究設備及器材

## 【研究所需器材及藥品】

智慧型手機、筆電、網站、App 辨色軟體、自製第一代、第二代 RGB 測定箱設計及 GY-33 顏色感測器模組校正、自製第一代~第四代可調變色燈的吸光儀、圖畫紙、濾紙、洗衣粉、棉布、加熱器、不鏽鋼鍋、勺子、長筷子、篩子、塑膠水槽、電子秤、紅外線測溫器、滴管、燒杯、量筒、藥勺、量瓶、標籤、直尺、護貝機、護貝膠膜、奇異筆、計時器、工作手套、不織布口罩、麵包板、50 mL 燒杯、膠帶、魔帶、50 及 100mL 量筒、塑膠滴管、六段式變壓器電源、光敏電阻、電阻器、LED 燈、鱷魚夾線、三用電錶、智高積木、智高馬達、計時器、冰醋酸、氫氧化鈉、醋酸錫、醋酸銅、醋酸鐵、明礬、尤加利葉、木麻黃、槭葉、槲蕨、福木、煙火樹、變葉木，阿勃勒



自製第三代可調變色燈的吸光儀



第四代可調變色燈的吸光儀

# 肆、研究過程及方法

## 實驗架構



## 【研究一】墨水樹的來源及先備知識調查

### (一) 墨水樹的認識



維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A2%A8%E6%B0%B4%E6%A8%B9>

墨水樹的花與果

界：植物界 Plantae

門：被子植物門 Magnoliophyta

綱：雙子葉植物綱 Magnoliopsida

目：豆目 Fabales

科：豆科 Fabaceae

亞科：蘇木亞科 Caesalpinioideae

屬：墨水樹屬 Haematoxylon

種：墨水樹 *H. campechianum*

【科名】：蘇木科 [墨水樹屬] 【學名】：Haematoxylon campechianum L.

【英名】：Campeachy Wood 【花期】：3月到5月

【產地】：原產於美洲中部、哥倫比亞及西印度，1918年引進台灣。

【別名】：洋森木、洋蘇木、蘇木、蘇方木、紅蘇木、駿木、采木、棕木、蘇方、蘇枋、黑水樹、七彩樹、通天樹、衝天樹、戈梅芳或黑水樹



木材及樹皮中的蘇木精為優秀染料，常用於見光的吸收波長及其互補色的關係細胞染色或衣物(是一種花青素)，植物性染料有效成分的化學結構上大多含有羥基、甲氧基、羰基、羧基，而墨水樹的蘇木精正含有羰基及羥基，正因為有這些結構所以加入不同酸鹼或媒染劑才能有不同顏色變化。

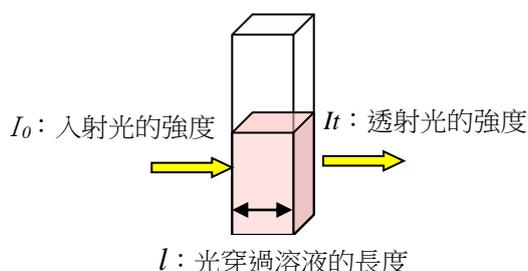
OH 可以抓住金屬鹽，而物質顯色的原理就是吸附可見光中的某段波長，所以人的眼睛看到的顏色是該物質所吸收光的補色。

吸收波長(nm)	吸收光的顏色	補色
400-435	紫色	黃綠色
435-480	藍色	黃色
480-490	綠藍色	橙色
490-500	藍綠色	紅色
500-560	綠色	紅紫色
560-580	黃綠色	紫色
580-595	黃色	藍色
595-605	橙色	綠藍色
605-700	紅色	藍綠色

### (二) 光電測定儀(吸光儀)

依比爾定律原理來量測分析物，以一束平行單色光垂直照射比色管溶液，通過一定長度的待測液後，會被吸收掉一部分的光能，使透光強度減弱。吸光度與光穿過溶液的長度及溶液濃度間之關係式為： $A$  吸收度 =  $\log(I_0 / I_t) = \log(1/T) = K * l * c$  ( $I_0$ : 入射光的強度  $I_t$ : 透射光的強度  $K$ : 吸收係數  $l$ : 光穿過溶液的長度  $c$ : 溶液的濃度)，濃度  $c$  與吸收度  $A$  成正比。

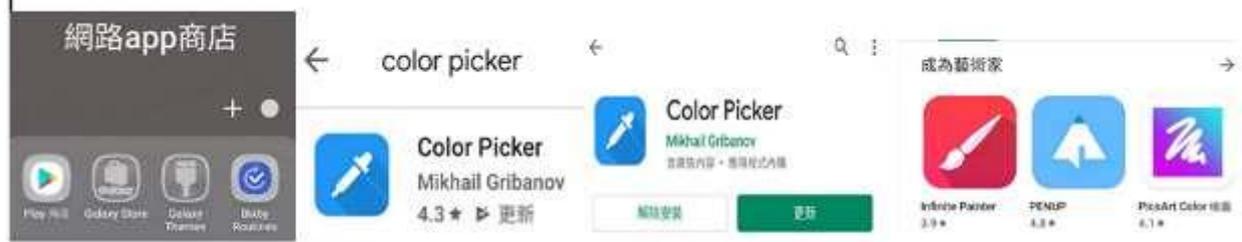
若樣品濃度愈濃則透過的光愈少，其穿透度減少，吸收值增加。我們透過測量光吸收度便能推算出溶液濃度。



## 【研究二】染液及染布的 RGB 辨色研究

### (一) 手機 App 辨色

#### App 辨色 RGB



智慧型手機 → 網路 app 商店 → 輸入[ color picker] → 下載 App 辨色軟體程式 → 點選快速連結的畫面 → 以手機拍照片或直接畫面讀取 → 由 APP 辨色記錄 RGB。RGB 測定箱設計

### (二) 第一代 RGB 測定箱設計



超強白光 LED 為光源 以黑色紙做遮罩 光源照射比色管槽黑色路徑 光透過 45° 平面鏡反射至上方手機鏡頭  
討論：白光 LED 光源太強，使手機 App 辨色無法呈現紅色的辨色結果。

### (三) 第二代 RGB 測定箱設計



### (四) 第三代 RGB 測定模組-GY-33 顏色感測器

#### 一、說明：

GY-33 顏色感測器模組具有下列的優點，低成本、小體積、容易組裝、低功耗以及低工作電壓等優點。

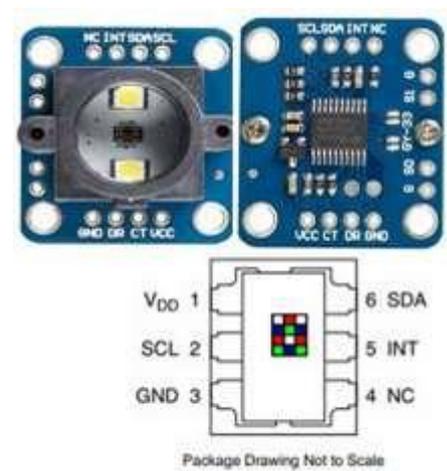
GY-33 顏色感測器模組核心為 TCS34725 感光元件，感光元件可提供數位的紅、綠、藍數值，具有高度整合的光電耦合感光元件，能去除不必要的紅外線及其他干擾，以增加顏色量測的準確度。

#### 二、規格：

數值量測範圍為 RGB 相對值 0~255。

最高量測頻率為 10Hz。工作電壓為 3~5 伏特(V)。

工作電流為 15 毫安培(mA)。尺寸為 24.3mm x 26.7mm。



感光元件為 TCS34725。

### 三、TCS34725 腳位說明：

GND：連接電源的負極。 DR：串列連接埠的功能切換(UART/IIC)。

VCC：連接電源的正極。 NC：空腳位。

INT：TCS34725 顏色量測完成時發出中斷訊號。 SDA：TCS34725 送出數位顏色數值。

SCL：TCS34725 送出數位數值時脈。

S0：串列訊號或 IIC 訊號的模式選擇。

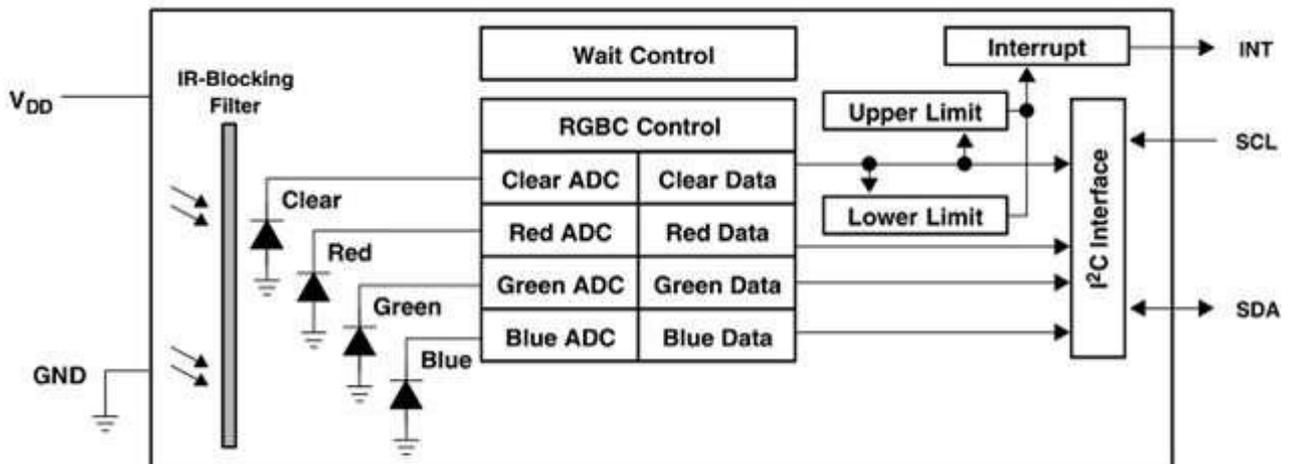
S1：TCS34725 工作開關。

### 四、工作原理：

電路板上的 LED 先點亮並照亮檢測到的物體，反射光通過濾鏡檢測 RGB 比率，並根據 RGB 比率識別顏色。

TCS34725 光電轉換器包含一個 3 X 4 光電二極體陣列，四個光電二極管電流數據暫存器，狀態機和 IIC 連接埠及整合的類比數位轉換器 (ADC)。3 X 4 光電二極管陣列由紅色濾光，綠色濾光，藍色濾光和透明 (未濾光) 光電二極體組成。

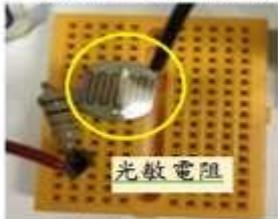
另外，光電二極體電流使用 16 位元數值儲存。類比數位轉換週期結束後，結果將傳輸到數據暫存器，該數據暫存器將進行雙緩衝以確保數據的完整性。所有內部時序以及低功耗等待狀態均由狀態機制控制。



## 【研究三】可調變色燈的吸光儀研究及設計

### (一)第一代白光光敏電阻吸光儀

本校去年製作的白光光敏電阻吸光儀如右



光源為超亮白光 LED 燈串接 50 Ω 電阻在麵包板上，以接線連接回收 5~5.5V 電壓的變壓器



白光照在 2.38K Ω 10mm 光敏電阻與 120 Ω 電阻串聯在麵包板上



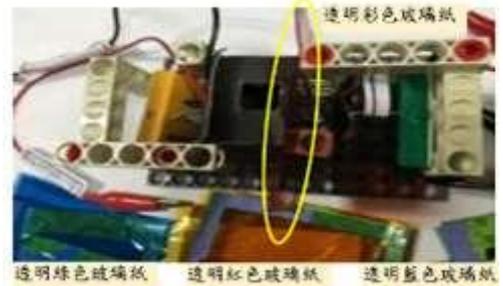
今年我們以智高積木及自製暗箱盒縮小體積如右圖，加連接線、固定槽及檔板設計，使用舊型數字型電錶內電池串接模式，設計出六段式整流變壓 3V 下，未照光的背景電壓的只有 0.01V，而六段式整流變壓未負載

3V~12V 下，光敏電阻光感應電壓達 3.59V~13.03V，符合光敏電阻無照光，總電阻大，電流變小，而對應的測定電壓小(背景電壓)；光敏電阻照光，總電阻變小，電流變大，而對應的測定電壓大，再扣除背景電壓，即為光源穿透比色管槽液體吸光後，讓光再照至光敏電阻，使感光的光敏電阻值由 2.38K Ω，下降至幾 Ω 的大小。

### (二)第二代色光光敏電阻吸光儀

去年我們發現，用黃光(相當於紅光與綠光的複合光)照射不同濃度的藍染溶液，溶液吸光後，無法呈現有鑑試度的檢量線，若改用白光，則藍色溶液吸收其它色光，穿透藍光的效果，讓光敏電阻呈現的感光電壓大小，做出具有較佳鑑試度的檢量線，而能清楚的定量。

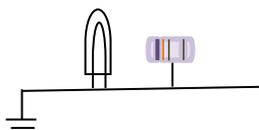
我們探究的墨水樹可因不同酸鹼值、溫度、氧化、媒染劑而產生色變，因此，第二代，我們以不同層數、各色的透明彩色玻璃紙做為白光光源的隔板，使得，白光穿透各彩色玻璃紙，產生不同色光效果，以因應溶液的色變。如右上圖示。



### (一)L 型的第三代色光光敏電阻吸光儀

我們以十六顆綜合型 LED 燈，經過並聯分流串接及三切開關設計後，可切換出七色色光(紅光、藍光、綠光、紅藍複合光、紅綠複合光、藍綠複合光以及紅藍綠三色複合光)

去年的光源設計



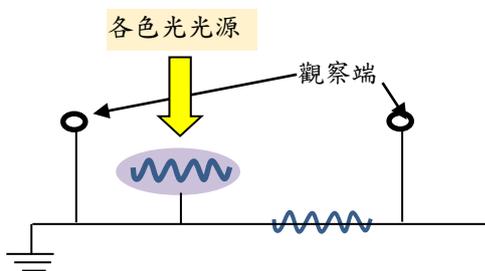
今年的光源設計：

照光電源有 110V 3w 白光 LED 燈泡(不需串接任何的電阻)，本實驗使用回收 5~5.5V 變壓器則對一般小 LED 燈(通常最多只能負載 3.75V)，所以，需串接電阻(使用 120Ω 或 50Ω 即可)以分掉一些電壓，避免 LED 燈燒掉。  
+5~5.5V 整流變壓器

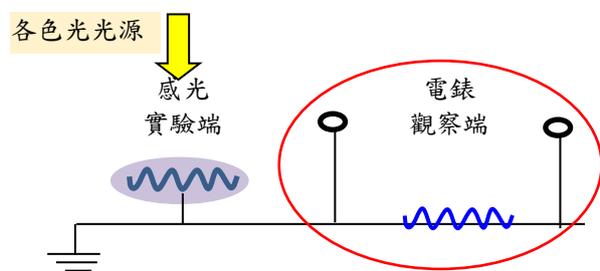


問題是，單顆 LED 燈的光區面積很好設計，但光區面積為 3\*3 cm 大小、而且每顆 LED 燈光源發射角度為 30° 角的光源，要集中光區至穿透比色管槽，讓光敏電阻感光，讓我們修正了多次後，終於設計出配合長方型光路徑箱的十六顆 LED 燈的集光器，為了修正及縮短吸光儀的長度，我們又特別設計成 L 型的第三代色光光敏電阻吸光儀，同時可以整合手機 App 辨色的第二代在暗箱光路徑區中測比色槽溶液的 RGB 大小。

因本校有內電池切換模式的舊型數字型電錶已損壞，而生科教室數十臺的新型數字型電錶均無內電池的切換模式，所以，我們決定改變觀察端為一般電阻的電壓變化  
去年吸光度儀的電路設計簡圖如下圖左，今年第三代吸光度儀的電路設計簡圖如下圖右



觀察端在光敏電阻與電阻兩端偵測電壓則有不受光時的背景值，兩電阻比愈大，背景值愈小。



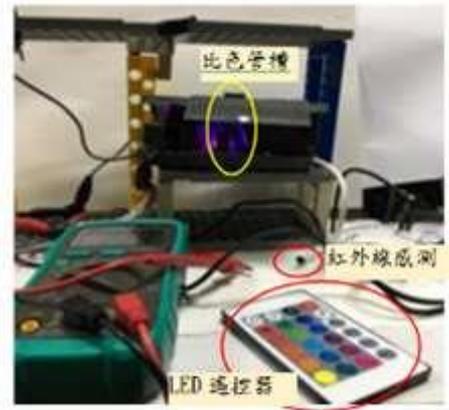
一般電阻的電阻提高至與光敏電阻值相近，兩者仍維持串接，光敏電阻未受光時，電阻較大，分配電壓大小，與一般電阻接近，約為供電電壓的一半；而光敏電阻受光時，電阻較小，分配電壓變小，所以，數字型電錶直接並聯偵測一般電阻兩端電壓的分配電壓值愈大，也沒有要扣掉背景值的問題。

為降低背景分壓值，選擇串接的電阻  $\square\square\square$  為比光敏電阻小相當多的 180 $\Omega$ 、120 $\Omega$ ，甚至 50 $\Omega$  則幾乎無照光的背景分電壓接近於零；今年選擇串接的電阻  $\square\square\square$  為與光敏電阻相當的 2 k $\Omega$  大小，電阻大小不同電阻上的線條彩色及分布就不同，可用三用電錶實測電阻大小或上網查詢色條碼。

(二)多色光燈條照射光敏電阻感光的第四代吸光儀

以雙層黑色壁報紙做成方型可掀蓋光路徑箱，內部分成三區，左邊為 2.38KΩ 10mm 光敏電阻與 2KΩ 電阻串聯焊接 (光敏電阻的感光實驗端置於路徑箱內，2KΩ 電阻則兩端各接數字型電錶的正負觀察端)。

自製暗箱盒中間加比色管固定槽及左右開孔的檔板設計，右側為粘貼燈條及 LED 快接頭，最後以電源頭連接六段式變壓器，並以 LED 遙控器測試，9V 或 12V 則可讓 16 色光變色燈亮。



RGB燈條控制器+24鍵遙控器 黃色框內標誌的16個編號色燈

編號	1	2	3	4
色光	白色	紅色	綠色	藍色
編號	5	6	7	8
色光	橙色	淡綠色	深藍色	深黃色
編號	9	10	11	12
色光	青色	褐色	黃色	淺藍色
編號	13	14	15	16
色光	粉紅色	淺黃色	淡藍色	紫色

光源編號	1 白色光	2 紅色光	3 綠色光	4 藍色光
光源圖示				
光源編號	5 澄色光	6 淡綠色光	7 深藍色光	8 深黃色光
光源圖示				

光源編號	9 青色光	10 褐色光	11 黃色光	12 淺藍色光
光源圖示				
光源編號	13 粉紅色光	14 淺黃色光	15 淡藍色光	16 紫色光
光源圖示				

## 【研究四】墨水樹在水相中萃取色素的溶解度初測

### (一) 墨水樹在水相中常溫的萃取色素溶解度

步驟：

- 1.將 2 克的墨水樹裝在自製布袋內，袋口拉緊，置於裝有 50mL 常溫水的杯中備用。
- 2.以電磁攪拌器攪拌每分鐘後，各取 2mL 溶液分別裝入已標示編號的比色管中。
- 3.將各比色管依序置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各實驗後萃取溶液的 RGB 值。



### (二) 墨水樹在水相中不同溫度下的萃取色素溶解度

步驟：

- 1.將 2 克的墨水樹萃取液裝在自製布袋內，袋口拉緊，置於裝有 50mL 水的杯中，並將此杯置於電磁攪拌器上啟動溫度開關至 40°C，當溫度達至 40°C 時，開始計時。
- 2.攪拌每分鐘後，各取 2mL 墨水樹萃取液溶液分別裝入已標示編號的比色管中。
- 3.將各比色管依序置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各萃取溶液的 RGB 值。
- 4.同步驟 1，將電磁攪拌器上啟動溫度開關由 40°C 調至 60°C，當溫度達至 60°C 時，開始計時。
- 5.同步驟 2~3，以手機下載的 App 辨色各萃取溶液的 RGB 值。
- 6.同以上步驟，電磁攪拌器上啟動溫度開關調至 80°C，測加熱每分鐘後的 RGB 值。

## 【研究五】墨水樹萃取液的酸鹼性色變

### (一) 酸液中的色變

步驟：

- 1.以冰醋酸配製不同的 pH 大小 1~6，以 pH 計校正之。
- 2.以 3mL 塑膠滴管吸取 2 mL 的墨水樹萃取液加到各比色管槽內，第一槽為對照組，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。(所有後面的光源都側拍，因為後面溶液總體積不同)
- 3.以 3mL 塑膠滴管吸取 1 mL 的墨水樹萃取液加到各比色管槽內，第二槽加 pH 6 冰醋酸 5 滴，以乾淨的吸管來回抽吸抽放 5 次後，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。
- 4.同步驟 3，第二槽再加 pH 6 冰醋酸 5 或 10、15 滴，以乾淨的吸管來回抽吸抽放 5 次後，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。
- 5.同步驟 3~4，第三槽~第七槽，將 pH6 改為 pH 5~1，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。

### (二) 鹼液中的色變

步驟：

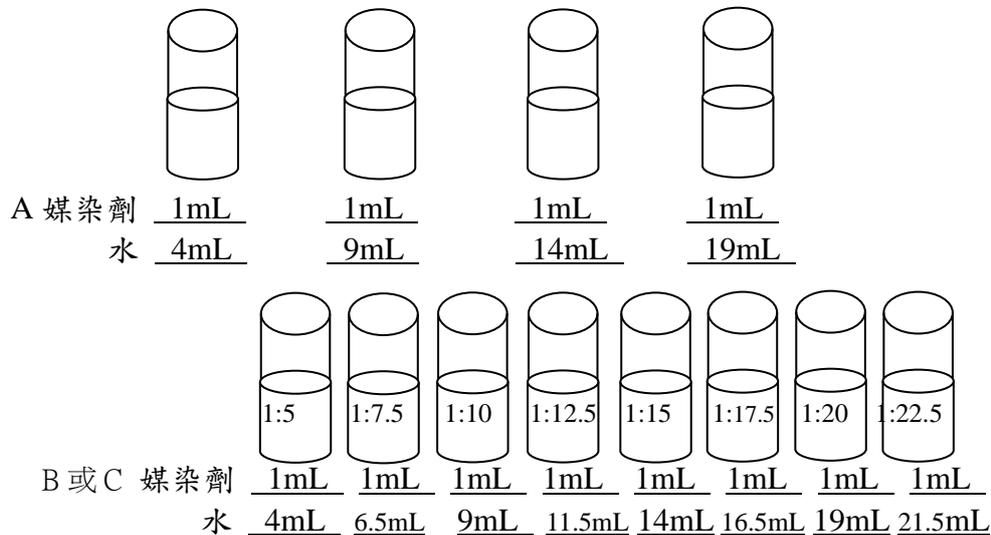
- 1.以氫氧化鈉配製不同的 pH 大小 8~13，以 pH 計校正之。
- 2.以 3mL 塑膠滴管吸取 2 mL 的墨水樹水溶液加到各比色管槽內，第一槽為對照組，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。(所有後面的光源都側拍，因為後面溶液總體積不同)
- 3.以 3mL 塑膠滴管吸取 1 mL 的墨水樹水溶液加到各比色管槽內，第八槽加 pH 8 氫氧化鈉水溶液 5 滴，以乾淨的吸管來回抽吸抽放 5 次後，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。
- 4.同步驟 3，第八槽再加 pH 8 氫氧化鈉 5 或 10、15 滴，以乾淨的吸管來回抽吸抽放 5 次後，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。
- 5.同步驟 3~4，第九槽~第十三槽，將 pH8 改為 pH 9~13，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。

## 【研究六】墨水樹在媒染劑中的色變

(一) 明礬：A 媒染劑 (二) 醋酸鐵：B 媒染劑 (三) 醋酸錫：C 媒染劑

實驗步驟：

1.將明礬 A 媒染劑加水稀釋為 1:5、1:10、1:15、1:20 如下圖後備用。



步驟：

- 1.將 A 媒染劑加水稀釋為 1:5、1:10、1:15、1:20 後備用。
- 2.以 3mL 塑膠滴管吸取 2 mL 的墨水樹水溶液加到各比色管槽內，第一槽為對照組，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。(所有後面的光源都側拍，因為後面溶液總體積不同)
- 3.以 3mL 塑膠滴管吸取 1 mL 的墨水樹水溶液加到各比色管槽內，第二槽加 A 媒染劑 1:5 濃度 1 mL，以乾淨的吸管來回抽吸抽放 5 次後，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。
- 4.同步驟 3，第三槽~第五槽再加 A 媒染劑 1:10 或 1:15、1:20 濃度 1 mL，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。
- 5.同步驟 1~4，依上圖稀釋比例，將 A 媒染劑改為 B 媒染劑，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。
- 6.同步驟 5，B 媒染劑改為 C 媒染劑，將比色管置於 RGB 測定箱中，以手機下載的 App 辨色各溶液的 RGB 值。

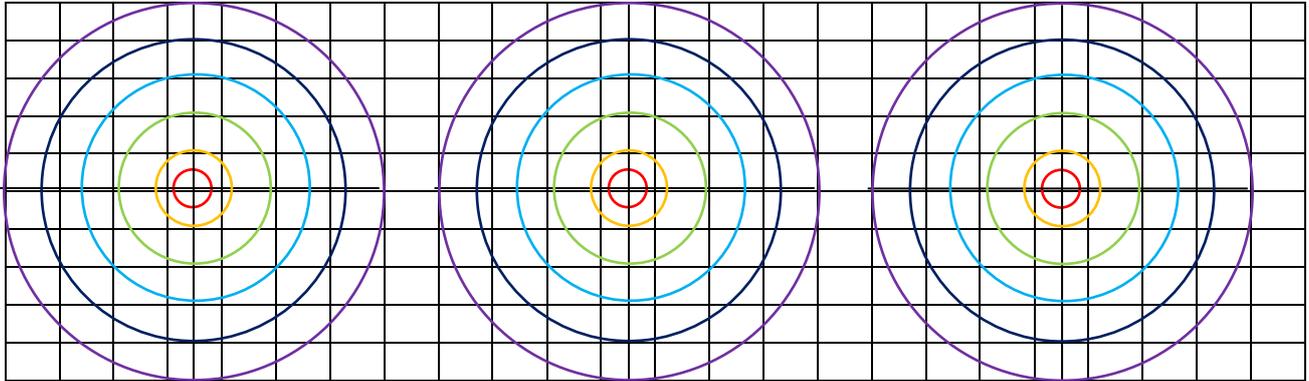
## 【研究七】墨水樹萃取液在不同液相中的水平及垂直層析色層分佈

### (一)墨水樹萃取液在不同液相中的水平直層析色層分佈

找出水平色層最佳擴散溶劑種類

實驗步驟：

- 1.水平色層分析模板製作：以電腦 Microsoft Word 插入 24\*10 方格，列高設定 0.5 cm，繪製十字定位線，加上 0.5cm\*0.5cm 圓筒空吸管滴入口及 1cm\*1cm~5cm\*5cm 同心圓三組如下圖定位，將投影片置於雷射印表機內，列印出投影片模板備用。



- 2.以智高積木製作滴管支撐架，將上列投影片模板 0.5cm\*0.5cm 圓筒空，做為吸管滴定的定位入口，以可撕貼膠帶固位後備用。



- 3.將圓形濾紙置於培養皿上，然後移至吸管滴入口下，濾紙中心點對準滴入口，提起吸管，吸取墨水樹萃取液 1 mL 後，連續滴入五滴墨水樹萃取液(約 0.25 mL)。

- 4.另取貼標水的吸管吸取 1 mL 水後，移至步驟 3 的濾紙中心點位置，每滴 2 滴，計時 5 秒後，拍攝水平色層擴散圖，反覆操作至共滴下 20 滴水，拍照記錄如表九之水平色層分佈圖。

- 5.同步驟 2~4，將水改成 pH 6 或 pH 1~5 的醋酸水溶液每滴 2 滴，計時 5 秒後，拍攝水平色層擴散圖，反覆操作至共滴下 20 滴醋酸水溶液，拍照記錄如表十之水平色層分佈圖。

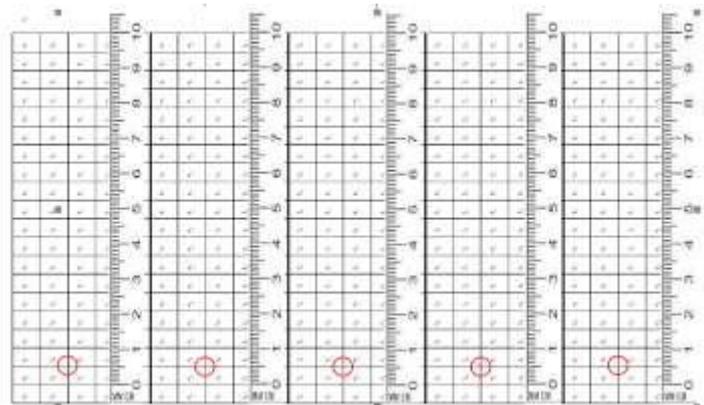
- 6.同步驟 2~4，將水改成 pH 8 或 pH 9~13 的氫氧化鈉水溶液每滴 2 滴，計時 5 秒後，拍攝水平色層擴散圖，反覆操作至共滴下 20 滴氫氧化鈉水溶液，拍照記錄如表十一之水平色層分佈圖。

- 7.同步驟 2~4，將水改成媒染劑 A 1:20 濃度或媒染劑 B 1:20、媒染劑 C 1:20 濃度的水溶液每滴 2 滴，計時 5 秒後，拍攝水平色層擴散圖，反覆操作至共滴下 20 滴媒染劑水溶液，拍照記錄如表十二之水平色層分佈圖。

### (二)墨水樹萃取液在不同液相中的垂直層析色層分佈

實驗步驟：

- 1.垂直色層分析模板製作：以電腦 Microsoft Word 插入 25\*20 方格，列高設定 0.5 cm，插入 10 cm 刻度尺，繪製 0.5cm\*0.5cm 定位圓，組合如下圖，將投影片置於雷射印表機內，列印出投影片模板備用。



- 2.以圖畫紙剪出垂直層析條，以竹筷、長尾夾、智高積木自組垂直層析裝置備用。
- 3.將上列投影片模板 0.5cm\*0.5cm 圓鏤空，做為吸管滴定的定位入口，吸取墨水樹萃取液 1 mL，連續滴入五滴墨水樹萃取液(約 0.25 mL) 後，將圖畫紙 0 刻度標示線浸入各 20 mL 的溶劑中。
- 4.計時每 10 秒後，以奇異筆點出垂直色層擴散點的距離，1 分鐘後拍照記錄之。

## 【研究八】墨水樹的色布染研究

### (一)布料無媒染(對照組)

- 1.每杯各三塊 5 cm\*5 cm 布料(有加和沒有加蛋白質媒介物的布料)各浸泡在 20 mL 的墨水樹染液中，以電磁攪拌機攪拌 1 分鐘後以自製曬衣架夾住布料，置於通風處晾乾 1 小時。
- 2.以染布的校正 RGB 軟體應用測手機每塊色布的 RGB。
- 3.由隨機選擇 10 個方塊讀取記錄 RGB 值，取平均值及計算其變異係數，比較染布的 RGB 及色相均勻度。

### (二)布料之前媒染(明礬、醋酸鐵、醋酸錫、醋酸銅)處理的實驗研究

實驗步驟：

#### (一)染料及媒染劑配製：

- 1.將 50 克的墨水樹，裝於自製的布袋中，置於 600 mL 的 80°C 水中，連續加熱煮染液達 30 分鐘時備用。
- 2.將 10 克的明礬或醋酸鐵、醋酸錫溶液，各加到 20 mL 的水中，以玻棒攪拌溶解後，加水到 100 mL 的刻度線，使明礬的濃度達 10% 媒染劑後備用。

#### (二)前媒染處理：

- 1.把每杯各三塊 5 cm\*5 cm 布料各浸泡在 20 mL 的明礬或醋酸鐵、醋酸錫、醋酸銅媒染劑中，以電磁攪拌機攪拌 2 分鐘後(定位相同攪拌刻度)，以自製曬衣架夾住布料，置於通風處晾乾 1 小時或陽光下曬 20 分鐘。
- 2.經不同媒染劑前媒染處理的布料分置於三杯 20 mL 的墨水樹染液中，以電磁攪拌機攪拌 2 分鐘後(定位相同攪拌刻度)，以自製曬衣架夾住布料，置於通風處晾乾 1 小時或陽光下曬 20 分鐘。
- 3.以上每塊布都要分區晾乾後，放入貼上標籤的夾鏈袋內存放，以便後測染布的 RGB 大小。

#### (三)同媒染處理：

- 1.把每杯各三塊 5 cm\*5 cm 布料各浸泡在 10 mL 的明礬或醋酸鐵、醋酸錫媒染劑中，再分別各加 10 mL 的墨水樹染液以電磁攪拌機攪拌 2 分鐘後(定位相同攪拌刻度)，以自製曬衣架夾住布料，置於通風處晾乾 1 小時或陽光下曬 20 分鐘。
- 2.以上每塊布都要分區晾乾後，放入貼上標籤的夾鏈袋內存放，以便後測染布的 RGB 大小。

#### (四)後媒染處理：

- 1.把每杯各三塊 5 cm\*5 cm 布料各浸泡在三杯 20 mL 的墨水樹染液中，以電磁攪拌機攪拌 2 分鐘後(定位相同攪拌刻度)，以自製曬衣架夾住布料，置於通風處晾乾 1 小時或陽光下曬 20 分鐘。
- 2.經墨水樹染液處理的布料各分置於三杯 20 mL 的明礬或醋酸鐵、醋酸錫媒染劑中，以電磁攪拌機攪拌 2 分鐘後(定位相同攪拌刻度)，以自製曬衣架夾住布料，置於通風處晾乾 1 小時或陽光下曬 20 分鐘。
- 3.以上每塊布都要分區晾乾後，放入貼上標籤的夾鏈袋內存放，以便後測染布的 RGB 大小。
- 4.將前媒染、同媒染、後媒染的布料以手機 App 軟體記錄各顏色的 RGB 值，為了方便統計記錄 RGB 平均值，用小方格板搭配布料的色塊抽樣拍照。

## 【研究九】移印染在墨水樹色布上的色變

鐵劑對樹葉移印在墨水樹染布蒸煮後的色變

實驗步驟：

(一)染料及鐵劑的配製：

- 1.將 50 克的墨水樹，裝於自製的布袋中，置於裝有 1000 mL 60°C 水的不銹鋼鍋中，加入 20 cm\*20 cm 的布料 16 塊(布料不要對折，需展開)，以自製攪拌器連續加熱煮染液達 30 分鐘後取出，戴手套將布擰乾，以自製曬衣架夾住布料，置於通風處晾乾 1 小時或陽光下曬 20 分鐘，每塊布料均縫上一小塊布料，填上編號。
- 2.配製 4 種濃度的鐵劑：鐵劑濃度 1/500、1/1000、1/1500、1/2000 備用
- 3.準備 4 種乾葉(尤加利葉、木麻黃、槭葉、槲蕨)、四種新鮮葉子(福木、煙火樹、變葉木，阿勃勒)各多片。鐵劑對樹葉浸捲在墨水樹染色布(蒸煮後的色變)

(二)有無浸染鐵劑對樹葉移印在墨水樹染布蒸煮後的影響

- 1.每種鐵劑濃度各有三塊墨水樹染色布，其中一塊布及葉均應浸泡鐵劑 10 分鐘後擰乾或擦乾；第 2 塊只有葉浸泡鐵劑 10 分鐘後擦乾；第 3 塊只有布浸泡鐵劑 10 分鐘後擰乾。
- 2.每塊布下面都放剪平的塑膠袋(比布長及寬一些)，每塊布上都放 4 種乾葉或 4 種新鮮葉。
- 3.每塊布上面均蓋上更大塊一些的檔布，然後將樹葉、布、塑膠袋等捲成緊密的條狀，然後以棉線纏緊後備用。
- 4.蒸煮鍋下方放足量的水，上方加蓋並以蒸氣隔水加熱所有的色布葉捲二小時後，置於常溫下，放冷至室溫後，拆掉棉線，打開各布葉捲，以燙斗燙平後，一一拍照記錄前後葉子移印於墨水樹色布上的色變。

## 【研究十】、墨水樹染材的減量回收及再利用之研究

(一) 檢量線製作-偵測與光敏感光電阻串接的電阻電壓值大小

實驗步驟：

- 1.將墨水樹的濃縮液稀釋成濃度 0.01、0.02、0.04、0.06、0.08、0.10 的比例各 10 mL 備用。
- 2.將自製的吸光儀感光元件串接六段式整流變壓器，變壓器切至 12V 電源，比色管內先加 2 mL 步驟 1 最高濃度的墨水樹水溶液，以數位電錶測試光敏電阻受到 9V 燈條的電源照射的感光後，偵測與之串接電阻的電壓值。
- 3.以 LED 控制器設定紅光燈源，依序偵測比色管各墨水樹濃度吸光後，偵測的電壓值。

(二) 墨水樹水溶液染布後的廢液濃度的定量

實驗步驟：(需選後媒染染布後的廢液，因前媒染或同媒染已有媒染劑在染液中)

- 1.將自製的吸光儀感光元件串接六段式整流變壓器，變壓器切至 12V 電源。
- 2.將墨水樹染布後的廢液取 2 mL 加到比色管中，以數位電錶測試光敏電阻受到 9V 燈條的電源照射的感光後，偵測與之串接電阻的電壓值。
- 3.以 LED 控制器設定紅光燈源，偵測比色管內未知墨水樹濃度吸光後，偵測的電壓值。
- 4.對照紅光的檢量線公式(線性回歸趨勢線)例如為  $y = 5.6747x + 0.4341$ ，把墨水樹廢液受電源照射的感光後電壓值的倒數  $=y$  代入公式中，回推墨水樹廢液濃度  $x = (y - 0.4341) / 5.6747$  即可。
- 5.同步驟 2~3，量測共五次，回推墨水樹廢液濃度後，記錄平均值即可。

## 伍、研究結果與討論

### 一、染液及染布的 RGB 辨色研究

#### 1. 手機 App 辨色

去年我們用 App 辨色測 RGB，但易受外界光源的影響，我們也懷疑，色布顏色及溶液顏色用手機 App 辨色受人為的影響也不小(選辨的色區域及範圍大小)，為了除去外界干擾源，我們決定用測定箱來改進。

#### 2. 第一代 RGB 測定箱設計

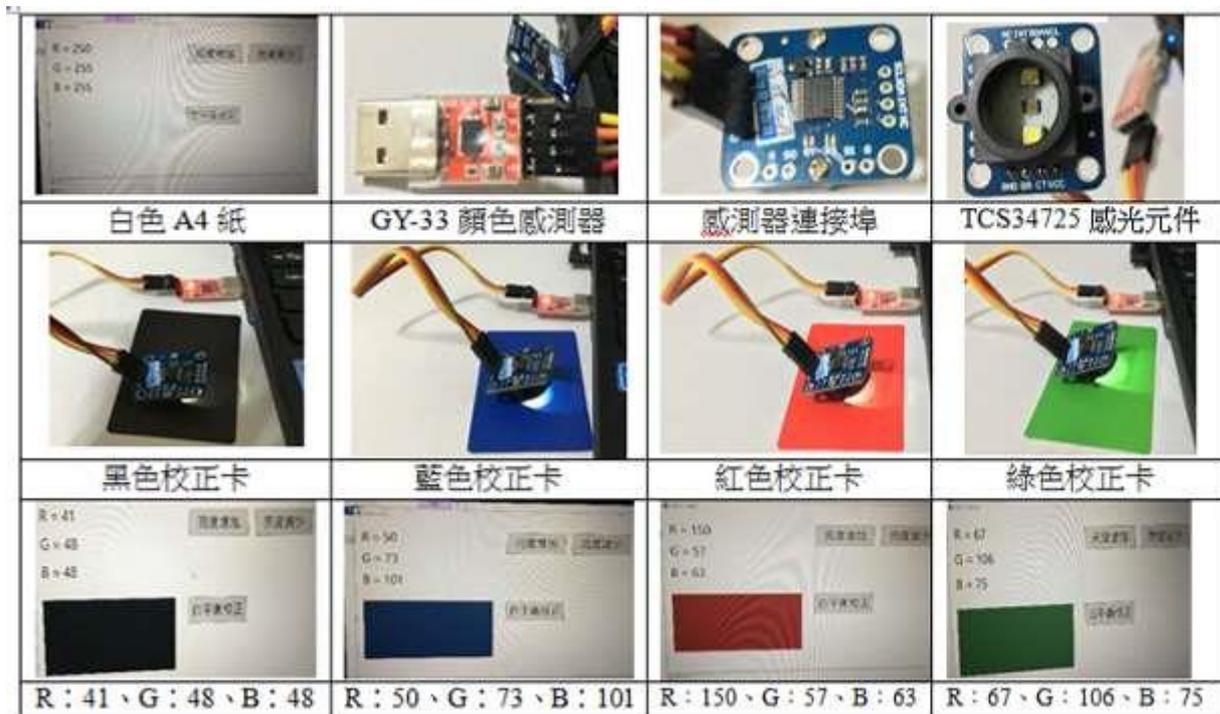
以超強白光 LED 為光源，結果白光 LED 光源太強，使手機 App 辨色無法呈現紅色的辨色結果。

#### 3. 第二代 RGB 測定箱設計

110V3w 的白光 LED 燈泡只接輸出 5V 的變壓器為電源，大大地減弱光的強度，可使手機 App 呈現紅色的辨色結果。溶液的 RGB 辨色是成功了，所以，本作品內的溶液的 RGB 我們都是以這第二代 RGB 測定箱來辨色，但是，色布呢？如何避外界光源干擾？

#### 4. 第三代 RGB 測定模組-GY-33 顏色感測器

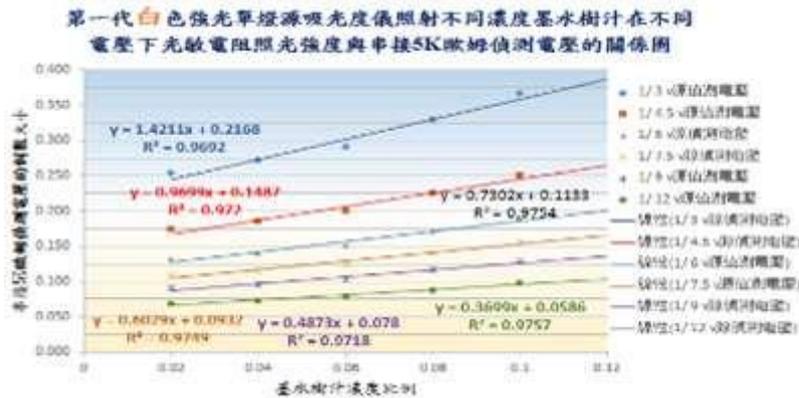
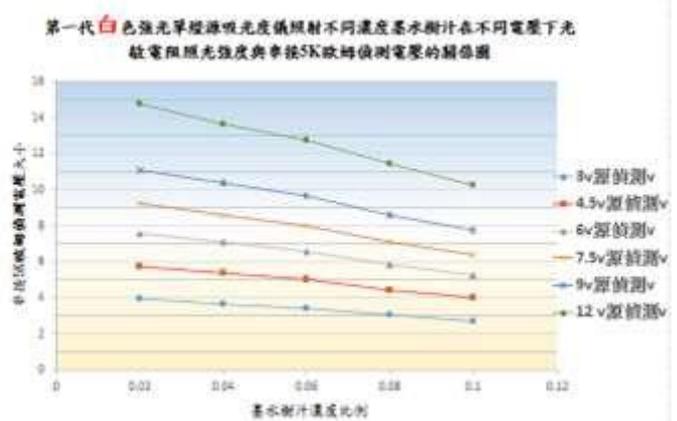
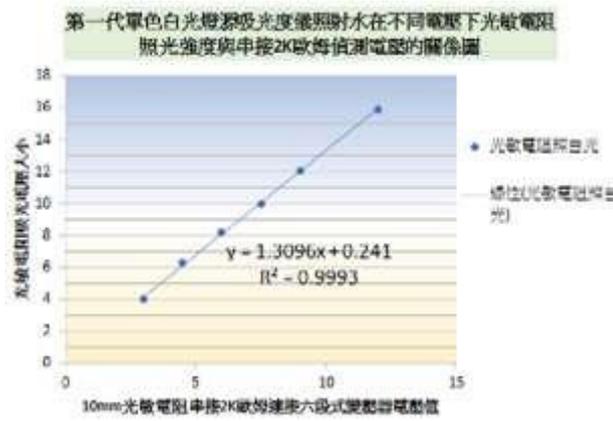
GY-33 顏色感測器模組核心為 TCS34725 感光元件，感光元件可提供數位的紅、綠、藍數值，具有高度整合的光電耦合感光元件，能去除不必要的紅外線及其他干擾，以增加顏色量測的準確度。以黑、藍、紅、綠色校正卡校正後，RGB 感光元件的遮罩恰是我們去除所有外界光源干擾的光罩，所以，我們的色布都是用 GY-33 顏色感測器模組測定 RGB。



### 二、可調變色燈的吸光儀研究及設計

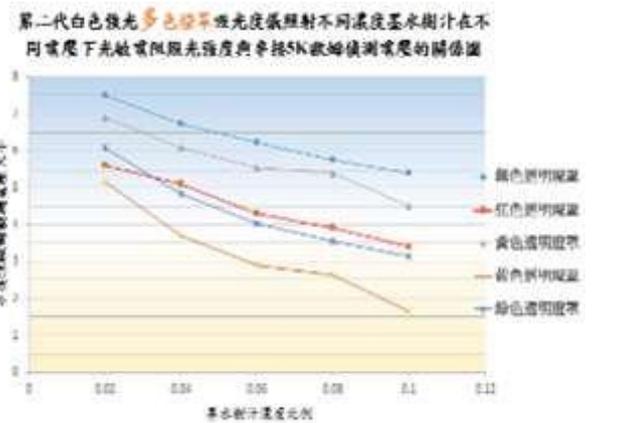
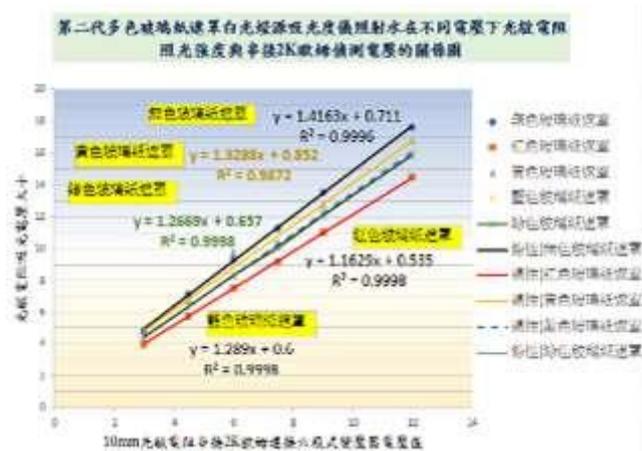
#### 1. 第一代白光光敏電阻吸光儀

去年我們發現，用黃光(相當於紅光與綠光的複合光)照射不同濃度的藍染溶液，溶液吸光後，無法呈現有鑑試度的檢量線，若改用白光，則藍色溶液吸收其它色光，穿透藍光的效果，讓光敏電阻呈現的感光電壓大小，做出具有較佳鑑試度的檢量線，而能清楚的定量。



## 2. 第二代色光光敏電阻吸光儀

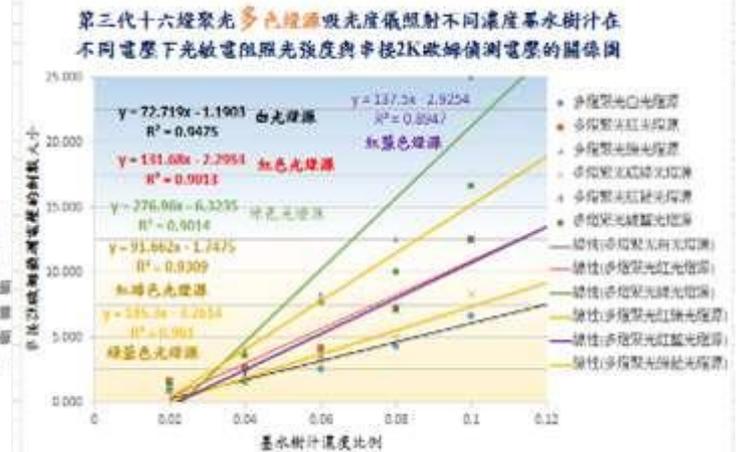
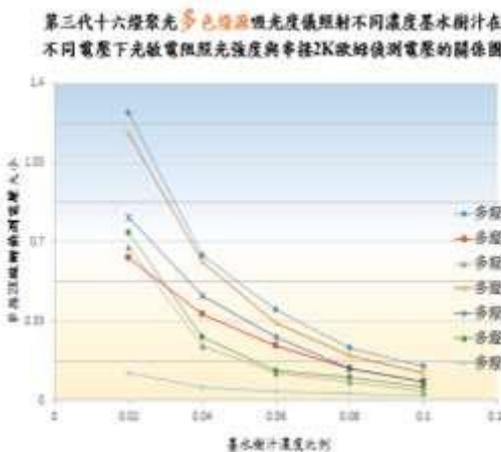
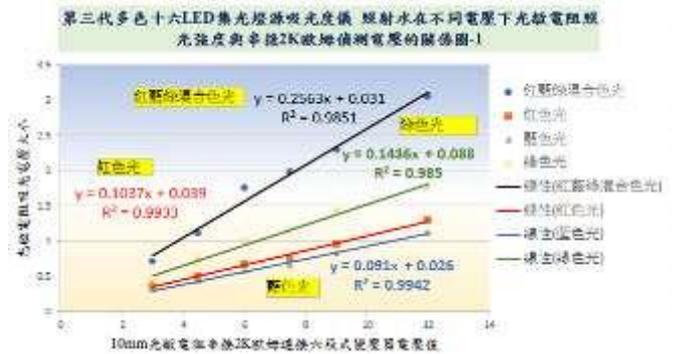
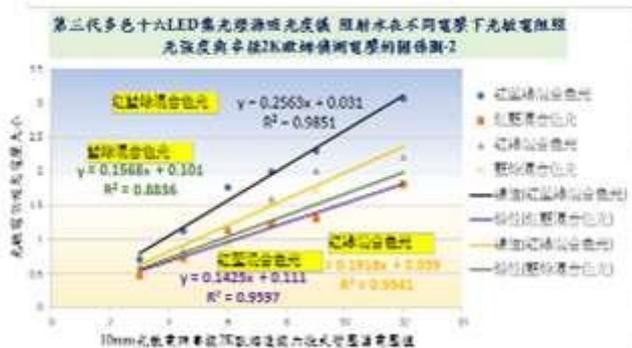
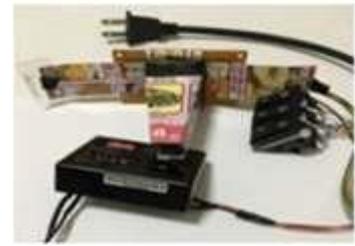
示售昂貴的光電測定儀(吸光儀)可以自動的用特定波長的色光去定量溶液的濃度，所以，我們既已能辨別溶液顏色，若用幾種顏色透明玻璃紙來試試看，相當於不同特地波長的色光照射比色管呢？結果如下：



結果還不錯，但是每次抽換這些玻璃紙，似乎也不是辦法，應想個徹底的解決之道。恰好，學妹的爸爸是學光電的，我們把這個難題請他幫我們解決，於是第三代吸光儀就在萬難下生出來了。

### 3.L 型的第三代色光光敏電阻吸光儀

學妹的爸爸做出十六顆綜合型 LED 燈，經過並聯分流串接及三切開關設計後，可切換出七色色光(紅光、藍光、綠光、紅藍複合光、紅綠複合光、藍綠複合光以及紅藍綠三色複合光)，組合集合 3\*3 cm<sup>2</sup> 光區面積至穿透比色管槽，使小小的 10mm 光敏電阻感光，讓老師和我們卡了很久的時間，修正了多次後，終於設計出配合長方型光路徑箱的十六顆 LED 燈的集光器，但又為了修正及縮短吸光儀的長度，我們又特別設計成 L 型的第三代色光光敏電阻吸光儀，同時可以整合手機 App 辨色的第二代在暗箱光路徑區中測比色槽溶液的 RGB 大小。



實測水及不同墨水樹不同濃度溶液，呈現數字的靈敏度是可分各濃度的差異(如實驗記錄本)，但是即使調到 12V，整體偵測數字都大不如前而且選擇及切換色光太不方便了。我們知道這些外露的線材都需內藏，而且也怕被我們一不小心就扯斷了。



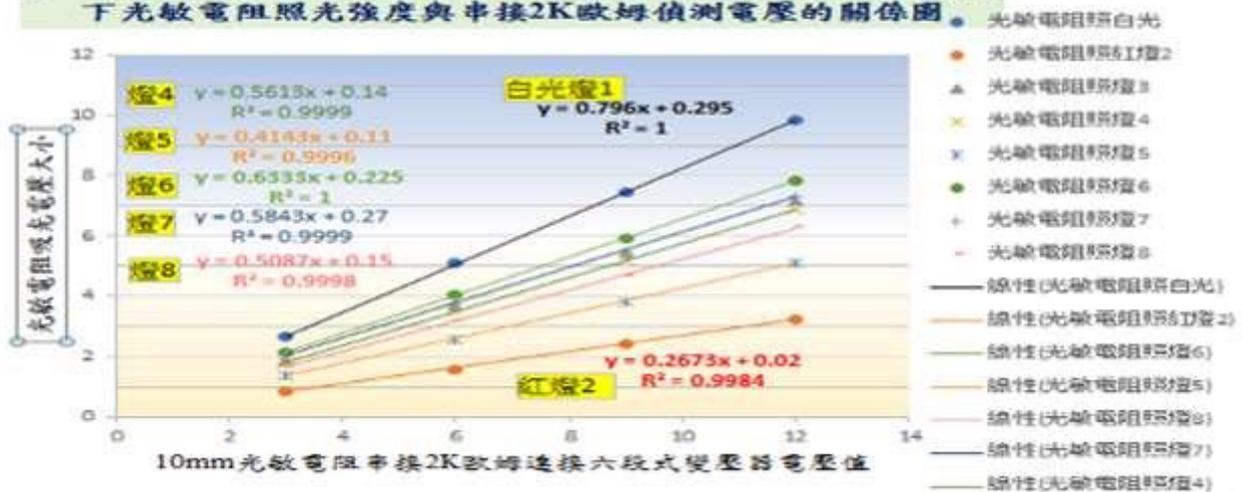
經過討論，我們如果要推廣我們的設計，最好能用簡單的數位型電錶就能清楚比較，減少人為或儀器操作的誤差豈不更好？我們已完全成功的開發出溶液的二代 RGB 測定箱及色布等測定 RGB -GY-33 顏色感測器模組，顏色辨別沒有問題了，只要溶液濃度可以精確的定量就更好了，所以，我們決定再繼續開發第四代吸光儀。

#### 4.多色光燈條照射光敏電阻感光的第四代吸光儀

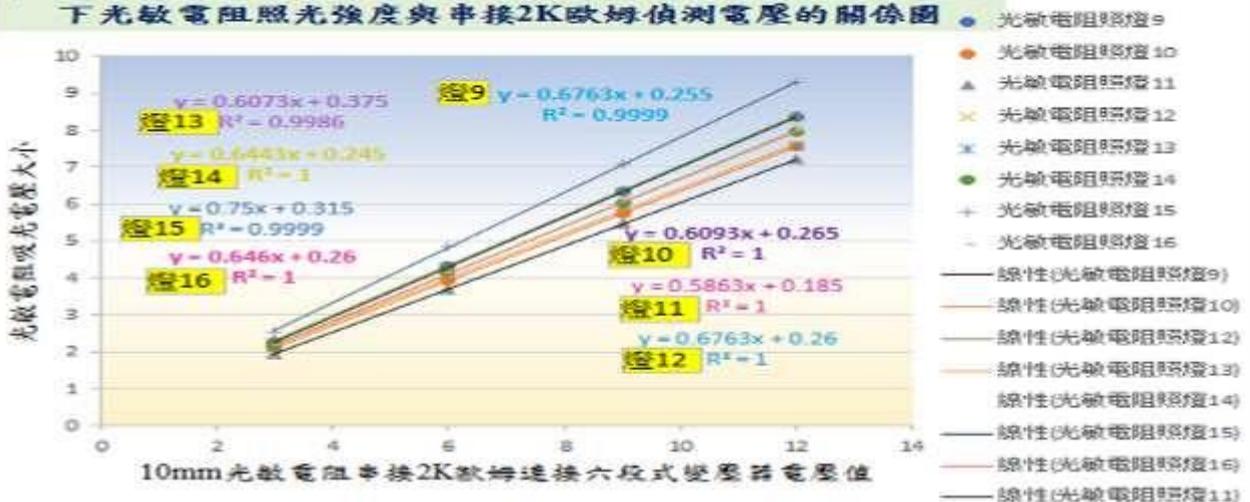
表一、照射各色光通過清水比色管使光敏電阻的感光實驗端，以六段式整流變壓 3V~12V 供電下，使串聯的 2KΩ 電阻偵測電壓

電壓大小	光敏電阻 照白光	光敏電阻 照紅燈 2	光敏電阻 照燈 3	光敏電阻 照燈 4	光敏電阻 照燈 5	光敏電阻 照燈 6	光敏電阻 照燈 7	光敏電阻 照燈 8
3	2.67	0.86	1.86	1.8	1.38	2.13	2.03	1.69
6	5.1	1.58	3.67	3.54	2.57	4.03	3.78	3.2
9	7.44	2.4	5.42	5.2	3.81	5.9	5.5	4.69
12	9.85	3.26	7.18	6.86	5.11	7.84	7.3	6.28
電壓大小	光敏電阻 照燈 9	光敏電阻 照燈 10	光敏電阻 照燈 11	光敏電阻 照燈 12	光敏電阻 照燈 13	光敏電阻 照燈 14	光敏電阻 照燈 15	光敏電阻 照燈 16
3	2.27	2.09	1.94	2.28	2.14	2.18	2.54	2.19
6	4.34	3.93	3.71	4.33	4.05	4.11	4.84	4.14
9	6.33	5.74	5.46	6.35	5.95	6.04	7.09	6.09
12	8.37	7.58	7.22	8.37	7.58	7.98	9.29	8

第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀照射水在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀照射水在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



照射各色光通過清水比色管使光敏電阻的感光實驗端，以六段式整流變壓 3V~12V 供電下，使串聯的 2KΩ 電阻偵測電壓可達 0.86V~9.85V，符合光敏電阻無照光，電阻大，分電壓大，串

接的測定電阻電壓小；光敏電阻照光，電阻變小，分電壓小，串接的測定電阻電壓則變大，總算製造出第四代可調變色燈的吸光儀設計，在十六色燈的感光電壓下，與串接電阻檢測電壓的線性回歸趨勢線的  $R^2$  值均可達 0.99 以上。

比較第一代到第四代光敏電阻吸光儀照射水在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接 2K 歐姆偵測電壓的線性回歸分析趨勢線的比較

光敏電阻吸光儀	趨勢線方程式	相關係數 r 的平方值 $R^2$	製作成本	設計困難度	操作的方便性
第一代白光	$y = 1.3096x + 0.241$	0.9993	低廉	適中	簡便
第二代遮罩	無色 $y = 1.4163x + 0.711$	$R^2 = 0.9996$	低廉	適中	抽換玻璃紙遮罩的方式不夠簡便，色光波長種類少
	紅色 $y = 1.1629x + 0.535$	$R^2 = 0.9998$			
	黃色 $y = 1.3288x + 0.852$	$R^2 = 0.9872$			
	藍色 $y = 1.289x + 0.6$	$R^2 = 0.9998$			
第三代	綠色 $y = 1.2669x + 0.657$	$R^2 = 0.9998$	比起第一代及第二代提高不少，不含積木千元有找。	十六個 LED 串並接不同的電阻及變壓器，光源面積 $3*3\text{cm}^2$ 大小，需集中光源且光源路徑箱長度長	光源設計困難，集光設計不易，操作時需小心光源接線處易損壞，三切開關操作光源易混淆需小心
	紅藍綠 $y = 0.2563x + 0.031$	$R^2 = 0.9851$			
	紅色 $y = 0.1037x + 0.039$	$R^2 = 0.9933$			
	藍色 $y = 0.091x + 0.026$	$R^2 = 0.9942$			
	綠色 $y = 0.1436x + 0.088$	$R^2 = 0.985$			
	紅藍 $y = 0.1425x + 0.111$	$R^2 = 0.9597$			
第四代	紅藍 $y = 0.1918x + 0.059$	$R^2 = 0.9541$	不含六段電源供應器，材料費用不到第三代的一半。	一段三個燈的燈條，接 9V 或 12V 的電源，只用中間的一個燈，無須集中光源，三格式的黑色光路徑箱裁片容易製作，設計困難度大為降低。	以 LED 遙控器按壓靜態燈的切換方式，可簡易發出特地色光波長照射比色管的光路徑箱長度，讓光敏電阻感光而降電阻...。十六色光波長選擇種類多，靈敏度提高且操作簡便。
	藍綠 $y = 0.1568x + 0.101$	$R^2 = 0.8836$			
	白燈 1 $y = 0.796x + 0.295$	$R^2 = 1$			
	紅燈 2 $y = 0.2673x + 0.02$	$R^2 = 0.9984$			
	綠燈 3 $y = 0.5903x + 0.105$	$R^2 = 0.9999$			
	藍燈 4 $y = 0.5613x + 0.14$	$R^2 = 0.9999$			
	橙燈 5 $y = 0.4143x + 0.11$	$R^2 = 0.9996$			
	淺綠 6 $y = 0.6333x + 0.225$	$R^2 = 1$			
	深藍 7 $y = 0.5843x + 0.27$	$R^2 = 0.9999$			
	深黃 8 $y = 0.5087x + 0.15$	$R^2 = 0.9998$			
	青燈 9 $y = 0.6763x + 0.255$	$R^2 = 0.9999$			
	褐燈 10 $y = 0.6093x + 0.265$	$R^2 = 1$			
	黃燈 11 $y = 0.5863x + 0.185$	$R^2 = 1$			
	淺藍 12 $y = 0.6763x + 0.26$	$R^2 = 1$			
	粉紅 13 $y = 0.6073x + 0.375$	$R^2 = 0.9986$			
	淺黃 14 $y = 0.6443x + 0.245$	$R^2 = 1$			
淡藍 15 $y = 0.75x + 0.315$	$R^2 = 0.9999$				
紫燈 16 $y = 0.646x + 0.26$	$R^2 = 1$				

## 二、墨水樹在水相中萃取色素的溶解度初測(以第二代 RGB 測定箱測定)

### (一) 墨水樹在水相中常溫的萃取色素溶解度

表二、墨水樹在水相中常溫隨攪拌時間的萃取色素 RGB 數值

攪拌時間(分)	1			2			3			4			5		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	150	75	87	148	59	67	139	40	51	151	59	65	136	25	38
2	150	75	85	156	68	77	142	39	50	139	42	51	141	26	40

3	151	76	88	147	60	68	147	41	54	139	37	47	150	34	47
4	144	70	81	142	55	64	150	39	50	140	35	48	135	34	44
5	145	69	80	146	58	67	139	42	51	150	38	49	149	37	46
平均	148	73	84.2	147.8	60	68.6	143.4	40.2	51.2	143.8	42.2	52	142.2	31.2	43

(二) 墨水樹在水相中不同溫度下的萃取色素溶解度

表三、墨水樹在水相中不同溫度下隨攪拌時間的萃取色素 RGB 數值

加熱時間(分)	常溫			40°C 1 分鐘			40°C 2 分鐘			40°C 3 分鐘			40°C 4 分鐘		
RGB 數值	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	136	25	38	47	18	6	59	47	14	88	62	12	83	54	5
2	141	26	40	48	18	6	56	44	14	92	64	12	86	57	4
3	150	34	47	49	20	7	52	40	10	101	70	12	84	55	4
4	135	34	44	49	19	6	50	40	10	117	81	9	88	56	1
5	149	37	46	49	20	8	42	30	9	102	72	16	93	60	6
平均	142.2	31.2	43	48.4	19	6.6	51.8	40.2	11.4	100	69.8	12.2	86.8	56.4	4
加熱時間(分)	常溫			60°C 1 分鐘			60°C 2 分鐘			60°C 3 分鐘			60°C 4 分鐘		
RGB 數值	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	43	13	9	31	7	3	46	9	6	46	16	8	39	8	6
2	45	12	8	42	9	4	51	11	8	42	14	6	39	8	5
3	44	12	7	47	12	4	45	9	7	42	12	6	42	9	6
4	44	10	5	49	12	6	37	6	5	40	12	6	49	13	7
5	43	10	6	41	9	5	26	4	2	37	11	7	56	14	7
平均	43.8	11.4	7	42	9.8	4.4	41	7.8	5.6	41.4	13	6.6	45	10.4	6.2
加熱時間(分)	常溫			80°C 1 分鐘			80°C 2 分鐘			80°C 3 分鐘			80°C 4 分鐘		
RGB 數值	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	47	10	8	11	1	1	20	3	2	10	0	0	7	0	2
2	49	9	7	9	0	1	31	6	4	39	5	3	2	0	1
3	34	7	5	5	0	1	34	6	4	40	9	7	7	1	2
4	43	7	5	8	0	1	29	5	3	34	5	3	6	0	2
5	42	7	5	2	0	0	25	4	3	28	5	3	2	1	1
平均	43	8	6	7	0.2	0.8	27.8	4.8	3.2	30.2	4.8	3.2	4.8	0.4	1.6

三、墨水樹萃取液的酸鹼性色變(以第二代 RGB 測定箱測定)

(一) 酸液中的色變

表四、墨水樹萃取液加 pH 1~pH 6 冰醋酸不同滴數的 RGB 數值(pH 2~6 如記錄本)

加酸(滴數)	墨水樹萃取液			加 5 滴 pH 1			加 10 滴 pH 1			加 15 滴 pH 1			加 20 滴 pH 1		
RGB 數值	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	117	12	6	84	11	1	96	22	1	111	23	1	97	21	1
2	61	8	8	89	11	1	95	22	2	125	27	1	115	29	1
3	59	9	8	96	11	1	99	21	1	128	26	1	122	37	1
4	78	15	9	89	13	1	92	20	2	126	24	1	125	37	1
5	83	2	1	92	10	1	95	18	1	125	26	1	123	39	1
平均	79.6	9.2	6.4	90	11.2	1	95.4	20.6	1.4	123	25.2	1	116	32.6	1

(二) 鹼液中的色變(以第二代 RGB 測定箱測定)

表五、墨水樹萃取液加 pH 8~pH 13 氫氧化鈉不同滴數的 RGB 數值測定(pH 9~13 如記錄本)

加鹼(滴數)	墨水樹萃取液			加 5 滴 pH 8			加 10 滴 pH 8			加 150 滴 pH 8			加 20 滴 pH 8		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	117	12	6	96	13	1	108	36	3	146	63	2	135	64	1
2	61	8	8	92	14	1	108	34	2	147	62	2	137	67	1
3	59	9	8	93	13	1	110	33	2	154	59	2	119	56	1
4	78	15	9	96	13	1	119	31	2	148	63	2	120	55	1
5	83	2	1	100	21	2	110	33	2	146	59	2	115	67	1
平均	79.6	9.2	6.4	95.4	14.8	1.2	111	33.4	2.2	148.2	61.2	2	125.2	61.8	1

四、墨水樹萃取液在不同液相中的水平及垂直層析色層分佈

1. 墨水樹萃取液在不同液相中的水平層析色層分佈

表九、墨水樹萃取液在水相中的水平色層分佈圖

墨水樹萃 取液滴	加 2 滴水	加 4 滴水	加 6 滴水	加 8 滴水	加 10 滴水
水平色層 擴散圖					
加液量	加 12 滴水	加 14 滴水	加 16 滴水	加 18 滴水	加 20 滴水
水平色層 擴散圖					

表十、墨水樹萃取液在酸性水溶液中的水平色層分佈圖

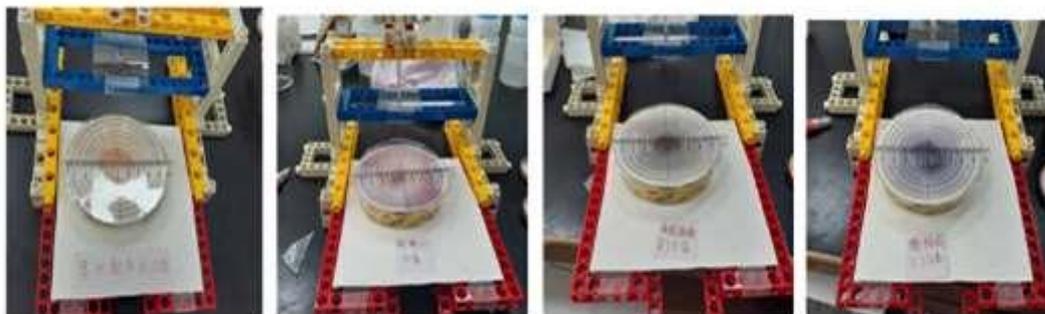
墨水樹萃 取液滴	加 2 滴 pH 1	加 4 滴 pH 1	加 6 滴 pH 1	加 8 滴 pH 1	加 10 滴 pH 1	加 2 滴 pH 4	加 4 滴 pH 4	加 6 滴 pH 4	加 8 滴 pH 4	加 10 滴 pH 4
水平色層 擴散圖										
改加液量	加 2 滴 pH 2	加 4 滴 pH 2	加 6 滴 pH 2	加 8 滴 pH 2	加 10 滴 pH 2	加 2 滴 pH 5	加 4 滴 pH 5	加 6 滴 pH 5	加 8 滴 pH 5	加 10 滴 pH 5
水平色層 擴散圖										
改加液量	加 2 滴 pH 3	加 4 滴 pH 3	加 6 滴 pH 3	加 8 滴 pH 3	加 10 滴 pH 3	加 2 滴 pH 6	加 4 滴 pH 6	加 6 滴 pH 6	加 8 滴 pH 6	加 10 滴 pH 6
水平色層 擴散圖										

表十一、墨水樹萃取液在鹼性水溶液中的水平色層分佈圖

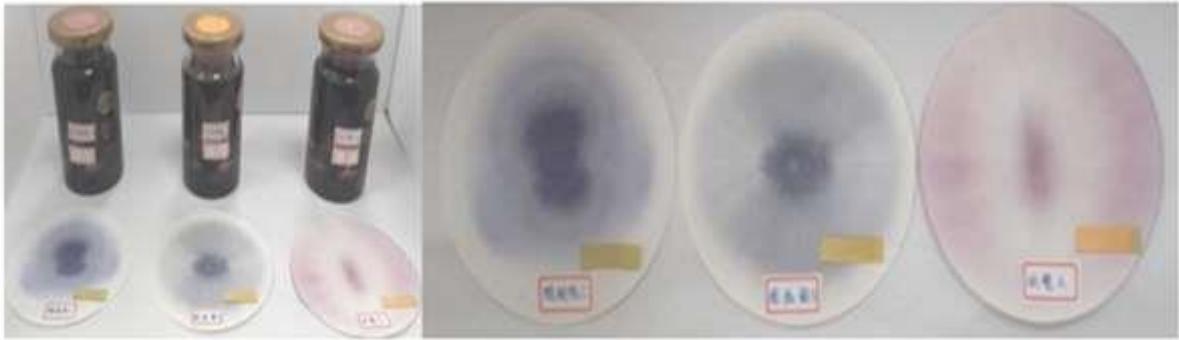
墨水樹萃取液滴	加2滴 pH 8	加4滴 pH 8	加6滴 pH 8	加8滴 pH 8	加10滴 pH 8	墨水樹萃取液滴	加2滴 pH 11	加4滴 pH 11	加6滴 pH 11	加8滴 pH 11	加10滴 pH 11
水平色層擴散圖						水平色層擴散圖					
改加液量	加2滴 pH 9	加4滴 pH 9	加6滴 pH 9	加8滴 pH 9	加10滴 pH 9	改加液量	加2滴 pH 12	加4滴 pH 12	加6滴 pH 12	加8滴 pH 12	加10滴 pH 12
水平色層擴散圖						水平色層擴散圖					
改加液量	加2滴 pH 10	加4滴 pH 10	加6滴 pH 10	加8滴 pH 10	加10滴 pH 10	改加液量	加2滴 pH 13	加4滴 pH 13	加6滴 pH 13	加8滴 pH 13	加10滴 pH 13
水平色層擴散圖						水平色層擴散圖					

表十二、墨水樹萃取液在不同媒染劑的水溶液中的水平色層分佈圖

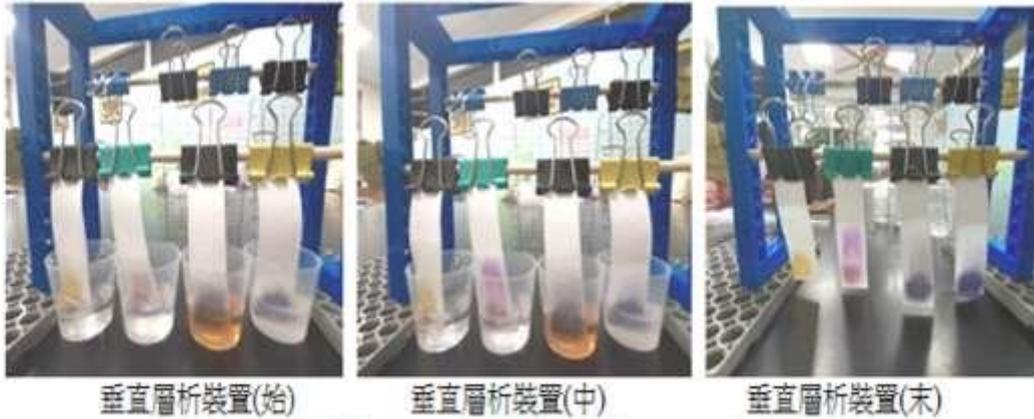
液滴	墨水樹液滴	加2滴媒染劑 A	加4滴媒染劑 A	加6滴媒染劑 A	加8滴媒染劑 A	加10滴媒染劑 A
水平色層擴散圖						
液滴	墨水樹液滴	加2滴媒染劑 B	加4滴媒染劑 B	加6滴媒染劑 B	加8滴媒染劑 B	加10滴媒染劑 B
水平色層擴散圖						
液滴	墨水樹液滴	加2滴媒染劑 C	加4滴媒染劑 C	加6滴媒染劑 C	加8滴媒染劑 C	加10滴媒染劑 C
水平色層擴散圖						



墨水樹萃取液(微酸性廣用試紙顯色由黃綠色)+媒染劑 A 明礬呈現紫紅色，且混合液呈現更酸性(廣用試紙顯色變成更酸性橘紅色)；墨水樹萃取液+媒染劑 B 醋酸鐵呈現鐵灰色，且混合液酸性略增(廣用試紙顯色變成更酸性偏黃的黃綠色)；墨水樹萃取液+媒染劑 C 醋酸錫呈現藍紫色，且混合液略呈中性(廣用試紙顯色變回酸性下降的黃綠偏綠色)



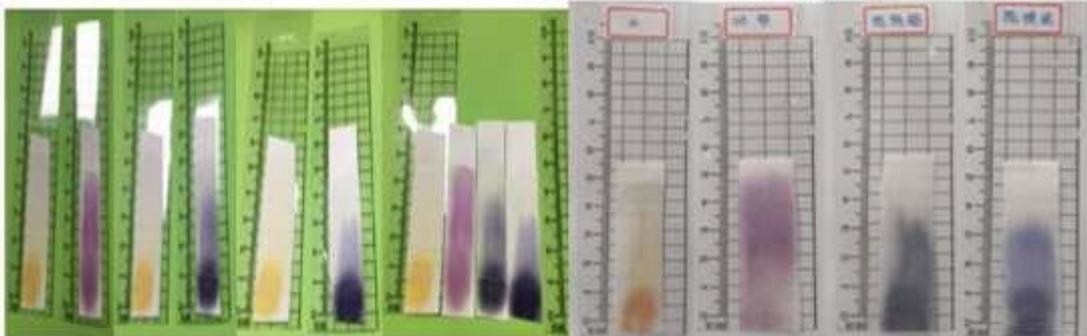
(二)墨水樹萃取液在不同液相中的垂直層析色層分佈



垂直層析裝置(始)

垂直層析裝置(中)

垂直層析裝置(末)



垂直色層最佳擴散溶劑種類依序為：明礬優於醋酸鐵及醋酸錫，這三者又優於水。

## 五、墨水樹的色布染研究

表十三、各媒染劑與墨水樹染材對布料前媒染、同媒染及後媒染的差異比較

媒染劑種類	A 明礬	B 醋酸鐵	C 醋酸錫	D 醋酸銅
白色棉布前處理後置於媒染劑中(前媒染)				
前媒染的色布顏色差異				
同媒染的色布顏色差異				
後媒染的色布顏色差異				

表十四、原色布樣與各媒染劑前媒染、同媒染或後媒染染布的比較

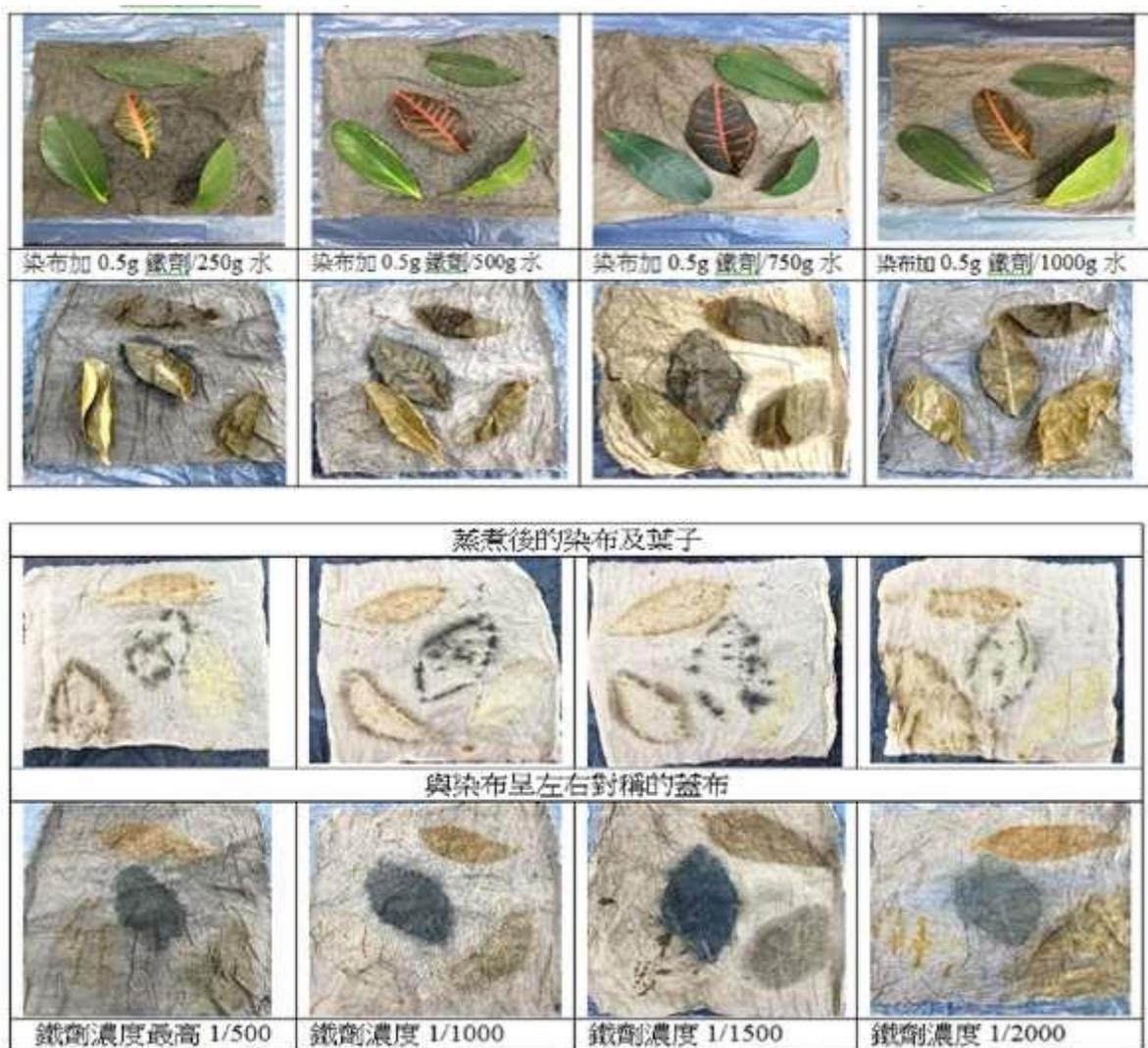
染材	色布原樣	前媒染	同媒染	後媒染
A 明礬				
B 醋酸鐵				
C 醋酸錫				
D 醋酸銅				

## 六、移印染在墨水樹色布上的色變

表十五、乾燥葉加墨水樹染布的移印染(1 染布及乾燥葉有浸泡鐵劑後擰乾及擦乾、2 乾燥葉有浸泡鐵劑而染布沒有、3 乾燥葉無浸泡鐵劑而染布有浸泡鐵劑)

			
尤加利葉	木羅黃	槭葉	樹蕨
		鐵劑濃度最高 1/500 左圖一水蒸煮後的染布及葉子 左圖二與染布呈左右對稱的蓋布 右圖一尤加利葉呈紅棕偏黃色、槭葉呈紅棕色、樹蕨呈草綠色	
		鐵劑濃度次高 1/1000 布及葉子均浸鐵劑後擰乾或擦乾。浸鐵劑 <input checked="" type="checkbox"/> 布 <input checked="" type="checkbox"/> 葉子 右圖一槭葉葉形清晰呈草綠色。	
		鐵劑濃度次高 1/1000 葉子浸鐵劑後擰乾。 <input checked="" type="checkbox"/> 布 <input checked="" type="checkbox"/> 葉子 移印染不成功	
		鐵劑濃度次高 1/1000 布浸鐵劑後擰乾 <input checked="" type="checkbox"/> 布 <input checked="" type="checkbox"/> 葉子 擰布及塑膠袋未綁緊，葉葉的水滲入，色出現形未明，移印染只成功一半。	
		鐵劑濃度次高 1/1500 布及葉子均浸鐵劑後擰乾或擦乾。浸鐵劑 <input checked="" type="checkbox"/> 布 <input checked="" type="checkbox"/> 葉子 右圖一槭葉葉形清晰呈草綠色。	
		鐵劑濃度次高 1/1500 葉子浸鐵劑後擰乾。 <input checked="" type="checkbox"/> 布 <input checked="" type="checkbox"/> 葉子 移印染不成功	
		鐵劑濃度次高 1/1500 布浸鐵劑後擰乾 <input checked="" type="checkbox"/> 布 <input checked="" type="checkbox"/> 葉子 右圖一尤加利葉呈紅棕偏黃色、槭葉呈暗紅棕色、樹蕨呈草綠色，形色均有，葉子可不浸鐵劑。	
		鐵劑濃度次高 1/2000 布及葉子均浸鐵劑後擰乾或擦乾。浸鐵劑 <input checked="" type="checkbox"/> 布 <input checked="" type="checkbox"/> 葉子 右圖一槭葉葉形清晰呈草綠色。	
		鐵劑濃度次高 1/2000 葉子浸鐵劑後擰乾。 <input checked="" type="checkbox"/> 布 <input checked="" type="checkbox"/> 葉子 移印染不成功	
		鐵劑濃度次高 1/2000 布浸鐵劑後擰乾 <input checked="" type="checkbox"/> 布 <input checked="" type="checkbox"/> 葉子 右圖一尤加利葉呈紅棕、槭葉呈暗棕色、樹蕨呈草綠色，形色均有，葉子可不浸鐵劑。	

表十六、新鮮葉加墨水樹染布的移印染(浸於不同濃度的鐵劑後擰乾、新鮮葉無浸泡鐵劑)  
 左下角福木、右上角煙火樹、中間變葉木，上方阿勃勒；白色蓋布與色布左右對稱



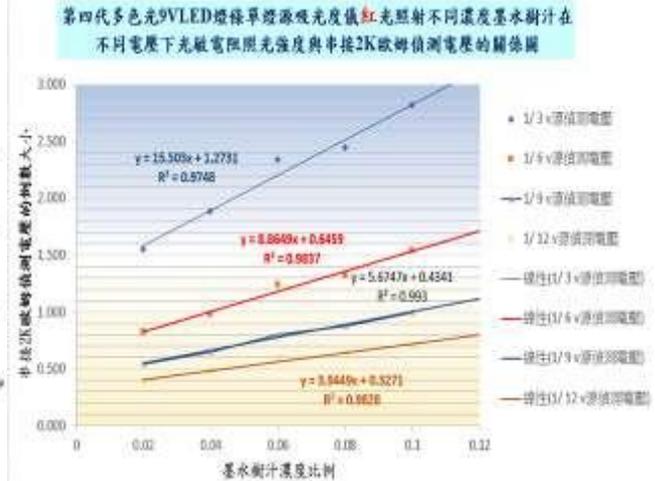
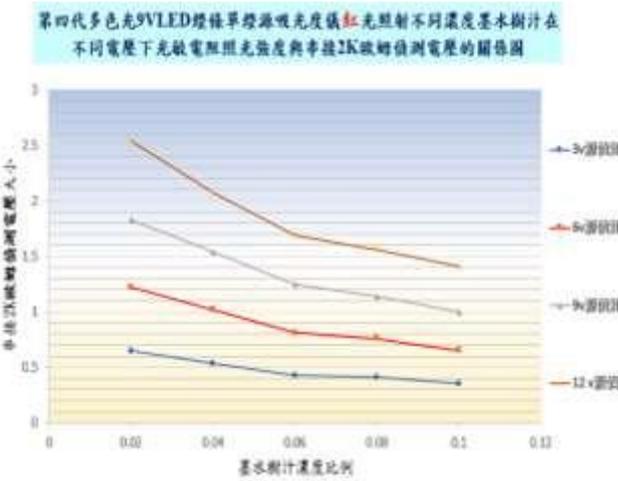
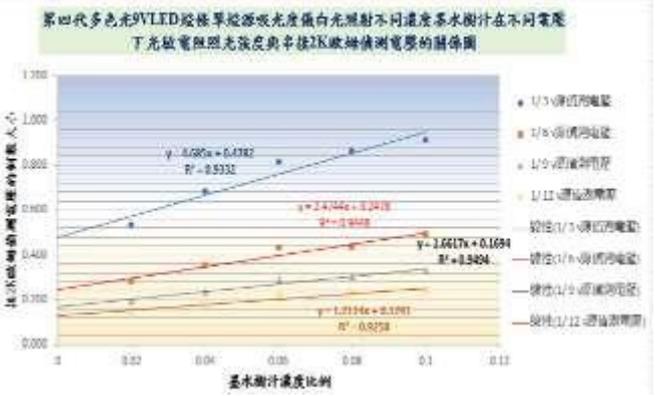
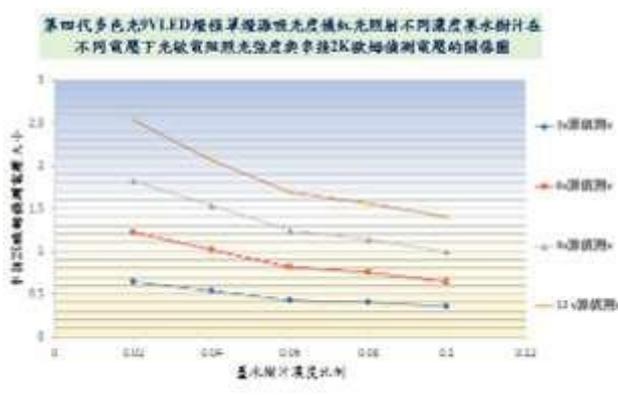
七、墨水樹染材的減量回收及再利用之研究(表十九~三十二如實驗記錄本，數據製圖如下)

表十七、白光照射不同濃度墨水樹汁

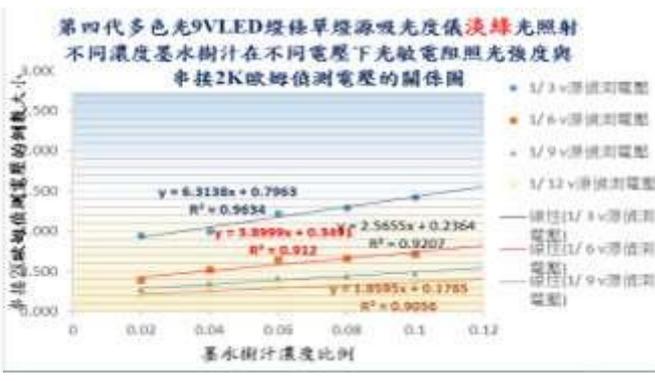
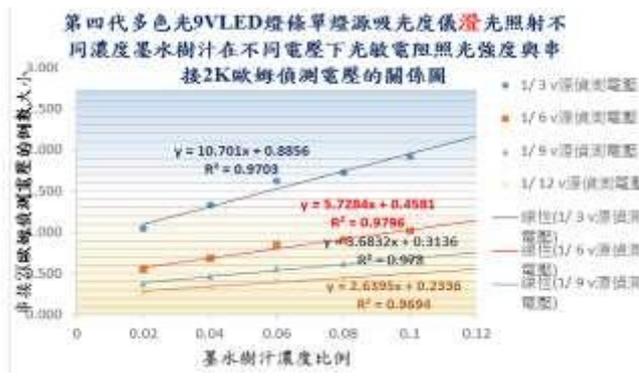
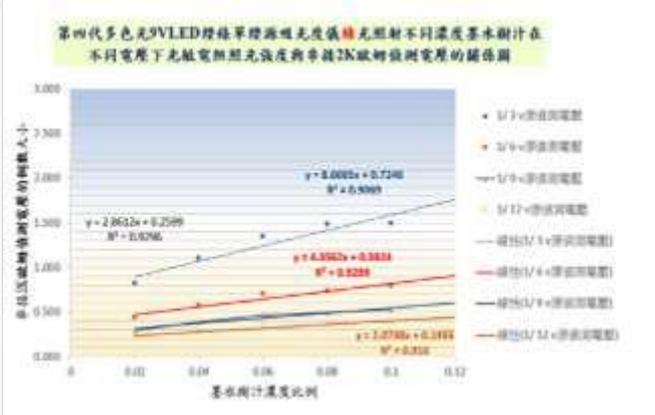
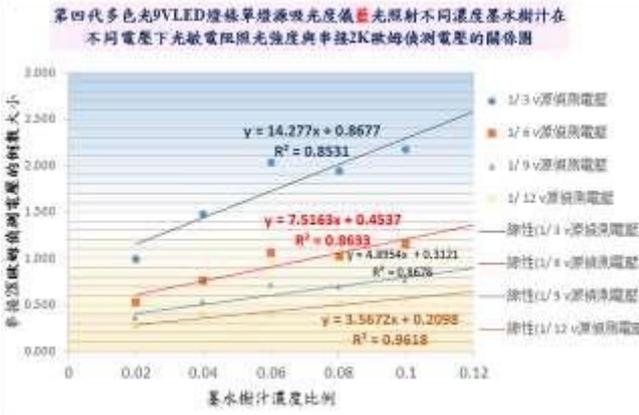
墨水樹汁濃度	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
3v 源偵測 v	2.67	1.885	1.465	1.229	1.164	1.098
6v 源偵測 v	5.10	3.56	2.85	2.34	2.29	2.06
9v 源偵測 v	7.44	5.22	4.20	3.47	3.31	3.07
12 v 源偵測 v	9.85	6.98	5.57	4.61	4.35	4.18

表十八、紅光照射不同濃度墨水樹汁

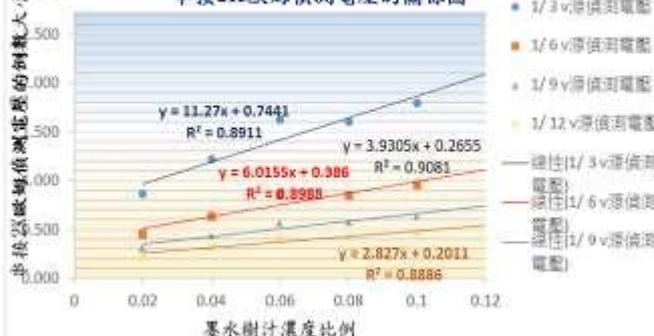
墨水樹汁濃度	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
3v 源偵測 v	2.67	0.646	0.533	0.428	0.41	0.355
6v 源偵測 v	5.10	1.22	1.02	0.81	0.76	0.65
9v 源偵測 v	7.44	1.83	1.54	1.25	1.14	1.00
12 v 源偵測 v	9.85	2.54	2.07	1.69	1.56	1.41



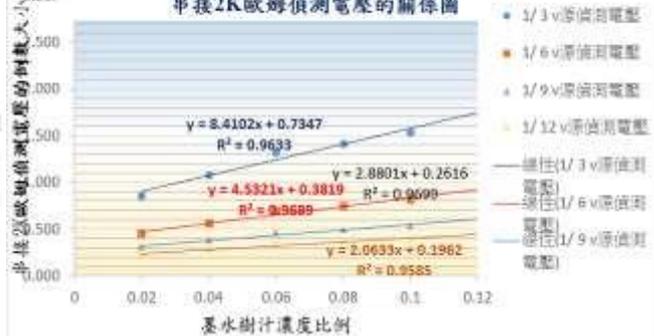
第四代多色光 9VLED 燈條單燈源吸光度儀，以「白光」照射不同濃度墨水樹汁，在不同電壓下，光敏電阻照光強度與串接 2K 歐姆偵測電壓的關係圖中線性回歸趨勢線 R<sup>2</sup> 值，顯然比「紅色系」墨水樹汁以「紅色波長的光」靈敏度差。



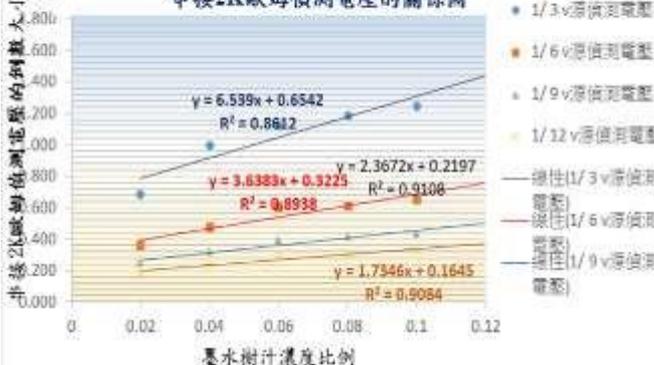
第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀**深藍**光照射  
不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度與  
串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



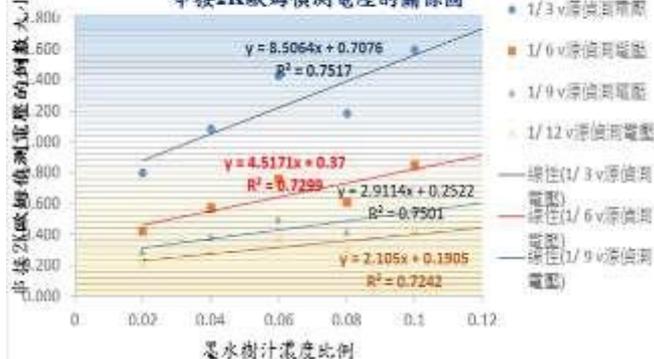
第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀**深黃**光照射  
不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度與  
串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



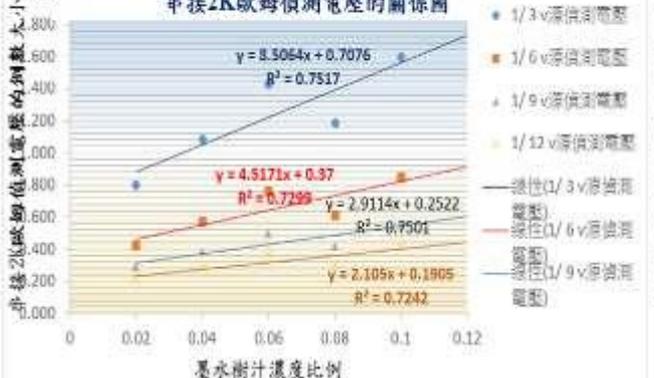
第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀**青色**光照射  
不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度與  
串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



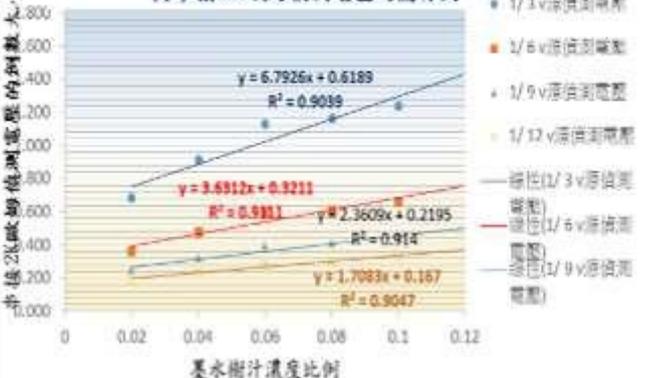
第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀**黃色**光照射  
不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度與  
串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



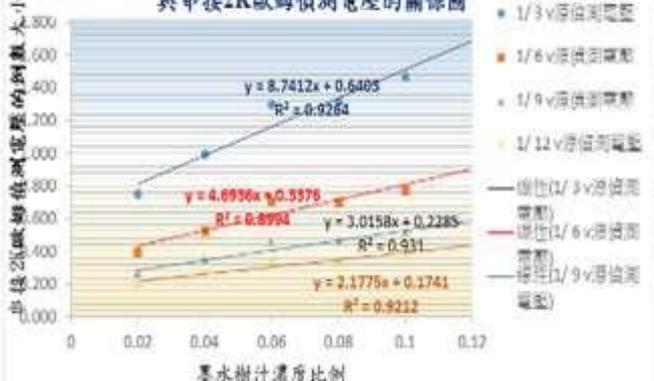
第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀**褐色**光照射  
不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度與  
串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



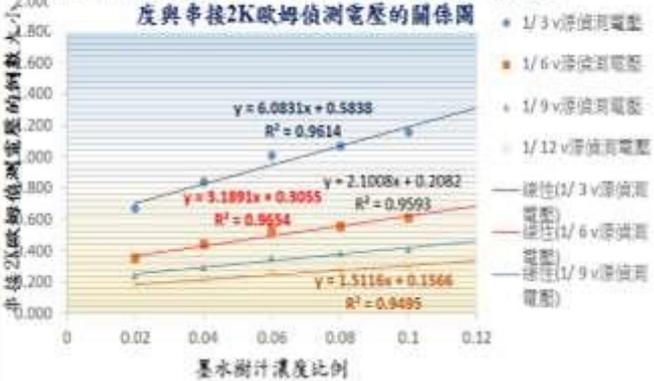
第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀**淺藍色**光照射  
不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度  
與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖

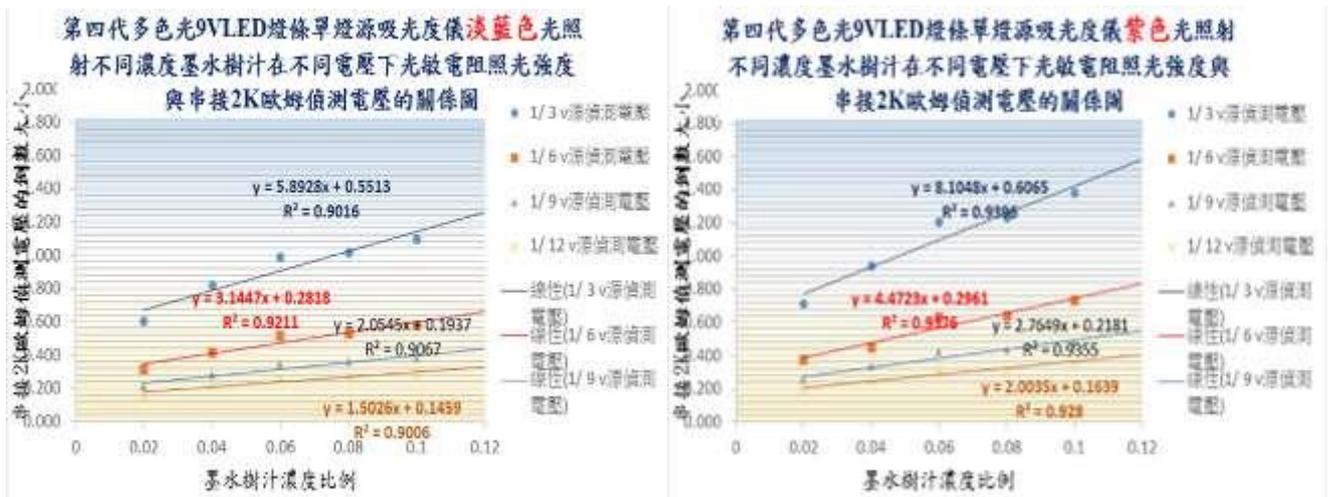


第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀**粉紅色**光照射  
不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度  
與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀**淺黃色**光照射  
不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強  
度與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖





第四代光敏電阻吸光儀以多色光 9VLED 燈條單燈照射不同濃度的墨水樹汁，不同色光使光敏電阻感光強度變化與串接 2K 歐姆偵測電壓的線性回歸分析趨勢線的比較

電阻供電電壓 色光及燈號	趨勢線方程式		相關係數 r 的平方值 R <sup>2</sup>	
	6V	9V	6V	9V
白燈 1	y = 2.4744x + 0.2478	y = 1.6617x + 0.1694	R <sup>2</sup> = 0.9448	R <sup>2</sup> = 0.9494
紅燈 2	y = 8.8649x + 0.6459	y = 5.6747x + 0.4341	R <sup>2</sup> = 0.9837	R <sup>2</sup> = 0.993
綠燈 3	y = 4.3562x + 0.3824	y = 2.8612x + 0.2599	R <sup>2</sup> = 0.9299	R <sup>2</sup> = 0.9296
藍燈 4	y = 7.5163x + 0.4537	y = 4.8954x + 0.3121	R <sup>2</sup> = 0.8633	R <sup>2</sup> = 0.8678
橙燈 5	y = 5.7284x + 0.4581	y = 3.6832x + 0.3136	R <sup>2</sup> = 0.9796	R <sup>2</sup> = 0.978
淺綠 6	y = 3.8999x + 0.3491	y = 2.5655x + 0.2364	R <sup>2</sup> = 0.912	R <sup>2</sup> = 0.9207
深藍 7	y = 6.0155x + 0.386	y = 3.9305x + 0.2655	R <sup>2</sup> = 0.8988	R <sup>2</sup> = 0.9081
深黃 8	y = 4.5321x + 0.3819	y = 2.8801x + 0.2616	R <sup>2</sup> = 0.9689	R <sup>2</sup> = 0.9699
青燈 9	y = 3.6383x + 0.3225	y = 2.3672x + 0.2197	R <sup>2</sup> = 0.8938	R <sup>2</sup> = 0.9108
褐燈 10	y = 4.5171x + 0.37	y = 2.9114x + 0.2522	R <sup>2</sup> = 0.7299	R <sup>2</sup> = 0.7501
黃燈 11	y = 4.5171x + 0.37	y = 2.9114x + 0.2522	R <sup>2</sup> = 0.7299	R <sup>2</sup> = 0.7501
淺藍 12	y = 3.6312x + 0.3211	y = 2.3609x + 0.2195	R <sup>2</sup> = 0.9111	R <sup>2</sup> = 0.914
粉紅 13	y = 4.6936x + 0.3376	y = 3.0158x + 0.2285	R <sup>2</sup> = 0.8994	R <sup>2</sup> = 0.931
淺黃 14	y = 3.1891x + 0.3055	y = 2.1008x + 0.2082	R <sup>2</sup> = 0.9654	R <sup>2</sup> = 0.9593
淡藍 15	y = 3.1447x + 0.2818	y = 2.0545x + 0.1937	R <sup>2</sup> = 0.9211	R <sup>2</sup> = 0.9067
紫燈 16	y = 4.4723x + 0.2961	y = 2.7649x + 0.2181	R <sup>2</sup> = 0.9376	R <sup>2</sup> = 0.9355

「其它的色光」照射不同濃度墨水樹汁，在不同電壓下，光敏電阻照光強度與串接 2K 歐姆偵測電壓的關係圖中線性回歸趨勢線 R<sup>2</sup> 值，也都比「紅色系」墨水樹汁以「紅色波長的光」靈敏度差。

所以，假設未知濃度的墨水樹染液濃度要回收，以 9v 電源，用紅光測出偵測電壓為 1.50 v 則代入 1/1.5 = y 的線性回歸趨勢線 y = 5.6747x + 0.4341，R<sup>2</sup> = 0.993

$$1/1.5 = 5.6747x + 0.4341, \therefore \text{回推回收墨水樹染液濃度 } x = (1/1.5 - 0.4341) / 5.6747 = 0.04098$$

## 陸、結論

- 1.將染布去漿、加濃染劑後的染布顯色效果較好。
- 2.墨水樹心染材經煮染及上色時間越久染色效果越佳；染液呈紅色，略呈酸性，加鹼呈紫色、加酸呈黃色，但染布在空氣中置放，漸回復紅棕色。
- 3.染液加入不同含金屬離子的媒染劑會改變顏色，前媒染比後媒染的顯色效果佳；後媒染則比同媒染的顯色效果佳。
- 4.移印染的色布應選淺色為宜，只需染布浸鐵劑擰乾，且鐵劑與水的濃度比例 1:500~1:2000，均可對樹葉移印在墨水樹染布蒸煮後產生色變。
- 5.我們成功的整合手機 App 辨色的在暗箱光路徑區中測比色槽染液的 RGB、染布使用 GY-33 顏色感測器模組量測，可增加顏色量測的準確度。
- 6.我們也成功的製造出第四代可調變色燈的吸光儀設計，以 LED 遙控器讓紅外線感測器接收靜態十六色燈的變換，操作容易，整體吸光儀設計成本低廉，相當於特地波長色光的十六色燈的感光電壓下，光敏電阻與串接電阻檢測電壓的線性回歸趨勢線的 R<sup>2</sup> 值均可達 0.99 以上，真是太令人感動了。並可依染液選擇色燈，製作出不同濃度的檢量線並定量染後的廢液濃度，回收再利用。

## 柒、參考資料

1. 自然第三冊第 2-2 水溶液-飽和溶液與溶解度 康軒文教事業
2. 自然第四冊第 8-2-2 氧化還原反應的應用 康軒文教事業
3. 自然第五冊第四章 基本電路 康軒文教事業
4. 歷屆科展作品
  - (1)郭珈好等(2020) 色變~藍靛粉的山水風情畫 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會，臺中市
  - (2)蔡明傑等(2017) 色素大不銅-光合色素光譜分析與探討 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會，臺南市
- 5.墨水樹資料
  - (1) <https://zh.wikipedia.org/wiki/蘇木精>
  - (2)<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A2%A8%E6%B0%B4%E6%A8%B9>
  - (3)<https://sukaren88.pixnet.net/blog/post/16024609>
  - (4)<https://blog.xuite.net/wen529595/twblog/123616137-2012>
  - (5) [http://163.24.93.132/dnpsothers/plants/plant/new\\_page\\_86.htm](http://163.24.93.132/dnpsothers/plants/plant/new_page_86.htm)
- 6.光敏電阻遇光的電壓變化值測定  
[http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read\\_attach.php?id=19286](http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=19286)
- 7.施正雄， 2014 年 10 月，儀器分析原理與應用，五南圖書出版股份有限公司
- 8.馬毓秀(2008)。四季繽紛草木染。台北：遠流

## 【評語】 030201

多光光度計的製作能夠精益求精，運用簡單器材製作多顏色光度計藉以量測染料濃度改變在不同波長(變色燈)照射下光敏電阻電壓(吸光度)之變化。自製儀器構造雖簡單，但效果優異，線性良好，非常值得嘉許；惟可再注意濃度改變與測量電壓在不同源偵測電壓下回歸線斜率高低代表之物理意義與優化光度計間之關聯。

## 作品簡報

色變~移印幻影-

著墨於儀

組別：國中組

科別：化學科

## 染液製備

將定量的墨水  
樹染材裝在自  
製布袋內，袋  
口拉緊



染材放  
入定量  
的水杯  
中



染材杯放  
置電磁攪  
拌器加積  
木裝置中  
加熱攪拌



每分鐘  
常溫或  
加熱攪  
拌取樣

## 布料前處理

### 去漿

布料浸泡在  
肥皂絲中置  
放至隔夜後  
洗滌



### 濃染

去漿布料浸泡  
在含蛋白質水  
溶液中半小時  
後擰乾曝曬

## RGB辨色(定性)

### 手機 App 辨色



智慧型手  
機 → 網  
路app商  
店 →



輸入[ color  
picker] → 下  
載App辨色  
軟體程式 →



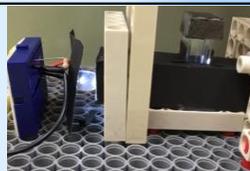
點選快速連結的畫  
面 → 以手機拍照  
相片或直接畫面讀  
取 → 由APP辨色記  
錄RGB。



手機直接讀  
取RGB數據  
誤差太大，  
需設計RGB  
測定箱

## RGB測定箱及顏色感測器模組辨色(定性)

### 第一代RGB測定箱設計



光源照射  
比色管槽  
黑色路徑



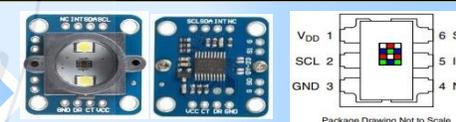
光透過45°平面鏡  
反射至上方手機，  
LED光太強，使手  
機App無法呈現紅  
色的辨色結果

### 第二代RGB測定箱設計



110V3w的  
白光燈泡只  
接輸出減壓  
5V的變壓  
器為電源

### 第三代RGB測定模組-GY-33顏色感測器



檢測色布、色紙，可避外界光源  
干擾，定距離準確辨色的效果

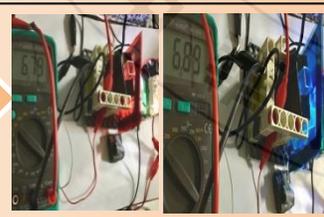
## 可調變色燈的吸光儀(定量)

### 第一代白光光敏電阻吸光儀



只發出混合  
白光光源，  
無分光效果

### 第二代色光光敏電阻吸光儀



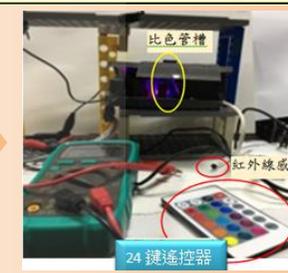
加裝各色玻  
璃紙遮罩可  
達分光效果  
但抽換遮罩  
較為不便。

### L型的第三代色光光敏電阻吸光儀



十六顆綜合  
型LED燈，  
三切開關可  
切換出七色  
色光

### 多色光燈條照射光敏電阻感光的第四代吸光儀

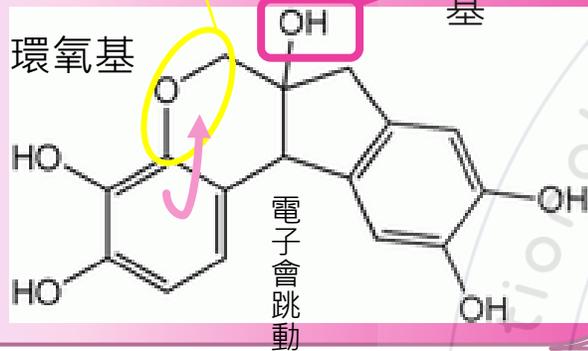


燈條及LED快  
接頭，以LED  
遙控器測試，  
9V或12V則可  
讓16色光變色  
燈亮

# 色變及儀器設計原理的介紹

## 墨水樹染料成份：蘇木精結構

類似花青素結構



木材及樹皮中的蘇木精為優秀染料，是一種花青素，常用於細胞染色或衣物。

物性染料有效成分的化學結構上大多含有羥基、甲氧基、羰基、羧基而墨水樹的蘇木精正含有羰基及羥基正因為有這些結構，所以加入不同酸鹼或媒染劑才能有不同顏色變化  
OH可以抓住金屬鹽而物質顯色的原理就是吸附可見光中的某段波長所以會改變波長而產生不同顏色

## 光的吸收波長 及其互補色

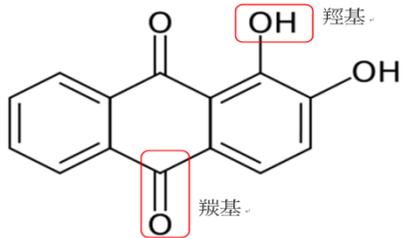
吸收波長(nm)	吸收光的顏色	補色
400 ~ 435	紫色	黃綠色
435 ~ 480	藍色	黃色
480 ~ 490	綠藍色	橙色
490 ~ 500	藍綠色	紅色
500 ~ 560	綠色	紅紫色
560 ~ 580	黃綠色	紫色
580 ~ 595	黃色	藍色
595 ~ 605	橙色	綠藍色
605 ~ 700	紅色	藍綠色

可見光的吸收波長與補色的關係  
來源：化學工業概論 吳紀聖、謝榮忠 編著

## 其它顯色染料結構

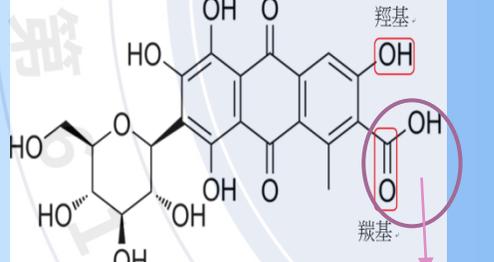
### 茜草根內的茜素

茜素結構 (alizarin, 存在於茜草根內)



(圖片來源: wiki)

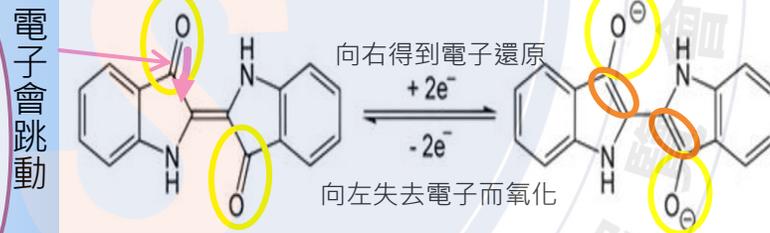
### 胭脂紅酸



來源: wiki 胭脂紅酸(圖片來源: wiki)

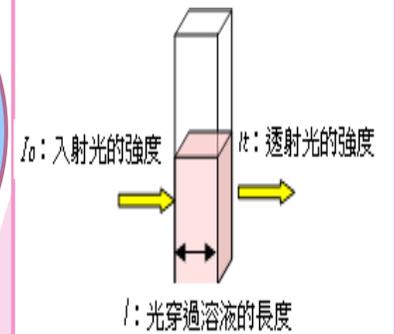
羧基

## 靛藍的還原反應與靛白的氧化反應



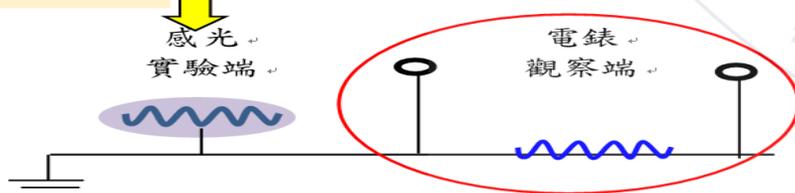
非水溶性靛藍 (氧化型) 水溶性靛白 (還原型)  
( 圖片來源: Wikipedia(2019)。取自 <https://goo.gl/XMY4zZ> )

## 吸光儀原理：



## 光敏電阻吸光儀設計原理：

各色光光源



一般電阻的電阻提高至與光敏電阻值相近，兩者仍維持串接，光敏電阻未受光時，電阻較大，分配電壓大小，與一般電阻接近，約為供電電壓的一半；而光敏電阻受光時，電阻較小，分配電壓變小，所以，數字型電錶直接並聯偵測一般電阻兩端電壓的分配電壓值愈大，也沒有要扣掉背景值的問題。

依比爾定律原理來量測分析物，以一束平行單色光垂直照射比色管溶液，通過一定長度的待測液後，會被吸收掉一部分的光能，使透光強度減弱。

# 墨水樹的色變實驗方法

## 水平色層分佈圖

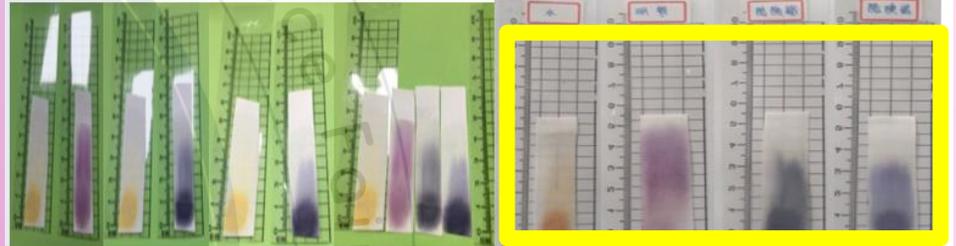
### 墨水樹萃取液滴入酸性水溶液

墨水樹萃取液滴	加2滴 pH 1	加4滴 pH 1	加6滴 pH 1	加8滴 pH 1	加10滴 pH 1
水平色層擴散圖					
改加液量	加2滴 pH 2	加4滴 pH 2	加6滴 pH 2	加8滴 pH 2	加10滴 pH 2
水平色層擴散圖					
改加液量	加2滴 pH 3	加4滴 pH 3	加6滴 pH 3	加8滴 pH 3	加10滴 pH 3
水平色層擴散圖					

### 墨水樹萃取液滴入鹼性水溶液

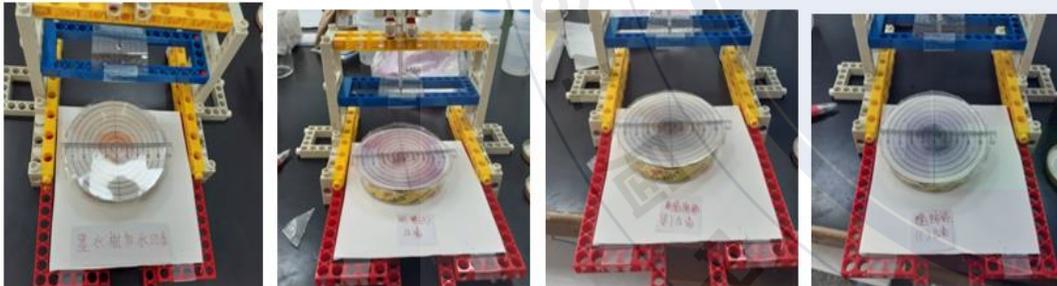
墨水樹萃取液滴	加2滴 pH 8	加4滴 pH 8	加6滴 pH 8	加8滴 pH 8	加10滴 pH 8
水平色層擴散圖					
改加液量	加2滴 pH 9	加4滴 pH 9	加6滴 pH 9	加8滴 pH 9	加10滴 pH 9
水平色層擴散圖					
改加液量	加2滴 pH 10	加4滴 pH 10	加6滴 pH 10	加8滴 pH 10	加10滴 pH 10
水平色層擴散圖					

## 垂直色層分佈圖



垂直色層最佳擴散溶劑種類依序為：明礬優於醋酸鐵及醋酸錫，這三者又優於水。

## 墨水樹萃取液滴入不同媒染劑水溶液



墨水樹萃取液(微酸性廣用試紙顯色由黃綠色)+媒染劑 A 明礬呈現紫紅色，且混合液呈現更酸性(廣用試紙顯色變成更酸性橘紅色)；墨水樹萃取液+媒染劑 B 醋酸鐵呈現鐵灰色，且混合液酸性略增(廣用試紙顯色變成更酸性偏黃的黃綠色)；墨水樹萃取液+媒染劑 C 醋酸錫呈現藍紫色，且混合液略呈中性(廣用試紙顯色變回酸性下降的黃綠偏綠色)

## 墨水樹原色布與各媒染劑前媒染、同媒染或後媒染染布的差異

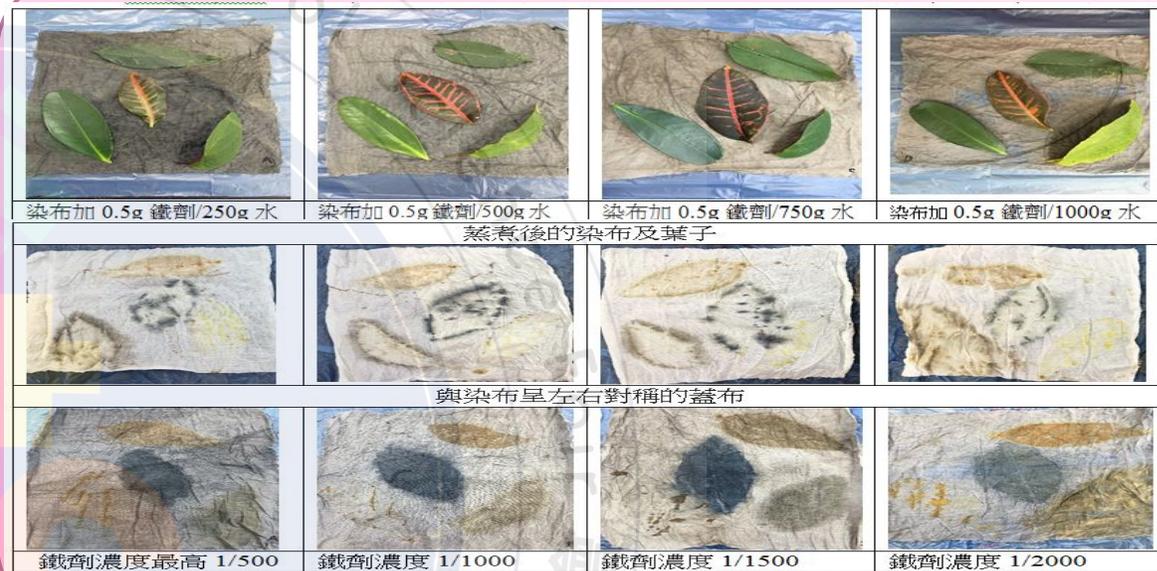
染材	色布原樣	前媒染	同媒染	後媒染
A 明礬				
B 醋酸鐵				
C 醋酸錫				
D 醋酸錳				

# 墨水樹的移印幻影實驗應用

## 乾葉的移印幻影



## 新鮮葉的移印幻影



## 移印染在墨水樹色布上的色變製程

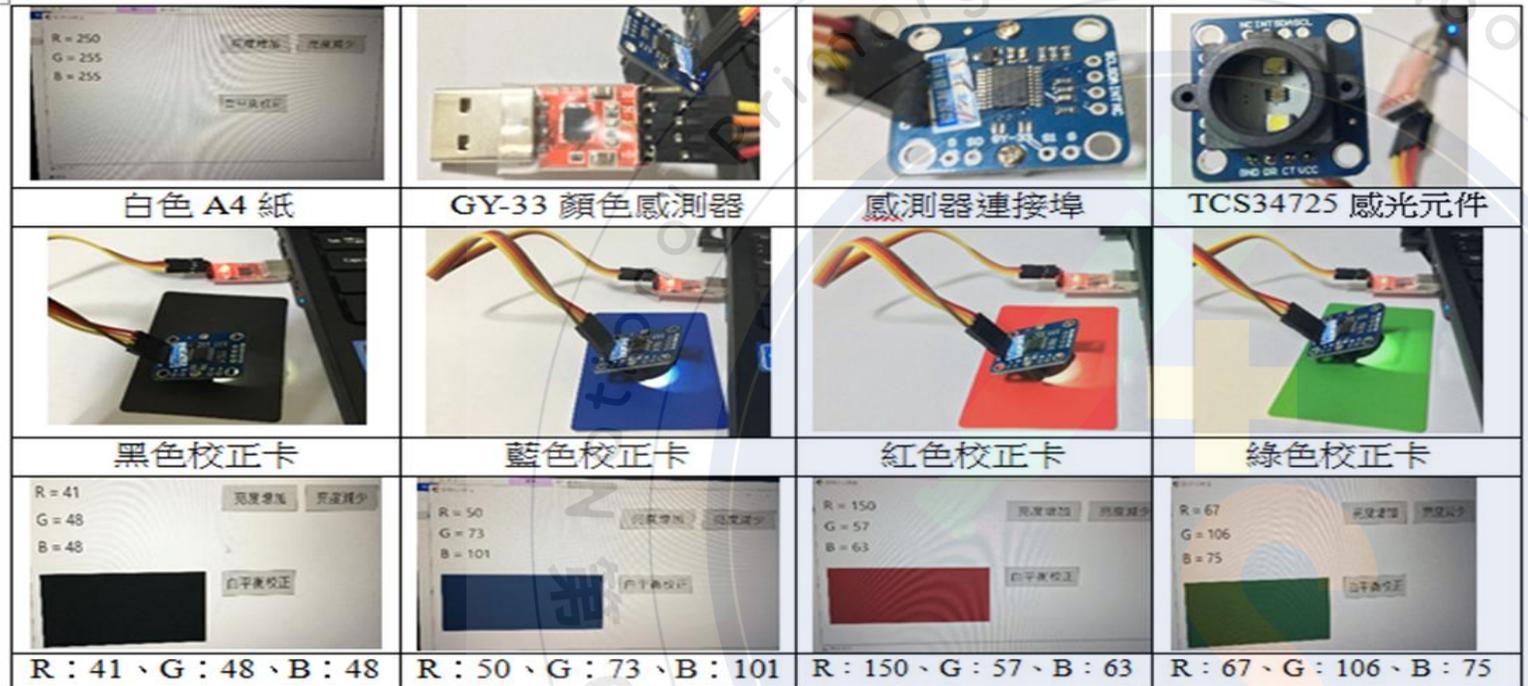
- ▶ 20 cm\*20 cm的墨水樹布料12塊每塊布料均縫上一小塊布料，填上編號。
- ▶ 少量0.5g的鐵劑加入大量的2公升的水 水中所含的氧把亞鐵鹽的電子搶走，溶液呈現淡黃棕色。
- ▶ 準備四種乾葉或新鮮葉子各四片，各一片不浸鐵劑或分別浸不同濃度的鐵劑10分鐘，各包在墨水樹染布(浸鐵劑後擰乾或不浸鐵劑)中，捲起後，以棉線纏繞同樣圈數後備用。
- ▶ 所有的色布葉捲置於電鍋中蒸半小時後取出，置於常溫下，放冷至室溫後，拆掉棉線，打開各布葉捲，以燙斗燙平後，一一拍照記錄前後葉子移印於墨水樹色布上的色變。

## 移印染的氧化還原反應及實驗觀察與討論

- ▶  $\text{FeSO}_4$  硫酸亞鐵  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ ，鐵劑本身是兩價的它在水中含氧( $\text{O}_2$ ) 會把鐵氧化 所以水中的氧氣會把亞鐵離子的電子搶走而還原成 $\text{H}_2\text{O}$ 或  $\text{OH}^-$ ，兩價的鐵離子會變成三價的 $\text{Fe}^{3+}$ 鐵離子
- ▶ 氧化半反應  $2\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{e}^-$  鐵劑含綠色兩價的亞鐵離子氧化後變成棕色三價的鐵離子
- ▶ 還原半反應  $1/2 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$  水中含氧會把亞鐵離子的電子搶走而還原成 $\text{H}_2\text{O}$ 或  $\text{OH}^-$  呈鹼性。
- ▶ 我們發現硫酸亞鐵的結晶呈綠色 一旦被水中的氧氧化 就會變成淡黃棕色 代表它已經在水中被氧化了。
- ▶ 利用棉線纏繞葉形於含鐵劑的色布中蒸煮，使葉中色及葉外形拓印於色布上。

# 著墨於儀的儀器設計

## 第三代RGB測定模組-GY-33顏色感測器

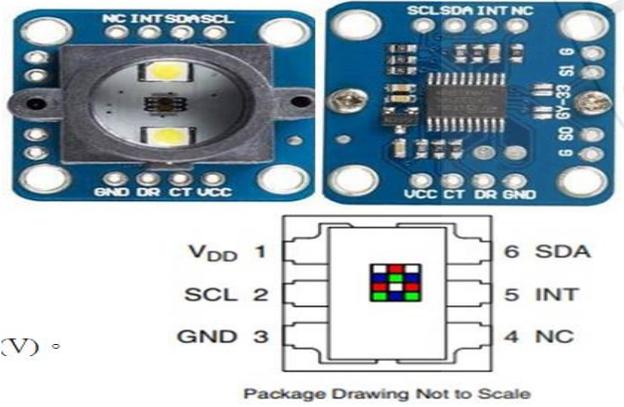


```
WpfAppColorSensor.exe.config-Microsoft Visual Studio 2005 Tools for Applications
WpfAppColorSensor.exe.config
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <startup>
    <supportedRuntime version="v4.0" sku=".NETFramework,Version=v4.8" />
  </startup>
</configuration>
```

### 白色與黑色RGB 對照

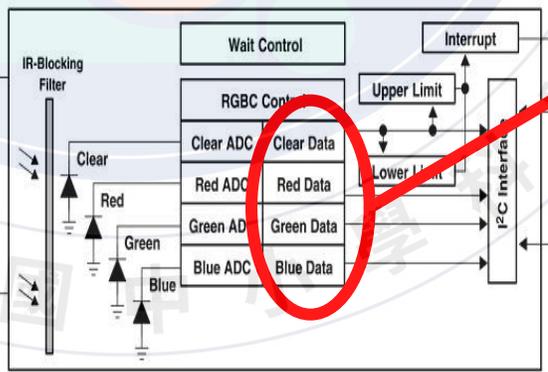
色卡	白色	黑色
R	255	41
G	255	48
B	255	48

### GY-33顏色感測器



### GY-33顏色感測器

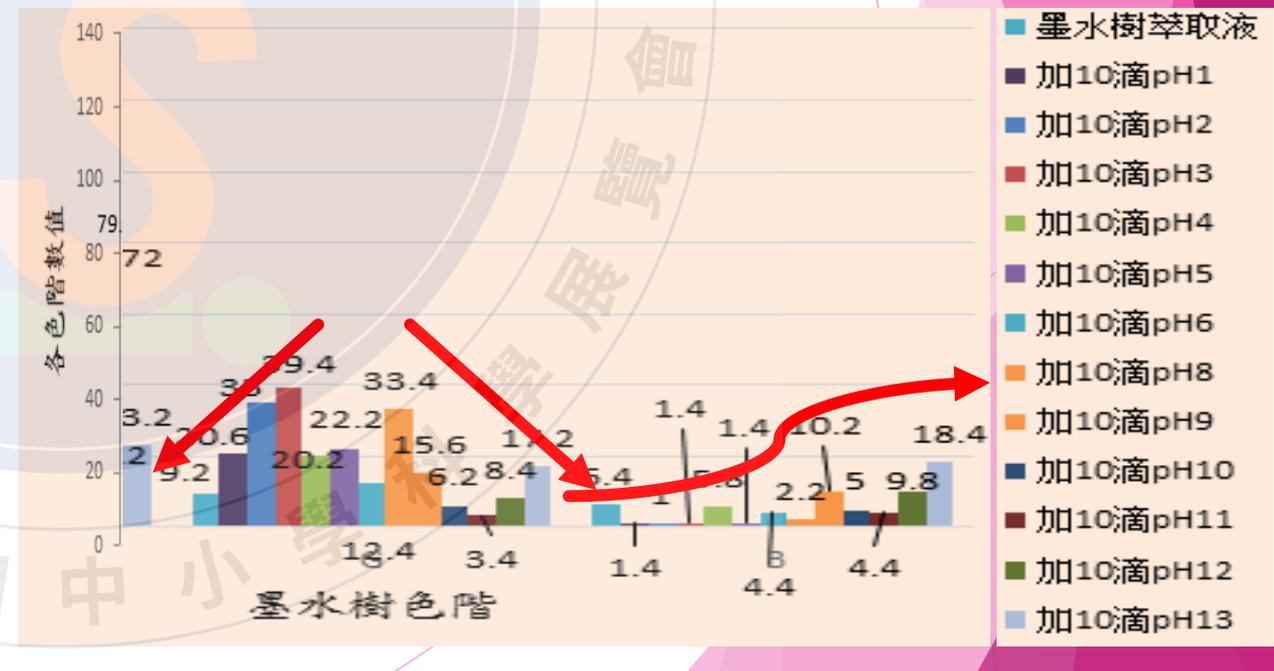
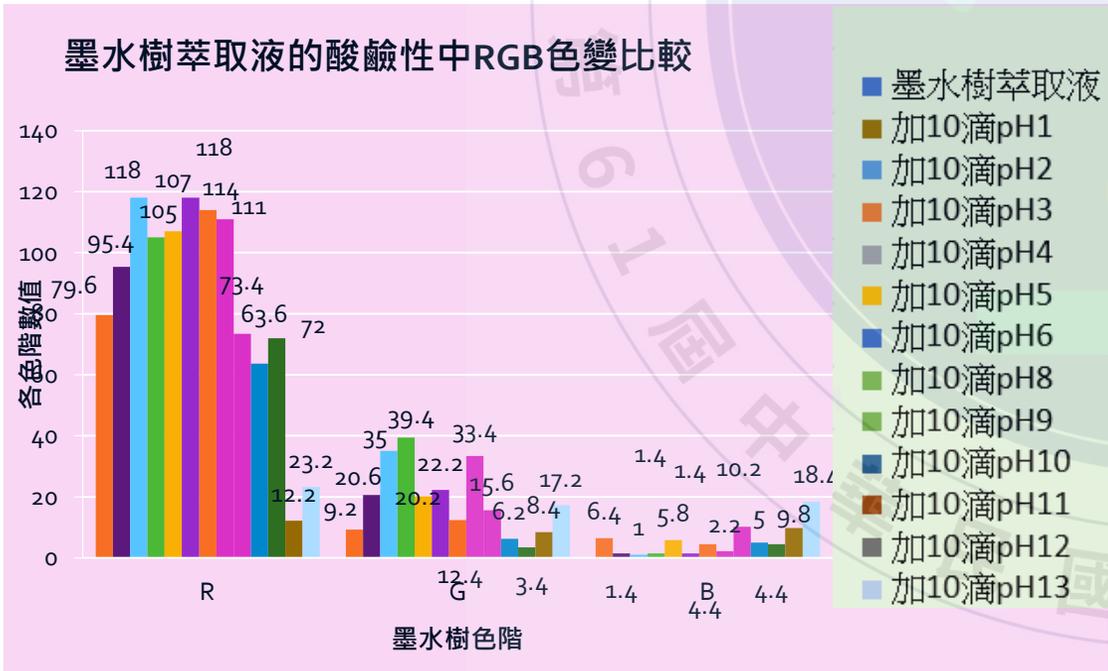
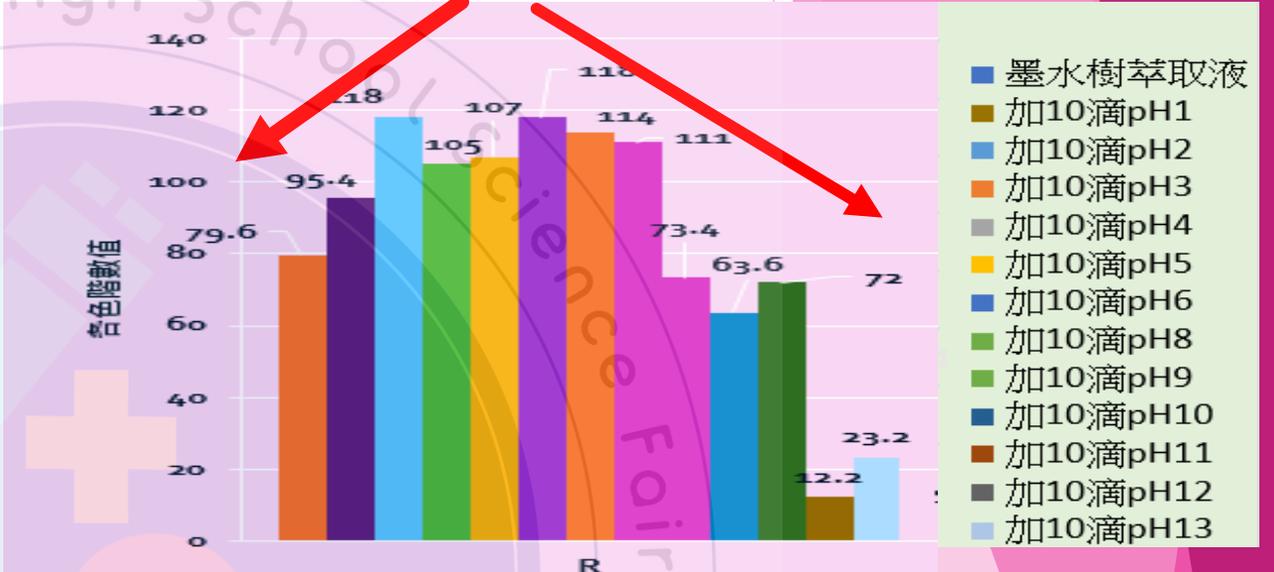
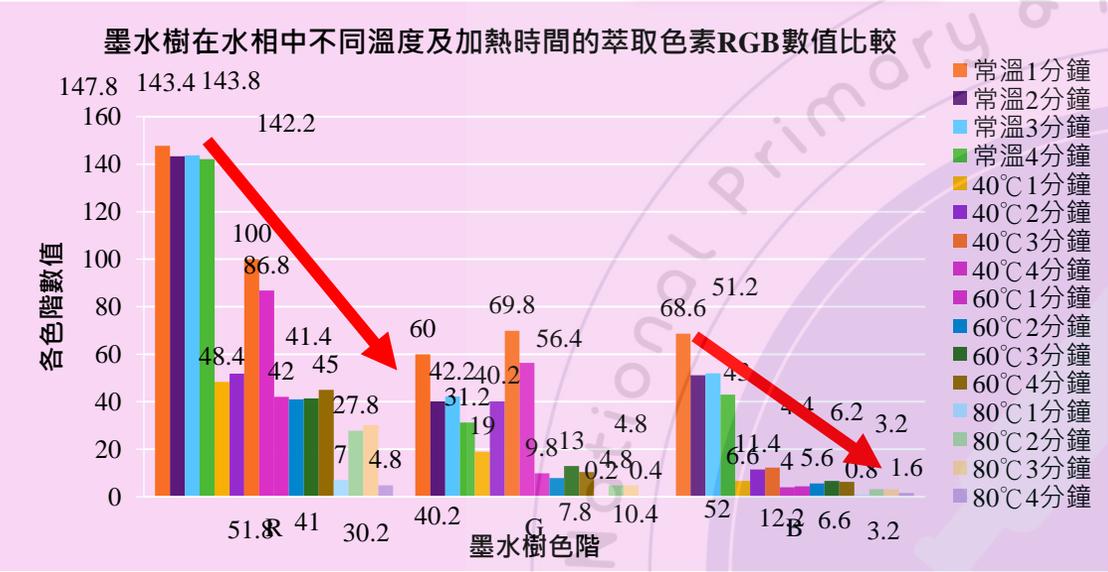
是由兩顆白光和中間的感光器所組成的



ADC是指類比數位訊號

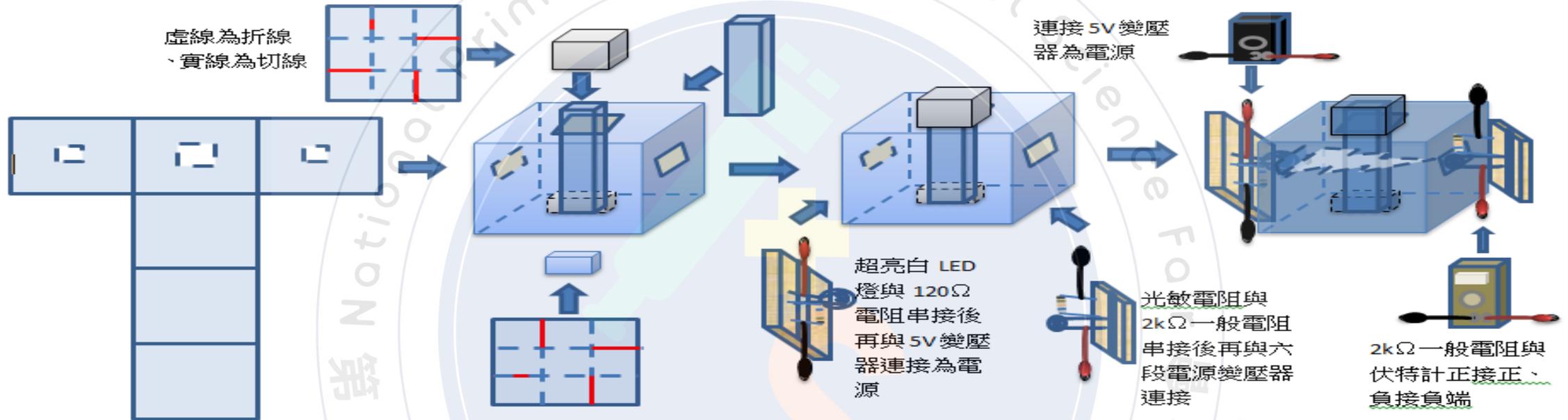
把布反射出來的光轉換成電的類比訊號再轉換成數位數字再傳送到電腦變成RGB

# 著墨於儀的實驗數據討論



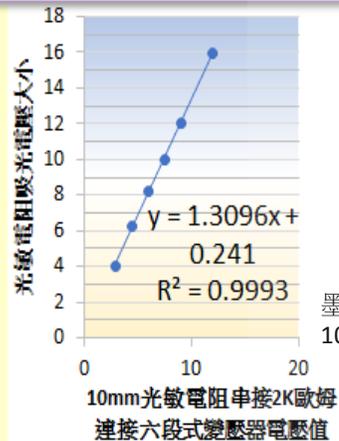
# 著墨於儀的儀器設計

## 第一代單色光單燈吸光儀模型製作圖示流程



## 第一代單色光單燈吸光儀實測數據結果分析

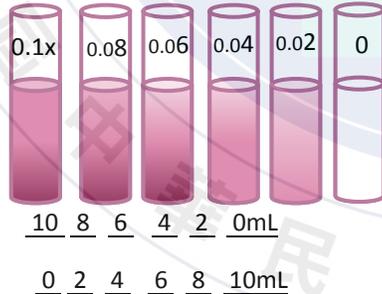
第一代單色白光燈源吸光度儀照射水在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接 2K 歐姆偵測電壓的關係圖



墨水樹萃取液原汁稀釋 10 倍為 10x=0.1

墨水樹汁稀釋液

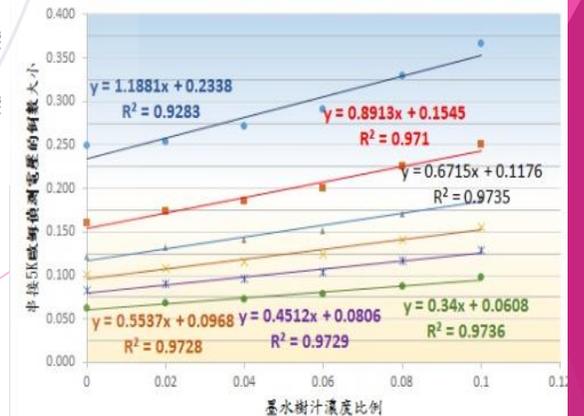
墨水樹汁 10x 水



墨水樹汁濃度	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
3v 源偵測 V	4.01	3.95	3.69	3.44	3.04	2.73
4.5v 源偵測 V	6.26	5.77	5.38	5.01	4.44	3.99
6v 源偵測 V	8.23	7.6	7.08	6.58	5.85	5.27
7.5v 源偵測 V	9.99	9.23	8.6	8	7.09	6.4
9v 源偵測 V	12.04	11.06	10.36	9.65	8.59	7.74
12v 源偵測 V	15.92	14.77	13.67	12.77	11.44	10.25

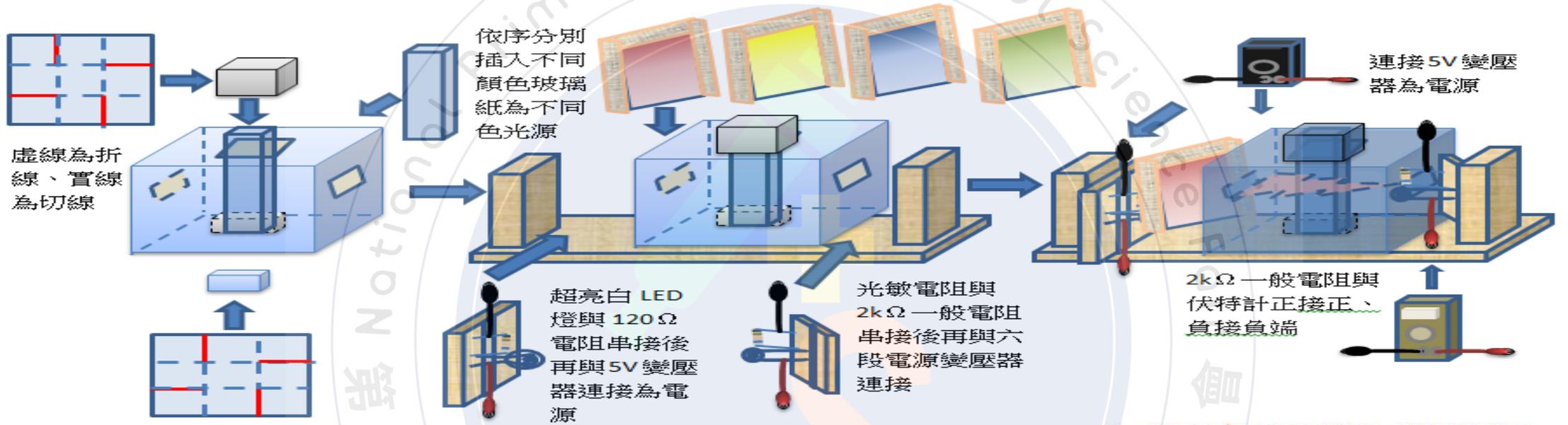
第一代白色強光單燈源吸光度儀照射不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接 5K 歐姆偵測電壓的關係圖

- 1/3 v 源偵測電壓
- 1/4.5 v 源偵測電壓
- ▲ 1/6 v 源偵測電壓
- × 1/7.5 v 源偵測電壓
- ✱ 1/9 v 源偵測電壓
- 1/12 v 源偵測電壓



# 著墨於儀的儀器設計

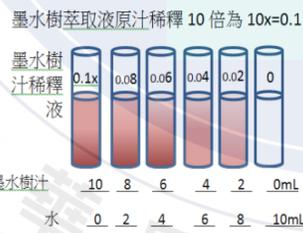
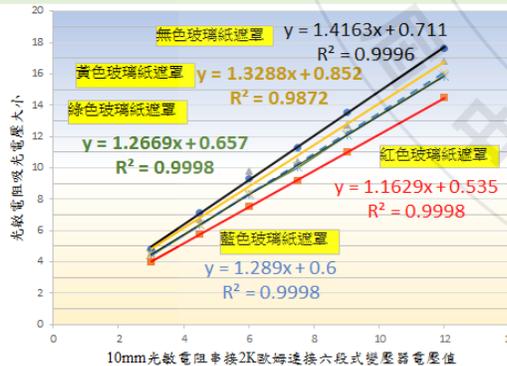
## 第二代多色光單燈吸光儀模型製作圖示流程



## 第二代多色光單燈吸光儀實測數據結果分析

電壓大小	無色遮罩	紅色遮罩	黃色遮罩	綠色遮罩	藍色遮罩
3	4.83	4.01	4.55	4.45	4.45
4.5	7.13	5.79	6.71	6.42	6.36
6	9.34	7.56	9.78	8.4	8.32
7.5	11.3	9.17	10.39	10.17	10.06
9	13.52	11.02	12.71	12.22	12.1
12	17.63	14.5	16.78	16.08	15.86

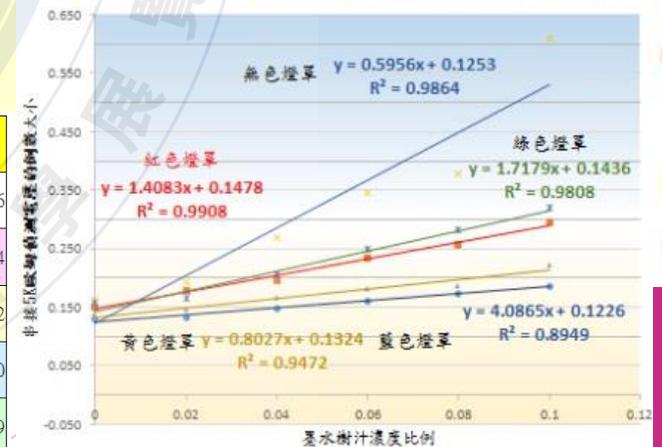
第二代多色玻璃紙遮罩白光燈源吸光度儀照射水在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



第二代多色燈罩吸光度儀照射不同濃度墨水樹汁在6V電壓下光敏電阻照光強度與串接5K歐姆偵測電壓的關係

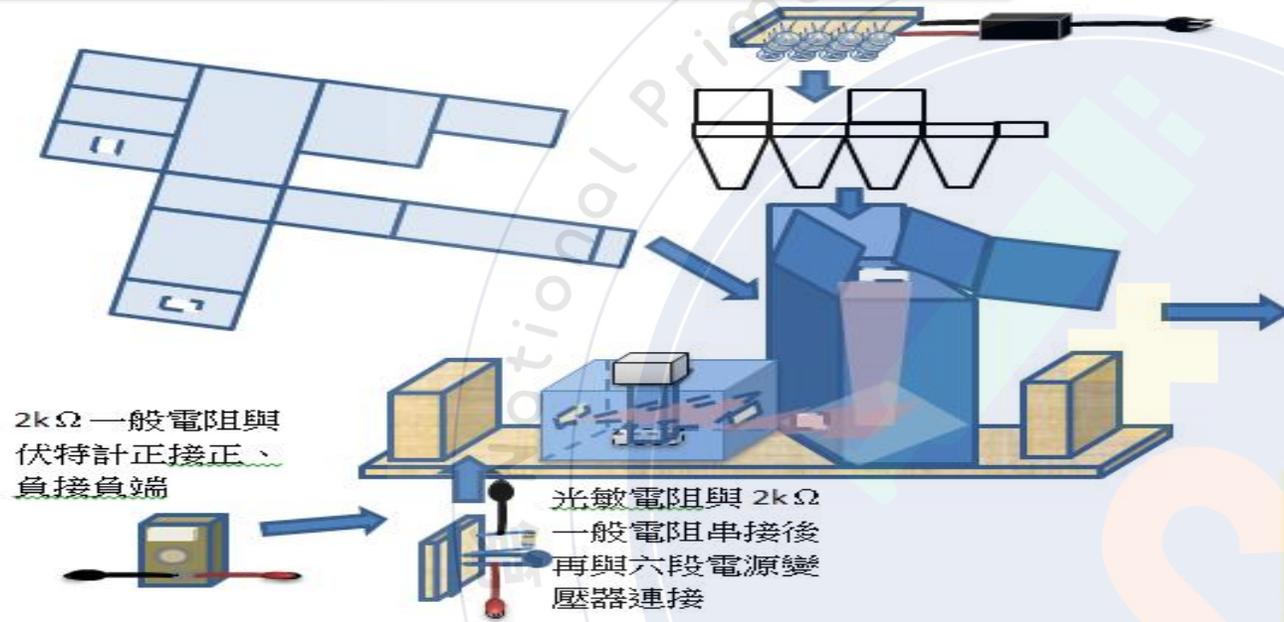
墨水樹汁濃度	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
無色透明燈罩	0.129	0.133	0.149	0.160	0.174	0.186
紅色透明燈罩	0.151	0.179	0.196	0.233	0.256	0.294
黃色透明燈罩	0.137	0.145	0.165	0.181	0.186	0.222
藍色透明燈罩	0.164	0.194	0.270	0.346	0.379	0.610
綠色透明燈罩	0.157	0.165	0.207	0.248	0.281	0.319

第二代白色強光多色燈罩吸光度儀照射不同濃度墨水樹汁在6V電壓下光敏電阻照光強度與串接5K歐姆偵測電壓的關係圖



# 著墨於儀 的儀器設計

## 第三代多燈多色光吸光儀模型製作圖示流程



我們以十六顆綜合型 LED 燈，經過並聯分流串接及三切開關設計後，可切換出七色色光(紅光、藍光、綠光、紅藍複合光、紅綠複合光、藍綠複合光以及紅藍綠三色複合光):

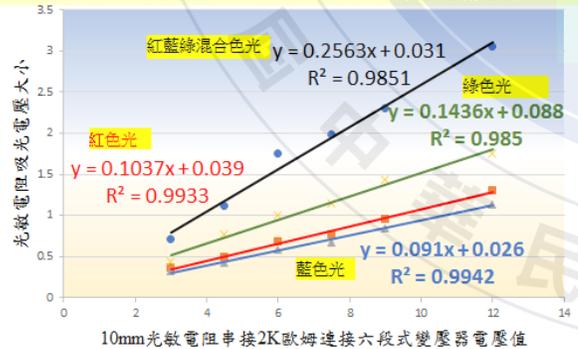
## 第三代多燈多色光吸光儀實測數據結果分析

偵測 V 電壓大小	紅藍綠混合色光	紅色光	藍色光	綠色光	紅藍混合色光	紅綠混合色光	藍綠混合色光
3	0.72	0.37	0.32	0.44	0.47	0.62	0.55
4.5	1.12	0.5	0.43	0.77	0.71	0.84	0.7
6	1.76	0.68	0.58	1.01	1.13	1.15	0.92
7.5	1.99	0.77	0.67	1.15	1.23	1.6	1.52
9	2.3	0.96	0.84	1.43	1.3	2	1.72
12	3.06	1.31	1.14	1.76	1.81	2.2	1.78

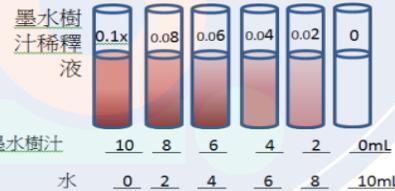
- 紅藍綠混合色光
- 紅色光
- ▲ 藍色光
- × 綠色光

第三代多色十六LED集光燈源吸光度儀 照射水在不同電壓下

光敏電阻照光強度與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖-1

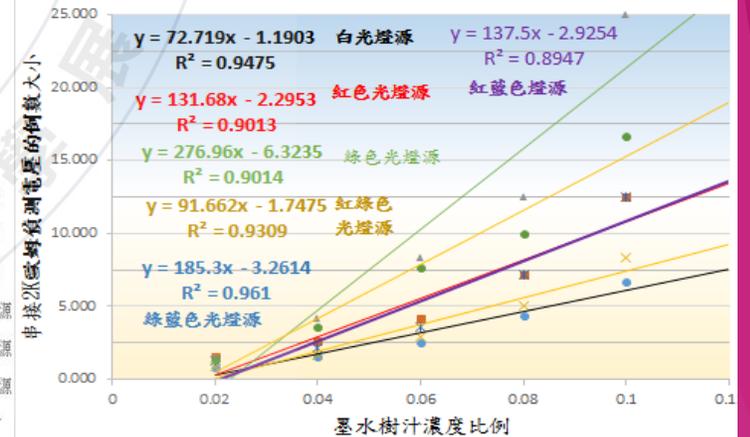


墨水樹萃取液原汁稀釋 10 倍為 10x=0.1



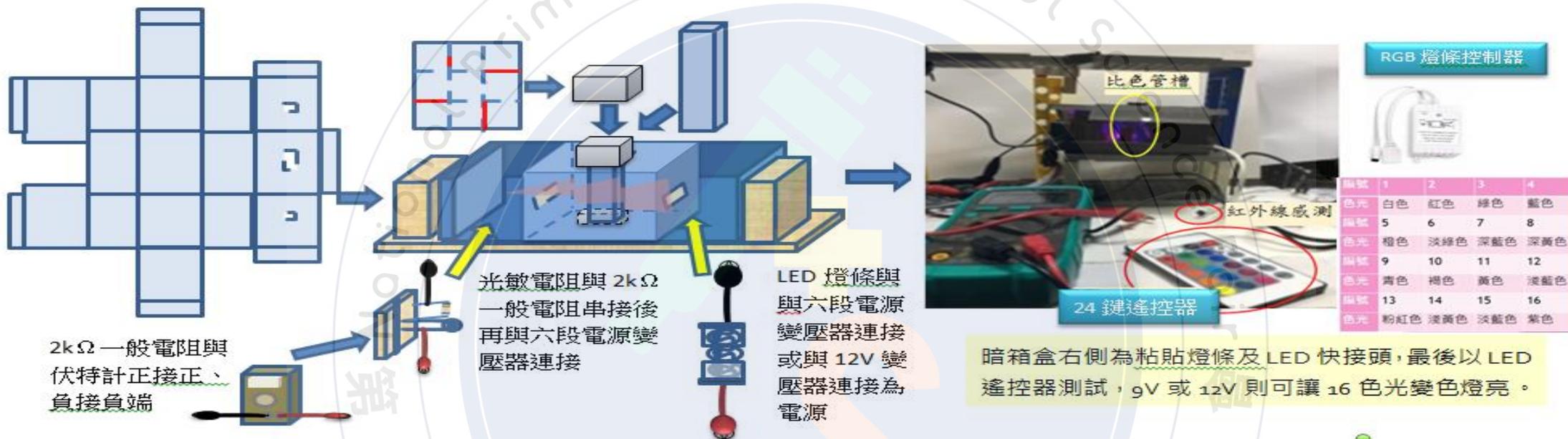
墨水樹汁濃度	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
多燈聚光白光燈源	3.01	1.27	0.64	0.4	0.23	0.15
多燈聚光紅光燈源	1.20	0.63	0.38	0.24	0.14	0.08
多燈聚光綠光燈源	1.95	0.68	0.24	0.12	0.08	0.04
多燈聚光紅綠光燈源	2.55	1.18	0.61	0.34	0.2	0.12
多燈聚光紅藍光燈源	1.80	0.81	0.46	0.28	0.14	0.08
多燈聚光綠藍光燈源	2.27	0.74	0.28	0.13	0.1	0.06
多燈聚光藍光燈源	0.57	0.12	0.06	0.04	0.03	0.02

第三代十六燈聚光 多色燈源吸光度儀照射不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖

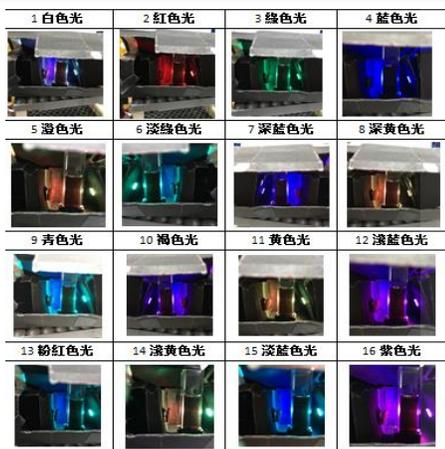


# 著墨於儀的儀器設計

## 第四代燈條多色光吸光儀模型製作圖示流程



## 第四代燈條多色光吸光儀實測數據結果分析

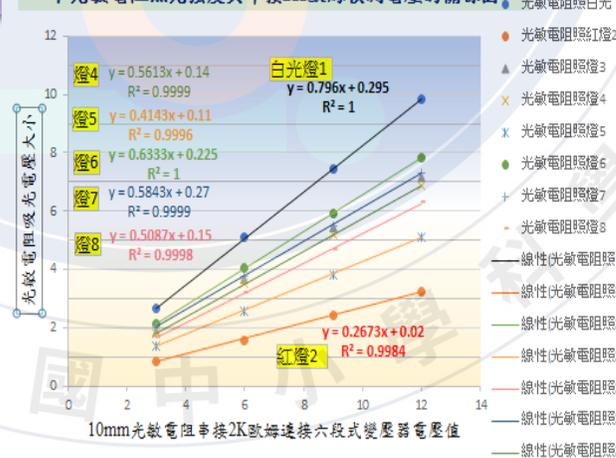


燈色編號	1	2	3	4	5	6	7	8
3v 源偵測 v	2.67	0.86	1.86	1.8	1.38	2.13	2.03	1.69
6v 源偵測 v	5.1	1.58	3.67	3.54	2.57	4.03	3.78	3.2
9v 源偵測 v	7.44	2.4	5.42	5.2	3.81	5.9	5.5	4.69
12v 源偵測 v	9.85	3.26	7.18	6.86	5.11	7.84	7.3	6.28

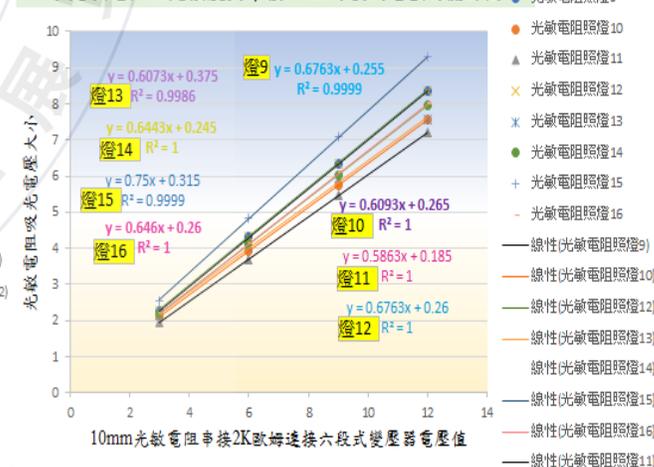
  

燈色編號	9	10	11	12	13	14	15	16
3v 源偵測 v	2.27	2.09	1.94	2.28	2.14	2.18	2.54	2.19
6v 源偵測 v	4.34	3.93	3.71	4.33	4.05	4.11	4.84	4.14
9v 源偵測 v	6.33	5.74	5.46	6.35	5.95	6.04	7.09	6.09
12v 源偵測 v	8.37	7.58	7.22	8.37	7.58	7.98	9.29	8

第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀照射水在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



第四代多色光9VLED燈條單燈源吸光度儀照射水在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖

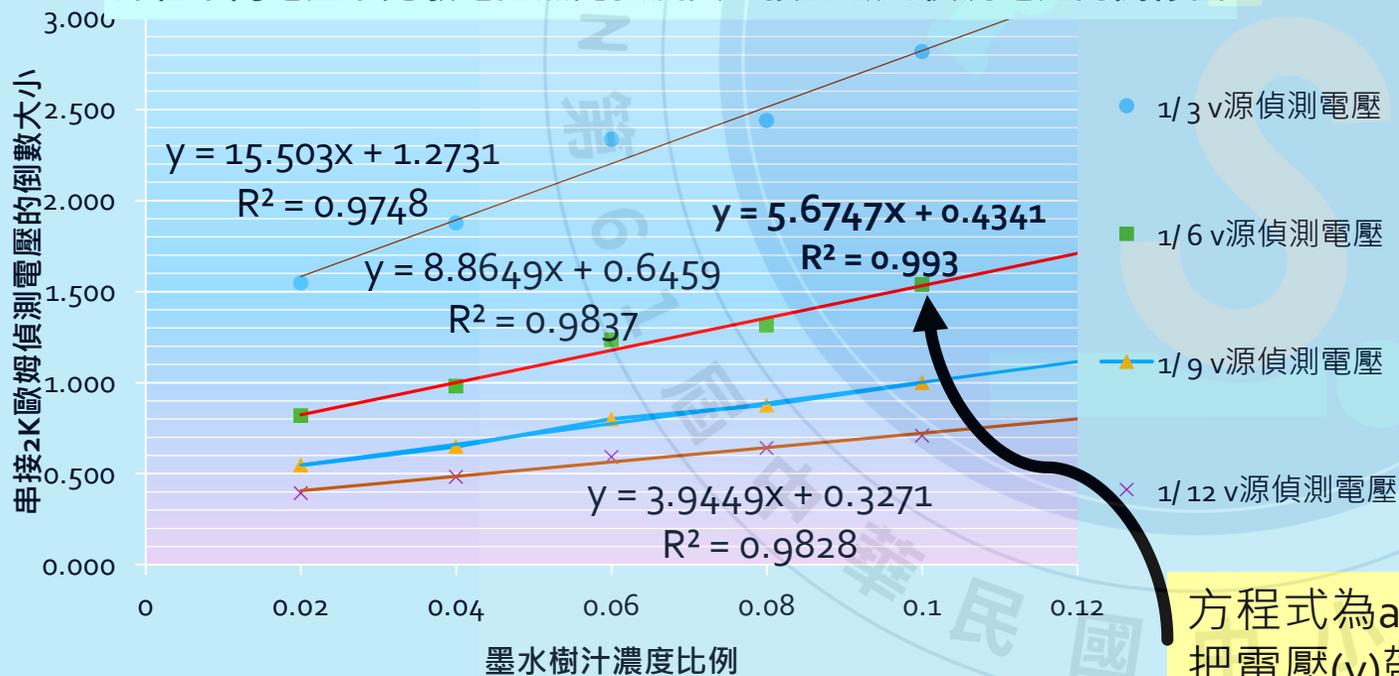


墨水樹染材的減量回收及再利用之研究實測數據結果及分析

不同濃度墨水樹汁	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1
光敏電阻串接2K歐姆總電壓6V	3.56	2.85	2.34	2.29	2.06	1.98	1.82	1.92	1.89	1.86
光敏電阻串接2K歐姆總電壓12V	6.98	5.57	4.61	4.35	4.18	3.99	3.61	3.84	3.76	3.57

- 墨水樹心染材經煮染及上色時間越久染色效果越佳；染液呈紅色，略呈酸性，加鹼呈紫色、加酸呈黃色，但染布在空氣中置放，漸回復紅棕色。
- 染液加入不同金屬離子的媒染劑會改變顏色，前媒染比後媒染的顯色效果佳；後媒染則比同媒染的顯色效果佳。
- 我們成功的整合手機APP 並搭配自製光路徑箱來測量溶液的RGB，使用顏色感測器來測量色布，可增加顏色量測的準確度。
- 我們也成功的製作出第四代可調變色燈的吸光儀，其靈敏度在模擬發出不同波長分光十六色燈的照射水樣感光電壓下，與串接電阻檢測電壓的線性回歸趨勢線的R<sub>2</sub>值均可達0.99以上，並可依染液的顏色來選擇色光製作出不同濃度的檢量線達到染液回收再利用的及選擇最佳墨水樹濃度為移印染色布做準備的效果。

第四代多色光9V LED燈條單燈源吸光度儀紅光照射不同濃度墨水樹汁在不同電壓下光敏電阻照光強度與串接2K歐姆偵測電壓的關係圖



方程式為 $ax+b=y$  我們已經透過實驗知道a 和b 那我們把電壓(y)帶入此方程式 便可算出我們的x