

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

團隊合作獎

030202

色變~藍靛粉的山水風情畫

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者： 國一 郭珈妤 國二 許心縈	指導老師： 賴月琴 王瓊誼
-------------------------	---------------------

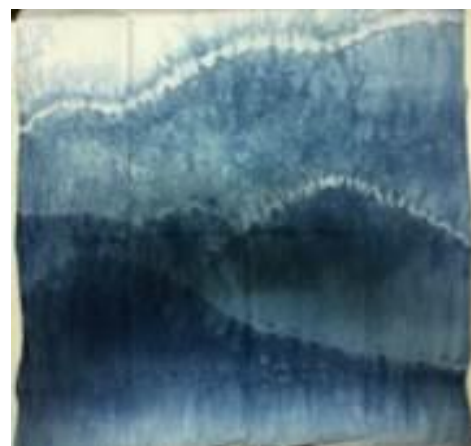
關鍵詞：氧化還原、自製吸光儀、溶解度

摘要

傳統的藍染，染一塊深藍的布，有時要反覆染個二、三十次才行，而每一次的洗滌，都是藍水對環境的污染！

我們以便宜的零件及回收的手機變壓器插頭，成功的製造出第三代簡易吸光儀，其中六段電源供應器以不同電壓驅動光敏電阻感光後的電壓變化，線性趨勢線的相關係數 R^2 值可達 0.99，而配製藍染溶液的色階檢量線，辨色的相關係數也可達 0.9 以上，因此，可以輕易的分辨藍染後的廢液濃度，回收再利用。

同時，我們企圖以水果皮內膜取代保險粉(連二亞硫酸鈉)的臭味及毒性，也意外的發現，減少藍染洗滌廢水及減少藍染次數的簡單方法-回歸加酸定色，可讓染料溶解度變小而定色於染布上。



壹、研究動機

有一天我和家人一起到三義卓也小屋去遊玩，媽媽買了一條藍染的絲巾，好貴哦！他們也有藍染 DIY 的課程，可惜我們是一日遊，沒有時間留下來參加。

媽媽看出我的遺憾，有一天，帶著喜歡做手工藝的我們去參觀了臺中市纖維工藝博物館。天啊~簡直讓我大開眼界了！這以編、結、織、染、繡為主題，結合工藝與藝術的博物館，簡直讓我看到留連忘返啊~其中，讓我最吸晴的是藍染也可以做成像國畫一樣！？還有，最令我高興的是，我們走進了一樓的天染工坊店內，不僅有很多漂亮的染布和文創藝術品可以選購，我們還向店長請教了染布的一些常識，當然，還買了藍染的材料！

我上網查了一些藍染的方法及影片，在家 DIY 了一下，其中，讓我最受不了的是：保險粉好臭哦！這會不會有毒啊？染完的染液好深哦~可以倒掉嗎？

喜歡藍，但不喜歡這麼深藍的我，決定以藍染為主題，報名了學校的科研社，希望與伙伴一起研究出能代替保險粉，做出有色階的藍染山水畫，加油！！

貳、研究目的

一、辨色儀器的比較分析與設計

(一) App 辨色

(二) 自製簡易吸光儀辨色

二、藍靛粉與還原劑(保險粉、天然果皮內膜)之氧化還原反應的色階變化

三、藍靛粉的溶解度比較

四、藍染廢水的減量與回收之研究

五、藍染山水風情畫的吸附顯色探究

參、研究設備及器材

【研究所需器材及藥品】

研究一、辨色儀器的比較分析與設計

(一) App 辨色

智慧型手機、下載 App 辨色軟體，以手機拍照後，由 APP 辨色記錄 RGB。

(二) 自製簡易吸光儀辨色

回收手機用的變壓器、麵包板、5.5V LED 黃光燈條、超亮白光 LED 燈、10~180 Ω 各種規格的電阻元件、六段式變壓器電源(5V 左右)、5mm 18K Ω 光敏電阻、10mm 2.38K Ω 光敏電阻、紅黑接線、鱷魚夾頭、焊槍、焊錫、錫油、剝線鉗、剪刀、膠帶、數字型三用電表、比色管、光度儀暗箱及比色管底部凹槽(黑色壁報紙、白膠)、直尺



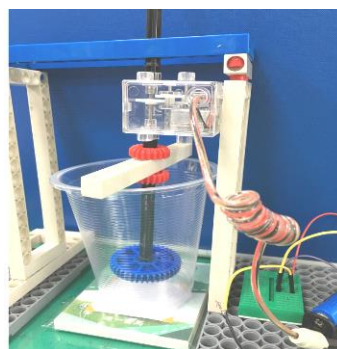
第三代自製簡易吸光儀移動式的感光槽可適度調整最佳的感光路徑

研究二、藍靛粉與還原劑之氧化還原反應的色階變化

白布、藍靛粉、保險粉、天然果皮內膜、氫氧化鈉、1000 mL 燒杯、50 mL 燒杯、玻棒、量筒、自製攪拌機，裝置如右上圖。

夾鏈袋、標籤紙、奇異筆、自製滾壓圓筒、自製晾布的積木支架(智高積木、黑色吸管内以竹篾強化及加長、膠帶、長尾夾、長方型回收鋁盤，裝置如右下圖。

柳丁、橘子和百香果的外皮水果內膜、圓柱形罐子、小刀、烘箱、粉碎機、細篩網



研究三、藍靛粉的溶解度比較

自製第三代吸光儀、溫熱的水、冰醋酸、碳酸鉀、保險粉、加鹼、葡萄糖、氯化鈉

四、藍染廢水的減量回收與再利用之研究

量筒、塑膠吸管、冰醋酸、藍染廢水、比色管、自製第三代吸光儀、氫氧化鈉、pH 計

五、藍靛粉與染布流程及吸附顯色的探究(山水風情畫)

棉布、混紡棉布、置物箱、自製晾布的智高積木支架組、長尾夾、衣架、手套、塑膠袋、綁線、同研究二的材料、水盆、冰醋酸。

【資訊設備】

電腦 Microsoft Word 2010、Microsoft Excel 2010、智慧型手機、google 及 App

肆、研究過程及方法

【先備知識的探究與整理】

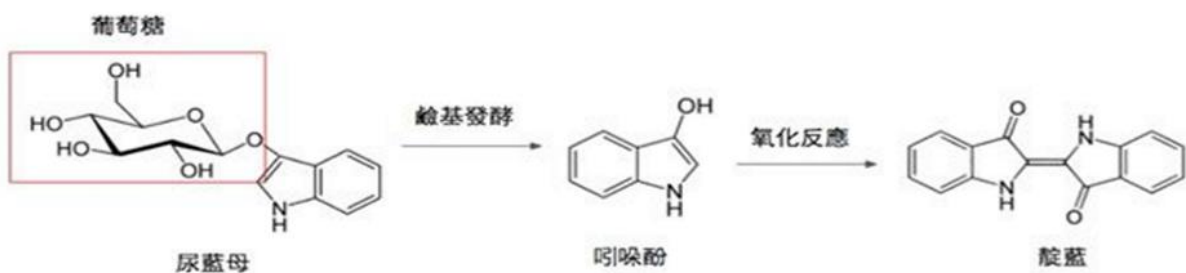
文獻探討

一、製藍的方法：傳統沉澱法，選馬藍做製藍的藍染植物。

製造流程：馬藍生葉→浸泡在水中(夏季約為 24~36 小時、冬天需更長，視藍葉腐爛和藍靛素溶出的程度判斷)→腐葉撈出藍甘→加入適量的石灰乳『熟石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 』(提供鹼性)→快速攪拌(視泡沫下降減少而呈現細小狀)→靜置→待藍靛沉澱與水分離→上層的咖啡色廢液倒除或使用尿布袋進行過濾→沉澱之藍泥。

二、藍染的原理與藍染的技法

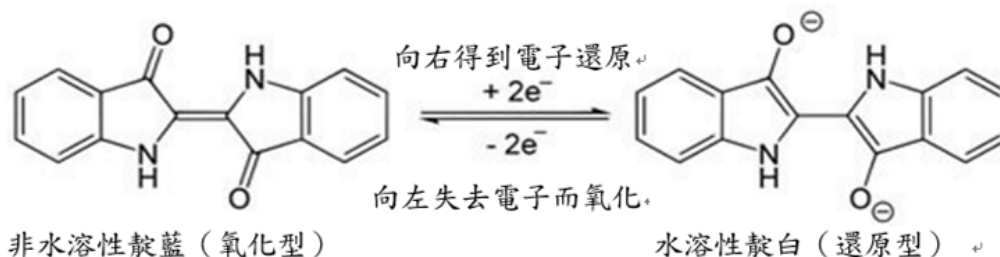
1. 提煉靛藍的植物，皆有尿藍母 (indican)的成分，結構中含有一個葡萄糖，在鹼液中進行發酵而產生吲哚酚(indoxyl)的分子，終被氧化形成靛藍，進而產生布料上藍色的效果。



靛藍形成的反應過程

(圖片來源：Wikipedia(2019)。取自 <http://goo.gl/XMY4zZ>)

2. 但是靛藍微溶於水、酸或鹼，若要讓這染劑吸附布料，就必須先經過還原作用，化學還原作用是加入低亞硫酸鈉(保險粉)，就可產生靛白(Indigo white)，而靛白可溶於鹼液，故可對布料吸附而上色(通常是先變綠色)，染後在空氣中進行氧化，再變回藍色的靛藍，附著於纖維上。所以，靛藍的染液必須要還原劑和鹼液同時存在，藍染的效果才較佳。



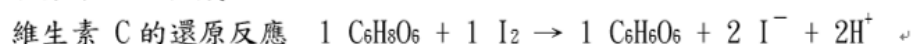
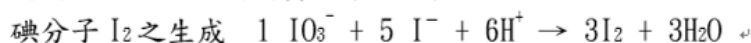
靛藍的還原反應與靛白的氧化反應

(圖片來源：Wikipedia(2019)。取自 <https://goo.gl/XMY4zZ>)

三、果皮還原的原理與檢驗

1. 碘酸鉀溶液在酸性下，可被還原成碘分子的反應，可與澱粉分子反應。

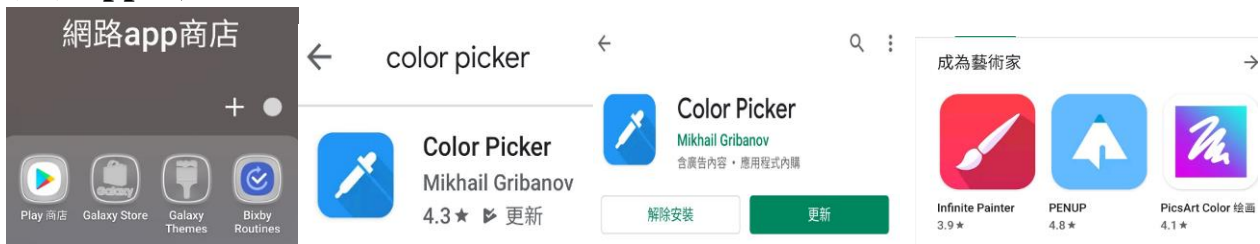
2. 碘分子又可與具還原性的維生素 C 形成碘離子(橘皮中存在的含量多寡可視其還原碘分子的能力，故可用滴定實驗來檢驗)



3. 柑橘類水果比蘋果和香蕉(果皮本身容易被氧化)等更適合藍染的染缸，因為柑橘類水果還原性有效成分主要來自類「黃酮族單元體多酚類」及類胡蘿蔔素、抗壞血酸、維生素 C 等物質，尤其類黃酮具有抗菌的效果而在染缸中可以幫助抑制細菌真菌滋生，防止異味產生。

【研究一】辨色儀器的比較分析與設計

(一) App 辨色



App 辨色在網路 app 商店，輸入[color picker]，下載程式，點選快速連結的畫面即可將圖片讀取其 RGB，是當簡易辨色的工具。

(二) 自製簡易吸光儀辨色

吸光儀辨色原理

利用特定波長的光線入射試樣，一部分的光線會被試樣吸收，其餘的光線會反射或折射通過比色管。依據比爾定律， $A = \epsilon bc$ (A :吸收度， ϵ :莫耳吸收係數， b :光徑長， c :樣品莫耳濃度)，濃度 c 與吸收度 A 成正比；若試樣濃度愈大，則吸收光多而穿透折射者較少。



因傳統的吸光儀是用光度計測量剩餘光度(Lux)的大小，光度值常一直跳，讀取穩定的數據不易，所以，我們參考歷屆科展，各家的吸光度儀種類不少，有的是現成的 senser 套件，而且還要靠電腦連接 Audruio 電子積木，利用圖塊程式讀取數據，很多也都只是列出最後設計的裝置圖，有點霧裡看花，但都是以光敏電阻為感光元件讀取電阻值等。


我們回歸最基本的電路設計，運用最便宜的電子零件來設計我們的吸光度儀：

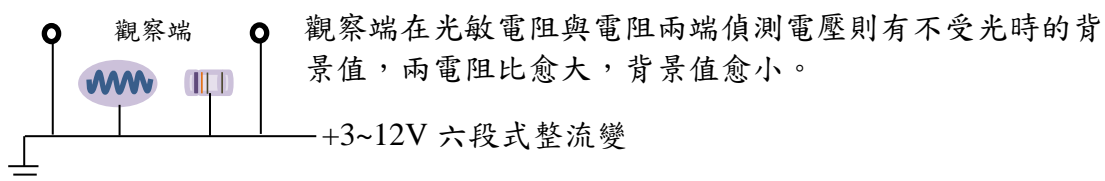
- 1.光源部份：回收手機用的變壓器(省錢、省電)、麵包板(約 30 元左右)插 LED 燈(大顆超亮白光 10 元)和一個電阻元件串接(各種規格的電阻元件 20 個不到 10 元)，串接電阻的用意是用掉一些電壓，避免變壓器電源(5V 左右)將 LED 燈燒壞而延長燈源壽命。
- 2.偵測器部份：光敏電阻(10mm 的一個 15 元、5mm 的學校有一堆)、麵包板、電阻元件、接線、數字型三用電表(買的話，一個 300 元，學校就有好幾個)，電線一捆 10 元，紅黑兩 20 元，再加上幾個鱷魚夾頭(一個 2 元)，以及學校生科教室基本的電工器材(焊槍、焊錫、剝線鉗)、剪刀、膠帶...等。

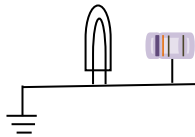
吸光度儀設計⁶：測定光敏電阻測不同溶液顏色及濃度吸光後的光電壓變化值

以下為本實驗的創新電路設計圖及簡易說明如下：

使用的 5mm 光敏電阻  外型愈小，電阻值愈大，為 18K Ω ；10mm 光敏電阻  外型愈大，電阻值愈小，為 2.38K Ω 。

為降低背景分壓值，選擇串接的電阻  為比光敏電阻小相當多的 180 Ω 、120 Ω ，甚至 50 Ω 則幾乎無照光的背景分電壓接近於零；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。











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。

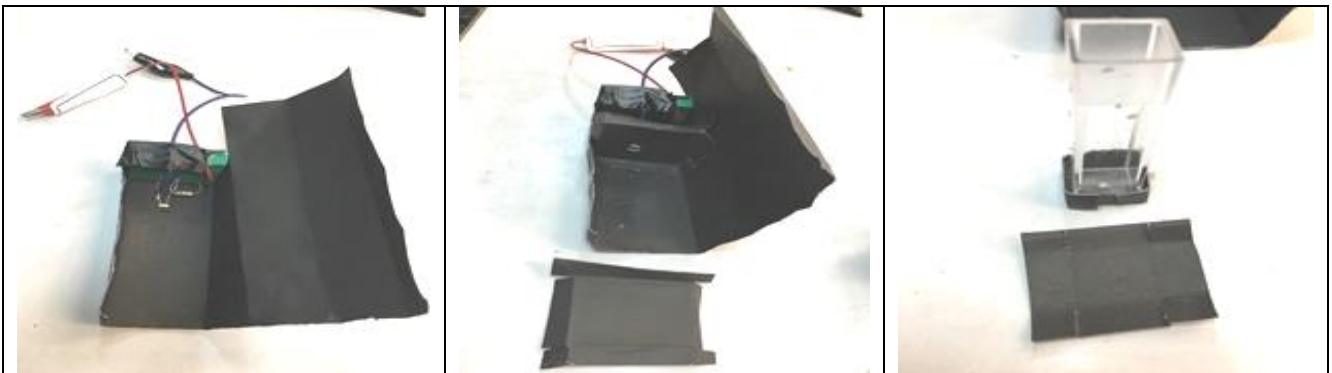
第一代吸光度儀製作

以下圖示為第一代吸光儀的製作圖示流程【5mm18KΩ 光敏電阻與 180Ω 電阻串聯(電阻比 1000:1)在 3~12V 六段式整流變壓下，光敏電阻光感應電壓及背景電壓的測試】

		
3V 電源下光敏電阻照日光燈的光感應電壓含 180Ω 電阻的背景電壓	4.5V 電源下光敏電阻照日光燈的光感應電壓含 180Ω 電阻的背景電壓	6V 電源下光敏電阻照日光燈的光感應電壓含 180Ω 電阻的背景電壓
		
7.5V 電源下光敏電阻照日光燈的光感應電壓含 180Ω 電阻的背景電壓	9V 電源下光敏電阻照日光燈的光感應電壓含 180Ω 電阻的背景電壓	12V 電源下光敏電阻照日光燈的光感應電壓含 180Ω 電阻的背景電壓

5mm 18KΩ 光敏電阻與 180Ω 電阻串聯(電阻比 1000:1)在 3~12V 六段式整流變壓下，光敏電阻光感應電壓及背景電壓的測試二

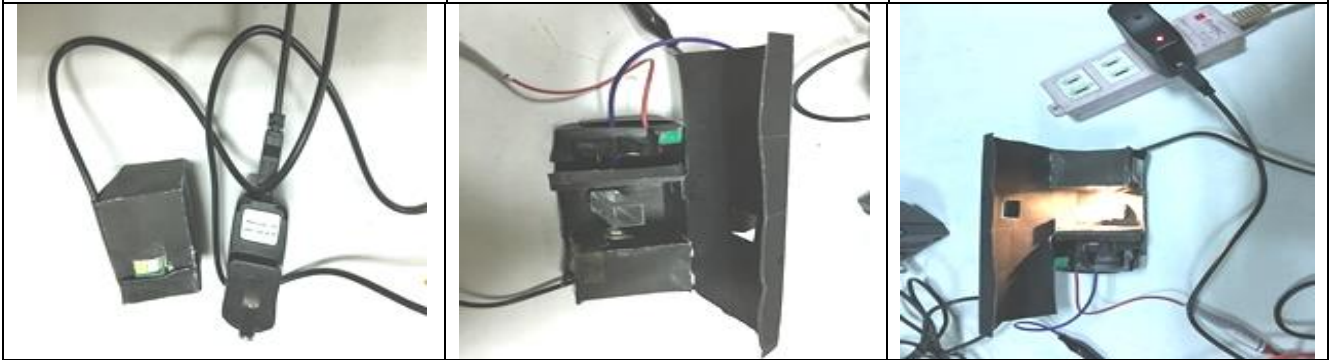
		
3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻的背景電壓	4.5V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻的背景電壓	6V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻的背景電壓



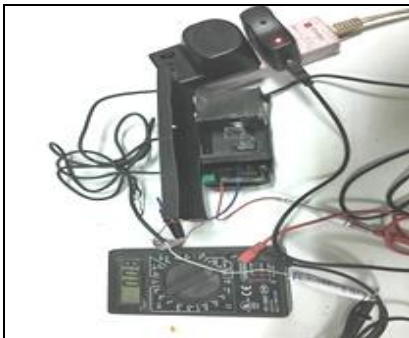
白膠黏結雙層黑紙成光度儀暗箱，先固定光敏電阻和電阻串接的麵包板及觀察測試接線	折夾層固定位置並調整好可讓光敏電阻穿透的最佳孔洞大小及位置	製作比色管可放置的凹槽大小
--	-------------------------------	---------------



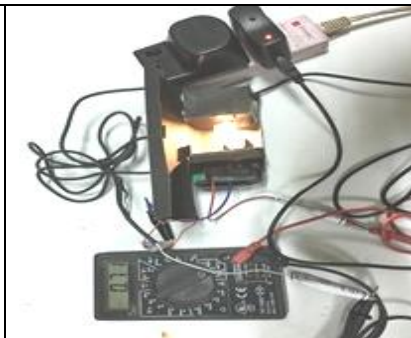
比色管與凹槽放在光敏電阻前的最佳位置上，固定之	製作光源盒，打洞固定 5V LED 電源 (1 個白光、1 個變色光) 正面	製作光源盒，打洞固定 5V LED 電源 (1 個白光、1 個變色光) 反面
-------------------------	--	--



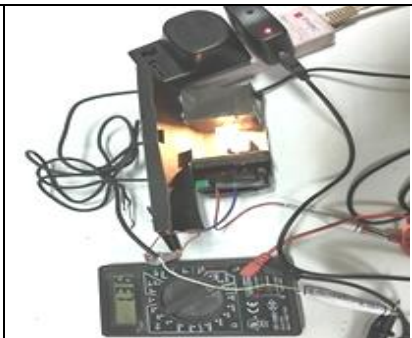
組裝好 5V LED 電源光源盒後備用	擺放光源盒在比色管另一側，光度儀暗箱蓋可定比色管上方開孔位置	5V LED 整流電源插在一般 110 V 的延長線插孔上通電測試光路徑
---------------------	--------------------------------	--------------------------------------



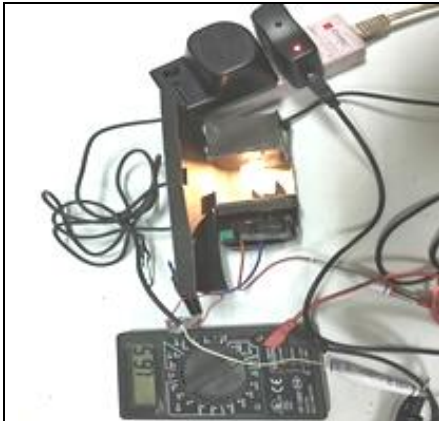
照日光的背景電壓值小，只有 0.08V



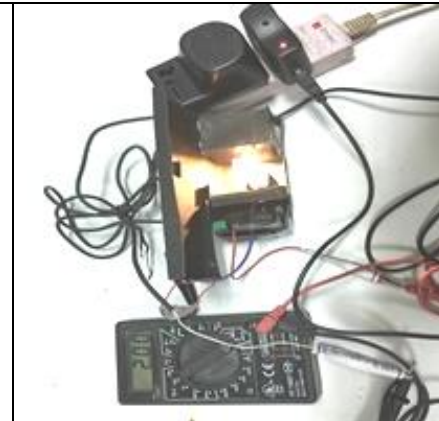
3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及日光燈的背景電壓



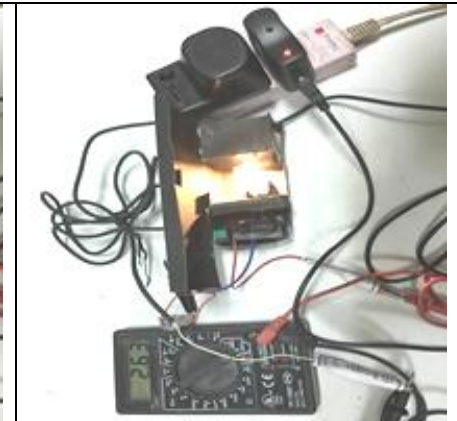
6V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含背景電壓



7.5V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含背景電壓



9V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含背景電壓



12V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含背景電壓



比色管加蓋不照日光的背景電壓值小，只有 0.02V



3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及日光燈的背景電壓



12V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及日光燈的背景電壓



比色管不加蓋，3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及日光燈的背景電壓



比色管加蓋，3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及不含日光燈的背景電壓



比色管加蓋，12V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及不含日光燈的背景電壓

第二代吸光度儀製作

將第一代吸光儀的 5V LED 黃光燈條改為超亮白光 LED 與 50Ω 電阻串聯接回收手機變壓器為光源，其餘製作圖示流程與第一代吸光儀相同。

第三代吸光儀的製作圖示流程(主要是 18KΩ 5mm 光敏電阻改為 2.38KΩ 10mm 光敏電阻大小，造型及遮光效果不同)

		
<p>光源為超亮白光 LED 燈串接 50Ω 電阻在麵包板上，以接線連接回收 5~5.5V 電壓的變壓器</p>	<p>雙層黑色壁報黏貼於簡易光源座上，紙上剪出可穿白光 LED 燈光源的洞，讓照光時可遮蔽其他雜光</p>	<p>測試白光 LED 燈光源的路徑、高度及位置</p>
		
<p>白光上端板可阻上方日光，左右兩端插槽可擴充變色吸光板變化色光</p>	<p>2.38KΩ 10mm 光敏電阻與 120Ω 電阻串聯在麵包板上，加連接線、固定槽及檔板設計</p>	<p>六段式整流變壓 3V 下，未照光的背景電壓的只有 0.01V</p>
		
<p>移動式的感光槽可適度調整最佳的感光路徑</p>	<p>六段式整流變壓 3V 下，光敏電阻光感應電壓達 3.59V</p>	<p>六段式整流變壓 4.5V 下，光敏電阻光感應電壓達 5.15V</p>
		
<p>六段式整流變壓 6V 下，光敏電阻光感應電壓達 6.77V</p>	<p>六段式整流變壓 9V 下，光敏電阻光感應電壓達 9.90V</p>	<p>六段式整流變壓 12V 下，光敏電阻光感應電壓達 13.03V</p>

【研究二】藍靛粉與還原劑(保險粉、天然果皮內膜)之氧化還原反應的色階變化

想法：我們一開始按照市售藍染配方來染一些白色棉布，結果，將連二亞硫酸鈉的保險粉溶在溫水中，顏色由透明轉為琥珀色，有難聞的臭味及可能的毒性。

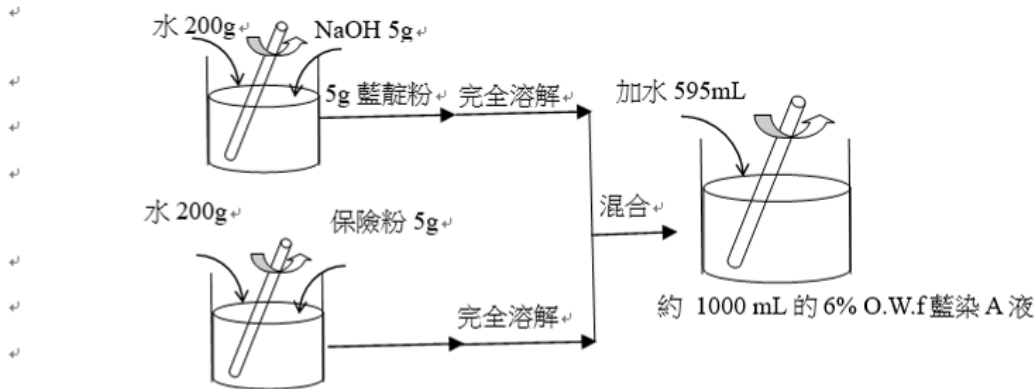
經再由調查的資料中，發現有人以水果皮內膜取代保險粉，這讓我們很感興趣，所以，本研究主要就是比較用三種水果皮內膜能否取代保險粉，讓藍靛粉還原？

同時也想做出不同深淺打樣的藍染色布。

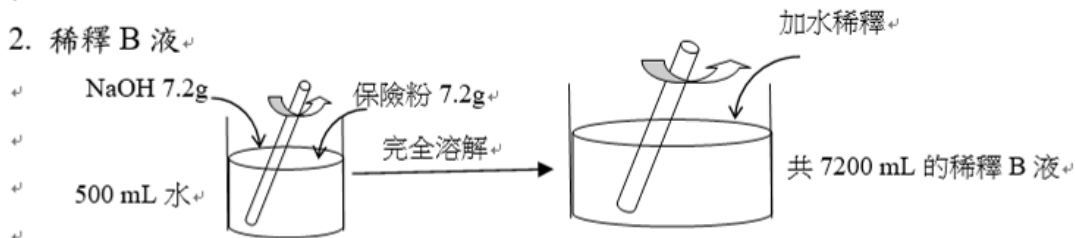
實驗一：藍染十二色染色深淺打樣的製作：

(一)配製不同濃度的染汁：

1. 藍染 A 液：配製 6% O.W.f(染料對布重)的藍染 A 液，再進行後續的稀釋。



2. 稀釋 B 液



3. 配製不同濃度的藍染染汁

	600mL 0.5%	600mL 1.0%	600mL 1.5%	600mL 2.0%	600mL 2.5%	600mL 3.0%
6% O.W.f 藍染 A 液	12 mL	24 mL	36 mL	48 mL	60 mL	72 mL
稀釋 B 液	588 mL	576 mL	564 mL	552 mL	540 mL	528 mL
	600mL 3.5%	600mL 4.0%	600mL 4.5%	600mL 5.0%	600mL 5.5%	600mL 6.0%
6% O.W.f 藍染 A 液	84 mL	96 mL	108 mL	120 mL	132 mL	144 mL
稀釋 B 液	516 mL	504 mL	492 mL	480 mL	468 mL	456 mL

估計：6% O.W.f 藍染 A 液總用量 $12+24+36+48+60+72+84+96+108+120+132+144 = 936 \text{ mL}$

估計：稀釋 B 液總用量約 $600 \text{ mL} \times 12 = 7200 \text{ mL}$

實驗二：藍染色布打樣的製作

1. 將漿洗過的白布以肥皂絲浸泡放置至隔夜，去漿後洗淨脫水，乾燥後備用。

2. 色布打樣實作

控制變因：漿洗處理後的相同面積大小的白布(5cm*5cm 正方形)、相同的 50mL 燒杯大小
相同的染液量 10mL、均以相同速率的攪拌機攪拌各 1 分鐘(目的讓布料完全浸入染液中不浮起)、同一室溫下進行實驗、相同的乾燥時間及染色次數

操縱變因：不同濃度的染汁(實驗一)(拍照)

應變變因：色布的染色效果(自然乾燥後 APP 辨色拍照記錄 RGB)
及乾燥後裝夾鏈袋貼標籤排列留存)

實作步驟：

(1) 將 0.5% O.W.f 藍染 A 液 10mL 加入 50mL 燒杯中。

(2) 攪拌機開始攪拌，同一燒杯各依序放入三片白布後，開始計時攪拌 1 分鐘後浸染 10 分鐘。

(3) 取出濕布，以自製滾壓圓筒擠掉殘留染液後夾吊在積木支架上，在通風處陰乾 1 小時。

(4) 換 O.W.f 藍染 A 液為 1.0~6.0%，同步驟(1)~(3)操作之。

(5) 所有陰乾後的染布均要對照排放整齊在記錄本上，以奇異筆書寫編號後拍照記錄，再以手機 APP 辨色拍照記錄 RGB。

(6) 第一次染布各放入不同濃度的 50mL 燒杯中，如步驟(1)~(5)，進行第二次色布藍染的打樣。

(7) 第二次染布各放入不同濃度的 50mL 燒杯中，如步驟(1)~(5)，進行第三次色布藍染的打樣。
(自製滾壓圓筒設計及拍照)(染後的濾液需留下比較前後濾液的濃度)

實驗三：天然果皮內膜取代保險粉的實驗研究

天然果皮內膜之取樣圖示如下：



橘子內膜及橘子皮自然乾燥



柳丁內膜及柳丁皮自然乾燥



橘子內膜及皮分開收集(右上角為加熱 150°C 30 分鐘條件、右下角為乾燥的香蕉)



橘子乾燥細碎化



柳丁乾燥細碎化



百香果乾燥細碎化

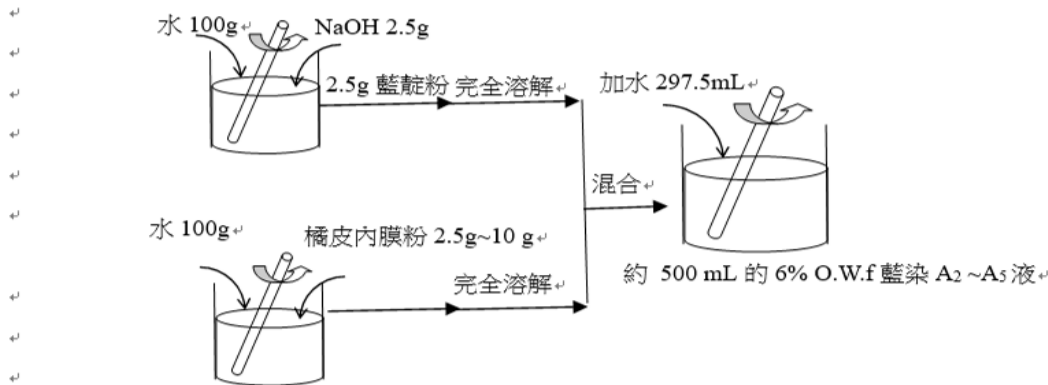
註 1：除了以手撕之方式取下柳橙的內皮和外皮、橘子和百香果的外皮外，取水果內膜的技巧，還可將圓柱形罐子橫擺，將水果皮放在橫罐上，以小刀將內膜小心下(刀刃向外，以免受傷)

註 2：水果內膜以烘箱加熱乾燥(150°C 30 分鐘)效果會變黑，溫度在 100°C 以下，乾燥至少 60 分鐘以下與自然乾燥三~七天的效果接近，待完全乾燥後細碎化，再各以粉碎機粉碎，再以細篩網過篩，務必使水果皮內膜粉與保險粉顆粒大小及表面積相近。

實驗四：天然果皮內膜取代保險粉的藍染染布打樣的製作：

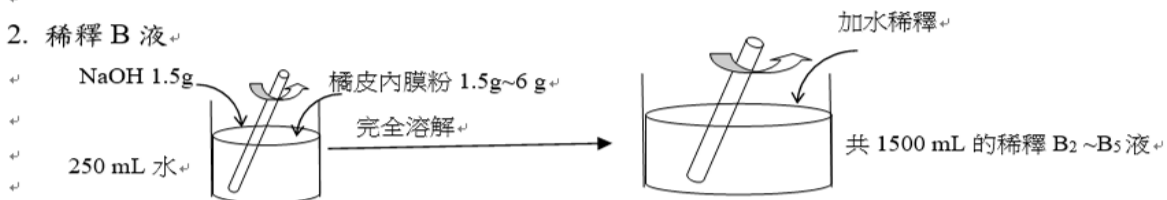
(一)配製不同濃度的染汁：

1. 藍染 A 液：配製 6% O.W.f(染料對布重)的藍染 A 液，再進行後續的稀釋。



橘皮內膜粉 2.5g~10 g 改為柳丁皮內膜粉 2.5g~10 g 為 6% O.W.f 藍染 A₆~A₉ 液；橘皮內膜粉 2.5g~10 g 改為百香果內膜粉 2.5g~10 g 為 6% O.W.f 藍染 A₁₀~A₁₃ 液

2. 稀釋 B 液



橘皮內膜粉 1.5g~6 g 改為柳丁皮內膜粉 1.5g~6 g 為稀釋 B₆~B₉ 液；橘皮內膜粉 1.5g~6g 改為百香果內膜粉 1.5g~6 g 為稀釋 B₁₀~B₁₃ 液

3. 配製不同濃度的藍染染汁

	300mL 1.0%	300mL 2.0%	300mL 3.0%	300mL 4.0%	300mL 5.0%
6% O.W.f 藍染 A ₂ ~A ₅ 液	12 mL	24 mL	36 mL	48mL	60 mL
稀釋 B ₂ ~B ₅ 液	288 mL	276 mL	264 mL	252 mL	240mL

估計：6% O.W.f 藍染 A 液總用量 12+24+36+48+60 = 180 mL

估計：稀釋 B 液總用量約 300 mL*5 = 1500 mL

1~5% O.W.f 藍染 A₂~A₅ 橘皮內膜粉；1~5% O.W.f 藍染 A₆~A₉ 改為柳丁皮內膜粉；1~5% O.W.f 藍染 A₁₀~A₁₃ 改百香果內膜粉。

實驗五：藍染色布打樣的製作(保險粉改為果皮內膜)

1.將漿洗過的白布以肥皂絲浸泡放置至隔夜，去漿後洗淨脫水，乾燥後備用。

2.色布打樣實作

控制變因：漿洗處理後的相同面積大小的白布(5cm*5cm 正方形)

相同的染液量 10mL、相同的 50mL 燒杯大小

均以相同速率的攪拌機攪拌各 1 分鐘(目的讓布料完全浸入染液中不浮起)

同一室溫下進行實驗、相同的乾燥時間及染色次數

操縱變因：不同濃度的染汁(實驗一)(拍照)

應變變因：色布的染色效果(自然乾燥後 APP 辨色拍照記錄 RGB)

及乾燥後裝夾鏈袋貼標籤排列留存)

實作步驟：

(1)將 1.0% O.W.f 藍染 A₂~A₅ 液各 10mL 加入 50mL 燒杯中。

(2)攪拌機開始攪拌，同一燒杯各依序放入三片白布後，開始計時攪拌 1 分鐘後浸染 10 分鐘。

(3)取出濕布，以自製滾壓圓筒擠掉殘留染液後夾吊在積木支架上，在通風處陰乾 1 小時。

(4)換 O.W.f 藍染 A₂~A₅ 液為 2.0~6.0%，同步驟(1)~(3)操作之。

(5)所有陰乾後的染布均要對照排放整齊在記錄本上，以奇異筆書寫編號後拍照記錄，再以手機 APP 辨色拍照記錄 RGB。

(6)第一次染布各放入不同濃度的 50mL 燒杯中，如步驟(1)~(5)，進行第二次色布藍染的打樣。

(7)第二次染布各放入不同濃度的 50mL 燒杯中，如步驟(1)~(5)，進行第三次色布藍染的打樣。

(自製滾壓圓筒設計及拍照)(染後的濾液需留下比較前後濾液的濃度)

(8)結果如圖示表格共三次*4 打樣圖示及記錄。

(9)如步驟(1)~(7)，將藍染 A₂~A₅ 液改為 A₆~A₉ 液，進行如圖示表格共三次*4 打樣圖示及記錄。

(10)如步驟(1)~(7)，將藍染 A₂~A₅ 液改為 A₁₀~A₁₃ 液，進行如圖示表格共三次*4 打樣圖示及記錄。

【研究三】藍靛粉的溶解度比較(加不同溫度的水、加酸、加鹼、加鹽、加糖)

想法：一般的溶解度實驗為將溶質加到溶劑中，量測在不同的溫度下，固定溶劑中可溶解溶質的最大量。藍靛粉價昂且為環保之故，本實驗創新使用自製第三代吸光儀有光敏電阻感光電壓的溶解度比較法，藍染溶解度大的，光吸收多，光穿透少，則感光電壓小。

一般溶解度表示法有兩種：

1.溶解度 = 溶質的最大量 g / 100 g 溶劑

2.飽合重量百分率濃度 P% = 溶質的最大量 g / 溶液 g 數

實驗六、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加不同溫度的水

步驟：

1.準備自製第三代吸光儀及多個比色管。

2.吸光儀的紅黑鱷魚夾線分別接六段電源變壓器紅色正極端及數位型電錶黑色負極端，吸光儀的白光光源也開啟。

3.將空的比色管放到吸光儀的凹槽中，開啟 4.5V 的電源電壓，微調比色管至感光電壓的讀數最大，記錄之。

4.以塑膠吸管吸取 2mL 清水加到比色管，記錄感光電壓大小。

5. 精秤 0.1 克藍靛粉加到 20mL 的溫水中攪拌，吸取 2mL 藍靛水加到比色管中，以紅外線溫度計測量測比色管液溫，同時記錄液溫及感光電壓大小。
6. 實驗室溫約為 22°C，所以，比色管液溫會因高溫熱傳而溫度下降，所以，每 30 秒以紅外線溫度計測量測比色管液溫，同時記錄液溫及感光電壓大小。

實驗七、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加冰醋酸

步驟：

1. 同實驗六的步驟 1~4。
2. 同實驗六步驟 5 的藍靛水，常溫下攪拌均勻後，以塑膠吸管吸取 2mL 藍靛水加到比色管中，記錄感光電壓大小。
3. 以塑膠吸管吸取 0.5mL 酸滴一滴到有 2mL 藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
4. 同步驟 3，再於比色管中滴一滴冰醋酸，吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
5. 同步驟 4，每次加一滴，以此類推，共記錄加到第五滴的冰醋酸即可。

實驗八、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加碳酸鉀溶液

步驟：

1. 同實驗七的步驟 1~2。
2. 精秤 1 克的碳酸鉀加到 1 mL 的水中，攪拌後再加 1 mL 的水，以確保碳酸鉀有全部溶解且濃度均勻。
3. 以塑膠吸管吸取 0.5 mL 碳酸鉀水溶液，滴二滴到有 2mL 藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
4. 同步驟 3，再於比色管中滴二滴碳酸鉀水溶液，吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
5. 同步驟 4，每次加二滴，以此類推，共記錄加到第十二滴的碳酸鉀水溶液即可。

實驗十、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加保險粉溶液

步驟：

1. 同實驗七的步驟 1~2。
2. 精秤 1 克的保險粉加到 2 mL 的水中，攪拌後再加 2 mL 的水，以確保保險粉有全部溶解且濃度均勻。
3. 以塑膠吸管吸取 0.5 mL 保險粉水溶液，滴一滴到有 2mL 藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
4. 同步驟 3，再於比色管中滴一滴保險粉水溶液，吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
5. 同步驟 4，每次加一滴，以此類推，共記錄加到第十滴的保險粉水溶液即可。

實驗十、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加保險粉與碳酸鉀水溶液體積比 1：1

步驟：

1. 同實驗七的步驟 1~2。
2. 以塑膠吸管吸取 0.5 mL 碳酸鉀水溶液，滴一滴到有 2mL 藍靛水的比色管中，再以貼有保險粉水溶液專用的塑膠吸管吸取 0.5 mL 的保險粉水溶液，也滴一滴到有 2mL 藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
3. 同步驟 2，再於比色管中各再滴一滴碳酸鉀水溶液及一滴保險粉水溶液，吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
4. 同步驟 3，每次各加一滴，以此類推，共記錄各加到第五滴的碳酸鉀及保險粉水溶液即可。

實驗十一、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加葡萄糖水溶液

步驟：

- 1.同實驗七的步驟 1~2。
- 2.精秤 1 克的葡萄糖加到 2 mL 的水中，攪拌後再加 2 mL 的水，以確保葡萄糖有全部溶解且濃度均勻。
- 3.以塑膠吸管吸取 0.5 mL 葡萄糖水溶液，滴一滴到有 2mL 藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
- 4.同步驟 3，於比色管中滴一滴葡萄糖水溶液，吸、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
- 5.同步驟 4，每次加一滴，以此類推，共記錄加到第十滴的葡萄糖水溶液即可。

實驗十二、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加氯化鈉水溶液

步驟：

- 1.同實驗七的步驟 1~2。
- 2.精秤 1 克的氯化鈉加到 2 mL 的水中，攪拌後再加 2 mL 的水，以確保氯化鈉有全部溶解且濃度均勻。
- 3.以塑膠吸管吸取 0.5 mL 氯化鈉水溶液，滴一滴到有 2mL 藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
- 4.同步驟 3，再於比色管中滴一滴氯化鈉水溶液，吸液、放液連續三次，5 秒後記錄感光電壓大小。
- 5.同步驟 4，每次加一滴，以此類推，共記錄加到第十滴的氯化鈉水溶液即可。

【研究四】藍染廢水的減量回收與再利用之研究

想法：傳統的藍染，為了染出深藍的布，常反覆染個二、三十次，其中每一次的洗滌，都是藍水對環境的污染！所以，藍染廢水的減量回收就是讓剩餘的染料色料沉澱，上層清水倒出，以酸調整 pH 成中性或以大量清水稀釋其鹼性；下層固形物回收。

另外，也可以用自製的吸光儀偵測剩餘的藍染廢水的濃度，可對照能染出的色布色階或增濃再利用也行。

實驗十三、藍染廢水的染料沉澱法-加冰醋酸

步驟：

- 1.同實驗六的步驟 1~4。
- 2.取 10mL 的藍染廢水，每加五滴冰醋酸後，攪拌 10 秒鐘後靜置一分鐘，以塑膠吸管吸取 2mL 上層液到比色管中，記錄感光電壓大小。
- 3.同步驟 2，每次加冰醋酸的滴數可以略減，尤其是愈接近對照組水的電壓值，統計加冰醋酸的滴數直到感光電壓大小與對照組水的電壓值相近即可。
- 4.以量筒量測藍染廢水的總體積，由前步驟 10 mL 的藍染廢水需加冰醋酸的滴數，回推需將整個藍染廢水沉澱的總冰醋酸量。

實驗十四、藍染廢水的回收再利用-以吸光儀檢量線定量藍染廢水濃度

步驟：

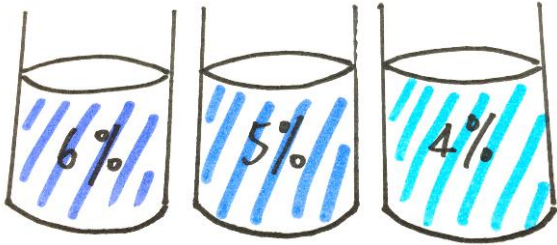
- 1.同實驗六的步驟 1~4。
- 2.以塑膠吸管各吸取研究二配製的藍染液 2mL，分別測其感光電壓值，做出檢量線。
- 3.以塑膠吸管吸取 2mL 廢水，加到比色管中，記錄感光電壓大小。
- 4.回推檢量線的線性趨勢線 $y=mx+b$ ， \therefore 廢水濃度 $x=(\text{感光電壓值 } y-\text{截距 } b)/\text{斜率 } m$ 。
- 5.可將幾個已知原濃度染液，染完染布後的廢液，以吸光儀偵測感光電壓大小，再由檢量線回推其廢水濃度。

【研究五】藍染山水風情畫的吸附顯色探究

想法：我們已將藍染的色階及濃度定量問題解決後，就可以在畫布上任意加上深淺不一的染色風情

藍染山水畫流程如下：

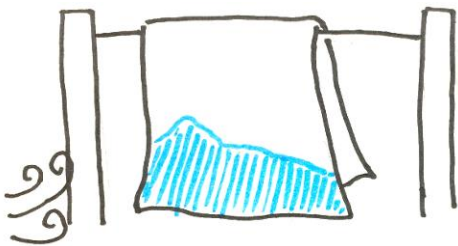
(1)準備不同濃度的染液



(2)先染第 1 座山(濃度深的)



(3)解開後陰乾 2 小時



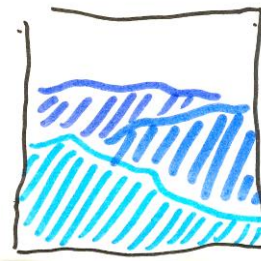
(4) 染第 2 座山



(5)陰乾 2 小時，染第 3 塊布



(6)陰乾後，就完成啦！



簡易山水畫的成品如下：



藍染山水畫棉布 1



藍染山水畫棉布 2



藍染山水畫混紡棉

綁染、型染及蠟染的成品如下：



藍染型染棉布



藍染型染及蠟染棉布 1



藍染型染及蠟染棉布 2

伍、研究結果與討論

一、研究辨色儀器的比較分析與設計

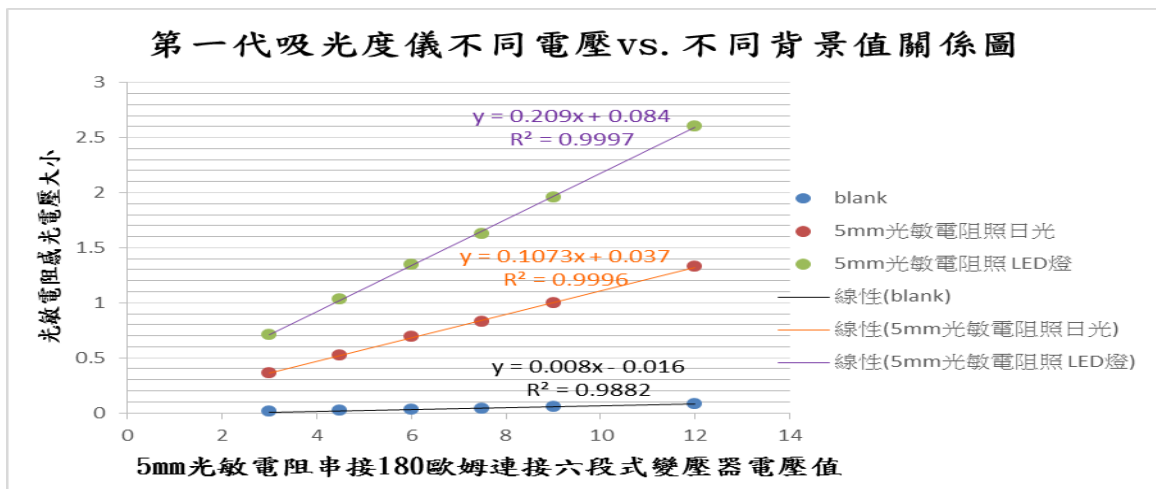
(一) App 辨色

(二) 自製簡易吸光儀辨色

1. 第一代吸光儀

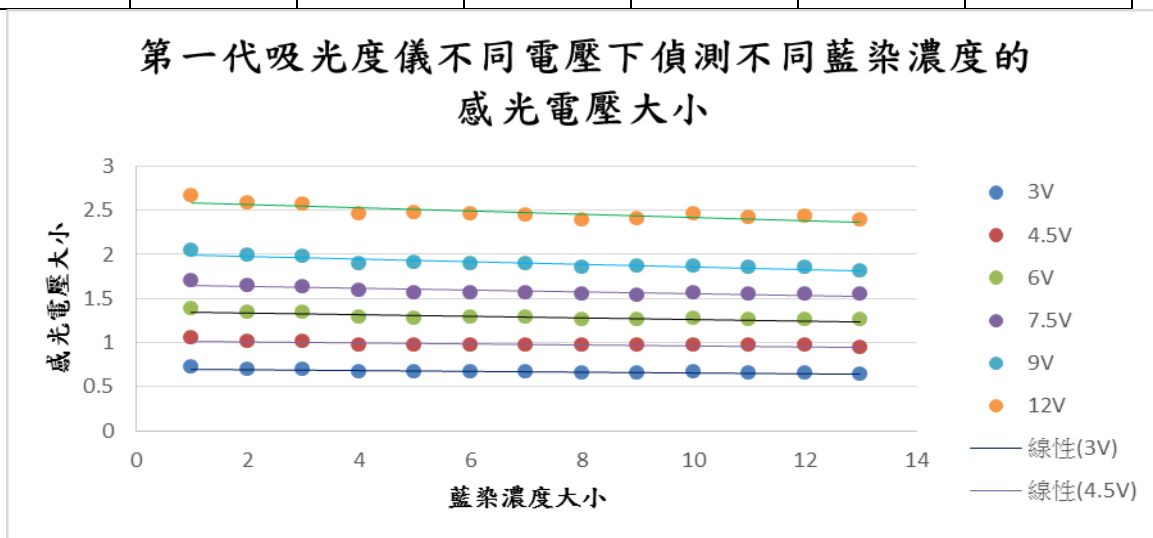
不同電壓下，光敏電阻照光的感應電壓 扣除背景電壓值

電壓大小(V)	blank	5mm 光敏電阻照日光	5mm 光敏電阻照 LED 燈	電壓大小(V)	blank	5mm 光敏電阻照日光	5mm 光敏電阻照 LED 燈
3	0.01	0.37	0.72	3	0.01	0.36	0.71
4.5	0.02	0.54	1.05	4.5	0.02	0.52	1.03
6	0.03	0.72	1.38	6	0.03	0.69	1.35
7.5	0.04	0.87	1.67	7.5	0.04	0.83	1.63
9	0.06	1.06	2.02	9	0.06	1	1.96
12	0.08	1.41	2.68	12	0.08	1.33	2.6



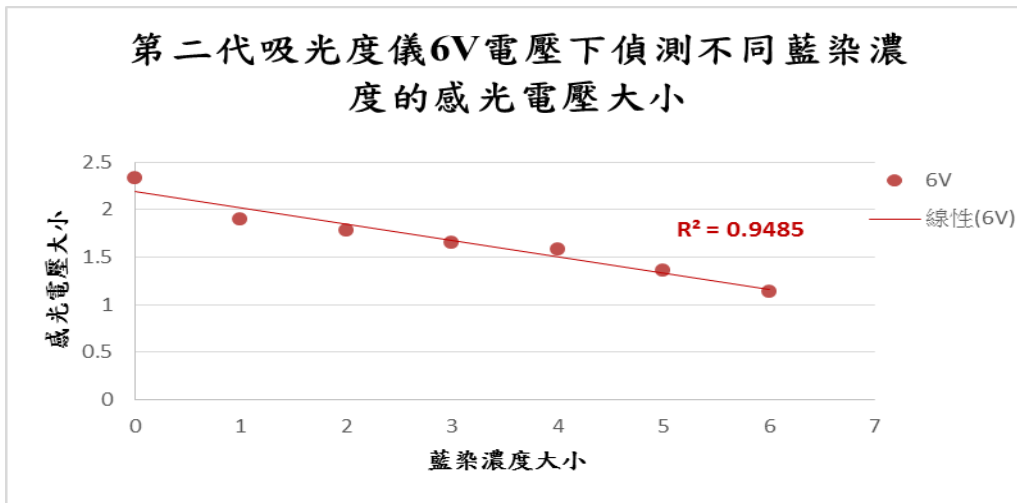
配製藍染標準原液(如研究二)以第一代吸光度儀測定變壓器六段電源下 18K 歐姆 5mm 光敏電阻感光電壓

六段電壓	3V	4.5V	6V	7.5V	9V	12V
藍染濃度	0.72	1.05	1.39	1.7	2.05	2.67
0.5	0.7	1.02	1.35	1.65	1.99	2.59
1	0.7	1.02	1.34	1.64	1.98	2.57
1.5	0.67	0.98	1.29	1.59	1.89	2.46
2	0.67	0.98	1.28	1.57	1.91	2.47
2.5	0.67	0.98	1.29	1.57	1.89	2.46
3	0.67	0.98	1.29	1.57	1.89	2.45
3.5	0.66	0.97	1.27	1.55	1.85	2.39
4	0.66	0.98	1.26	1.54	1.87	2.41
4.5	0.67	0.97	1.28	1.57	1.87	2.46
5	0.66	0.97	1.26	1.55	1.86	2.42
5.5	0.66	0.97	1.27	1.55	1.85	2.43
6	0.65	0.95	1.26	1.55	1.82	2.39



以黃光 LED 照射藍染各濃度的感光電壓大小變化均極小，黃光為紅光及綠光的複合光，所以，大部分色光均被比色管的藍光吸收而讓光敏電阻感光的差異變化不明顯，因此，需改變色光為白光來試看看。

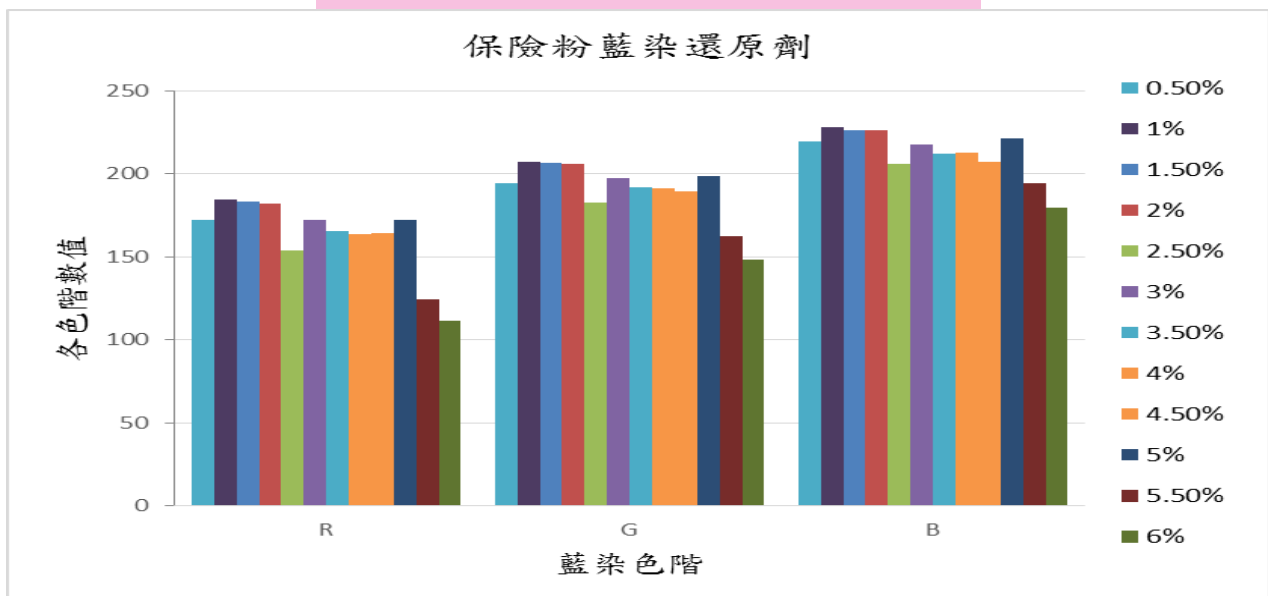
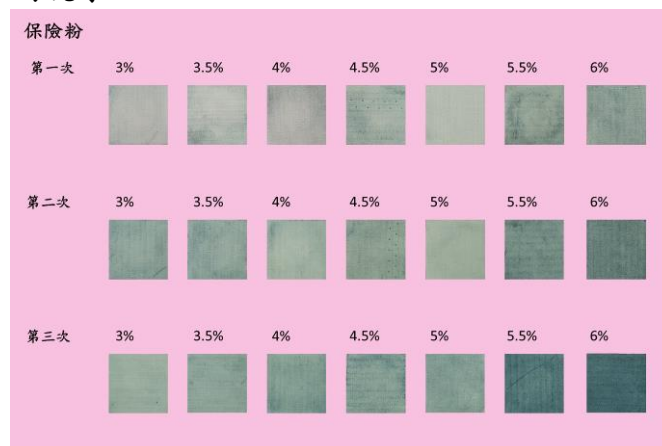
六段電壓	第二代的 6V					
	藍染濃度	量測值				平均
0	2.35	2.32	2.33	2.3	2.33	2.33
1	1.91	1.93	1.9	1.9	1.86	1.90
2	1.8	1.79	1.8	1.75	1.77	1.78
3	1.69	1.7	1.67	1.56	1.63	1.65
4	1.62	1.63	1.6	1.54	1.53	1.58
5	1.33	1.34	1.38	1.37	1.38	1.36
6	1.1	1.15	1.07	1.24	1.15	1.14



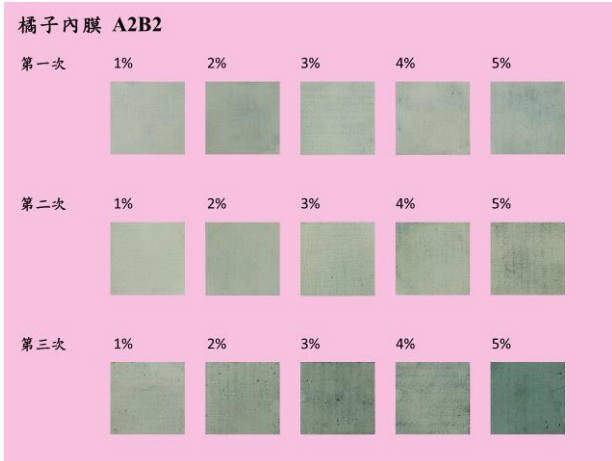
以白光LED照射藍染各濃度的感光電壓大小變化果然比第一代的黃光照射結果為佳。由第一代及第二代的光源變化可知，不同溶液顏色所適合的光源波長影響甚鉅，重測 4.5V 使線性回歸的最小平方差的 R^2 值由 0.7182 提昇至 0.9493，除了實作操作技術外，如果像改變光源一樣，也改變光敏電阻的規格，由 5 mm 改為 10mm，結果是否會更好？所以，我們決定製作第三代來試看看。

二、藍靛粉與還原劑(保險粉、天然果皮內膜)之氧化還原反應的色階變化

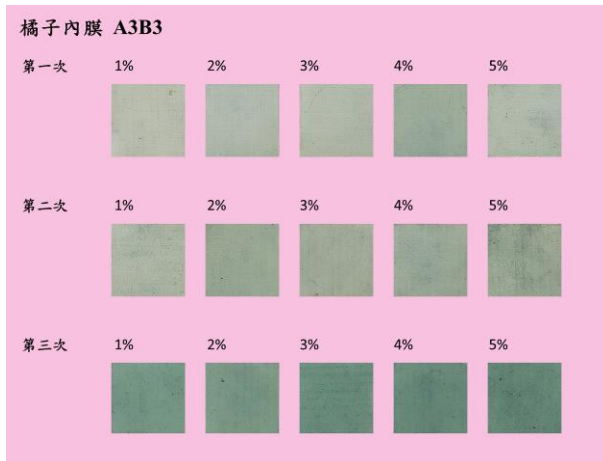
1. 保險粉的藍染色階化的現象



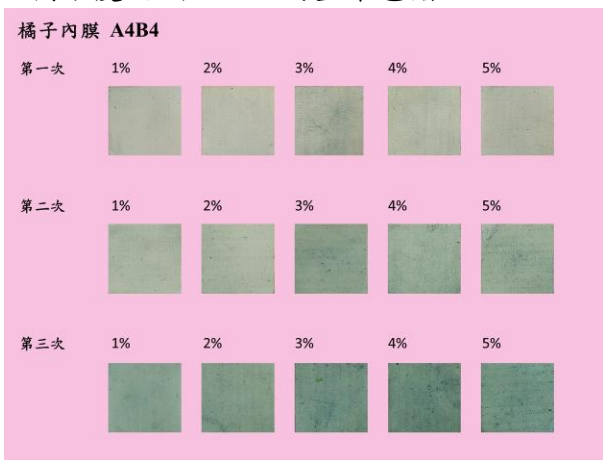
2. 橘子皮內膜 A2B2 的藍染色階



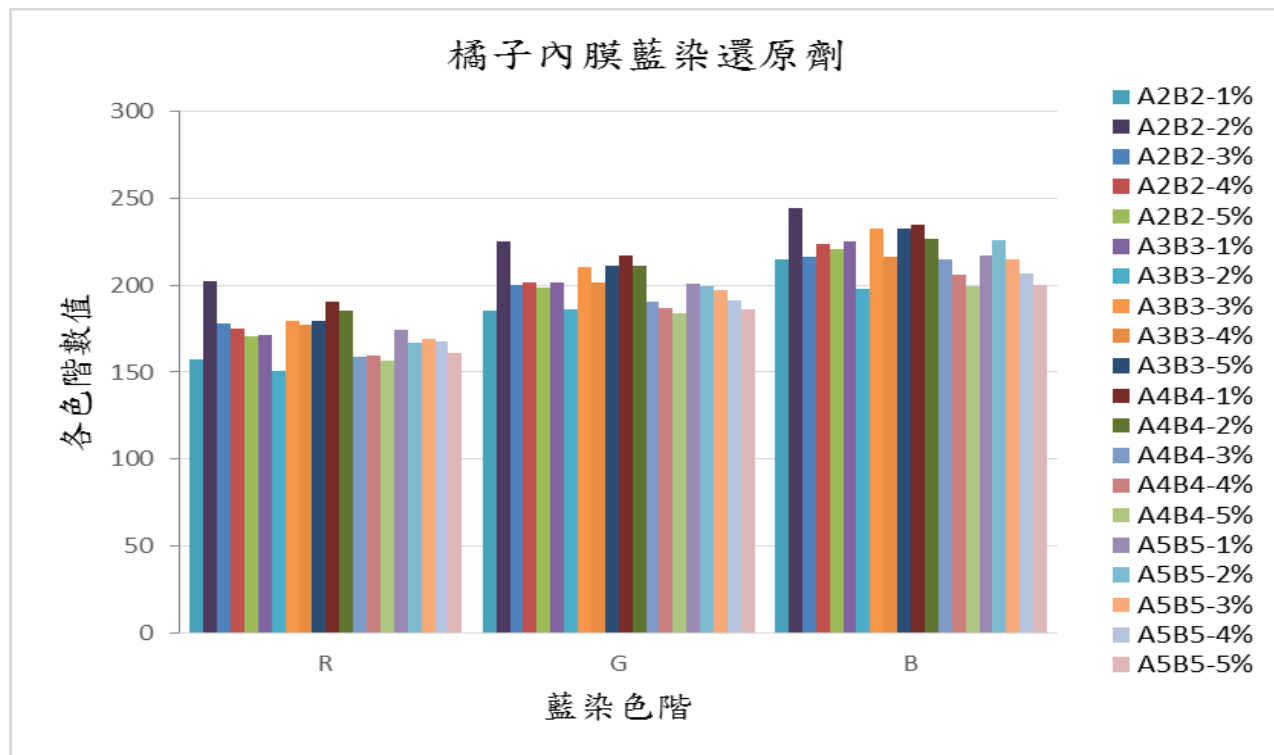
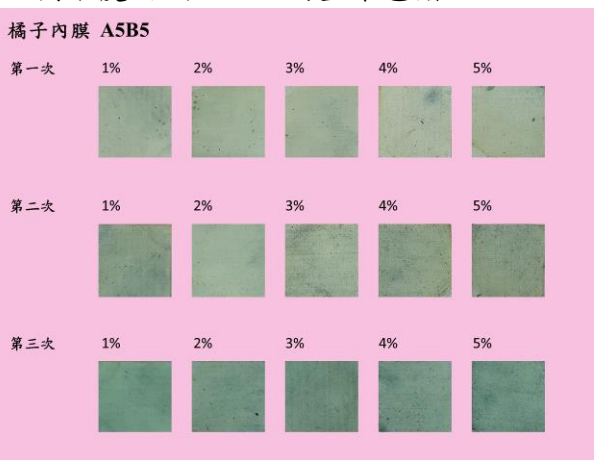
3. 橘子皮內膜 A3B3 的藍染色階



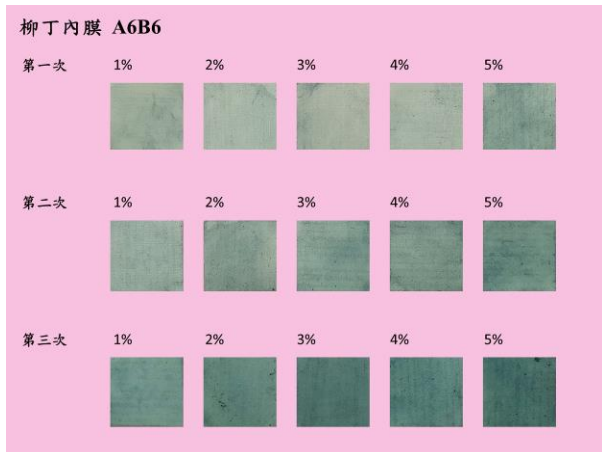
4. 橘子皮內膜 A4B4 的藍染色階



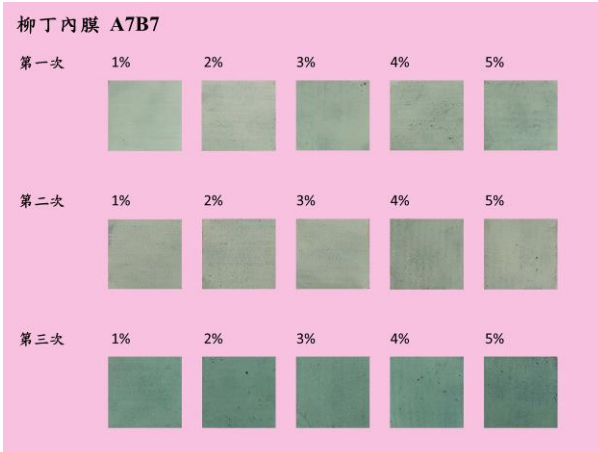
5. 橘子皮內膜 A5B5 的藍染色階



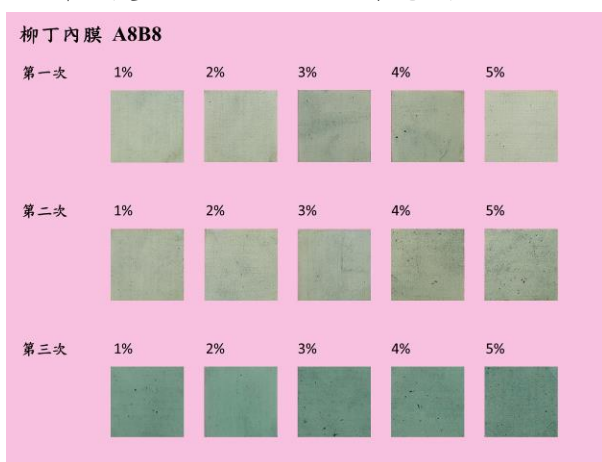
6. 柳丁皮內膜 A6B6 的藍染色階



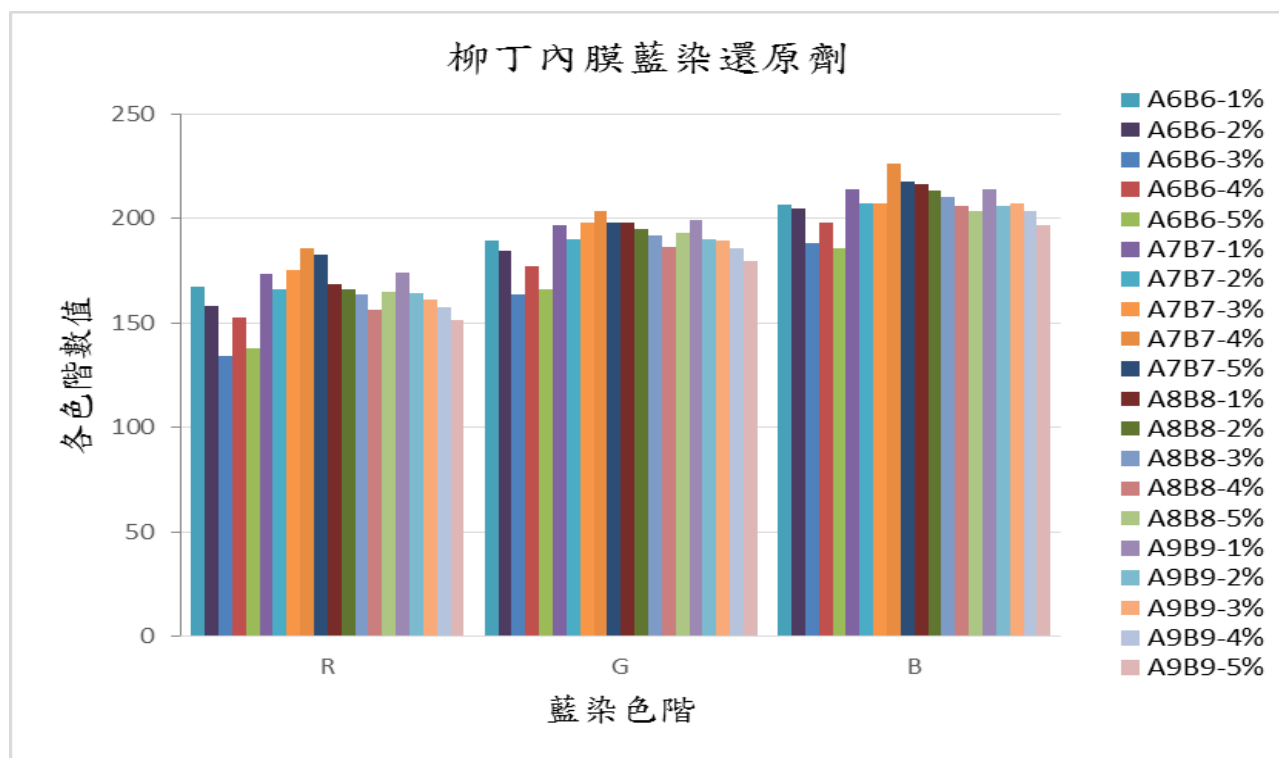
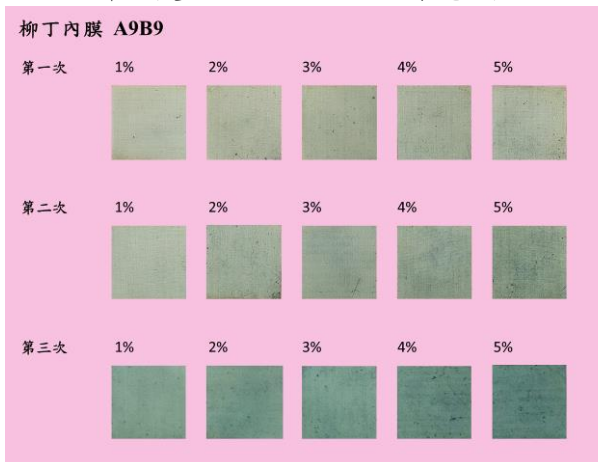
7. 柳丁皮內膜 A7B7 的藍染色階



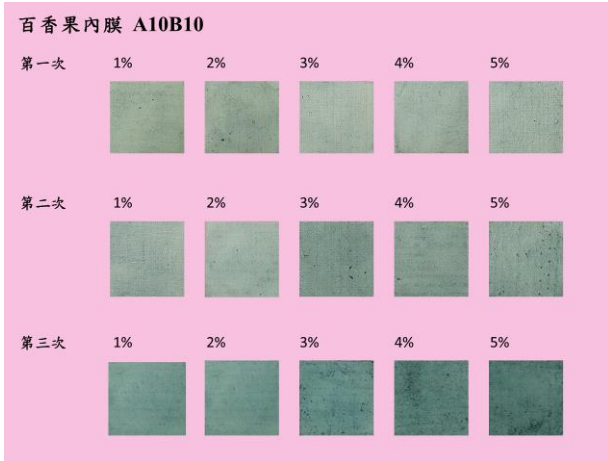
8. 柳丁皮內膜 A8B8 的藍染色階



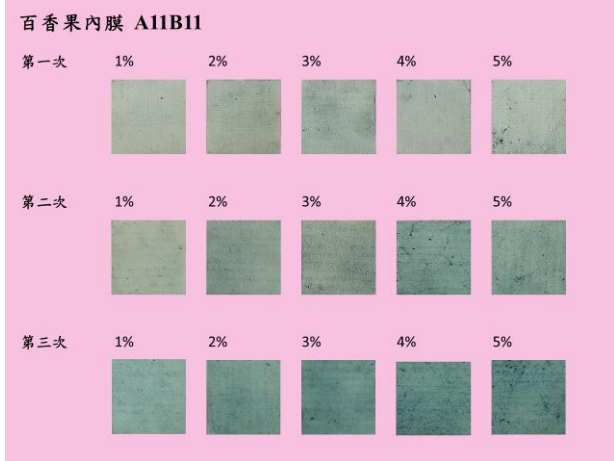
9. 柳丁皮內膜 A9B9 的藍染色階



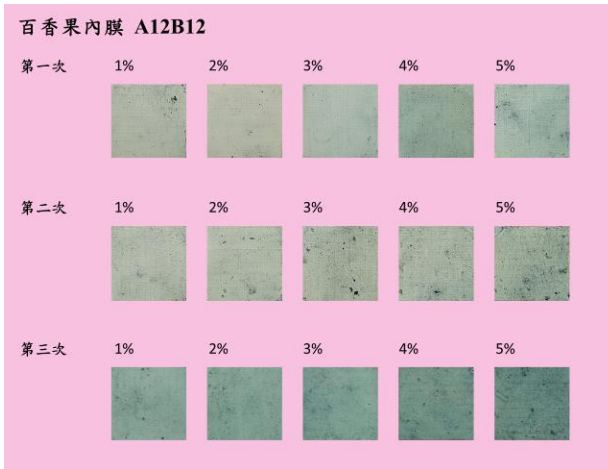
10. 百香果內膜 A10B10 的藍染色階



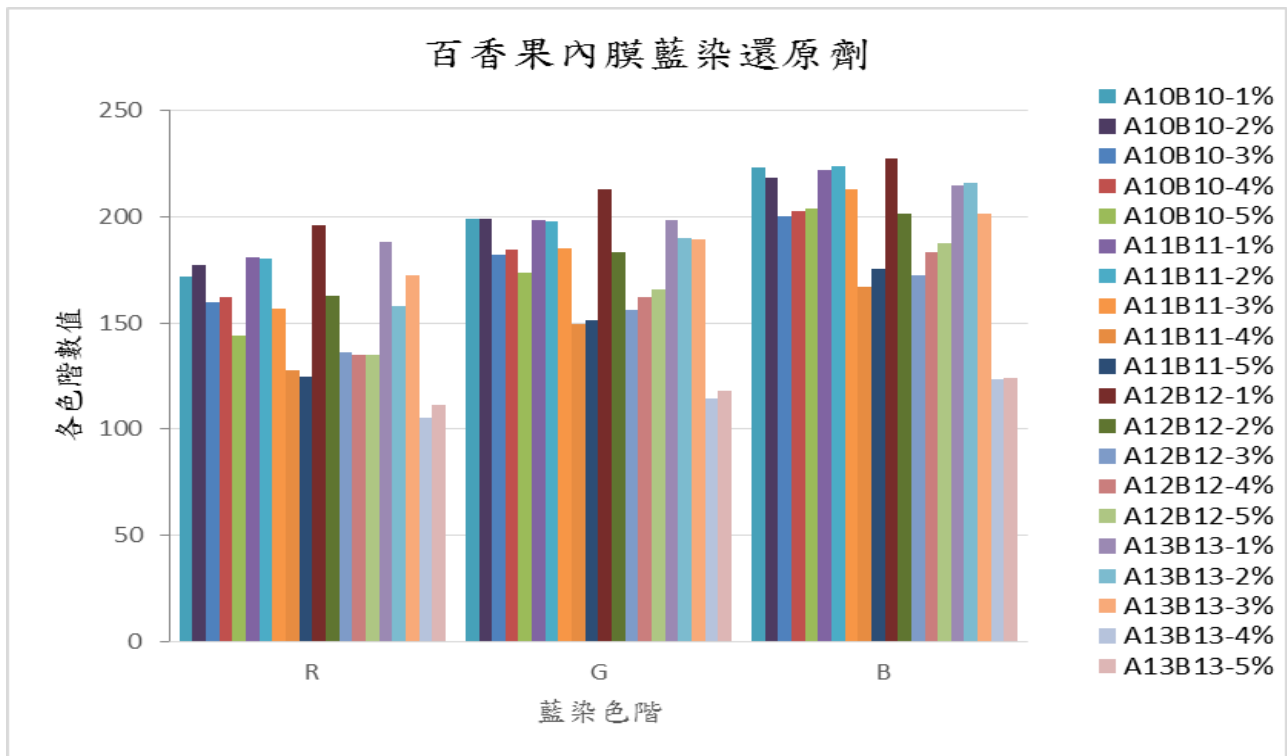
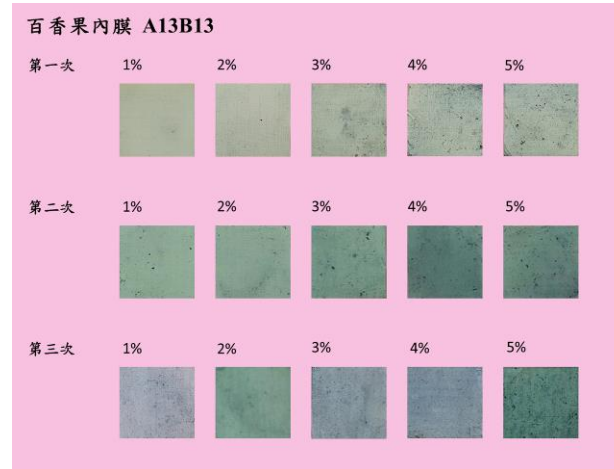
11. 百香果內膜 A11B11 的藍染色階



12. 百香果內膜 A12B12 的藍染色階



13. 百香果內膜 A13B13 的藍染色階



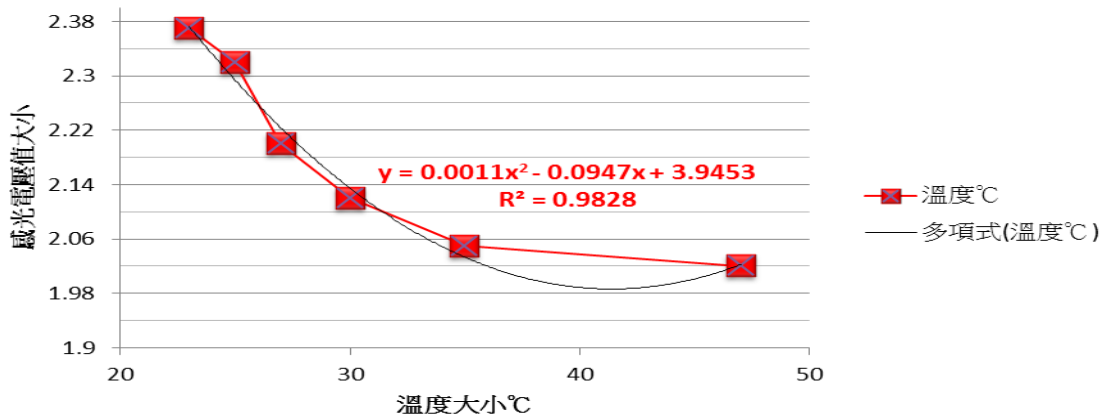
以水果皮內膜取代保險粉當還原劑是可讓非水溶性藍靛粉（氧化型）還原成水溶性靛白的。比較保險粉與三種水果皮內膜進行藍染染布不同深淺打樣的效能是：保險粉 > 橘子外皮內膜

柳丁外皮內膜>百香果外殼內膜。

我們原以為橘子的果皮色素會對藍染有影響，雖然暫時會反應在還原後的溶液藍色而帶有一點綠，但染布後的清洗，就讓靛白氧化成靛藍難溶於水，反而是果皮色素就被洗掉了。因此，染布成品並不會受到果皮色素的影響而變色。

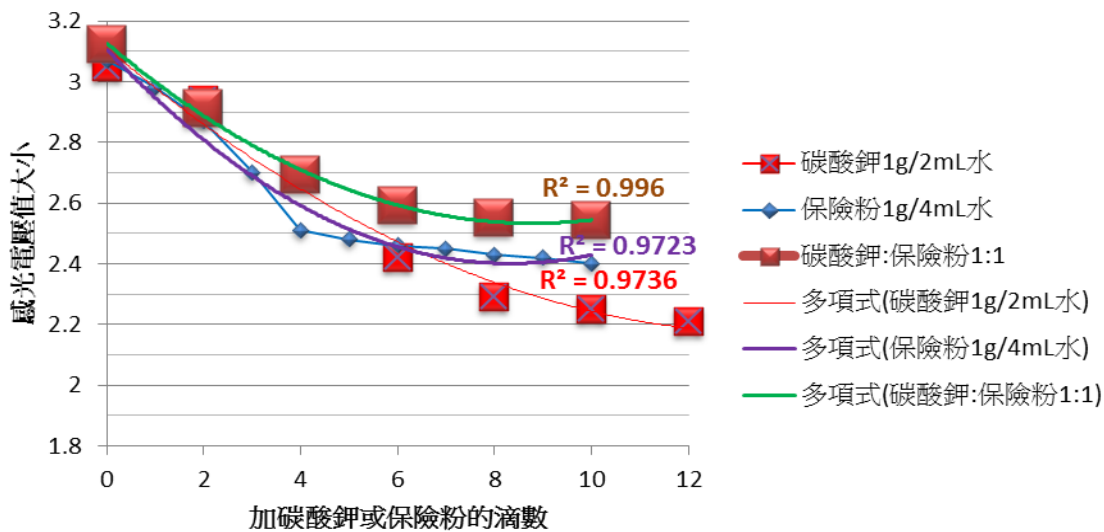
三、藍靛粉的溶解度比較

藍靛粉溶解度0.1g/20mL水隨溫度變化的感光電壓值大小比較



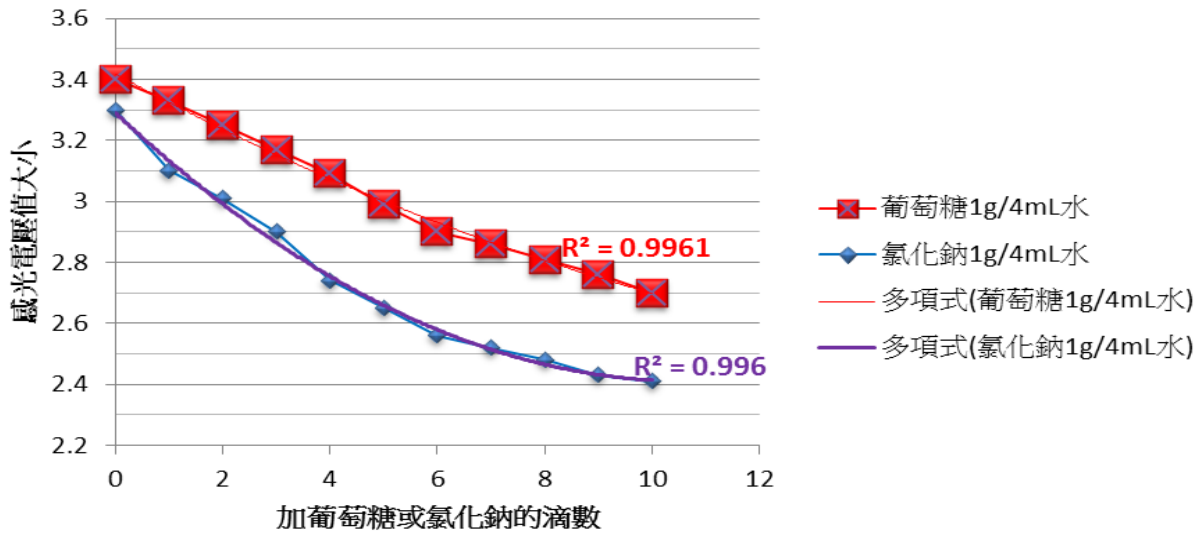
水的溫度愈高，藍靛粉溶解愈多，溶液吸光率愈大，光敏電阻的感光電壓就愈小。

藍靛粉溶解度隨碳酸鉀與保險粉劑量的感光電壓值大小比較



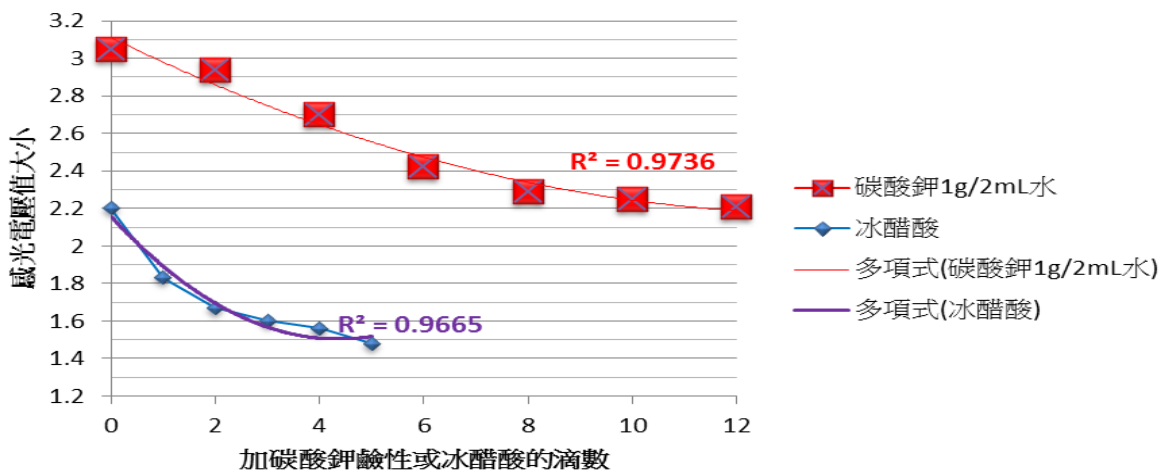
由圖表可知，加保險粉雖可以將藍靛粉還原成可溶性的靛白，藍靛粉也的確在鹼性中溶解度還不錯，但若兩者混合則因保險粉於水為中弱酸性的，酸鹼中和掉一些鹼性，所以，沒有分別加藍靛的溶解度大。

藍澱粉溶解度隨葡萄糖與氯化鈉劑量的感光電壓值大小比較



原以為，藍澱粉的化學結構中有葡萄糖分子，會不會加糖的溶解度比加鹽好？結果竟然出乎意料，加糖是有助於藍澱粉溶解在水中，但光敏電阻的感光電壓變化幅度明顯氯化鈉比糖好。

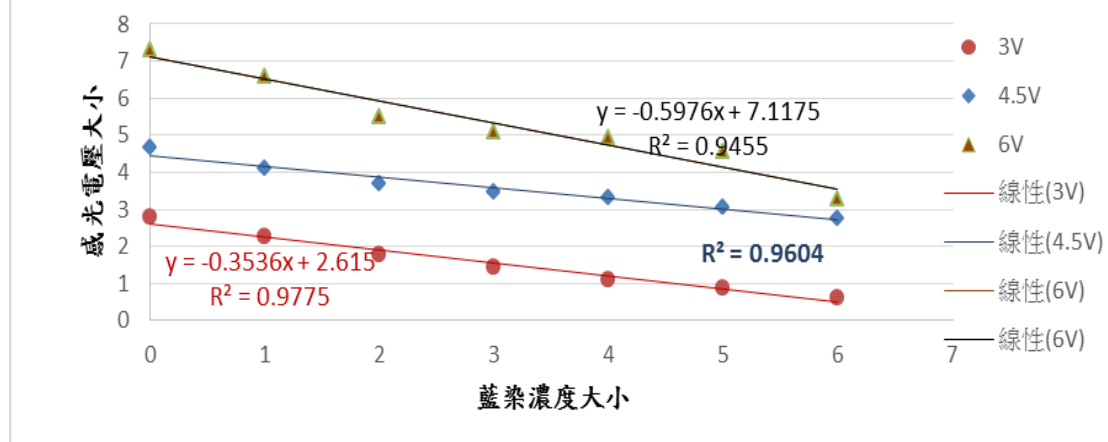
藍澱粉溶解度隨碳酸鉀與冰醋酸劑量的感光電壓值大小比較



四、藍染廢水的減量回收與再利用之研究

電壓大小	6V						剩餘染液濃度計算 $x=(7.12-y)/(0.5976)$
原藍染濃度	測量值					平均	
blank	7.33	7.3	7.31	7.31	7.32	7.31	
1	7.02	7.03	7.02	7.04	7.03	7.03	0.1539
2	6.33	6.44	6.42	6.52	6.37	6.42	1.1780
3	6.13	6.14	6.21	6.23	6.24	6.19	1.5562
4	5.48	5.47	5.48	5.48	5.49	5.48	2.7443
5	5.23	5.24	5.24	5.25	5.27	5.25	3.1359
6	4.56	4.55	4.54	4.55	4.54	4.55	4.3039

第三代吸光度儀不同壓下偵測不同藍染濃度的感光電壓大小



我們由研究三可以清楚的知道，鹼性的藍染溶液加酸就會讓染料溶解度變小而沉澱，要讓沉澱再溶解則加鹼使其容易與微酸性的保險粉或水果皮內膜讓不溶性氧化型的藍靛粉變成可溶性還原型的靛白。

而我們也可以利用第三代吸光儀，以研究二配製染液濃度的方法，選幾個濃度，在六段感光電源電壓 3~6V 下，測其感光電壓，做出檢量線，再量測藍染廢液的感光電壓，就可以用圖表的趨勢線公式，例如： $y = -0.5976x + 7.1175$ ，回推廢液濃度 x 值，回收再利用了。

陸、結論

- 我們在網路 app 商店，輸入[color picker]，下載程式，點選快速連結的畫面即可將圖片讀取其 RGB，是個相當容易上手的辨色工具。可惜這 App 辨色只能看個大概，若要方便畫出檢量線而定量濃度，恐怕不太容易統計比較出來！
- 我們以便宜的光敏電阻等零件及回收的手機變壓器插頭，成功的製造出第三代簡易吸光儀，其中六段電源供應器以不同電壓驅動光敏電阻感光後的電壓變化，線性趨勢線的相關係數 R^2 值可達 0.99，而配製藍染溶液的色階檢量線，辨色的相關係數也可達 0.9 以上。
- 以水果皮內膜取代保險粉(連二亞硫酸鈉)的臭味及毒性，也意外的發現，減少藍染洗滌廢水及減少藍染次數的簡單方法-回歸加酸定色，可讓染料溶解度變小而定色於染布上。
- 以感光電壓的大小來協助我們判斷藍染在不同溶質下的溶解度比較，創新了傳統的新實驗：一般的溶解度實驗為將溶質加到溶劑中，量測在不同的溫度下，固定溶劑中可溶解溶質的最大量。恰好，藍靛粉價昂且為環保之故，本實驗創新使用自製第三代吸光儀有光敏電阻感光電壓的溶解度比較法，藍染溶解度大的，光吸收多，光穿透少，則感光電壓小。
- 由研究三可以清楚的知道，鹼性的藍染溶液加酸就會讓染料溶解度變小而沉澱，要讓沉澱再溶解則加鹼，使其容易與微酸性的保險粉或水果皮內膜讓不溶性氧化型的藍靛粉變成可溶性還原型的靛白。

6. 我們利用第三代吸光儀，可以輕易的分辨藍染後的廢液濃度，回收再利用。未知濃度，在六段感光電源電壓 3~6V 下，測其感光電壓，做出檢量線，再量測藍染廢液的感光電壓，就可以用圖表的趨勢線公式，例如： $y = -0.5976x + 7.1175$ ，回推廢液濃度 x 值，回收再利用了。
7. 我們以水果皮內膜取代保險粉(連二亞硫酸鈉)的臭味及毒性，也意外的發現，減少藍染洗滌廢水及減少藍染次數的簡單方法-回歸加酸定色，可讓定色於染布上。
8. 藍靛粉以柑橘類水果內皮來做為藍染的還原劑是可行的，橘子、柳丁皮膜甚至百香果均能做到廢物利用，本作品已成功達成：自製省錢省能源的儀器設計，效能可輕易的分辨藍染後的廢液濃度、減量及減廢回收再利用、安全的「綠色化學」實驗。

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. 高中基礎化學 1-4 觀念 13 溶解度 國立編輯館出版
5. 歷屆科展作品
中華民國第 47 屆高職組 農業及生物科技科 偷窺阿嬤的染缸
中華民國第 56 屆國中組化學科科展 探討靛胭脂的氧化還原
6. 江佩錚 (2007)。不同成熟度金柑抗氧化活性及其有效成分之研究。國立宜蘭大學
7. 臺灣化學教育(2017)。當藝術遇見化學:藍染魔法與化學神功的融合交會
8. 網路資源
(1)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
(2) [http://goo.gl/XMY4zZ/Wikipedia\(2019\)](http://goo.gl/XMY4zZ/Wikipedia(2019))
(3) 台灣工藝研究發展中心藍染
https://www.ntcri.gov.tw/dnalist_196_87.html

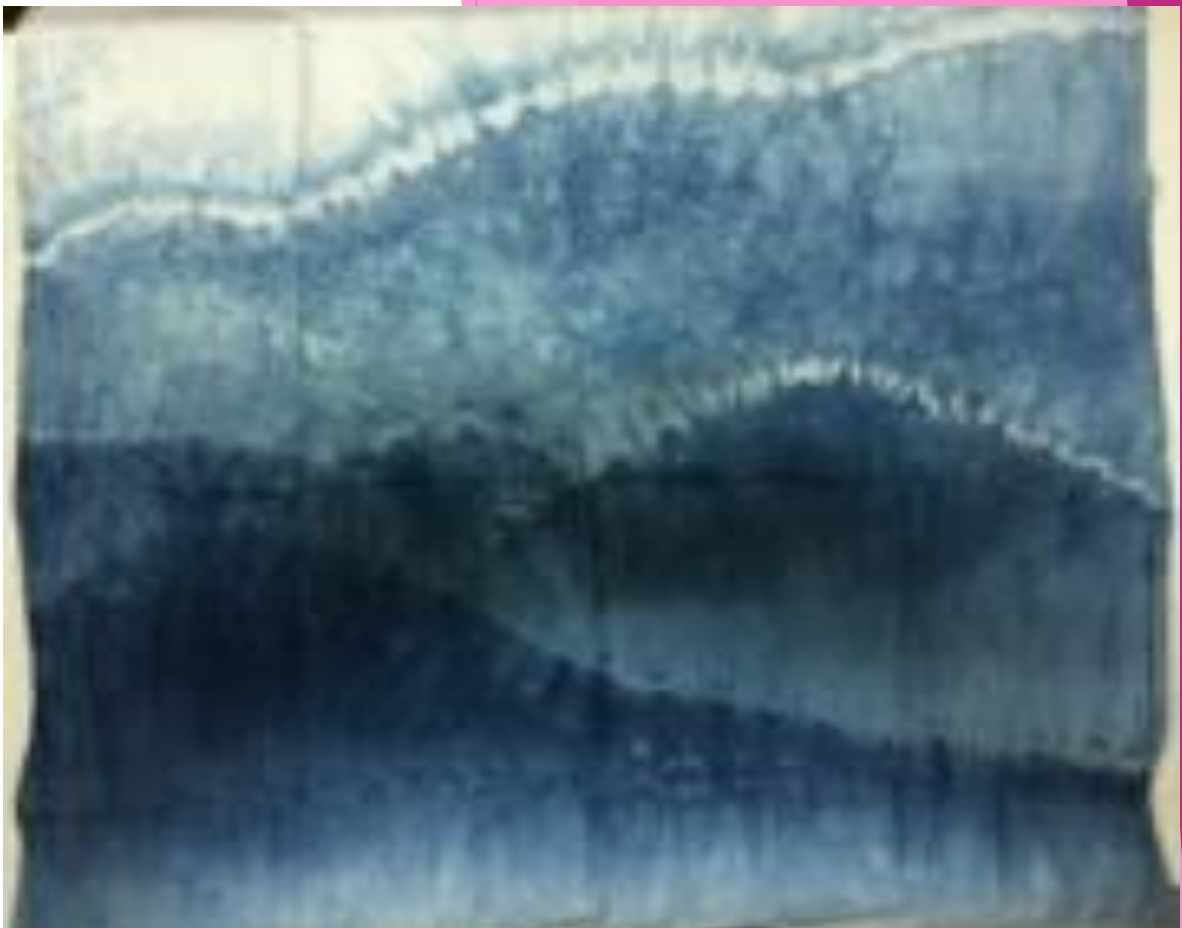
【評語】 030202

1. 實驗目標可以再明確一些，因為有討論製造光度計，也有討論藍靛粉溶解度對藍染的影響。
2. 在儀器製作上，要清楚說明為何要改進，譬如第一代到第二代換白光，可是第二代到第三代並沒有說得很清楚。
3. 研究二、三的順序可再思考，應該先判斷藍靛是否可以溶解，才能夠討論染布的效果，若不清楚溶解條件如何設計應用條件。

摘要

傳統的藍染，染一塊深藍的布，有時要反覆染個二、三十次才行，而每一次的洗滌，都是藍水對環境的污染！我們以便宜的零件及回收的手機變壓器插頭，成功的製造出第三代簡易吸光儀，其中六段電源供應器以不同電壓驅動光敏電阻感光後的電壓變化，線性趨勢線的相關係數R2值可達0.99，而配製藍染溶液的色階檢量線，辨色的相關係數也可達0.9以上，因此，可以輕易的分辨藍染後的廢液濃度，回收再利用。

同時，我們企圖以水果皮內膜取代保險粉(連二亞硫酸鈉)的臭味及毒性，也意外的發現，減少藍染洗滌廢水及減少藍染次數的簡單方法-回歸加酸定色，可讓染料溶解度變小而定色於染布上。



研究動機

有一天我和家人一起到三義卓也小屋去遊玩，媽媽買了一條藍染的絲巾，好貴哦！他們也有藍染DIY的課程，可惜我們是一日遊，沒有時間留下來參加。

媽媽看出我的遺憾，有一天，帶著喜歡做手工藝的我們去參觀了臺中市纖維工藝博物館。天啊！簡直讓我大開眼界了！這以編、結、織、染、繡為主題，結合工藝與藝術的博物館，簡直讓我看到還忘返啊！其中，讓我最吸睛的是藍染也可以做成像國畫一樣！？還有，最令我高興的是，我們走進了一樓的天染坊店內，不僅有很多漂亮的染布和文創藝術品可以選購，我們還向店長請教了染布的一些常識，當然，還買了藍染的材料！

我上網查了一些藍染的方法及影片，在家DIY了一下，其中，讓我最受不了的是：保險粉好臭哦！這會不會有毒啊？染完的染液好深哦~可以倒掉嗎？

喜歡藍，但不喜歡這麼深藍的我，決定以藍染為主題，報名了學校的科研社，希望與伙伴一起研究出能代替保險粉，做出有色階的藍染山水畫，加油！！

研究目的

- 一、辨色儀器的比較分析與設計
 - (一) App辨色
 - (二) 自製簡易吸光儀辨色
- 二、藍靛粉與還原劑(保險粉、天然果皮內膜)之氧化還原反應的色階變化
- 三、藍靛粉的溶解度比較
- 四、藍染廢水的減量與回收之研究
- 五、藍染山水風情畫的吸附顯色探究

研究設備及器材

研究一、辨色儀器的比較分析與設計

(一) App辨色
智慧型手機、下載App辨色軟體，以手機拍照後，由APP辨色記錄RGB。

(二) 自製簡易吸光儀辨色
回收手機用的變壓器、麵包板、5.5V LED黃光燈條、超亮白光LED燈、10*180Ω各種規格的電阻元件、六段式變壓器電源(5V左右)、5mm 18KΩ光敏電阻、10mm 2.38KΩ光敏電阻、紅黑接線、鱷魚夾頭、焊槍、焊錫、錫油、剝線鉗、剪刀、膠帶、數字型三用電表、比色管、光度儀暗箱及比色管底部凹槽(黑色壁報紙、白膠)、直尺

【資訊設備】電腦Microsoft Word 2010、Microsoft Excel 2010、智慧型手機、google及 App

研究二、藍靛粉與還原劑之氧化還原反應的色階變化

白布、藍靛粉、保險粉、天然果皮內膜、氫氧化鈉、1000 mL 燒杯、50 mL 燒杯、玻璃棒、量筒、自製攪拌機、夾鏈袋、標籤紙、奇異筆、自製滾壓圓筒、自製晾布的積木支架(智高積木、黑色吸管內以竹筷強化及加長、膠帶、長尾夾、長方型回收鋁盤、柳丁、橘子和百香果的外皮水果內膜、圓柱形罐子、小刀、烘箱、粉碎機、細篩網

研究四、藍染廢水的減量回收與再利用之研究

量筒、塑膠吸管、冰醋酸、藍染廢水、比色管、自製第三代吸光儀、氫氧化鈉、pH計

研究五、藍靛粉與染布流程及吸附顯色的探究

棉布、混紡棉布、置物箱、自製晾布的智高積木支架組、長尾夾、衣架、手套、塑膠袋、綁線、同研究二的材料、水盆、冰醋酸。

研究三、藍靛粉的溶解度比較

自製第三代吸光儀、溫熱的水、冰醋酸、碳酸鉀、保險粉、加鹼、葡萄糖、氯化鈉



第三代自製簡易吸光儀移動式的感光槽可適度調整最佳的感光路徑

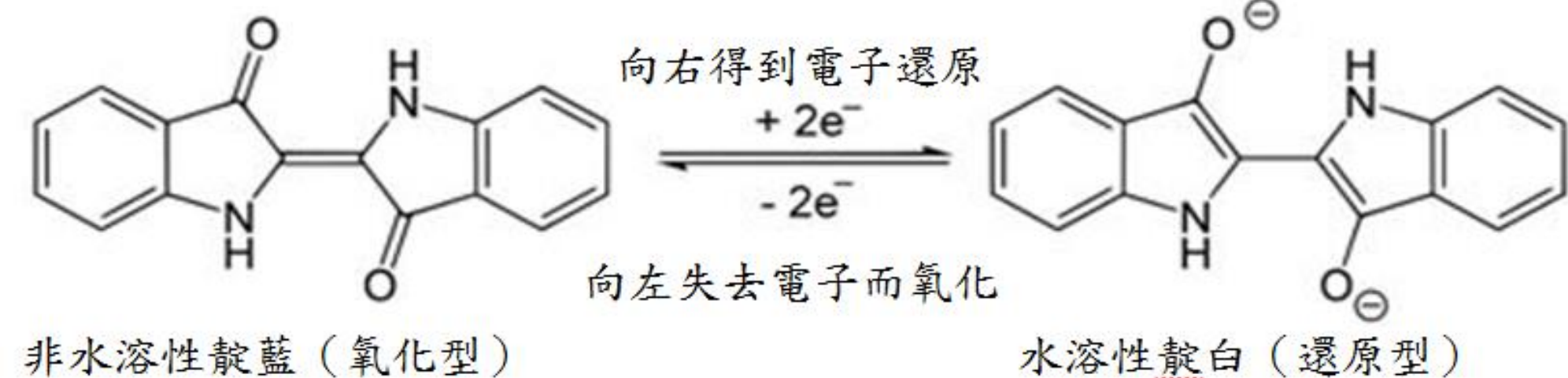
研究過程及方法

【先備知識的探究與整理】

文獻探討

一、製藍的方法：傳統沉澱法，選馬藍做製藍的藍染植物。
製造流程：馬藍生葉→浸泡在水中(夏季約為24~36小時、冬天需更長，視藍葉腐爛和藍靛素溶出的程度判斷)→腐葉撈出藍苔→加入適量的石灰乳『熟石灰Ca(OH)2』(提供鹼性)→快速攪拌(視泡沫下降減少而呈現細小狀)→靜置→待藍靛沉澱與水分離→上層的咖啡色廢液倒除或使用尿布袋進行過濾→沉澱之藍泥。

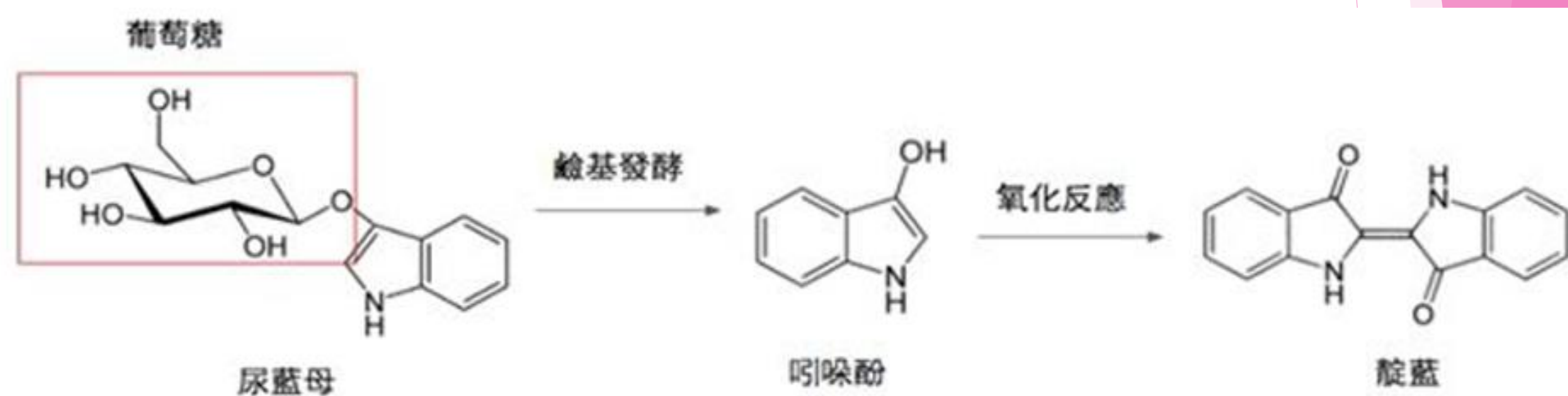
二、靛藍微溶於水、酸或鹼，若要讓這染劑吸附布料，就必須先經過還原作用，化學還原作用是加入低亞硫酸鈉(保險粉)，就可產生靛白(Indigo white)，而靛白可溶於鹼液，故可對布料吸附而上色(通常是先變綠色)，染後在空氣中進行氧化，再變回藍色的靛藍，附著於纖維上。所以，靛藍的染液必須要還原劑和鹼液同時存在，藍染的效果才較佳。



靛藍的還原反應與靛白的氧化反應(圖片來源: Wikipedia(2019)。取自<https://goo.gl/XMY4zZ>)

二、藍染的原理與藍染的技法

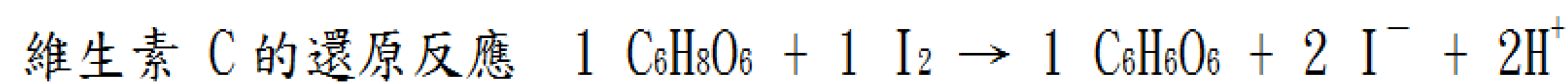
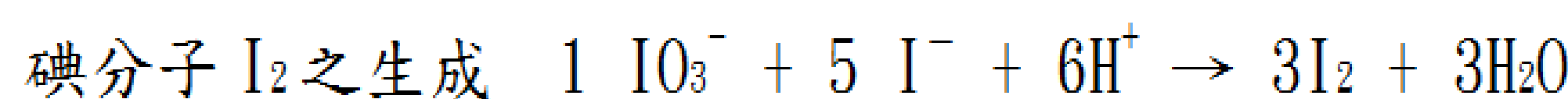
1. 提煉藍靛的植物，皆有尿藍母(indican)的成分，結構中含有一個葡萄糖，在鹼液中進行發酵而產生吲哚酚(indoxyl)的分子，終被氧化形成靛藍，進而產生布料上藍色的效果。



靛藍形成的反應過程(圖片來源: Wikipedia(2019)。取自<http://goo.gl/XMY4zZ>)

三、果皮還原的原理與檢驗

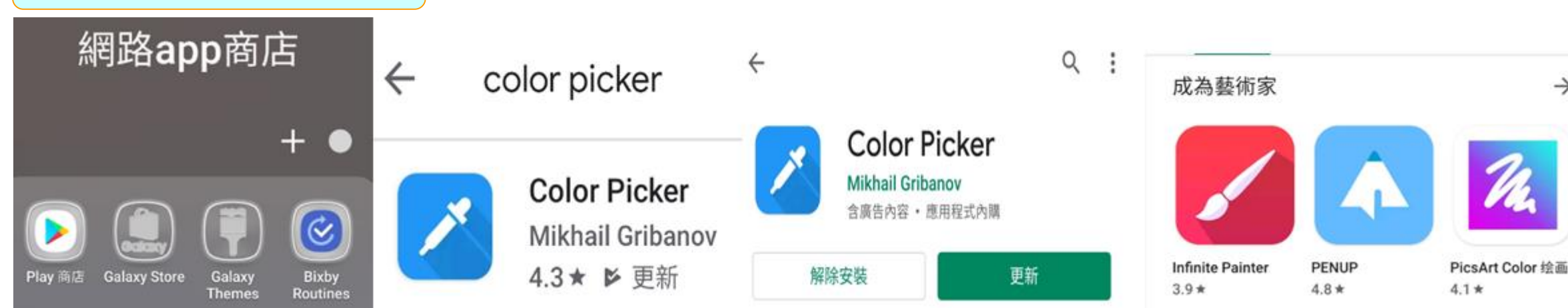
1. 碘酸鉀溶液在酸性下，可被還原成碘分子的反應，可與澱粉分子反應。
2. 碘分子又可與具還原性的維生素C形成碘離子(橘皮中存在的含量多寡可視其還原碘分子的能力，故可用滴定實驗來檢驗)



3. 柑橘類水果比蘋果和香蕉(果皮本身容易被氧化)等更適合藍染的染缸，因為柑橘類水果還原性有效成分主要來自類「黃酮族單元體多酚類」及類胡蘿蔔素、抗壞血酸、維生素C等物質，尤其類黃酮具有抗菌的效果而在染缸中可以幫助抑制細菌真菌滋生，防止異味產生。

【研究一】辨色儀器的比較分析與設計

(一) App辨色



App辨色在網路app商店，輸入[color picker]，下載程式，點選快速連結的畫面即可將圖片讀取其RGB，是當簡易辨色的工具。

(二) 自製簡易吸光儀辨色

吸光儀辨色原理

利用特定波長的光線入射試樣，一部分的光線會被試樣吸收，其餘的光線會反射或折射通過比色管。依據比爾定律， $A = \epsilon bc$ (A:吸收度， ϵ :莫耳吸收係數，b:光徑長，c:樣品莫耳濃度)，濃度 c 與吸收度 A 成正比；若試樣濃度愈大，則吸收光多而穿透折射者較少。

因傳統的吸光儀是用光度計測量剩餘光度(Lux)的大小，光度值常一直跳，讀取穩定的數據不易，所以，我們參考歷屆科展，各家的吸光度儀種類不少，有的是現成的sensor套件，而且還要靠電腦連接Audruio電子積木，利用圖塊程式讀取數據，很多也都只是列出最後設計的裝置圖，有點霧裡看花，但都是以光敏電阻為感光元件讀取電阻值等。

吸光度儀設計：

測定光敏電阻測不同溶液顏色及濃度吸光後的光電壓變化值
以下為本實驗的創新電路設計圖及簡易說明如下

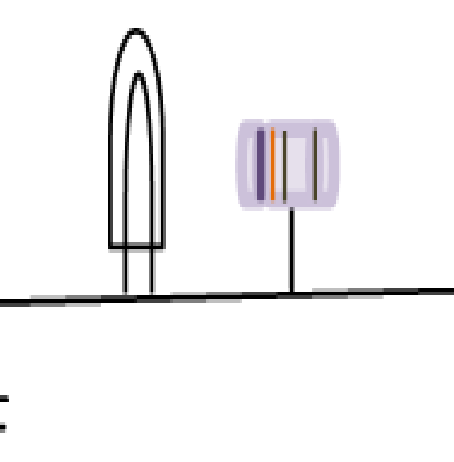
使用的5mm光敏電阻 外型愈小，電阻值愈大，為18KΩ；10mm光敏電阻 外型愈大，電阻值愈小，為2.38KΩ。

為降低背景分壓值，選擇串接的電阻 為比光敏電阻小相當多的180Ω、120Ω，甚至50Ω則幾乎無照光的背景分壓電壓接近於零；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。

觀察端 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。

+3~12V 六段式整流變

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。



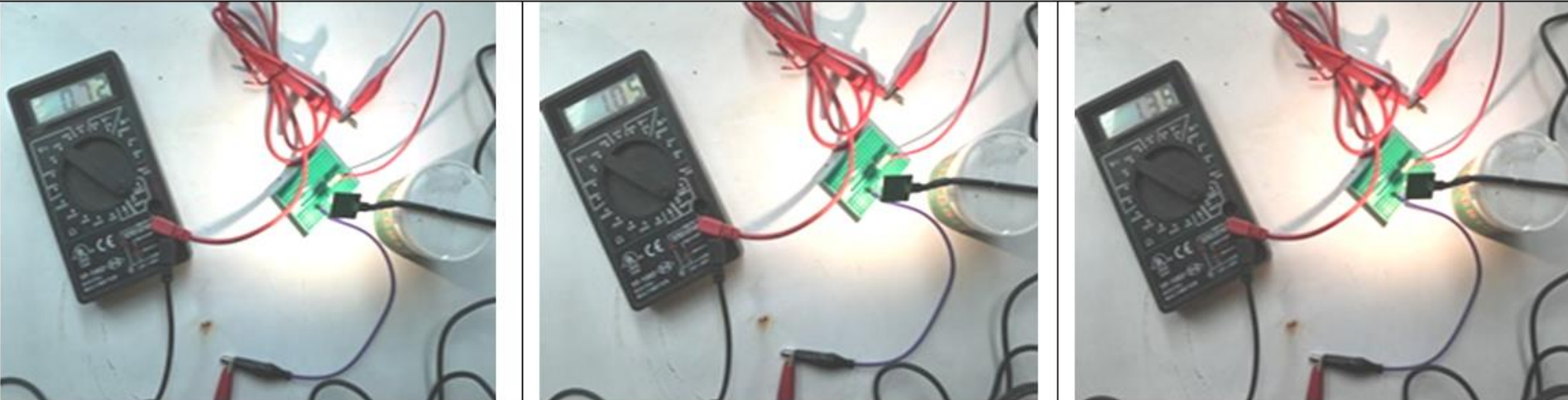
第一代吸光度儀製作

以下圖示為第一代吸光度儀的製作圖示流程【5mm18KΩ光敏電阻與180Ω電阻串聯(電阻比1000:1)在3~12V六段式整流變壓下,光敏電阻光感應電壓及背景電壓的測試】

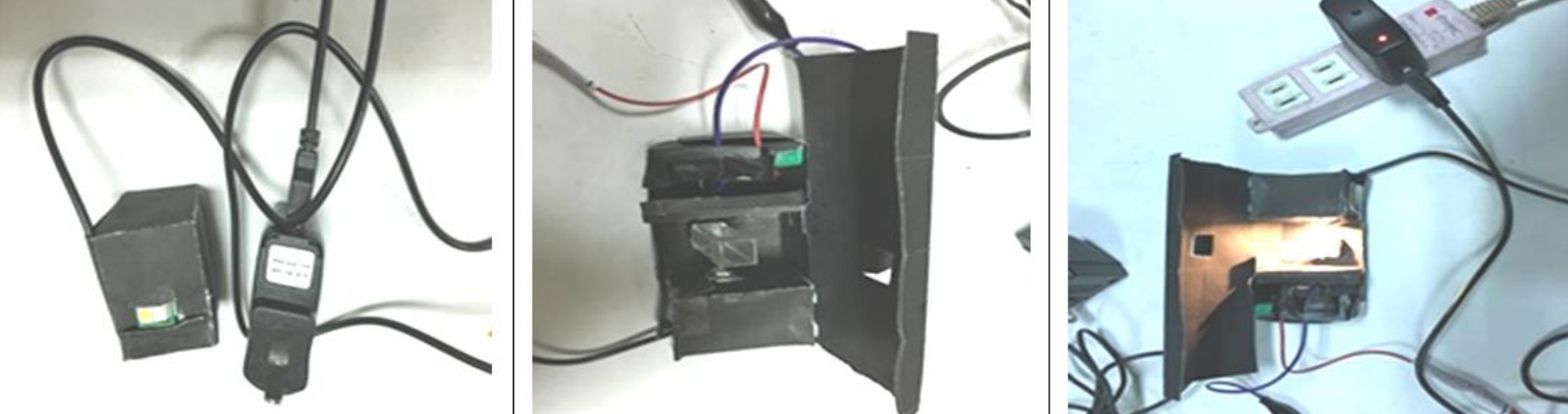


3V 電源下光敏電阻照日光燈的光感應電壓含180Ω電阻的背景電壓
4.5V 電源下光敏電阻照日光燈的光感應電壓含180Ω電阻的背景電壓
6V 電源下光敏電阻照日光燈的光感應電壓含180Ω電阻的背景電壓

5mm 18KΩ光敏電阻與180Ω電阻串聯(電阻比1000:1)在3~12V六段式整流變壓下,光敏電阻光感應電壓及背景電壓的測試二



3V 電源下光敏電阻照5V LED燈的光感應電壓含180Ω電阻的背景電壓
4.5V 電源下光敏電阻照5V LED燈的光感應電壓含180Ω電阻的背景電壓
6V 電源下光敏電阻照5V LED燈的光感應電壓含180Ω電阻的背景電壓



組裝好5V LED 電源光源盒後備用
擺放光源盒在比色管另一側,光度儀暗箱蓋可定比色管上方開孔位置
5V LED 整流電源插在一般110V的延長線插孔上通電測試光路徑



照日光的背景電壓值小,只有0.08V
3V 電源下光敏電阻照5V LED燈的光感應電壓含180Ω電阻及日光燈的背景電壓
6V 電源下光敏電阻照5V LED燈的光感應電壓含背景電壓

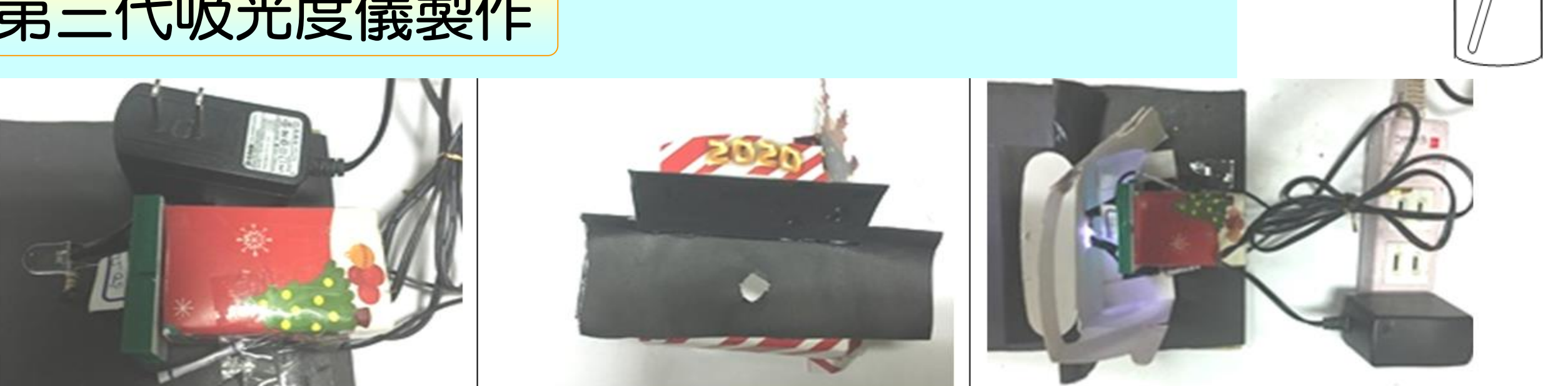


比色管不加蓋,3V 電源下光敏電阻照5V LED燈的光感應電壓含180Ω電阻及日光燈的背景電壓
比色管加蓋,3V 電源下光敏電阻照5V LED燈的光感應電壓含180Ω電阻及日光燈的背景電壓
比色管加蓋,12V 電源下光敏電阻照5V LED燈的光感應電壓含180Ω電阻及日光燈的背景電壓

第二代吸光度儀製作

將第一代吸光度儀的5V LED黃光燈條改為超亮白光LED與50Ω電阻串聯接回收手機變壓器為光源,其餘製作圖示流程與第一代吸光度儀相同。

第三代吸光度儀製作



光源為超亮白光LED燈串接50Ω電阻在麵包板上,以接線連接回收5-5.5V 電壓的變壓器
雙層黑色塑膠黏貼於簡易光源座上,紙上剪出可穿白光LED燈光線的洞,讓照光時可遮蔽其他雜光
測試白光LED燈光源的路徑、高度及位置



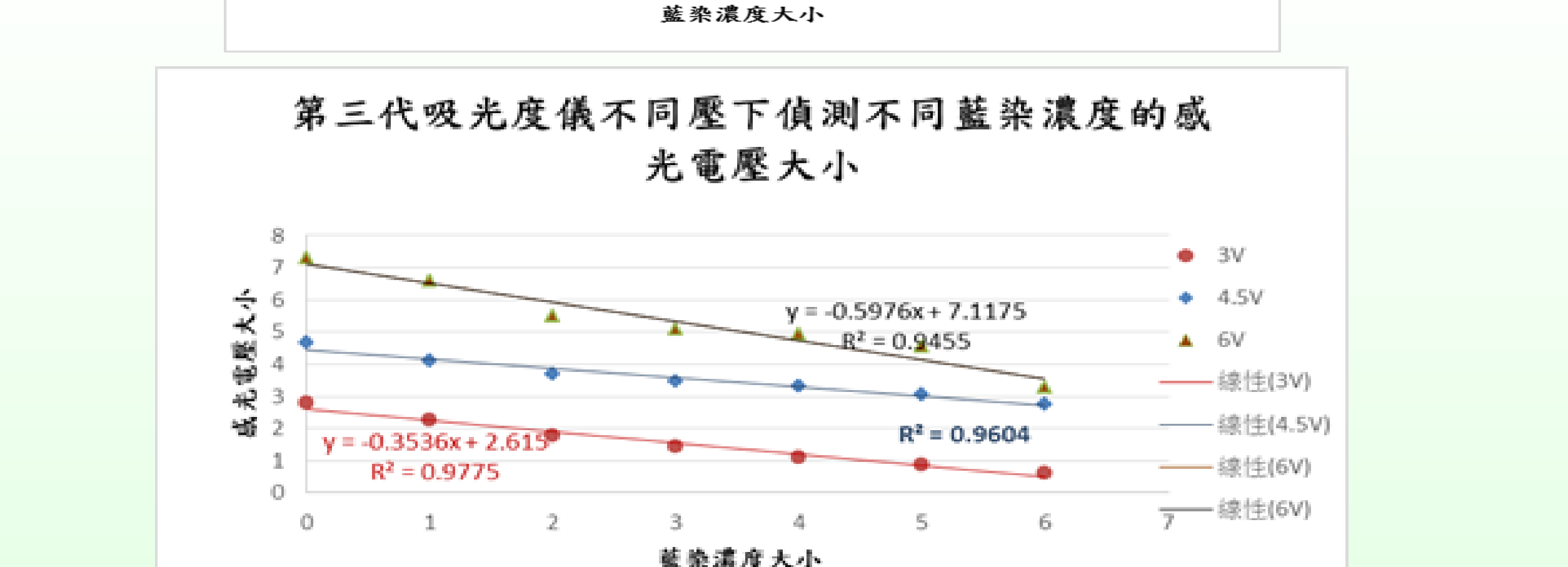
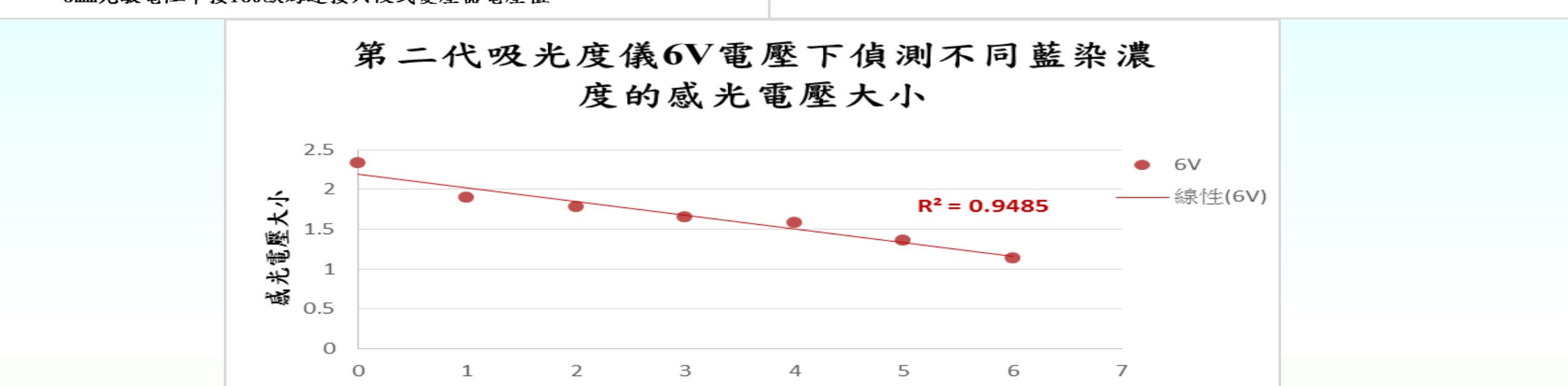
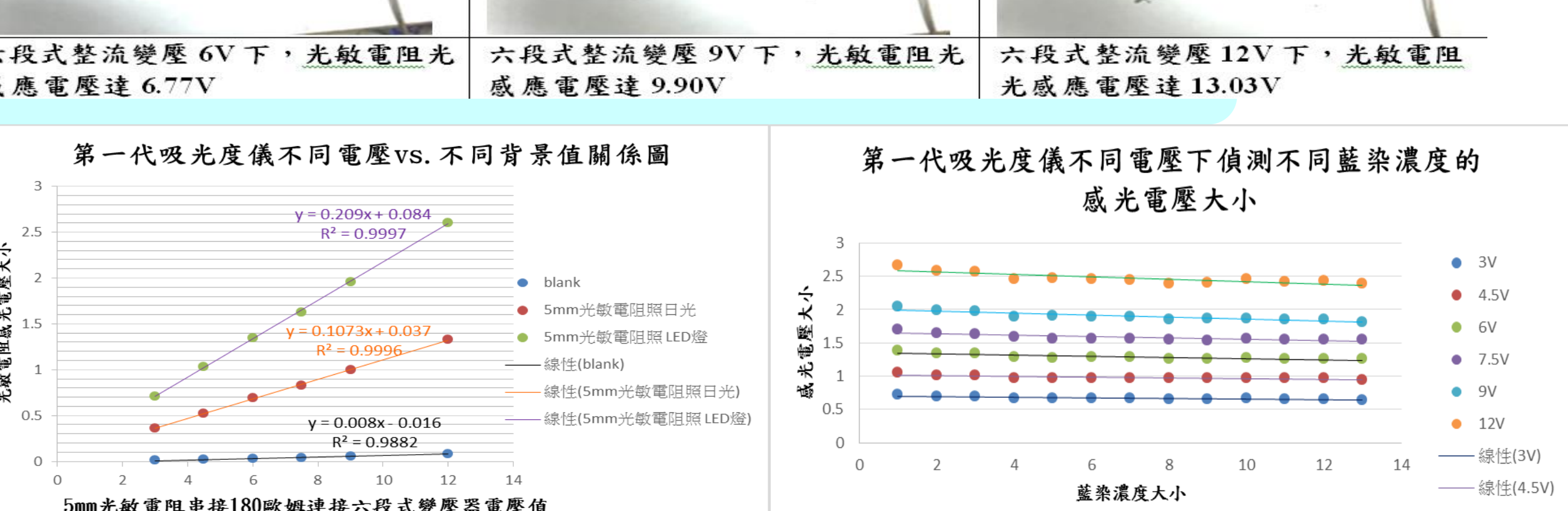
白光上端板可阻上方日光,左右兩端插槽可擴充變色吸光板變化色光
2.38KΩ10mm 光敏電阻與120Ω電阻串聯在麵包板上,加速接線、固定槽及檔板設計
六段式整流變壓3V下,未照光背景電壓的只有0.01V



移動式的感光槽可適度調整最佳的感光路徑
六段式整流變壓3V下,光敏電阻光感應電壓達3.59V
六段式整流變壓4.5V下,光敏電阻光感應電壓達5.15V

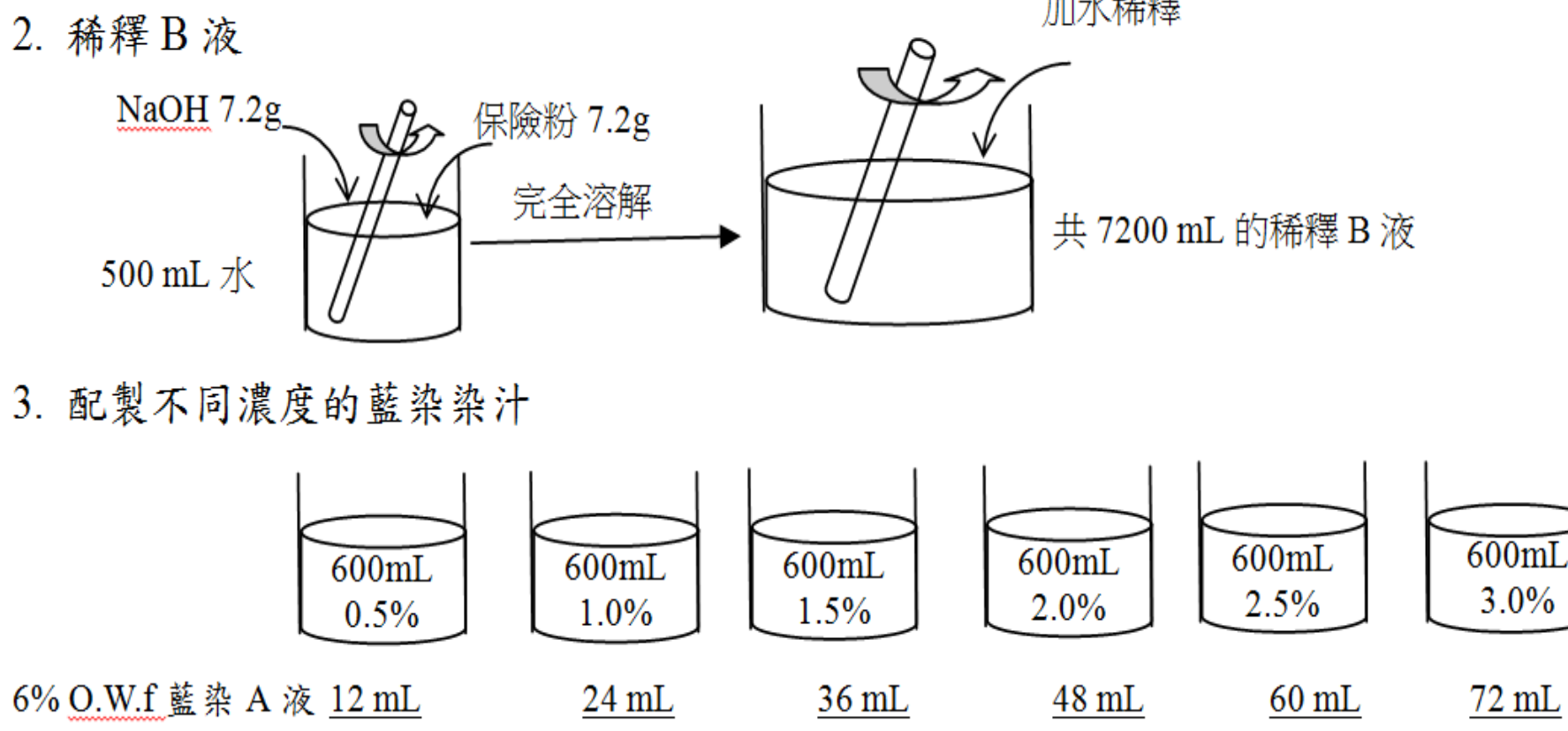
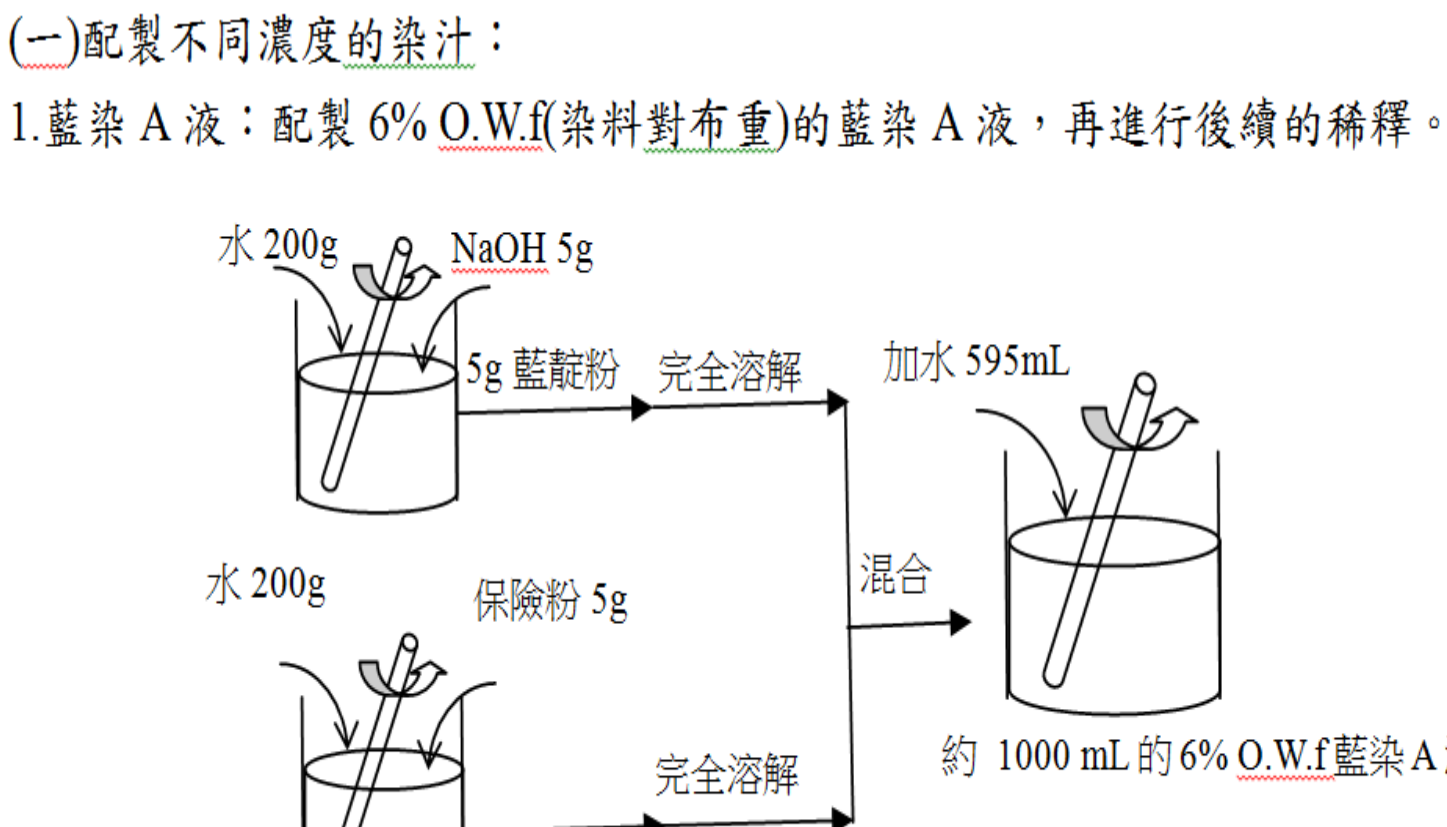


六段式整流變壓6V下,光敏電阻光感應電壓達6.77V
六段式整流變壓9V下,光敏電阻光感應電壓達9.90V
六段式整流變壓12V下,光敏電阻光感應電壓達13.03V



【研究二】藍靛粉與還原劑(保險粉、天然果皮內膜)之氧化還原反應的色階變化

實驗一：藍染十二色染色深淺打樣的製作

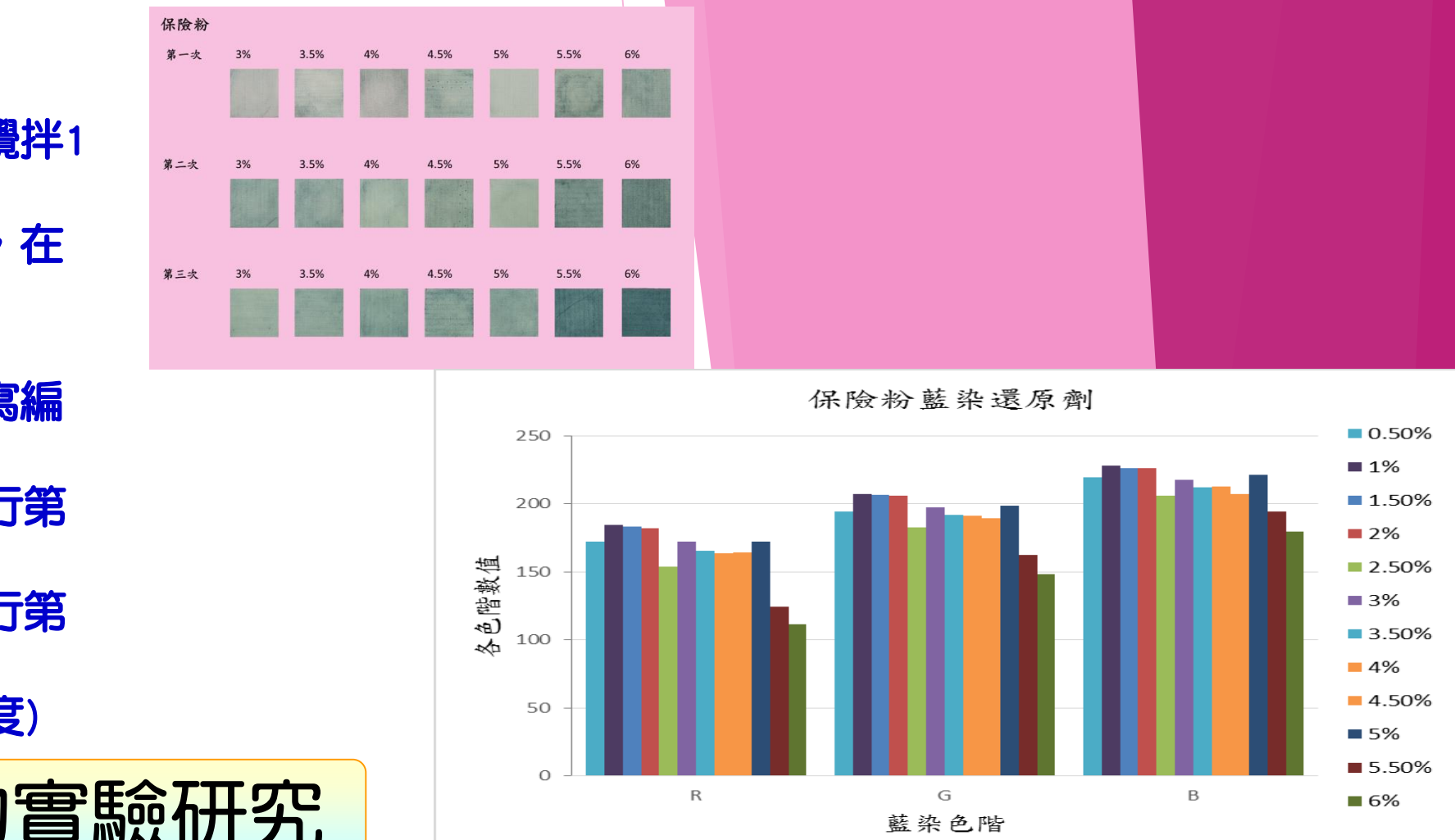


3. 稀釋 B 液
1. 藍染 A 液：配製 6% O.W.F. (染料對重) 的藍染 A 液, 再進行後續的稀釋。
2. 稀釋 B 液
3. 配製不同濃度的藍染液

實驗二：藍染色布打樣的製作

- 實驗步驟
- (1) 將 0.5% O.W.F. 藍染 A 液 10mL 加入 50mL 燒杯中。
 - (2) 攪拌機開始攪拌, 同一燒杯各依序放入三片白布後, 開始計時攪拌 1 分鐘後浸染 10 分鐘。
 - (3) 取出濕布, 以自製液壓圓筒擠掉殘留染液後夾在積木支架上, 在通風處陰乾 1 小時。
 - (4) 換 0.1% O.W.F. 藍染 A 液為 1.0~6.0%, 同步驟 (1)~(3) 操作之。
 - (5) 所有陰乾後的染布均要對照排放整齊在記錄本上, 以奇異筆書寫編號後拍照記錄, 再以手機 APP 辨色拍照記錄 RGB。
 - (6) 第一次染布各放入不同濃度的 50mL 燒杯中, 如步驟 (1)~(5), 進行第二次色布藍染的打樣。
 - (7) 第二次染布各放入不同濃度的 50mL 燒杯中, 如步驟 (1)~(5), 進行第三次色布藍染的打樣。
- (自製液壓圓筒設計及拍照)(染後的濾液需留下比較前後濾液的濃度)

1. 保險粉的藍染色階化的現象

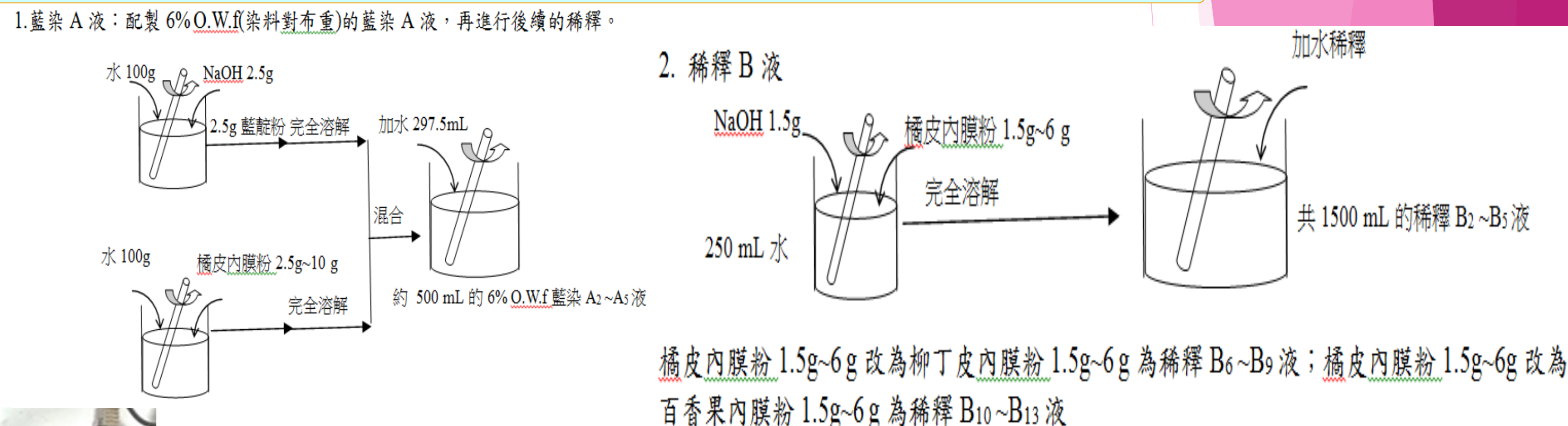


實驗三：天然果皮內膜取代保險粉的實驗研究



橘子內膜及橘子皮自然乾燥 柳丁內膜及柳丁皮自然乾燥 橘子內膜及皮分開收集 橘子乾燥細碎化 柳丁乾燥細碎化 百香果乾燥細碎化

實驗四：天然果皮內膜取代保險粉的藍染染布打樣的製作：



1. 藍染 A 液：配製 6% O.W.F. (染料對重) 的藍染 A 液, 再進行後續的稀釋。
2. 稀釋 B 液
3. 稀釋 B 液
4. 稀釋 B 液

實驗五：藍染色布打樣的製作(保險粉改為果皮內膜)

- 實驗步驟
- (1) 將 1.0% O.W.F. 藍染 A2~A5 液各 10mL 加入 50mL 燒杯中。
 - (2) 攪拌機開始攪拌, 同一燒杯各依序放入三片白布後, 開始計時攪拌 1 分鐘後浸染 10 分鐘。
 - (3) 取出濕布, 以自製液壓圓筒擠掉殘留染液後夾在積木支架上, 在通風處陰乾 1 小時。
 - (4) 換 0.1% O.W.F. 藍染 A2~A5 液為 2.0~6.0%, 同步驟 (1)~(3) 操作之。
 - (5) 所有陰乾後的染布均要對照排放整齊在記錄本上, 以奇異筆書寫編號後拍照記錄, 再以手機 APP 辨色拍照記錄 RGB。
 - (6) 第一次染布各放入不同濃度的 50mL 燒杯中, 如步驟 (1)~(5), 進行第二次色布藍染的打樣。
 - (7) 第二次染布各放入不同濃度的 50mL 燒杯中, 如步驟 (1)~(5), 進行第三次色布藍染的打樣。
 - (8) 結果如圖示表格共三次*4 打樣圖示及記錄。
 - (9) 如步驟 (1)~(7), 將藍染 A2~A5 液改為 A6~A9 液, 進行如圖示表格共三次*4 打樣圖示及記錄。
 - (10) 如步驟 (1)~(7), 將藍染 A2~A5 液改為 A10~A13 液, 進行如圖示表格共三次*4 打樣圖示及記錄。

2~5. 橘子皮內膜 A2B2、A3B3、A4B4、A5B5 的藍染色階



6~9. 柳丁皮內膜 A6B6、A7B7、A8B8、A9B9 的藍染色階



10~13. 百香果內膜 A10B10、A11B11、A12B12、A13B13 的藍染色階



結果：

水果皮內膜取代保險粉當還原劑是可讓非水溶性藍靛粉(氧化型)還原成水溶性靛白的。比較保險粉與三種水果皮內膜進行藍染染布不同深淺打樣的效能是：保險粉 > 橘子外皮內膜 > 柳丁外皮內膜 > 百香果外殼內膜。

我們原以為橘子的果皮色素會對藍染有影響, 雖然暫時會反應在還原後的溶液藍色而帶有一點綠, 但染布後的清洗, 就讓靛白氧化成靛藍難溶於水, 反而是果皮色素就被洗掉了。因此, 染布成品並不會受到果皮色素的影響而變色。

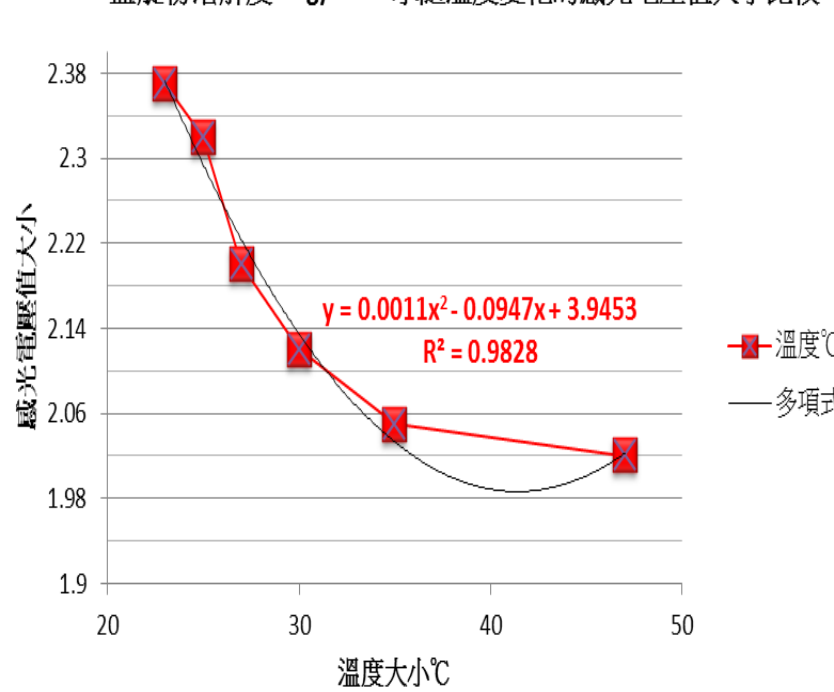
【研究三】藍靛粉的溶解度比較(加不同溫度的水、加酸、加鹼、加鹽、加糖)

實驗六、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加不同溫度的水

實驗步驟

- 1.準備自製第三代吸光儀及多個比色管。
- 2.吸光儀的紅黑鱷魚夾線分別接六段電源變壓器紅色正極端及數位型電錶黑色負極端，吸光儀的白光光源也開啟。
- 3.將空的比色管放到吸光儀的凹槽中，開啟4.5V的電源電壓，微調比色管至感光電壓的讀數最大，記錄之。
- 4.塑膠吸管吸取2mL清水加到比色管，記錄感光電壓大小。
- 5.精秤0.1克藍靛粉加到20mL的溫水中攪拌，吸取2mL藍靛水加到比色管中，以紅外線溫度計量測比色管液溫，同時記錄液溫及感光電壓大小。
- 6.實驗室溫約為22°C，所以，比色管液溫會因高溫熱傳而溫度下降，所以，每30秒以紅外線溫度計量測比色管液溫，同時記錄液溫及感光電壓大小。

藍靛粉溶解度0.1g/20mL水隨溫度變化的感光電壓值大小比較



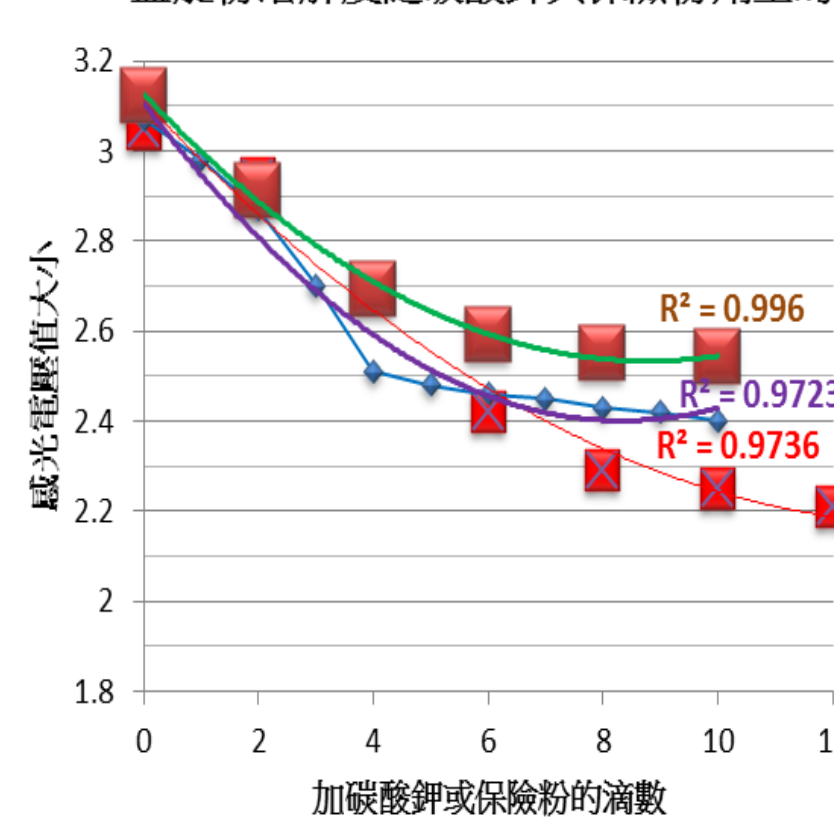
結果：水的溫度愈高，藍靛粉溶解愈多，溶液吸光率愈大，光敏電阻的感光電壓就愈小。

實驗七、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加冰醋酸

實驗步驟

- 1.同實驗六的步驟1~4。
- 2.同實驗六步驟5的藍靛水，常溫下攪拌均勻後，以塑膠吸管吸取2mL藍靛水加到比色管中，記錄感光電壓大小。
- 3.以塑膠吸管吸取0.5mL冰醋酸一滴到2mL藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 4.同步驟3，再於比色管中滴一滴冰醋酸，吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 5.同步驟4，每次加一滴，以此類推，共記錄加到第五滴的冰醋酸即可。

藍靛粉溶解度隨冰醋酸與保險粉劑量的感光電壓值大小比較



實驗八、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加碳酸鉀溶液

實驗步驟

- 1.同實驗七的步驟1~2。
- 2.精秤1克的碳酸鉀加到1 mL的水中，攪拌後再加1 mL水，確保碳酸鉀有全部溶解且濃度均勻。
- 3.以塑膠吸管吸取0.5 mL碳酸鉀水溶液，滴二滴到有2mL藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 4.同步驟3，於比色管中滴二滴碳酸鉀水溶液，吸、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 5.同步驟4，每次加二滴，以此類推，共記錄加到第十二滴的碳酸鉀水溶液即可。

實驗九、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加保險粉溶液

實驗步驟

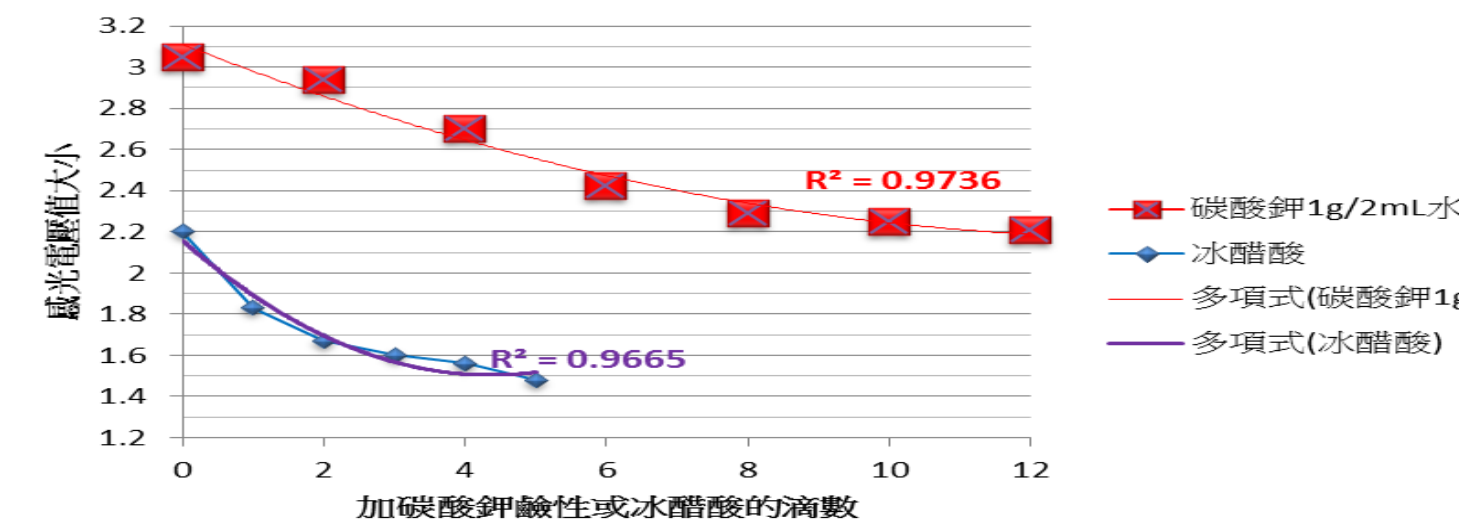
- 1.同實驗七的步驟1~2。
- 2.精秤1克的保險粉加到2 mL的水中，攪拌後再加2 mL的水，以確保保險粉有全部溶解且濃度均勻。
- 3.以塑膠吸管吸取0.5 mL保險粉水溶液，滴一滴到有2mL藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 4.同步驟3，再於比色管中滴一滴保險粉水溶液，吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 5.同步驟4，每次加一滴，以此類推，共記錄加到第十滴的保險粉水溶液即可。

實驗十、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加保險粉與碳酸鉀水溶液體積比1:1

實驗步驟

- 1.同實驗七的步驟1~2。
- 2.以塑膠吸管吸取0.5 mL碳酸鉀水溶液，滴一滴到有2mL藍靛水的比色管中，再以貼有保險粉水溶液專用的塑膠吸管吸取0.5 mL的保險粉水溶液，也滴一滴到有2mL藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 3.同步驟2，於比色管中各再滴一滴碳酸鉀水溶液及一滴保險粉水溶液，吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 4.同步驟3，每次各加一滴，以此類推，共記錄各加到第五滴的碳酸鉀及保險粉水溶液即可。

藍靛粉溶解度隨碳酸鉀與冰醋酸劑量的感光電壓值大小比較



結果：由圖表可知，加保險粉雖可以將藍靛粉還原成可溶性的靛白，藍靛粉也的確在鹼性中溶解度還不錯，但若兩者混合則因保險粉於水為中弱酸性的，酸鹼中和掉一些鹼性，所以，沒有分別加藍靛的溶解度大。

實驗十一、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加葡萄糖水溶液

實驗步驟

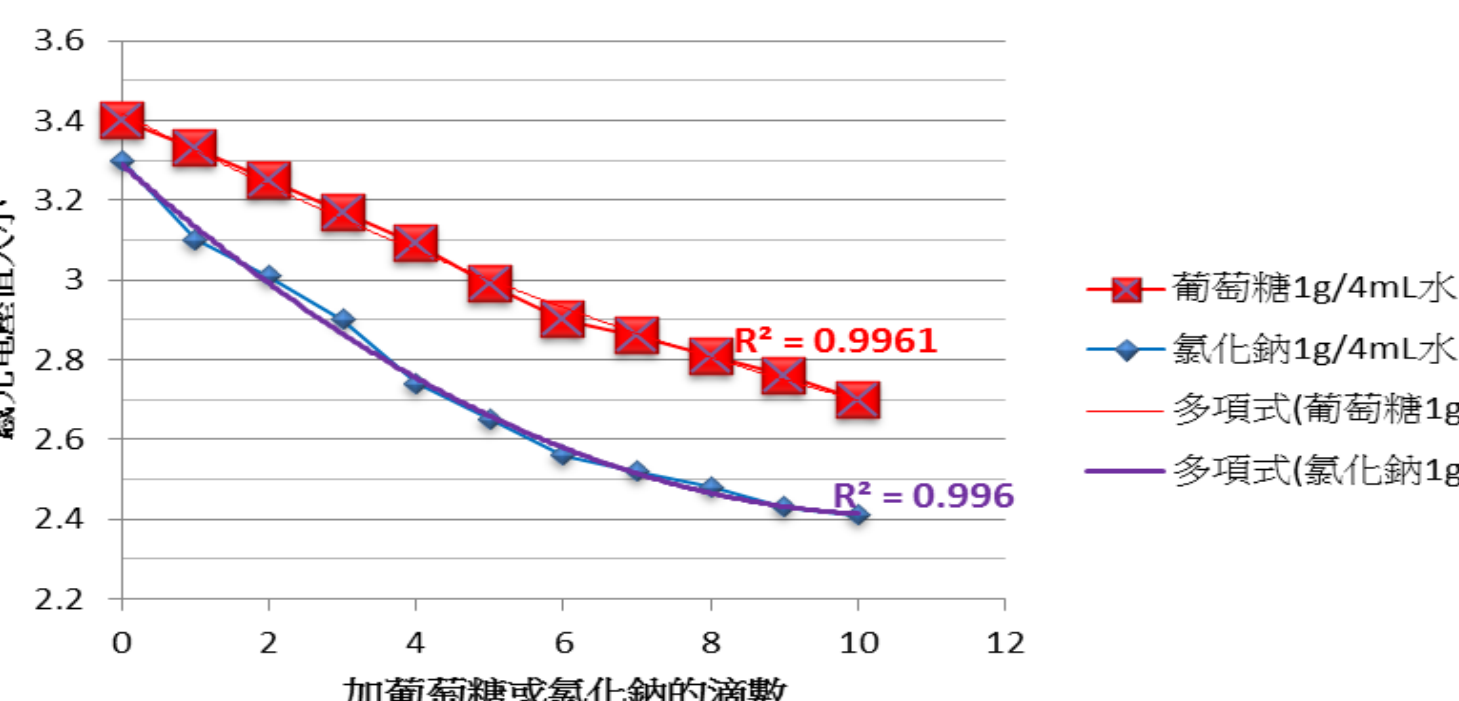
- 1.同實驗七的步驟1~2。
- 2.精秤1克的葡萄糖加到2 mL的水中，攪拌後再加2 mL的水，以確保葡萄糖有全部溶解且濃度均勻。
- 3.以塑膠吸管吸取0.5 mL葡萄糖水溶液，滴一滴到有2mL藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 4.同步驟3，再於比色管中滴一滴葡萄糖水溶液，吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 5.同步驟4，每次加一滴，以此類推，共記錄加到第十滴的葡萄糖水溶液即可。

實驗十二、光敏電阻感光電壓的溶解度比較法-加氯化鈉水溶液

實驗步驟

- 1.同實驗七的步驟1~2。
- 2.精秤1克的氯化鈉加到2 mL的水中，攪拌後再加2 mL的水，以確保氯化鈉有全部溶解且濃度均勻。
- 3.以塑膠吸管吸取0.5 mL氯化鈉水溶液，滴一滴到有2mL藍靛水的比色管中，以另一支乾淨吸管在比色管中吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 4.同步驟3，再於比色管中滴一滴氯化鈉水溶液，吸液、放液連續三次，5秒後記錄感光電壓大小。
- 5.同步驟4，每次加一滴，以此類推，共記錄加到第十滴的氯化鈉水溶液即可。

藍靛粉溶解度隨葡萄糖與氯化鈉劑量的感光電壓值大小比較



結果：原以為，藍靛粉的化學結構中有葡萄糖分子，會不會加糖的溶解度比加鹽好？結果竟然出乎意料，加糖是有助於藍靛粉溶解在水中，但光敏電阻的感光電壓變化幅度明顯氯化鈉比糖好。

【研究四】藍染廢水的減量回收與再利用之研究

實驗十三、藍染廢水的染料沉澱法-加冰醋酸

實驗步驟

- 1.同實驗六的步驟1~4。
- 2.取10mL的藍染廢水，每加五滴冰醋酸後，攪拌10秒鐘後靜置一分鐘，以塑膠吸管吸取2mL上層液到比色管中，記錄感光電壓大小。
- 3.同步驟2，每次加冰醋酸的滴數可以略減，尤其是愈接近對照組水的電壓值，統計加冰醋酸的滴數直到感光電壓大小與對照組水的電壓值相近即可。
- 4.以量筒測藍染廢水的總體積，由前步驟10 mL的藍染廢水需加冰醋酸的滴數，回推需將整個藍染廢水沉澱的總冰醋酸量。

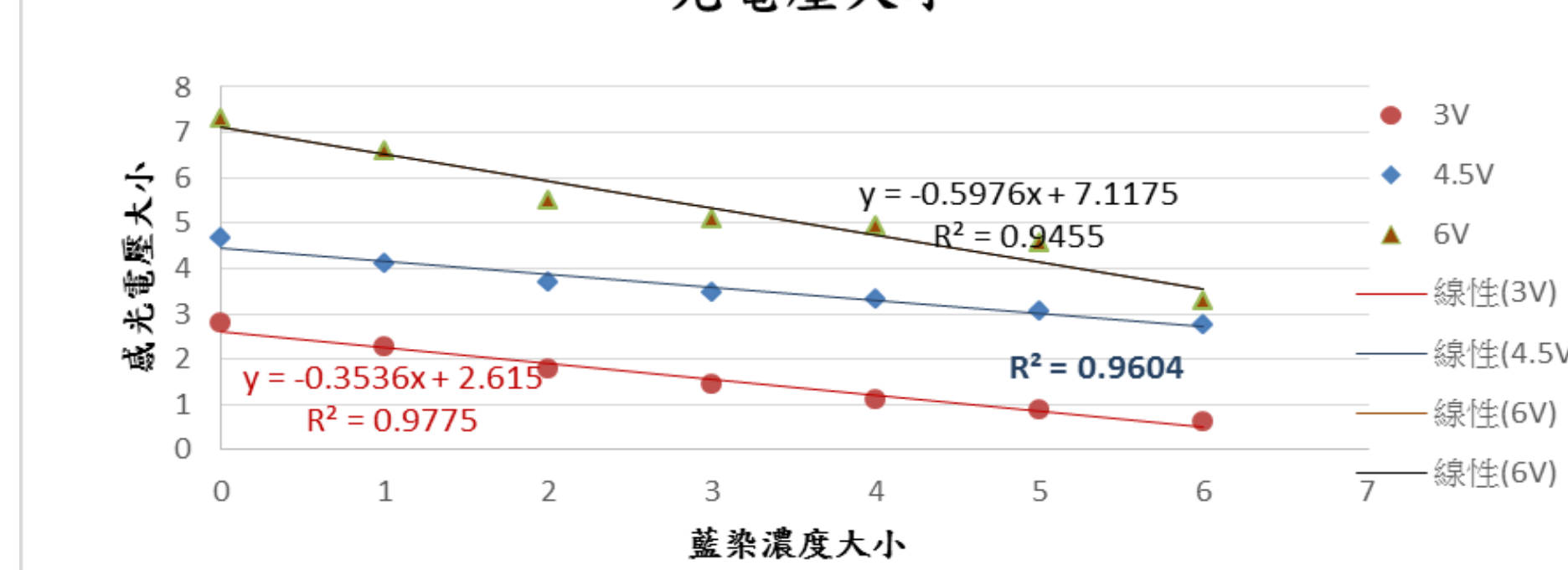
實驗十四、藍染廢水的回收再利用-以吸光儀檢量線定量藍染廢水濃度

實驗步驟

- 1.同實驗六的步驟1~4。
- 2.以塑膠吸管各吸取研究二配製的藍染液2mL，分別測其感光電壓值，做出檢量線。
- 3.以塑膠吸管吸取2mL廢水，加到比色管中，記錄感光電壓大小。
- 4.回推檢量線的線性趨勢線 $y=mx+b$ ，∴廢水濃度 $x=(\text{感光電壓值}-\text{截距}b)/\text{斜率}m$ 。
- 5.可將幾個已知原濃度染液，染完染布後的廢液，以吸光儀偵測感光電壓大小，再由檢量線回推其廢水濃度。

電壓大小	6V					平均	剩餘染液濃度計算 $x=(7.12-y)/(0.5976)$
原藍染濃度	測量值						
blank	7.33	7.3	7.31	7.31	7.32	7.31	
1	7.02	7.03	7.02	7.04	7.03	7.03	0.1539
2	6.33	6.44	6.42	6.52	6.37	6.42	1.1780
3	6.13	6.14	6.21	6.23	6.24	6.19	1.5562
4	5.48	5.47	5.48	5.48	5.49	5.48	2.7443
5	5.23	5.24	5.24	5.25	5.27	5.25	3.1359
6	4.56	4.55	4.54	4.55	4.54	4.55	4.3039

第三代吸光度儀不同壓下偵測不同藍染濃度的感光電壓大小



結果：我們由研究三可以清楚的知道，鹼性的藍染溶液加酸就會讓染料溶解度變小而沉澱，要讓沉澱再溶解則加鹼使其容易與微酸性的保險粉或水果皮內膜讓不溶性氧化型的藍靛粉變成可溶性還原型的靛白。而我們也可以利用第三代吸光儀，以研究二配製染液濃度的方法，選幾個濃度，在六段感光電壓3~6V下，測其感光電壓，做出檢量線，再量測藍染廢液的感光電壓，就可以用圖表的趨勢線公式，例如： $y = -0.5976x + 7.1175$ ，回推廢液濃度 x 值，回收再利用了。

【研究五】藍染山水風情畫的吸附顯色探究

將藍染的色階及濃度定量問題解決後，就可以綁染、型染及蠟染在畫布上任意加上深淺不一的染色風情



結論

- 1.我們在網路app商店，輸入[color picker]，下載程式，點選快速連結的畫面即可將圖片讀取其RGB，是個相當容易上手的辨色工具。可惜這App辨色只能看個大概，若要方便畫出檢量線而定量濃度，恐怕不太容易統計比較出來！
- 2.我們以便宜的光敏電阻等零件及回收的手機變壓器插頭，成功的製造出第三代簡易吸光儀，其中六段電源供應器以不同電壓驅動光敏電阻感光後的電壓變化，線性趨勢線的相關係數R2值可達0.99，而配製藍染溶液的色階檢量線，辨色的相關係數也可達0.9以上。
- 3.以水果皮內膜取代保險粉(連二亞硫酸鈉)的臭味及毒性，也意外的發現，減少藍染洗滌廢水及減少藍染次數的簡單方法-回歸加酸定色，可讓染料溶解度變小而定色於染布上。
- 4.以感光電壓的大小來協助我們判斷藍染在不同溶質下的溶解度比較，創新了傳統的新實驗：一般的溶解度實驗為將溶質加到溶劑中，量測在不同的溫度下，固定溶劑中可溶解溶質的最大量。恰好，藍靛粉昂貴且為環保之故，本實驗創新使用自製第三代吸光儀有光敏電阻感光電壓的溶解度比較法，藍染溶解度大的，光吸收多，光穿透少，則感光電壓小。
- 5.由研究三可以清楚的知道，鹼性的藍染溶液加酸就會讓染料溶解度變小而沉澱，要讓沉澱再溶解則加鹼，使其容易與微酸性的保險粉或水果皮內膜讓不溶性氧化型的藍靛粉變成可溶性還原型的靛白。
- 6.我們利用第三代吸光儀，可以輕易的分辨藍染後的廢液濃度，回收再利用。未知濃度，在六段感光電壓3~6V下，測其感光電壓，做出檢量線，再量測藍染廢液的感光電壓，就可以用圖表的趨勢線公式，例如： $y = -0.5976x + 7.1175$ ，回推廢液濃度 x 值，回收再利用了。
- 7.我們以水果皮內膜取代保險粉(連二亞硫酸鈉)的臭味及毒性，也意外的發現，減少藍染洗滌廢水及減少藍染次數的簡單方法-回歸加酸定色，可讓定色於染布上。
- 8.藍靛粉以柑橘類水果內皮來做為藍染的還原劑是可行的，橘子、柳丁皮膜甚至百香果均能做到廢物利用，本作品已成功達成：自製省錢省能源的儀器設計，效能可輕易的分辨藍染後的廢液濃度、減量及減廢回收再利用、安全的「綠色化學」實驗。

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.高中基礎化學1-4觀念13溶解度 國立編輯館出版
- 5.歷屆科展作品
中華民國第47屆高職組 農業及生物科技科 偷窺阿嬤的染缸
中華民國第56屆國中組化學科科展 探討靛胭脂的氧化還原
- 6.江佩錚 (2007)。不同成熟度金柑抗氧化活性及其有效成分之研究。國立宜蘭大學
- 7.臺灣化學教育(2017)。當藝術遇見化學:藍染魔法與化學神功的融合交會
- 8.網路資源
(1)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
(2) <http://goo.gl/XMY4zZ/Wikipedia>(2019)
(3) 台灣工藝研究發展中心藍染
https://www.ntcri.gov.tw/dnalist_196_87.html