

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

第一名

032810

鑑色~藍染動力進行式

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者： 國三 梁展銘 國三 林邑誠 國三 林子恩	指導老師： 賴月琴
-----------------------------------------------	------------------

關鍵詞：顏色感測器模組、藍染氧化還原、水車動力
模組

得獎感言

科展實現我的科學夢~好可以更好的藍染染藝工法研究

不會有所謂的夕陽產業，只要能夠與時俱進的進步，每個產業都有無限可能!

鑑色~藍染動力進行式是我們第一次參加全國科展的作品，我們的核心概念是在傳統染布上以創新或是改進的方式來改良原有的藍染進程，我們將原本需要的大藍染染缸改進為更小的缸體，同時也改變了藍染製作工法，減少藍泥的前提下卻不失原本的快速，讓藍染變得更加環保、以及容易操作。

在這次全國科展中我們有受到仰望基金會人才培訓班的指導，臺中市教育局科學卓越獎的資金補助，同時也感謝老師指導我們設計鑑色儀器及組裝水車動力機械時的指導，也感謝我們三個人彼此之間耐心的配合與合作，即使偶爾發生衝突。但最後總是會找到共識並盡力改良自身想法，並以彼此的共識做出好的作品。

我們在改良馬達以及長巾硬體設備時花了不少心力，智高零件套接尺寸不夠精密，有些不容易組合固定，造成我們的組裝常常卡關，甚至需要用老虎鉗來固定零件，因此我們透過改良馬達，改造齒輪比來試著解決問題，我們最後甚至改進到了第三代，在研究中我們不斷獲取了新知並將其付諸實行，這正是最難能可貴的。

最後感謝臺中市政府教育局聘請的輔導教授耐心地提點口說及簡報修正的地方，感謝基金會、指導老師、同學們以及家長的付出，讓我們可以將問題一一的予以測試和改進，讓我們能夠成功地築夢踏實。



終於佈展完成了~師生在臺中市科展複審場地前大合照



錄影短片佈置及介紹完成~再合照囉~~



感謝全國科展評審們的肯定~我們決定繼續向下一關挺進!

摘要

傳統藍染，染個深藍的布，要反覆浸染洗個二、三十次才行，而每一次的洗滌，都是藍水對環境的污染！

我們設計的鑑色儀，**光敏電阻吸光儀**使各色光照射比色管溶液，讓光敏電阻感光後，測量串接的電阻分電壓大小，可製作檢量線定量染液濃度；**染布鑑色儀**則是以 **GY-33** 顏色感測器校正後，測出同區塊面積的色布 RGB 值，再以線上顏色代碼轉換工具，轉換成 HSB 值來分析染布顏色。

我們創新研究出**藍染水車的動力機構**，不僅可比較出不同水位、負載物的氧化還原轉速，也成功的加入**順逆轉軸之動力輪替**，解決長巾藍染不易的問題。

非接觸式的光遮斷感測器精準量測水車運轉時間、簡單比較增加風速或溫度可加速氧化之定色等，讓精準快速的藍染文化成為可能。

壹、前言

一、研究動機

有客家血統的我，平常喜歡去參加一些客家節慶和飲食文化的活動。有一天，我和家人去參觀客家博物館，走到了一間都是衣服的房間，看到牌子的說明，我才知道這是在同治和光緒年間流行的染布，當時，客家藍衫是客家人的傳統服飾，也符合客家勤勞節儉的精神，耐洗、耐穿又抗污…。

後來，有一天，我回到家，看到家人在洗衣服，恰巧發現水是綠的，可是手卻是藍的，我覺得很奇怪？我上網查，其中建藍工序有介紹傳統建藍和半傳統建藍法，在缸桶內放木灰鹼水調 pH12 以上再放藍靛 10kg，用保險粉 30g 發色，還邊攪拌邊打入空氣…，染缸長期使用後，染液逐漸沒有還原力，缸底的藍泥沉澱越積越高，需要更換或是倒除，廢液還須加入冰醋酸做酸鹼中和後倒除！我很懷疑和藍靛差這麼多的保險粉量和需要把空氣打入才能建藍這件事，藍泥沉澱量這麼多，是否是溶解度的問題…。

上學後，我和好友討論，他查了藍染的資料，也覺得很有趣，綠變藍好像和二年級時學到的氧化還原有關，恰好，和我們一起玩機電的朋友，他也有參加染藝班的社團，於是，我們七嘴八舌熱烈的討論，最後，我們決定在機電社團老師的指導協助下，來好好研究藍染的鑑色和動力問題，加油！！

二、目的

(一)、藍染染液濃度的定量及染布試樣的鑑色比較

訪問大人們藍染為何要染這麼多次的原因，她們說，因為藍色不容易吃進布裡面，感覺染個 5 次和 10 次的顏色差不了多少，所以，染缸內的染液濃度和染布要有辦法定量或辨別顏色才行。

(二)、自製不同槳葉水車及不同負載物(一槳一物)的轉速比較

藍染技法中有很多綁染，一堆綁布浸在缸內很容易認不出來，又要拿夾子夾起來，戴手套把未綁的地方打開氧化，所以，乾脆設計把綁染作品固定在水車漿葉上，未綁的地方也可以先拉開，有浸染時還原也有在空氣中氧化的分別

(三)、不同藍染巾長度的藍染動力研究

藍染巾有長有短，長的甚至圍一圈水車都不夠，所以，我們想設計出順逆轉軸，還有試轉幾圈才行的動力機構

(四)、藍染水車的氧化還原變換速率與鑑色的比較

我們觀察校內藍染時，在染缸內的時間比晾在外面曬衣架上的時間短，所以，水缸內水位高低影響缸內還原及缸外氧化的條件，推測這兩者速率應該要不同才是

(五)、增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

布最後是要變藍色，所以，氧化變藍的定色至關重要，如果在染缸外能快速氧化增加染布的吸附量，我們覺得增加風速或增加溫度或許是一種可以嘗試的方法

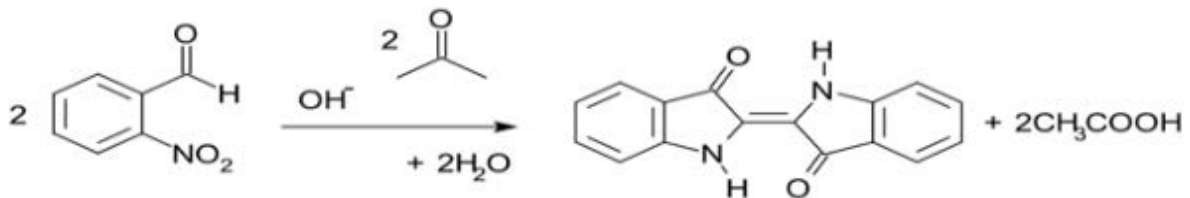
三、文獻回顧

為了探究藍色的靛藍與綠色的靛白的氧化還原的關係及為何藍染後染缸底會沈澱出很多的藍泥，我們做了藍染原理的文獻分析及藍染染液的配製研究。

(一)資料整理

1.藍染的原料為靛藍，可人工合成靛藍及由天然木藍植物為原料製成。

2.靛藍的合成¹：拜耳（Adolf von Baeyer, 1835-1917），在實驗室從苯乙酸與丙酮反應在鹼性水溶液中，成功地合成出靛藍，其反應如下所示。這合成反應開啟人工合成靛藍的風潮，拜耳獲頒 1905 年諾貝爾化學獎的殊榮。



(圖片來源：維基百科，¹<https://goo.gl/XMY4zZ>)

3. 天然靛藍的製備

1.傳統建藍方式：傳統沉澱法，選馬藍做製藍的藍染植物。

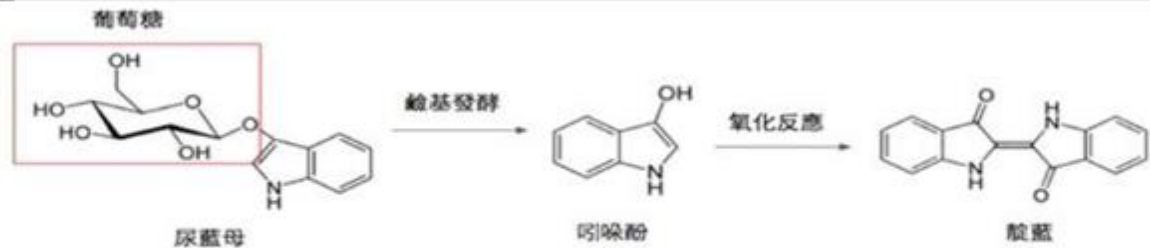
(1)製造流程：馬藍生葉→浸泡在水中(夏季約為 24~36 小時、冬天需更長，視藍葉腐爛和藍靛素溶出的程度判斷)→腐葉撈出藍苔→加入適量的石灰乳『熟石灰 Ca(OH)₂』(提供鹼性)→快速攪拌(視泡沫下降減少而呈現細小狀)→靜置→待藍靛沈澱與水分離→上層的咖啡色廢液倒除或使用胚布袋進行過濾→沉澱之藍泥。

(2)藍泥的須以生物繁殖發酵水解法原理生成靛藍，耗費很長的時間等待天然微生物自然發酵，無法控制時間。

2.以木藍植物作為原料製成的藍靛精粉，這是本作品採用的藍染材料，購自天染工坊。

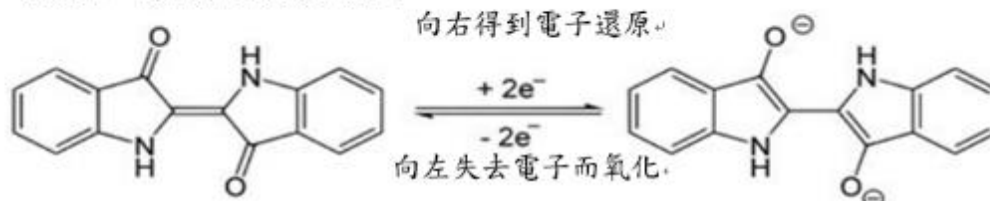
(二)、藍染的原理與分析

1.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，在鹼基條件下氧化縮合成靛藍，產生布料上藍色的效果。



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

2. 文獻說：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，我們推測：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。兩個吲哚酚分子縮合。



非水溶性靛藍 (氧化型)

水溶性靛白 (還原型)

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)藍染染液的配製

1. 藍染染液的調配材料有：藍靛粉、水、氫氧化鈉 (Sodium hydroxide, NaOH) 及俗稱保險粉的低亞硫酸鈉或稱連二亞硫酸鈉 (Sodium Hydrosulfite, Na₂S₂O₄)² 參考比例如下表：

材料	藍靛粉	水	氫氧化鈉	低亞硫酸鈉	棉布
比例	1	300	1	1	15
範例	20 g	6000 mL	20 g	20 g	300 g

2. 由上表，我們計算出：氫氧化鈉水溶液的體積莫耳濃度 = NaOH mol 數/水溶液體積 = (20/40) mol/6 L = 0.083M 接近 0.1 M。[NaOH] = 0.1 M = [OH⁻] (完全解離) = 10⁻¹ = 10^{-pOH}，pOH = 1，pH = 13，所以，調藍靛水溶液需以酸鹼性 > pH 12 的[NaOH]才行。

3. 推算我們染缸的藍靛液配製比例為：

- (1) 在 1000 mL 的量杯內，倒入 500 mL 的清水，先溶解 20 g 的氫氧化鈉，再加入 20 g 的藍靛粉，攪拌溶解為 A 液。
- (2) 在 500 mL 的量杯內，倒入 150 mL 的溫水，溶解 10 g 的保險粉為 1/2B 液。
- (3) AB 兩液混合後倒入裝有 6000-500-300(2 次 B 液)=5200 mL 清水的染缸內，充份攪拌即為藍染液。
- (4) 剩餘 10 g 的保險粉，再配一份 B 液，當藍染液還原力不足時再補充備用。

4. 文獻提醒的安全及操作注意事項如下：

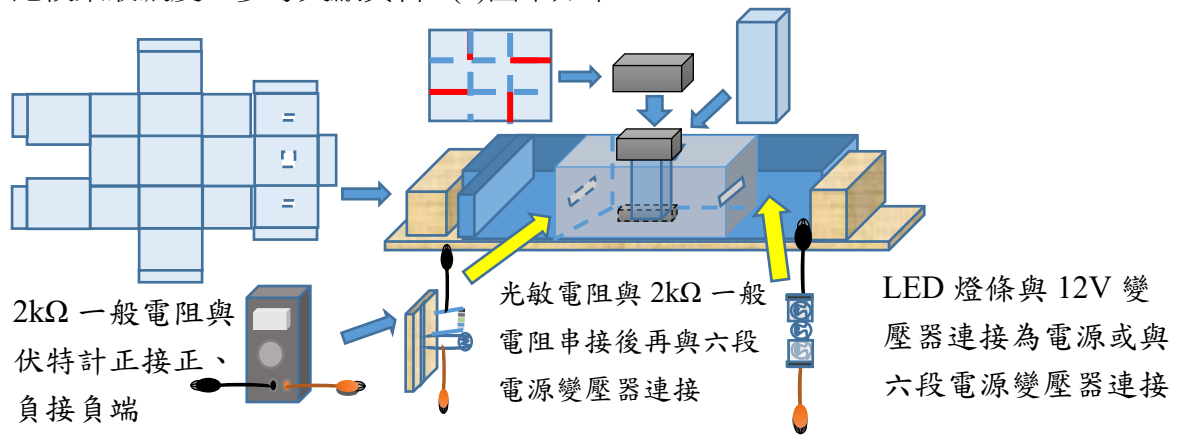
- (1) 剛調製好的染液 pH 值 > 12，屬於強鹼，接觸時需穿戴橡膠手套。
- (2) 染液液體表面為藍色，液體內部呈黃綠色，若去漿後的棉布放入液內，無呈現黃綠色，表示藍染液還原力不足需再添加 B 液。
- (3) 完成染色後的布塊偏鹼性，可用稀釋醋(水：醋 = 30：1 酸鹼中和) 完全淹沒布塊即可。

貳、研究設備及器材

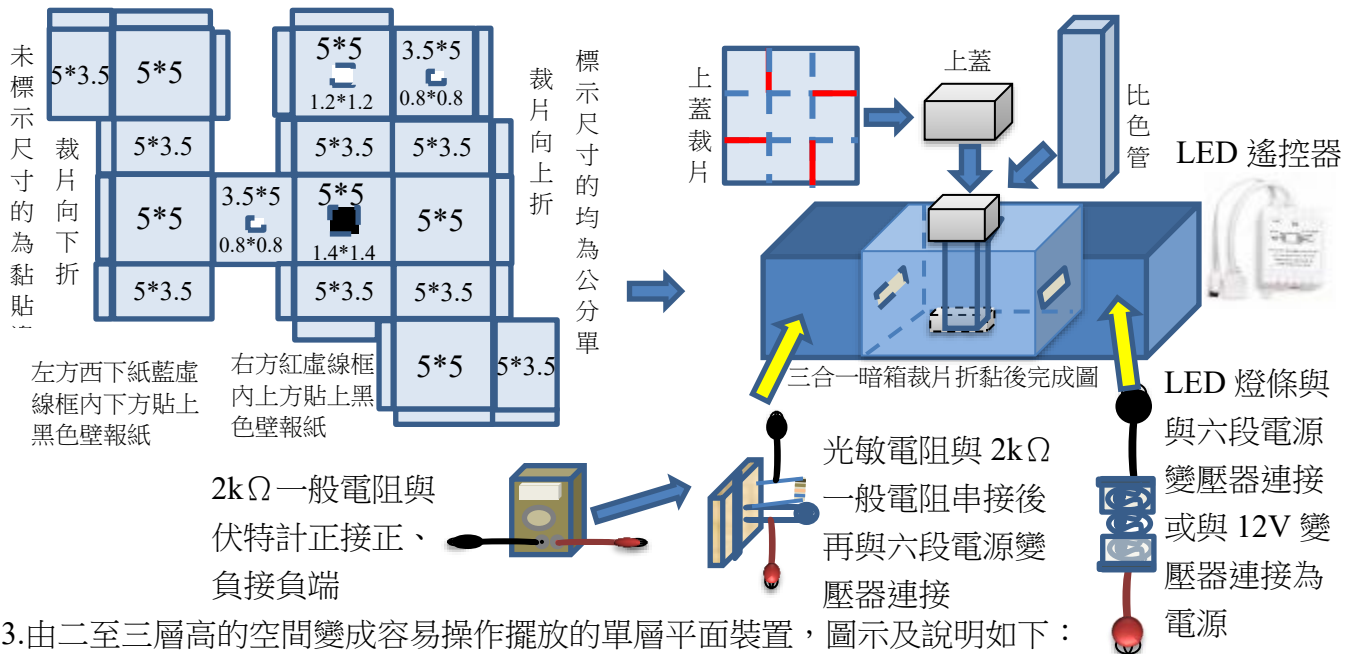
一、裝置設計一、鑑色儀器的設計

(一)測定染液濃度的光敏電阻感光吸光儀

- 1.以白光照射吸光儀，讓光敏電阻感光後，測量一般電阻電壓大小，以不同濃度製作檢量線比較染液濃度，參考文獻資料 7(2)圖示如下



- 2.我們再創新設計的三合一暗箱室光敏電阻感光吸光儀的圖示如下：



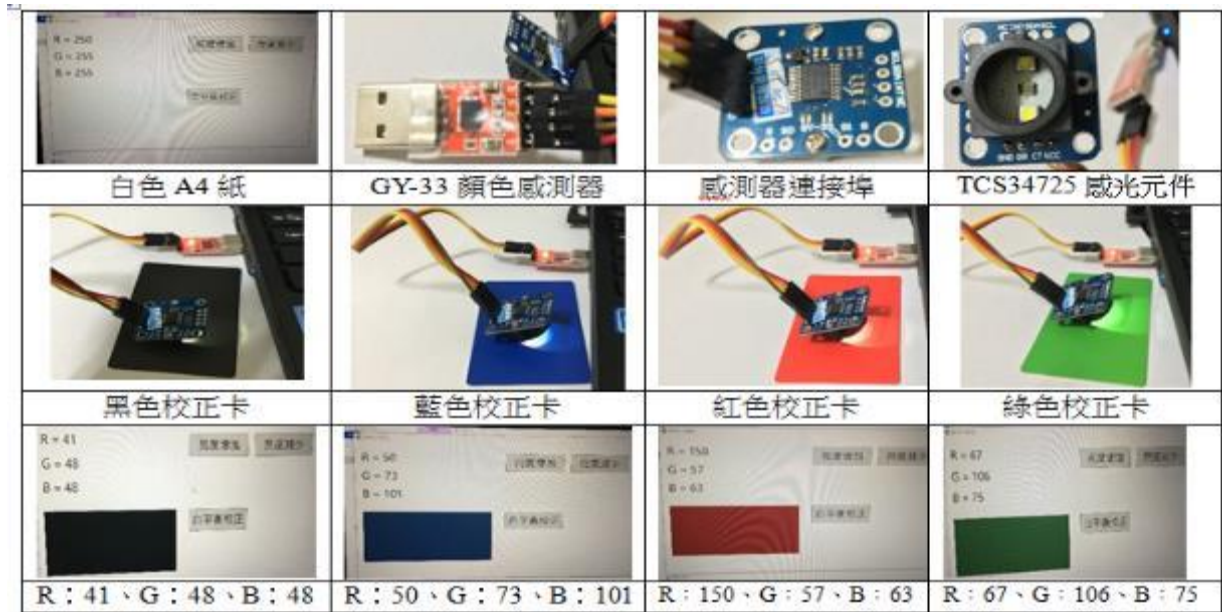
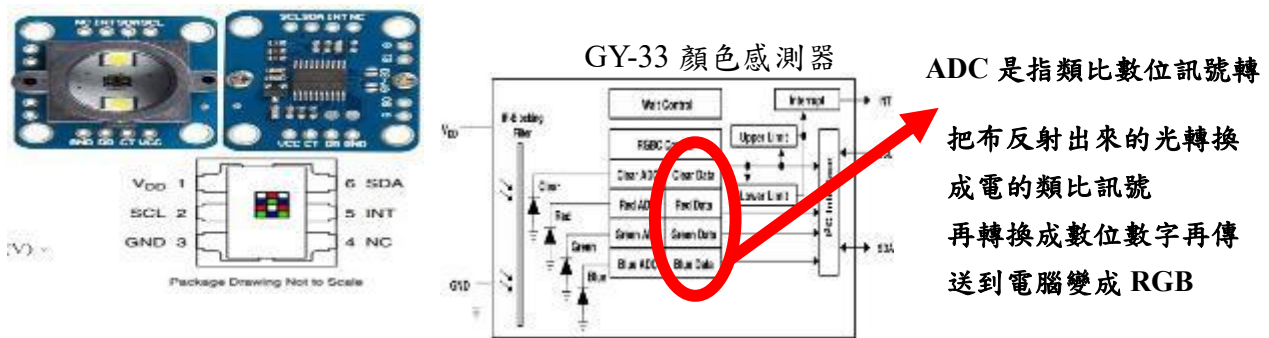
- 3.由二至三層高的空間變成容易操作擺放的單層平面裝置，圖示及說明如下：



(二) 染布鑑色儀

染布鑑色儀則是以 GY-33 顏色感測器校正後，快速測出色布上同樣區塊面積的 RGB 值，

GY-33 顏色感測器：是由兩顆白光和中間的感光器所組成的



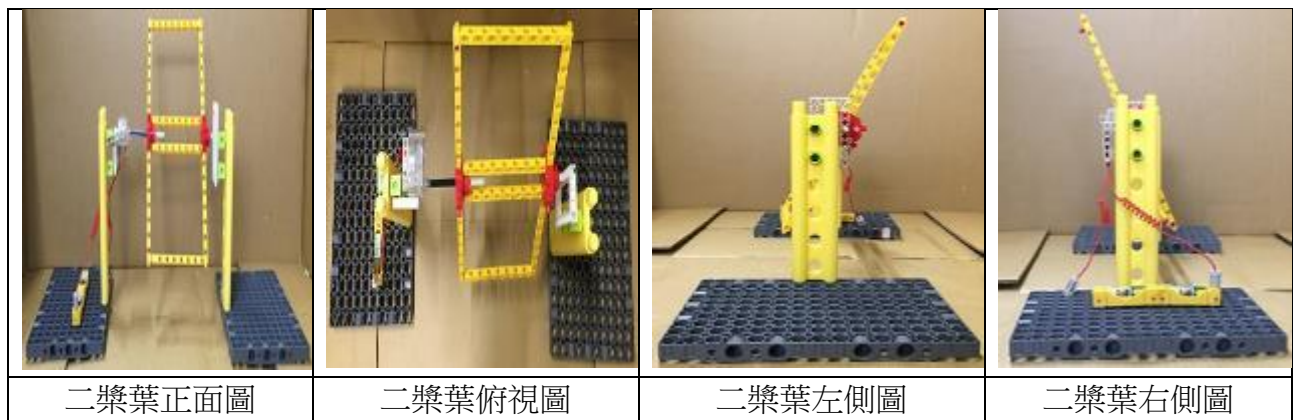
再利用線上顏色代碼轉換工具，轉換成 HSB 或 HSV 值來分析染布顏色。

非接觸式的光遮斷感測器及非接觸式霍爾感測器(磁感應) 運用 m-Black5 程式

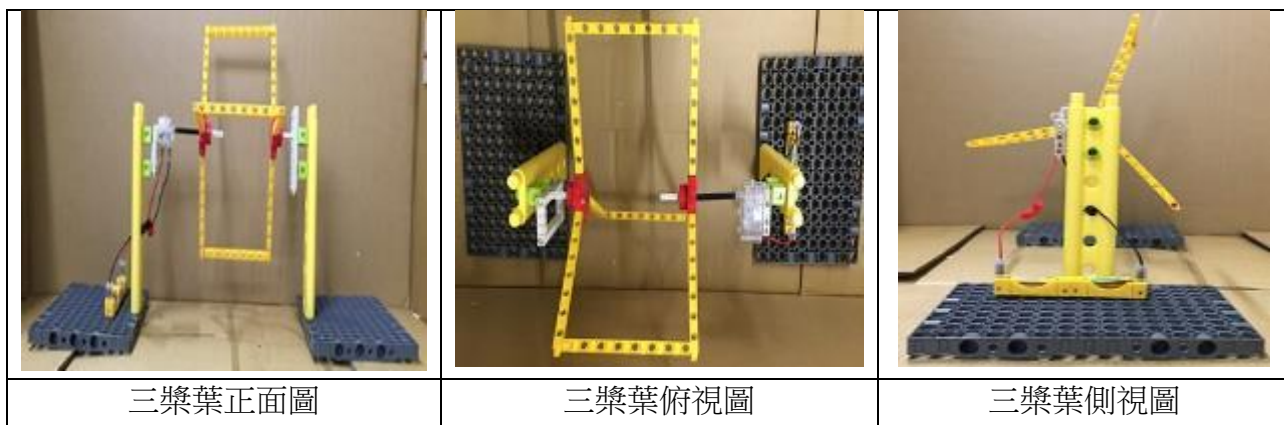
(三) 自製裝置設計二、自製二~六槳葉水車

1. 比較出不同水位負載物的氧化及還原轉速，希望能找出最佳水車運轉速率及水位高度比

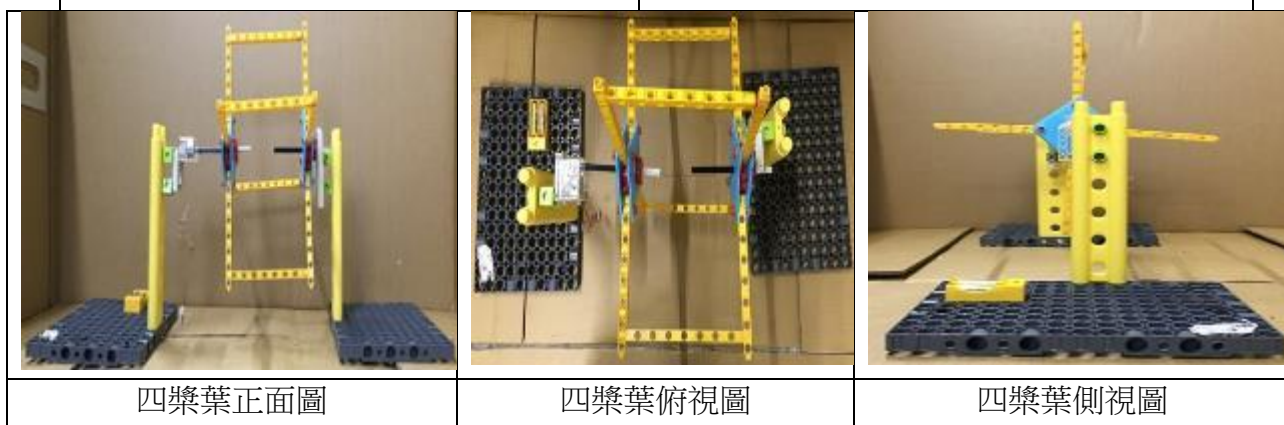
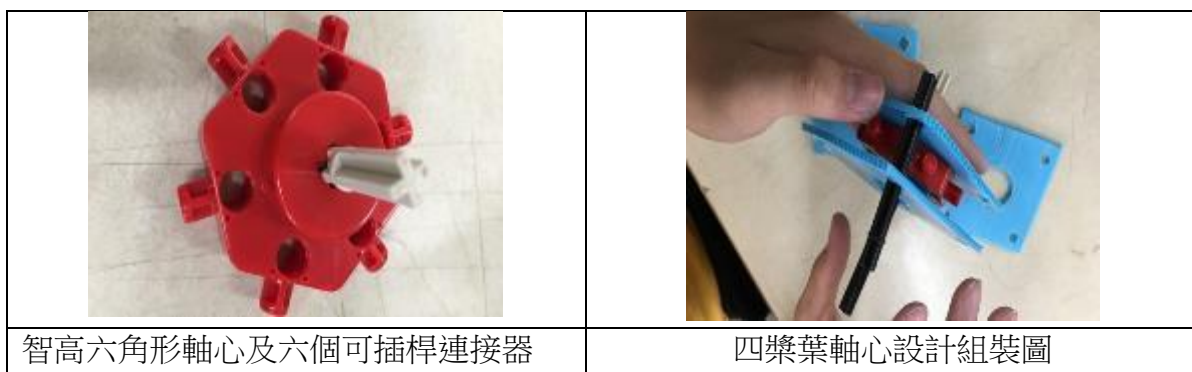
(1) 二槳葉水車(可配合染缸的液面高低加上毛細現象，染出漸層色的藍巾或衣服)



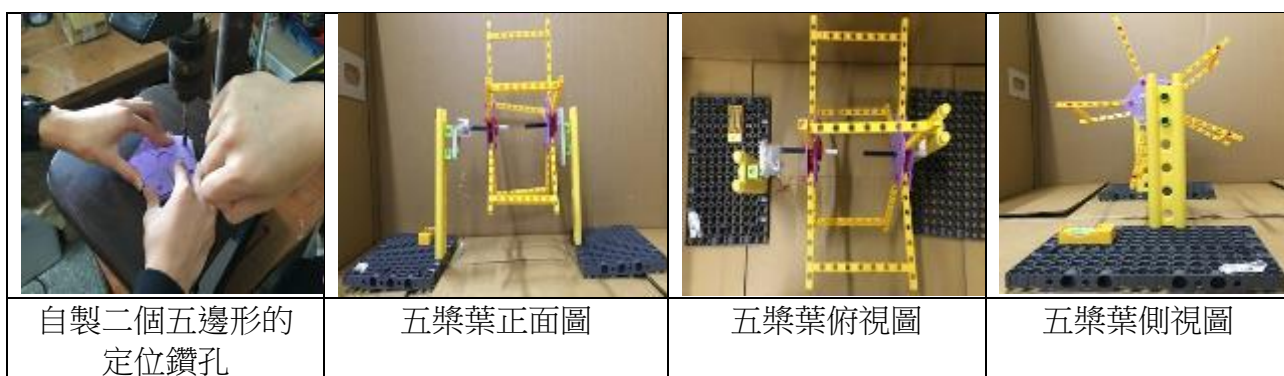
(2)三槳葉水車(可配合藍染的短藍巾或夾染、綁染等技法，將染布固定在槳葉上)



(3)四槳葉水車(可配合藍染的短藍巾或夾染、綁染等技法，將染布固定在槳葉上)



(4)五槳葉水車(可配合藍染的短藍巾或夾染、綁染等技法，將染布固定在槳葉上)



(5)六槳葉水車(可配合藍染的短藍巾或夾染、綁染等技法，將染布固定在槳葉上)



高扭力慢速水車設計

六槳葉正面圖

六槳葉俯視圖

六槳葉側視圖

2.配合藍染的氧化及還原速率，加上水車負荷重增加，以不同的齒輪比組合來提高扭力使馬達慢速或更改馬達的馬力及提高供電的電壓。

(1)水車的動力研究：智高低電壓高扭力減速馬達來源有二種減速馬達如下：



插孔(2)及十字轉軸外型結構位置相同的智高馬達有紅黑線分開的和合股的兩種。

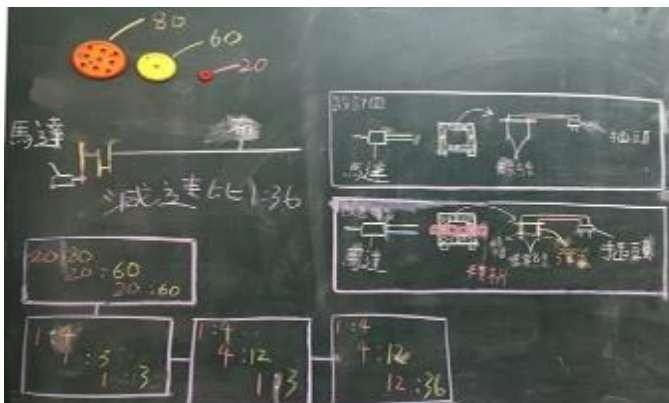


紅黑線合股的馬達盒：主動齒輪為 8 齒，與從動齒輪咬合的齒輪比有三次：
 $(20/8) \times (30/8) \times (30/8)$
 $= 35.16$ 是減速比 35 倍速馬達，扭力較大！

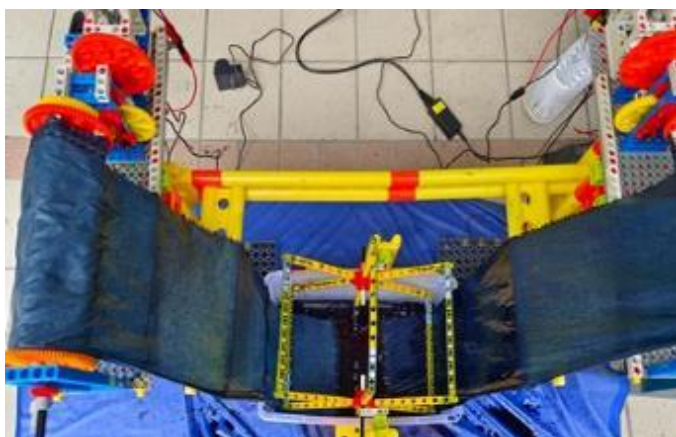


紅黑線分開的馬達盒：主動齒輪為 8 齒，與從動齒輪咬合的齒輪比有二次
 $(30/8) \times (40/8) = 18.75$ 為約 19 倍速馬達，扭力較小。

(2)自製裝置設計三、因本實驗研究需提高電壓至 12V，上述的智高馬達恐負荷不了，所以，只能用外購的履帶車馬達來組裝提高扭力且減速的齒輪比至 36 倍來因應，如下圖示。



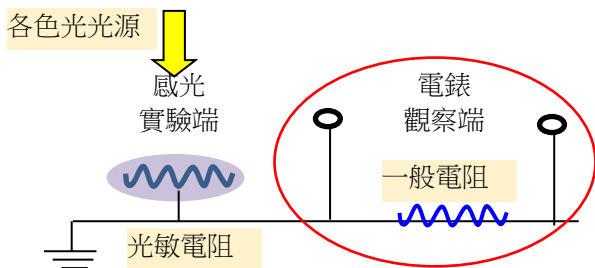
三、水車轉動還加入順逆轉軸的動力輪替及伸縮桿的設計。



參、研究方法或過程

研究一、藍染液濃度的定量及染布試樣的鑑色比較

(一) 測定染液濃度定量的自製光敏電阻吸光儀製作原理
白光照射自製吸光儀→光敏電阻感光後，測量一般電阻電壓大小，可依比爾定律原理來量測染液的濃度大小，測定裝置如右圖，定量檢測簡圖如下：



說明：一般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，以此類推。

實驗一、染液的濃度配製及電壓檢測

步驟：

1.同 p4(三)配製的藍染 A 液以 pH13 的氫氧化鈉溶液稀釋如下：

	0.1A 液	0.08A 液	0.06A 液	0.04A 液	0.02A 液
濃度 1/300 的藍染 A 液(mL)	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
pH13 的氫氧化鈉(mL)	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8

- 2.以自製吸光儀檢測光敏電阻感光後(以六段電源供應器 3~12V 供電)，測量一般電阻電壓大小：各取 4 mL 溶液於比色管中，依序測 pH13 的氫氧化鈉水溶液(背景值)、濃度由低至高的藍染稀釋 A 液的一般電阻分壓大小，如表一，用藍光照比色管為表二。
- 3.提高藍染稀釋 A 液濃度至 0.5A，同步驟 2，用白光照射光敏電阻吸光儀，結果如表三，藍光則如表四。(分析圖表後，發現白光靈敏度 ok，藍光不 ok)。
- 4.同步驟 2，白光照射光敏電阻吸光儀的低至高濃度藍染液，再偵測與光敏電阻串接的一般電阻電壓大小如表五。
- 5.以保險粉液稀釋高濃度藍靛液分別以白光→綠光(還原)→藍光(氧化)照射吸光儀，記錄如表六~八。(圖 1~圖 8)。

(二)GY33 鑑色儀與校正

實驗二、染布的颜色鑑定

- 1.配製 pH13 的氫氧化鈉溶液當藍染液的稀釋液備用。
- 2.如上述藍染液的濃度配製出 0.02A~0.1 A、0.1 A~0.5 A 的藍染濃度。
- 3.準備 10 個乾淨的培養皿，每個培養皿均放置 3*3cm² 的白色去漿乾燥後的染布。
- 4.準備 10 支乾淨的塑膠滴管，分別貼上標籤後，依序吸取各藍染液濃度 2mL，然後均勻的滴到染布上。
- 5.浸染一天後，準備量測各藍染乾布的 RGB 及 HSB 值。

- 6.電腦連接 GY-33 顏色感測器，以白色色卡做白平衡校正後，分別測出藍色色卡及潮濕及乾燥後 0.01A~1A 染布的 RGB 值，再利用線上顏色代碼轉換工具，分析染布顏色的 HSB 值，記錄於表九。
- 7.配製 pH14 的氫氧化鈉溶液當藍染液的稀釋液備用。
- 8.同步驟 2~6，測完 RGB 值後，分析染布顏色的 HSB 值，記錄於表十。
- 9.如上述保險粉的配製，與 pH14 的氫氧化鈉溶液 1:1 當藍染液的稀釋液備用。
- 10.同步驟 2~6，測完 RGB 值後，分析染布顏色的 HSB 值，記錄於表 11。
- 11.將去藥後白布加稀釋的濃染液浸泡 30 分鐘後洗滌晾乾後備用。
- 12.將濃染後白布浸染如步驟 9 的藍染液各 10 秒、陽光下曝曬 20 秒，反覆兩次後(模擬染布浸於水車染缸中的第一圈及第二圈)，測量各藍染 A 液潮溼染布的 RGB 值，記錄於表 12。
- 13.步驟 12 的染布夾在通風的晾布架上乾燥後，再測乾布的 RGB 值，記錄於表 13。(圖 9~圖 16)。

研究二、自製不同漿葉水車及不同負載物(一漿一物)的轉速比較

(一)水車水位及氧化還原效能的想法

各水車入水深度分別記錄低水位 5 cm、中水位 8 cm、高水位 12 cm，水車軸心到桿端共 18 cm，由下圖可知，不管二漿或甚至六漿，水位高度一樣，入水及出水的路徑長均相同，唯入水漿數愈多、阻力愈大，高水位入水漿數>中水位>低水位。變因還有漿數不同，同輸入電壓，動力卻不一樣，水下還原速率及水上氧化速率均會受影響。總之，入水還原的時間愈長、還原移動速率愈小或入水還原的路徑愈長，還原速率愈快，還原效能均可提高(當然，也和具還原力的保險粉材料是否足量相關)；出水氧化可讓靛白變靛藍而吸附定色在染布上，所以，氧化的路徑愈長，或氧化的時間愈足夠，氧化效能均可提高(當然也和染布是否吸附染液定色的飽和量相關)。



二漿轉動 90°及入水區域的圖示



三轉動 60°及入水區域的圖示



低水位顯示每次只能入水一漿葉



中水位則能入水達 90°，四~六漿均可同時入二漿葉



高水位能入水達 135°，六漿葉可入 3 漿、三~五漿可入 2 漿、二漿入 1 漿

(二)不同槳葉水車的中心主軸及桿長的操作步驟：

- 1.以中心有十字孔的六孔連接環為水車中心主軸支點，此連接環的六孔加長條積木為桿長，如水車作圖分析及運算，總桿長至六孔連接環中心點約為 18 cm (控制變因相同、操作變因則為槳葉數不同)。
- 2.以中心有十字孔的六孔連接環為水車中心主軸支點，在此智高積木上以雙層 PP 板(先以投影片繪製比六孔連接環長度更大的正方形透明模板)，可在正方四個角落加紅扣夾擊成 90°夾角四桿長四孔連接環；同理，可繪製正五邊形，加紅扣夾擊成 72°夾角五桿長的五孔連接環。
- 3.連接洞口用熱熔膠封住，可製成除了二、三、六槳葉以外的四支槳葉及五支槳葉水車。

實驗三、自製二槳葉~六槳葉水車在不同電壓下的轉速比較

- 1.每台水車上加一個標記物，架上二槳葉，測定 3~12V 六段電源供應器依次由低電壓至高電壓，記錄水車運轉每五圈時間差，重覆測三回，將平均值寫於表 14。
- 2.同步驟 1，換上三~六槳葉，將結果記錄於表 14。
- 3.以 Excel 表運算水車圓周長除以各對應時間，算出轉速，將結果記錄於表 14。(圖 17-1~17-2)

實驗四、零水位二槳葉~六槳葉負載一槳一物載物轉速及各電壓大小的轉速比較

- 1.在每台水車的槳葉上綁 20cm*20cm 已準備夾染的布料，同實驗三測定負載下的轉速大小如表 15。(圖 18-1~18-2)
- 2.五槳葉需校正，以光遮斷感測器實測各槳葉運轉一圈的時間及轉速如。

實驗五、低水位二槳葉~六槳葉負載一槳一物載物轉速及各電壓大小的轉速比較

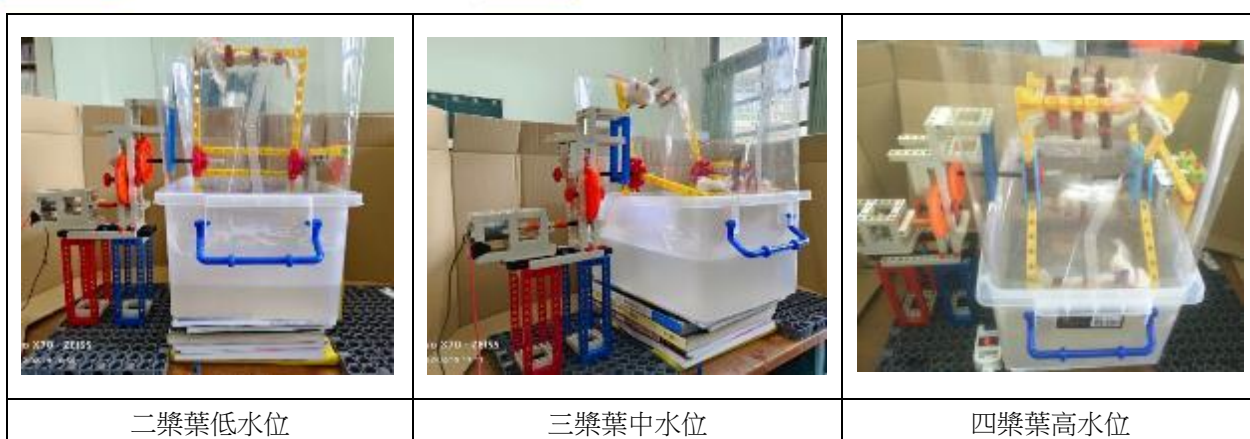
- 1.與實驗四相同，每台水車上加一個標記物，架上二槳葉，測定 3~12V 六段電源供應器依次由低電壓至高電壓，記錄水車運轉每五圈時間差，重覆測三回，將平均值寫於表 16。
- 2.同步驟 1，換上三~六槳葉，將結果記錄於表 16。
- 3.以 Excel 表運算水車圓周長除以各對應時間，算出轉速，將結果記錄於表 16。(圖 19-1~19-2)

實驗六、中水位二槳葉~六槳葉負載一槳一物載物轉速及各電壓大小的轉速比較

換中水位，同實驗五操作之，將結果記錄於表 17。(圖 20-1~20-2)

實驗七、高水位二槳葉~六槳葉負載一槳一物載物轉速及各電壓大小的轉速比較

換高水位，同實驗五操作之，將結果記錄於表 18。(圖 21-1~21-2)



研究三、不同藍染巾長度的藍染動力研究

(一)純水車轉動

實驗八、純水車二~四槳葉的負載藍染巾二~四條在 6V 和 12V 電壓大小的轉速比較

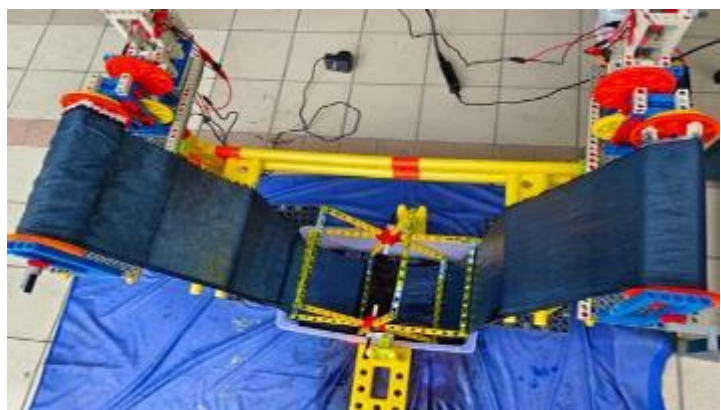
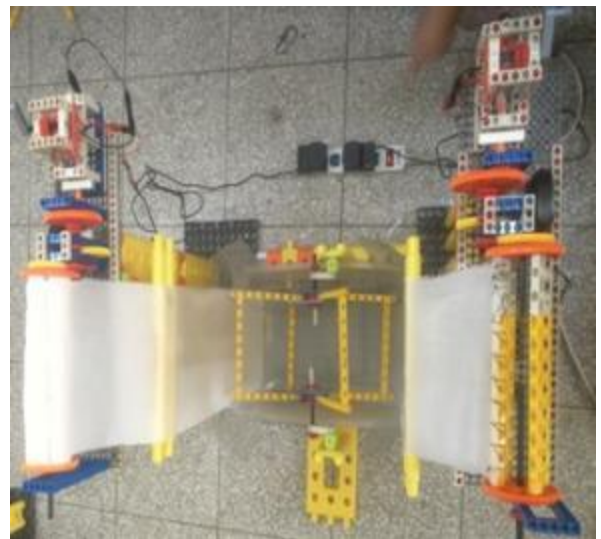
- 1.在二槳葉水車上夾取二塊 30cm*30 cm 方巾於槳葉橫桿上備用。
- 2.在三槳葉水車上夾取三塊 25 cm* 25cm 方巾於槳葉橫桿上備用。
- 3.在四槳葉水車上夾取四塊 20 cm* 20 cm 方巾於槳葉橫桿上備用。
- 4.水車水位設定在低水位，測試 6V、12V 電壓下各水車轉動的平均轉速，記錄於表 19。
- 5.水車水位設定在中水位，測試 6V、12V 電壓下各水車轉動的平均轉速，記錄於表 20。(圖 22-1~22-2)



(二)水車加順逆轉軸機構設計

實驗九、六槳葉水車加順逆動力轉軸機構在 6V 和 12V 電壓大小的轉速比較

- 1.六槳葉的水車居中，左右方設置對稱的動力轉軸機構。
- 2.在左方轉軸上固定長型去槳染巾，轉動左方轉軸十圈，再繞到六槳葉下，再拉至右方轉軸上固定，如右圖示。
- 3.水車水位設定在低水位，測試左右方對稱的動力轉軸機構同步在 6V 下各順逆轉動每轉動十圈的平均轉速大小，記錄於表 21。(圖 23-1~23-2)
- 4.測每轉動十圈，共採樣十點測試每槳葉色布 RGB 值，以 pH 試紙粗測是否為藍紫色，若呈現藍色，且用測試布測試染布非藍綠色而為藍色，且染布或染液中已有藍色微粒，即表示藍靛的溶解度下降，需加保險粉讓它變為靛白。
- 5.重覆步驟 4，至共轉動五十圈為止，將測試結果記錄於表 22(圖 24)。
- 6.同步驟 3~5，改為 12V，將測試結果記錄於表 23(圖 25-1~25-2)。



研究四、藍染水車的氧化還原變換速率與鑑色的比較

實驗十、低水位二、三槳葉或四槳葉水車負載一槳一物在 6V 或 12V 下藍染的氧化還原變換速率與鑑色的比較

1.配製藍染染液

(1)在 1000 mL 的量杯內，倒入 500 mL 的清水，先溶解 20 g 的氫氧化鈉，再加入 20 g 的藍靛粉，攪拌溶解為 A 液。

(2)在 500 mL 的量杯內，倒入 150 mL 的溫水，溶解 10 g 的保險粉為 B 液。

AB 兩液混合後倒入裝有 6000-500-300=5200 mL 清水的染缸內，充份攪拌即為藍染液。

(3)同(2)，10 g 的保險粉，再配一份 B 液，當藍染液還原力不足時再補充備用。

註 1. 剛調製好的染液 pH 值 > 12，屬於強鹼，接觸時需穿戴橡膠手套。

2.與實驗五相同，在每台水車的槳葉上夾一槳一染布料，在每台水車上加一項標記物，

3.每轉動五圈後，取染缸內染液測試 pH 值(以廣用試紙測試 pH12~13 藍紫色即可)，若低於 pH12，表染液的溶解度變小，或染液無呈現黃綠色，表示藍染液還原力不足需再添加 B 液，否則藍靛會有沈澱物產生而影響染布的效能。

5.GY-33 顏色感測器校正後→快速測出每槳葉色布上同樣區塊面積的 RGB 值 10 個隨機的點→實驗後再利用線上顏色代碼轉換工具→轉換成 HSB 值來分析染布顏色。

6.同步驟 4~5，再轉動至十圈~二十圈，測試染缸的 pH 值及各槳葉上染布的 RGB 值。

7.完成染布染二十圈後的布塊偏鹼性，可用稀釋醋(水：醋 = 30：1 酸鹼中和) 完全淹沒布塊後，靜置三十分鐘後洗滌色布，以 GY-33 顏色感測器再測試每槳葉色布上同樣區塊面積的 RGB 10 個隨機點的值，記錄如表 24~29。(圖 27-1 及圖 27-2)



研究五、增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色之比較

(一)增加風速加速藍染氧化定色之鑑色比較

實驗十一、無風狀態低水位四槳葉水車負載一槳一物在 12V 下轉動十圈藍染的鑑色比較

1.同實驗九操作步驟，水車轉動十圈後，GY-33 顏色感測器校正後→快速測出每槳葉色布上同樣區塊面積的 RGB 值 10 個隨機的點，記錄如表 30。

2.實驗後再利用線上顏色代碼轉換工具→轉換成 HSB 值來分析染布顏色，結果記錄如表 28，色布 R、G、B 平均值及色相 H 值和飽和度 S 值，記錄如表 31。

實驗十二、一般風扇增加風速加速藍染氧化定色之鑑色比較

1.準備有一段~三段風力的一般風扇，置於染缸左側對著出染液液面的水車槳葉吹一段~三

段風力，記錄如表 30。

2.同實驗九操作步驟，GY-33 顏色感測器校正等操作程序亦與實驗十相同。結果記錄如表 28，色布 R、G、B 平均值及色相 H 值和飽和度 S 值，記錄如表 31。

(二)局部增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

實驗十三、以吹風機冷風增加風速局部加速藍染氧化定色之鑑色比較

- 1.準備有冷風的吹風機，置於染缸左側對著出染液液面的水車槳葉，定點局部吹出冷風，同實驗十及十一操作步驟，GY-33 顏色感測器校正等操作程序亦與實驗十及十一相同。
- 2.比較定點受冷與無受冷藍染氧化定色的鑑色結果記錄如表 32 及 33。

實驗十四、以吹風機熱風增加溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

- 1.準備有熱風的吹風機，置於染缸左側對著出染液液面的水車槳葉，定點局部吹出熱風，同實驗十及十一操作步驟，GY-33 顏色感測器校正等操作程序亦與實驗十及十一相同。
- 2.比較定點受冷與無受冷藍染氧化定色的鑑色結果記錄如表 32 及 33。

(表 30~表 33 如紙本內附件六)

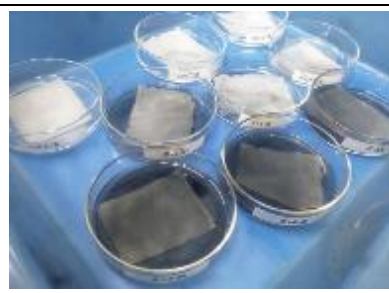
肆、研究結果

一、藍染染液濃度的定量及染布試樣的鑑色比較



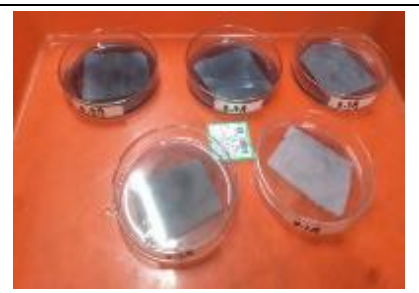
表一、白光照射光敏電阻吸光儀不同濃度藍染液，偵測與光敏電阻串接的一般電阻電壓大小

藍染A液濃度	0	0.02A	0.04A	0.06A	0.08A	0.1A
3V	3.03	3.23	3	2.88	2.77	2.9
4.5V	4.34	4.64	4.27	4.1	3.97	4.08
6V	5.6	5.95	5.5	5.28	5.18	5.28
7.5V	6.71	7.06	6.59	6.35	6.23	6.24
9V	7.98	8.39	7.88	7.64	7.51	7.64
12V	10.37	10.92	10.36	10.05	9.95	10.07



表二、藍光照射光敏電阻吸光儀不同濃度藍染液，偵測與光敏電阻串接的一般電阻電壓大小

藍染A液濃度	0	0.02A	0.04A	0.06A	0.08A	0.1A
3V	3.03	2.11	2.02	1.92	1.93	1.92
4.5V	4.34	2.98	2.86	2.78	2.78	2.79
6V	5.6	3.88	3.77	3.71	3.73	3.73
7.5V	6.71	4.073	4.62	4.56	4.59	4.6
9V	7.98	4.66	5.56	5.51	5.51	5.56
12V	10.37	7.37	7.23	7.16	7.25	7.18



表三、白光照射光敏電阻吸光儀的高濃度藍染液，偵測與光敏電阻串接的一般電阻電壓大小

藍染A液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V	3.03	2.85	2.6	2.39	2.33	2.35
4.5V	4.34	4.04	3.74	3.46	3.5	3.41
6V	5.6	5.24	4.89	4.58	4.61	4.5
7.5V	6.71	6.35	6	5.66	5.65	5.53
9V	7.98	7.63	7.3	6.87	6.87	6.74
12V	10.37	10.1	9.75	9.15	9.17	9.08

表四、藍光照射光敏電阻吸光儀的高濃度藍染液，偵測與光敏電阻串接的一般電阻電壓大小

藍染A液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V	3.03	1.96	1.75	1.79	1.82	1.76
4.5V	4.34	2.81	2.64	2.69	2.71	2.68
6V	5.6	3.8	3.63	3.65	3.68	3.67
7.5V	6.71	4.68	4.55	4.53	4.55	4.53
9V	7.98	5.69	5.55	5.49	5.55	5.52
12V	10.37	7.47	7.35	7.21	7.29	7.27

表五、白光照射光敏電阻吸光儀的低至高濃度藍染液，再偵測與光敏電阻串接的一般電阻電壓大小

藍染A液濃度	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
3V	3.03	3.23	3	2.88	2.77	2.85	2.6	2.39	2.42	2.35
4.5V	4.34	4.64	4.27	4.1	3.97	4.04	3.74	3.46	3.5	3.41
6V	5.6	5.95	5.5	5.28	5.18	5.24	4.89	4.58	4.61	4.5
7.5V	6.71	7.06	6.59	6.35	6.23	6.35	6	5.66	5.65	5.53
9V	7.98	8.39	7.88	7.64	7.51	7.63	7.3	6.87	6.87	6.74
12V	10.37	10.9	10.4	10.1	9.95	10.1	9.75	9.15	9.17	9.08

表六、保險粉液稀釋高濃度藍染液以白光照射光敏電阻吸光儀偵測一般電阻電壓大小

藍染A液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V	3.6	3.25	3.19	2.91	2.71	2.9
4.5V	5.16	4.63	4.55	4.19	3.9	4.09
6V	6.7	5.98	5.8	5.41	5.09	5.21
7.5V	8.05	7.17	6.9	6.54	6.18	6.26
9V	9.55	8.54	8.18	7.87	7.46	7.49
12V	12.34	11.24	10.66	10.43	9.94	9.88

表七、保險粉液稀釋濃度與藍靛液以藍光照光敏電阻與吸光儀偵測一般電阻電壓大小

藍光A液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V	3.6	2.75	2.55	2.54	2.25	2.42
4.5V	5.16	3.85	3.62	3.61	3.22	3.46
6V	6.7	4.92	4.73	4.63	4.28	4.57
7.5V	8.05	5.88	5.75	5.58	5.22	5.63
9V	9.55	7.07	6.93	6.73	6.38	6.79
12V	12.34	9.26	9	8.98	8.58	8.87

表八、保險粉液稀釋高濃度藍靛液以藍光照光敏電阻與吸光儀偵測一般電阻電壓大小

藍光A液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V	3.6	2.38	2.32	2.24	2.04	2.22
4.5V	5.16	3.37	3.27	3.21	2.96	3.34
6V	6.7	4.4	4.27	4.22	3.98	4.12
7.5V	8.05	5.38	5.19	5.17	4.88	5.08
9V	9.55	6.47	6.34	6.25	6.04	6.13
12V	12.34	8.44	8.34	8.24	7.95	8.13

實驗二、染布的颜色鑑定

表九、浸染一天後，未染藥，pH13配製各藍染A液染後乾布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0	0.02A	0.06A	0.08A	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	255	233	224	156	130	160	142	89	84	81
G	255	242	235	171	153	174	159	105	100	79
B	255	244	244	177	159	180	165	109	104	81
色相值H	0	191°	207°	197°	198°	196°	192°	192°	187°	214°
飽和度值S	0	4.5	8.2	11.9	12.6	11.1	13.9	18.3	19.2	21
明度值	100	95.7	95.7	99.4	92.4	79.5	64.7	42.7	40.8	63.1

表十、浸染一天後，未染藥，pH14配製各藍染A液染後乾布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0	0.02A	0.06A	0.08A	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	255	251	206	181	190	126	110	109	107	81
G	255	243	218	197	204	152	130	132	128	116
B	255	243	218	200	205	161	137	142	136	181
色相值H	0	180	180	189	184	195	196	198	197	214°
飽和度值S	0	4.9	5.5	9.5	2.3	21.7	19.7	23.2	21.3	24.8
明度值	100	95.3	85.5	78.5	80.5	63.1	53.7	55.7	53.3	44.3

表11、浸染一天後，未染藥，pH14、加保險粉配製各藍染A液染後乾布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	255	164	82	91	84	77	81
G	255	194	108	117	111	103	116
B	255	199	124	136	127	119	161
色相值H	0	189	202	205	202	203	214°
飽和度值S	0	17.6	33.3	35.1	35.9	35.3	49.7
明度值	100	78	48.2	53.3	49.8	46.7	63.1

表12、過染、浸染藍染液10秒、陽光下曝曬20秒、反覆兩次後測量潮濕染布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	150	88	81	85	94	81
G	180	149	117	121	130	116
B	195	159	137	138	147	161
色相值H	190	188	201	199	199	214°
飽和度值S	21.1	40.9	40.9	38.4	36.1	49.7
明度值	74.5	58.4	53.7	54.1	57.6	63.1

表13、浸染10秒、曝曬10秒、再浸染10秒後，各藍染A液乾燥染布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	135	80	62	72	75	81
G	160	112	88	103	103	116
B	169	115	101	114	115	161
色相值H	196	185	200	196	198	214°
飽和度值S	20.1	30.4	38.6	36.8	34.8	49.7
明度值	66.3	45.1	39.6	44.7	45.1	63.1

二、自製不同漿葉水車及不同負載物(一漿一物)的轉速比較

表14、零水位二漿葉-六漿葉無負載物轉速及各電壓大小的轉速(圓周長為113.04 cm)

零水位無負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車轉一圈平均時間(s)	0.85	0.79	0.93	1.4	0.92
3V水車的平均轉速(cm/s)	133.51	143.69	123.77	80.74	122.87
6V水車轉一圈平均時間(s)	0.59	0.56	0.62	1.09	0.63
6V水車的平均轉速(cm/s)	192.68	201.86	182.32	104.39	180.38
9V水車轉一圈平均時間(s)	0.49	0.48	0.48	0.48	0.47
9V水車的平均轉速(cm/s)	229.14	235.5	235.5	235.5	238.82
12V水車轉一圈平均時間(s)	0.42	0.4	0.38	0.4	0.43
12V水車的平均轉速(cm/s)	269.14	282.6	297.47	282.6	260.86

表15、零水位二漿葉-六漿葉一漿一負載物轉速及各漿葉大小的轉速

零水位無負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車轉一圈平均時間(s)	1.07	1.08	1.07	1.07	1.07
3V水車的平均轉速(cm/s)	105.98	104.67	105.32	87.28	87.28
6V水車轉一圈平均時間(s)	0.62	0.72	0.55	0.89	0.89
6V水車的平均轉速(cm/s)	182.32	157	206.78	126.51	126.51
9V水車轉一圈平均時間(s)	0.56	0.55	0.41	0.75	0.75
9V水車的平均轉速(cm/s)	201.86	206.78	277.97	150.05	150.05
12V水車轉一圈平均時間(s)	0.5	0.5	0.35	0.63	0.63
12V水車的平均轉速(cm/s)	226.08	226.08	319.92	180.38	180.38

表16、零水位二漿葉-六漿葉一漿一負載物轉速及各電壓大小的轉速(入水高度為113*5cm)

零水位一漿一負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.19	0.65	0.53	0.55	0.54
3V水車出水轉一圈的平均時間(s)	2.53	6.58	6.73	7.27	7.18
3V水車入水的轉速(cm/s)	0.993	0.19	0.369	0.343	0.349
3V水車出水的轉速(cm/s)	0.072	0.149	0.14	0.13	0.133
6V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.11	0.32	0.25	0.26	0.25
6V水車出水轉一圈的平均時間(s)	1.47	3.12	3.25	3.4	3.26
6V水車入水的轉速(cm/s)	1.792	0.589	0.753	0.724	0.753
6V水車出水的轉速(cm/s)	0.643	0.297	0.297	0.277	0.299
9V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.05	0.19	0.15	0.15	0.17
9V水車出水轉一圈的平均時間(s)	1.01	1.95	1.95	2.32	2.19
9V水車入水的轉速(cm/s)	3.351	0.961	1.256	1.045	1.108
9V水車出水的轉速(cm/s)	0.934	0.483	0.488	0.406	0.43
12V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.07	0.17	0.13	0.14	0.15
12V水車出水轉一圈的平均時間(s)	0.94	1.68	1.68	1.85	1.7
12V水車入水的轉速(cm/s)	2.69	1.388	1.49	1.345	1.449
12V水車出水的轉速(cm/s)	1.892	0.561	0.547	0.593	0.654

表17、中水位二漿葉-六漿葉一漿一負載物轉速及各電壓大小的轉速(入水高度為113*5cm, 中水位高度為113*4.5cm)

中水位一漿一負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.51	0.87	0.51	0.58	0.52
3V水車出水轉一圈的平均時間(s)	4.73	6.76	6.79	7.35	6.89
3V水車入水的轉速(cm/s)	2.22	1.99	2.2	2.03	2.17
3V水車出水的轉速(cm/s)	0.17	0.17	0.17	0.15	0.16
6V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.24	0.21	0.26	0.26	0.25
6V水車出水轉一圈的平均時間(s)	2.19	3.1	3.39	3.35	3.26
6V水車入水的轉速(cm/s)	4.88	3.68	4.4	4.41	4.58
6V水車出水的轉速(cm/s)	0.35	0.36	0.33	0.33	0.35
9V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.13	0.22	0.18	0.18	0.18
9V水車出水轉一圈的平均時間(s)	1.7	2.23	2.38	2.44	2.32
9V水車入水的轉速(cm/s)	8.75	5.16	6.27	6.11	6.62
9V水車出水的轉速(cm/s)	0.66	0.54	0.47	0.46	0.49
12V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.1	0.17	0.13	0.15	0.14
12V水車出水轉一圈的平均時間(s)	1.88	1.74	1.71	1.96	1.79
12V水車入水的轉速(cm/s)	11.19	6.36	8.72	7.62	8.33
12V水車出水的轉速(cm/s)	0.83	0.83	0.86	0.88	0.83

表18、高水位二漿葉-六漿葉一漿一負載物轉速及各電壓大小的轉速

高水位一漿一負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.53	0.85	0.54	0.57	0.58
3V水車出水轉一圈的平均時間(s)	6.79	6.55	7.18	7.51	7.16
3V水車入水的轉速(cm/s)	2.2	1.73	2.08	1.88	2.03
3V水車出水的轉速(cm/s)	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15
6V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.16	0.21	0.25	0.26	0.27
6V水車出水轉一圈的平均時間(s)	3.43	3.26	3.35	3.45	3.41
6V水車入水的轉速(cm/s)	4.44	3.3	4.43	4.15	4.13
6V水車出水的轉速(cm/s)	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33
9V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.17	0.28	0.18	0.19	0.18
9V水車出水轉一圈的平均時間(s)	2.34	2.3	2.35	2.49	2.37
9V水車入水的轉速(cm/s)	6.67	4.97	6.35	5.99	6.18
9V水車出水的轉速(cm/s)	0.51	0.49	0.48	0.45	0.48
12V水車入水轉一圈的平均時間(s)	0.12	0.23	0.14	0.23	0.14
12V水車出水轉一圈的平均時間(s)	1.6	1.53	1.53	2.21	1.59
12V水車入水的轉速(cm/s)	8.88	6.28	8.21	7.08	7.89
12V水車出水的轉速(cm/s)	0.73	0.67	0.67	0.54	0.6

三、不同藍染巾長度的藍染動力研究

表19-20、低水位和中水位二-四葉葉一葉 藍染巾轉速及6V和12V電壓大小的轉速

水位	低水位			中水位		
	二葉葉	三葉葉	四葉葉	二葉葉	三葉葉	四葉葉
6V水車入水轉一圈的時間(s)	0.5	0.7	0.4	1.4	1.1	1.1
6V水車出水轉一圈的時間(s)	4	3.8	4.1	3	3.3	4.1
6V水車入水的轉速(cm/s)	2.26	1.61	2.83	0.81	1.03	1.03
6V水車出水的轉速(cm/s)	5.65	5.65	0.28	0.38	0.34	0.33
12V水車入水轉一圈的時間(s)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
12V水車出水轉一圈的時間(s)	1.9	1.7	2.1	1.9	1.7	2.1
12V水車入水的轉速(cm/s)	5.65	5.65	5.65	1.41	1.41	1.13
12V水車出水的轉速(cm/s)	0.59	0.66	0.54	0.94	0.66	0.75

表21、低水位六葉葉一藍染長巾轉速及6V和12V電壓大小的轉速

低水位藍染長巾負載物	六葉葉6V	六葉葉12V
水車入水轉一圈的時間(s)	7.9	5.1
水車出水轉一圈的時間(s)	43.4	23.7
水車入水的轉速(cm/s)	2.38	3.69
水車出水的轉速(cm/s)	2.16	3.97

四、藍染水車的氧化還原變換速率與鑑色的比較

表22、低水位六葉葉一藍染長巾轉速在6V下，每轉10圈及浸稀釋醃液後的RGB值

低水位藍染巾負載物轉動圈數	第10圈	第20圈	第30圈	第40圈	第50圈	浸稀釋醃液後	藍色色卡
轉動每五圈的pH值	13	13	13	13	13	7	--
是否添加保險粉B液	否	否	否	否	否	--	--
每葉葉色布R平均值	46	41	39	40	38	44	81
每葉葉色布G平均值	57	51	48	50	48	53	115
每葉葉色布B平均值	59	53	50	51	49	56	161
色相H值	189	190	191	185	185	195	214
飽和度S值	22	22.6	22	21.6	22.4	21.4	49.7

表23、低水位六葉葉一藍染長巾轉速在12V下，每轉10圈及浸稀釋醃液後的RGB值

低水位藍染長巾負載物轉動圈數	第10圈	第20圈	第30圈	第40圈	第50圈	浸稀釋醃液後
轉動每五圈的pH值	13	13	13	13	13	7--
是否添加保險粉B液	否	否	否	否	否	--
每葉葉色布R平均值	41	39	39	39	39	44
每葉葉色布G平均值	51	49	48	49	49	53
每葉葉色布B平均值	52	50	50	51	51	55
色相H值	185	185	191	190	190	191
飽和度S值	21.2	22	22	23.5	23.5	20

表24、低水位二葉葉水車一葉一藍染巾，6V動力的轉速下，每轉動五圈的pH值、是否添加B液及每葉葉色布RGB值及色相H值和飽和度S值的大小比較第五圈-第二十圈的RGB值(三葉葉每葉採樣3-4個點記錄)

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第五圈	R	52	57	54	54	57	54	55	55	55	47	54	2.87
	G	71	79	74	73	78	73	77	77	77	65	74.4	4.2
	B	54	73	67	66	72	65	70	71	70	58	66.6	6.22
第十圈	R	58	53	61	56	52	63	56	58	57	55	56.9	3.35
	G	80	73	83	77	72	83	77	79	79	75	77.8	3.77
	B	73	66	76	71	66	78	70	73	73	69	71.5	3.92
第十五圈	R	55	54	59	52	52	55	56	55	56	56	55	2.05
	G	76	73	73	65	65	69	62	68	69	70	69	4.27
	B	70	68	74	66	65	70	63	69	70	71	68.6	3.2
第二十圈	R	53	53	55	53	56	56	57	56	53	52	54.4	1.78
	G	66	67	67	66	68	69	69	69	67	65	67.3	1.42
	B	67	67	68	66	69	69	69	70	67	65	67.7	1.57
浸稀釋醃液	R	73	70	72	76	91	69	69	68	71	75	73.4	6.72
	G	91	88	90	95	112	87	87	86	89	93	91.8	7.64
	B	96	93	95	100	118	93	92	91	94	98	97	7.87

表25、低水位二葉葉水車一葉一藍染巾，12V動力的轉速下，每轉動五圈的pH值、是否添加B液及每葉葉色布RGB值及色相H值和飽和度S值的大小比較第五圈-第二十圈的RGB值(三葉葉每葉採樣3-4個點記錄)

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第五圈	R	57	61	78	53	53	56	51	53	52	56	57	7.94
	G	69	75	86	65	64	68	63	63	64	70	68.7	7.18
	B	69	76	89	65	64	69	63	74	64	72	70.5	7.91
第十圈	R	50	60	63	55	57	55	58	50	55	56	55.9	4.01
	G	62	72	66	67	70	66	71	62	57	69	66.2	4.71
	B	62	75	66	67	70	66	71	61	66	69	67.3	4.16
第十五圈	R	56	56	56	58	58	58	60	58	52	54	56.6	2.32
	G	68	69	69	71	72	70	70	70	65	67	69.1	2.02
	B	68	68	69	71	72	70	71	71	64	67	69.1	2.42
第二十圈	R	56	56	58	53	66	60	52	58	65	61	58.3	4.89
	G	69	69	71	65	58	70	65	69	65	71	67.2	4.02
	B	68	69	71	64	70	71	64	69	65	68	67.9	2.69
浸稀釋醃液後	R	79	77	44	73	69	66	83	72	69	76	70.8	10.73
	G	97	96	92	91	86	82	102	90	86	94	91.6	5.97
	B	103	102	97	95	91	86	108	99	91	100	97.2	6.6

表26、低水位三葉葉水車一葉一藍染巾，6V動力的轉速下，每轉動五圈的pH值、是否添加B液及每葉葉色布RGB值及色相H值和飽和度S值的大小比較第五圈-第二十圈的RGB值(三葉葉每葉採樣3-4個點記錄)

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第五圈	R	50	50	52	51	49	49	51	58	44	52	50.6	3.47
	G	63	63	63	63	61	57	64	72	56	66	62.8	4.47
	B	62	61	64	62	60	57	61	73	55	66	61.4	4.97
第十圈	R	57	51	47	48	49	51	52	45	41	51	49.2	4.34
	G	70	63	59	61	63	61	60	58	61	61	62.6	3.41
	B	70	62	59	60	63	63	56	62	62	62	61.9	3.57
第十五圈	R	55	49	50	56	54	53	48	50	50	44	50.9	3.93
	G	51	65	63	68	65	62	62	63	63	67	62.9	4.85
	B	55	66	61	68	66	63	61	62	63	67	61.2	3.82
第二十圈	R	56	38	50	51	45	66	49	49	55	48	50.7	7.36
	G	69	49	61	65	66	69	62	61	68	60	63	6
	B	69	48	61	65	66	69	61	61	68	59	62.7	6.34
浸稀釋醃液後	R	72	92	67	74	98	86	85	88	82	87	84.1	9.44
	G	90	91	85	93	119	106	105	108	101	107	100.5	10.48
	B	95	97	91	99	127	112	111	114	106	111	106.3	10.88

表27、低水位三葉葉水車一葉一藍染巾，12V動力的轉速下，每轉動五圈的pH值、是否添加B液及每葉葉色布RGB值及色相H值和飽和度S值的大小比較第五圈-第二十圈的RGB值(三葉葉每葉採樣3-4個點記錄)

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第五圈	R	62	59	60	53	60	60	61	60	55	55	58.5	3.03
	G	75	72	72	77	74	71	69	61	66	67	70.4	4.77
	B	77	73	73	78	74	72	70	76	67	67	72.7	3.83
第十圈	R	66	57	84	59	59	58	58	61	64	57	62.3	8.19
	G	78	68	98	72	71	71	57	61	77	69	72.3	11.07
	B	70	69	99	72	71	72	57	61	76	68	71.5	11.15
第十五圈	R	46	62	46	40	55	48	51	51	53	52	50.1	5.95
	G	58	72	58	60	67	71	64	64	65	66	64.5	4.86
	B	57	72	57	60	67	72	64	63	64	66	64.2	5.33
第二十圈	R	57	58	51	50	57	52	51	51	56	54	53.7	4.06
	G	60	70	64	63	67	66	65	63	65	66	64.9	2.69
	B	67	66	66	63	67	66	65	63	65	64	65.2	1.48
浸稀釋醃液後	R	82	79	89	83	80	80	105	90	87	84	85.9	7.72
	G	102	99	109	105	100	99	128	111	109	105	106.5	8.72
	B	108	104	115	109	106	106	136	117	116	113	113	113

表28、低水位四葉菜水車一葉一藍染中，6V動力轉速，每轉動五圈的阻值、是否添加B液及每葉菜色在RGB值及色相H值和飽和度S值比較

葉數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第五圈	R	99	98	91	92	85	90	92	92	85	87	91.1	4.77
	G	125	120	110	113	108	111	113	114	106	109	112.9	5.74
	B	127	124	111	114	107	113	116	116	107	108	114.3	5.83
第十圈	R	81	110	90	87	96	88	88	98	98	93	92.9	8.08
	G	101	111	55	108	119	110	110	118	117	118	106.7	19.09
	B	101	113	119	109	123	112	113	120	121	118	114.9	6.66
第十五圈	R	93	88	92	88	88	87	86	90	84	97	89.3	262.81
	G	114	110	113	110	103	109	109	110	105	97	108	5.06
	B	116	111	115	112	104	108	111	113	106	97	109.3	5.74
第二十圈	R	84	91	94	91	70	91	91	91	88	78	86.9	7.57
	G	108	114	110	113	87	111	113	111	110	100	107.7	8.27
	B	106	117	111	113	87	114	113	112	111	100	108.4	8.87
沒插轉軸後	R	83	79	96	92	90	86	82	80	82	69	83.9	7.62
	G	102	99	117	113	111	106	102	99	96	87	103.2	8.87
	B	108	105	104	119	117	112	109	105	103	92	107.4	7.68

表29、低水位四葉菜水車一葉一藍染中，12V動力轉速下，每轉動五圈的阻值、是否添加B液及每葉菜色在RGB值及色相H值和飽和度S值比較

葉數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第五圈	R	85	98	94	83	82	82	69	86	87	79	84.5	7.93
	G	105	98	113	104	103	113	87	107	109	99	103.8	7.8
	B	108	99	115	104	104	115	82	108	111	99	104.5	9.74
第十圈	R	65	80	88	81	81	86	88	80	71	73	79.3	7.57
	G	107	103	102	101	103	106	101	100	100	105	102.8	2.49
	B	108	103	103	103	104	108	110	100	100	106	104.5	3.41
第十五圈	R	88	87	89	86	81	84	83	88	84	85	85.5	2.55
	G	107	108	106	106	108	108	109	106	103	102	106.3	2.26
	B	108	109	108	108	103	106	111	168	103	105	112.9	19.53
第二十圈	R	87	80	90	70	73	91	90	87	89	88	84.5	7.33
	G	109	101	111	99	93	111	110	110	108	108	106	6.16
	B	111	102	114	99	93	111	114	110	108	109	107.1	6.9
沒插轉軸後	R	73	76	105	93	91	91	91	97	83	96	89.6	9.74
	G	92	95	126	115	111	112	111	118	103	116	109.9	10.48
	B	98	101	133	121	117	119	118	125	109	122	116.3	10.76

五、增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

表30、低水位四葉菜水車一葉一藍染中，12V動力的轉速，無風及一段至三段風狀狀態下，轉動十圈的每葉菜色在RGB值的大小比較

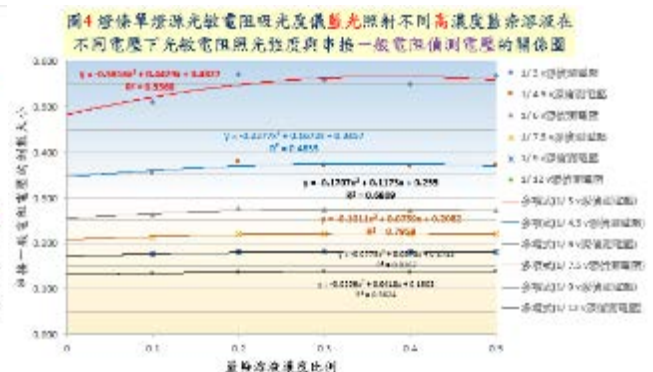
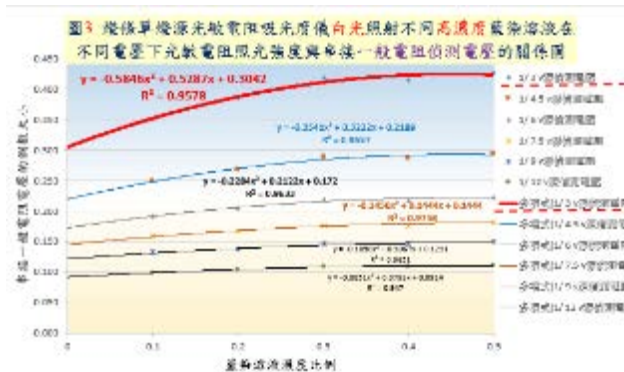
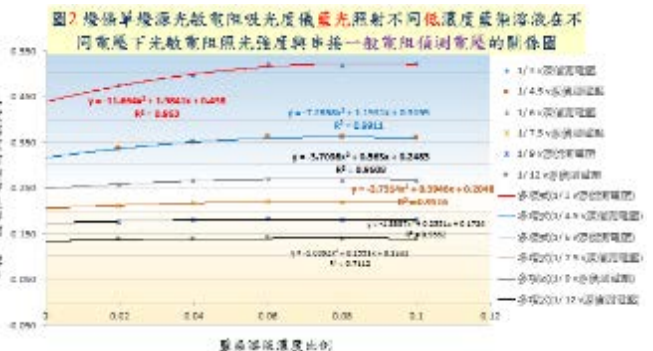
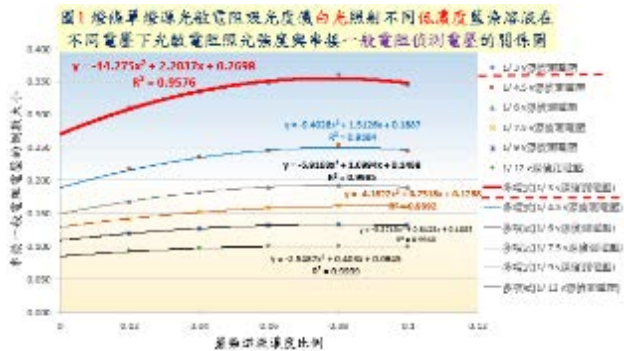
圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
無風	R	45	45	56	44	45	46	44	43	43	42	45.1	4.61
	G	55	55	66	50	50	53	47	56	56	50	54	5.29
	B	60	59	71	52	52	60	51	60	53	52	57.2	7.11
一段風	R	46	47	58	46	35	14	39	38	41	43	40.7	4.87
	G	55	47	38	46	35	34	39	38	41	50	42.3	6.9
	B	55	58	45	55	46	42	47	48	51	53	50	5.19
二段風	R	41	43	56	38	38	35	38	39	36	38	38.2	2.59
	G	47	51	53	45	41	42	45	43	45	45	45.2	3.08
	B	49	56	44	47	46	41	47	47	44	45	46.9	3.67
三段風	R	37	43	37	38	34	31	38	40	36	39	37.3	3.27
	G	43	47	43	43	41	38	44	42	42	44	42.7	2.21
	B	46	52	41	46	41	38	47	44	44	45	43.8	3.83

表31、低水位四葉菜水車一葉一藍染中，12V動力的轉速，吹風機冷風及熱風狀態下，轉動十圈的每葉菜色在RGB值的大小比較第十圈的RGB值(四葉菜每葉採樣2-3'點記錄如下表)

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
冷風	R	38	43	49	48	41	40	44	40	44	41	42.8	3.55
	G	47	51	58	56	50	48	52	48	51	50	51.1	3.51
	B	47	52	61	59	52	52	54	56	49	50	53.2	4.39
熱風	R	39	38	40	47	46	37	50	41	47	45	43	4.52
	G	48	47	48	55	53	46	57	50	52	53	50.9	3.67
	B	49	48	50	57	55	48	55	53	57	57	52.9	3.81

伍、討論

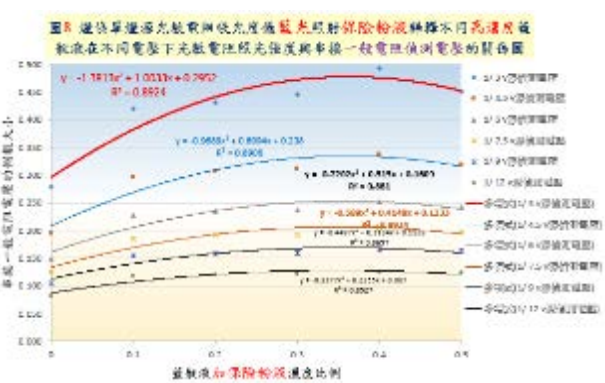
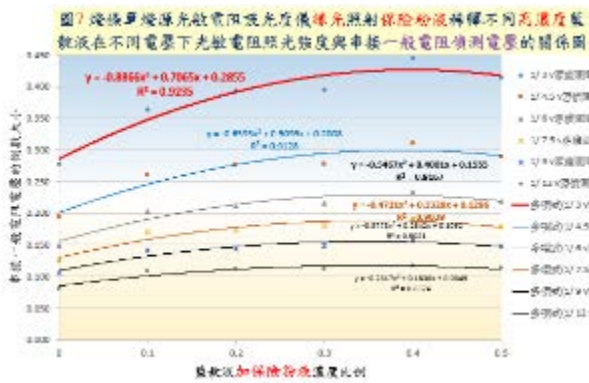
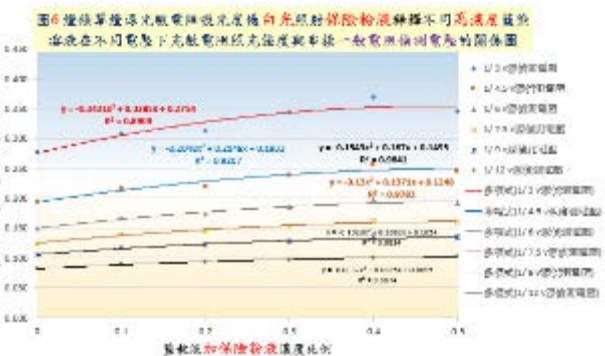
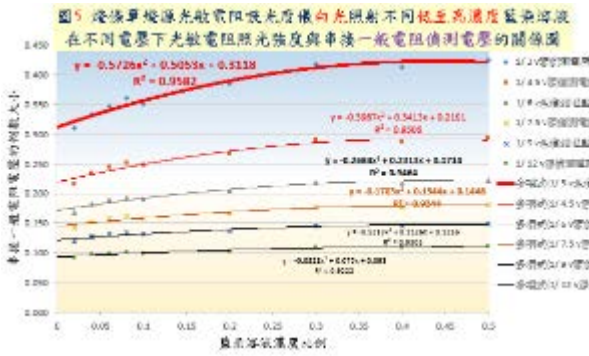
一、藍染染液濃度的定量及染布試樣的鑑色比較



- 1.以黃光、紅光、綠光照射藍染的藍色溶液，紅光、綠光、及紅綠的複合黃光均容易被藍色溶液吸收，偵測的靈敏度及溶液不同濃度的檢量線均不及白光及藍光光源照射的準確性。
- 2.藍光光源在高電壓(12V)下的靈敏度不如白光光源，相關係數 R^2 值 0.7112 比白光的 0.9999

低很多，我們發現，稀釋藍染濃度很關鍵的地方是，用清水稀釋會讓藍染液的 pH 下降，溶解度變低的結果，已呈溶液態的藍染液會有部份的沉澱析出而使偵測準確率下降。

3. 白光照射光敏電阻吸光儀的高濃度藍染液，偵測與光敏電阻串接的一般電阻電壓大小，結果由表三及表四圖示可知，在高濃度藍染液中的白光可行，藍光則靈敏度不行。



4. 為慎重起見，我們以保險粉溶液稀釋藍染液發現，綠光偵測的靈敏度優於藍光，將以上的八個圖示比較如下表

藍染液稀釋液	12V光源	六段電源電壓	迴歸線	相關係數
pH13的 NaOH ₁₀₀ 稀釋 0.02M-0.1M 藍染液低濃度	白光	3V	$y = -14.275x^2 + 2.2037x + 0.2698$	$R^2 = 0.9476$
		4.5 V	$y = -9.4028x^2 + 1.5126x + 0.1887$	$R^2 = 0.9884$
		6 V	$y = -6.9168x^2 + 1.0994x + 0.1483$	$R^2 = 0.9985$
		7.5 V	$y = -4.1822x^2 + 0.7318x + 0.1288$	$R^2 = 0.9992$
		9 V	$y = -3.8715x^2 + 0.6128x + 0.1085$	$R^2 = 0.9968$
		12 V	$y = -2.5487x^2 + 0.403x + 0.0845$	$R^2 = 0.9999$
	藍光	3V	$y = -11.664x^2 + 1.9841x + 0.148$	$R^2 = 0.963$
		4.5 V	$y = -7.2858x^2 + 1.1531x + 0.1155$	$R^2 = 0.9911$
		6 V	$y = -3.7098x^2 + 0.563x + 0.2483$	$R^2 = 0.9608$
		7.5 V	$y = -2.7314x^2 + 0.3946x + 0.2048$	$R^2 = 0.9516$
		9 V	$y = -1.8337x^2 + 0.2551x + 0.1724$	$R^2 = 0.9552$
		12 V	$y = -1.0092x^2 + 0.1551x + 0.1333$	$R^2 = 0.7112$
pH13的 NaOH ₅₀ 稀釋 0.1M-0.5M藍染液高濃度	白光	3V	$y = -0.5846x^2 + 0.5287x + 0.3042$	$R^2 = 0.9578$
		4.5 V	$y = -0.3541x^2 + 0.3222x + 0.2189$	$R^2 = 0.9557$
		6 V	$y = -0.2284x^2 + 0.2122x + 0.172$	$R^2 = 0.9633$
		7.5 V	$y = -0.1456x^2 + 0.1444x + 0.1444$	$R^2 = 0.9758$
		9 V	$y = -0.1058x^2 + 0.1067x + 0.1211$	$R^2 = 0.9651$
		12 V	$y = -0.0851x^2 + 0.0798x + 0.0914$	$R^2 = 0.947$
	藍光	3V	$y = -0.5818x^2 + 0.4429x + 0.4827$	$R^2 = 0.5569$
		4.5 V	$y = -0.2377x^2 + 0.1673x + 0.3457$	$R^2 = 0.4833$
		6 V	$y = -0.1707x^2 + 0.1173x + 0.255$	$R^2 = 0.6809$
		7.5 V	$y = -0.1011x^2 + 0.0739x + 0.2082$	$R^2 = 0.7958$
		9 V	$y = -0.0775x^2 + 0.0574x + 0.1712$	$R^2 = 0.8367$
		12 V	$y = -0.0556x^2 + 0.0418x + 0.1302$	$R^2 = 0.8624$

0.1M-0.5M高濃度藍染液以保險粉溶液稀釋依序以白光→綠光(高亮)→藍光(高亮)照射吸光儀	白光	3V	$y = -0.3431x^2 - 0.3285x + 0.2754$	$R^2 = 0.8909$
		4.5 V	$y = -0.2048x^2 - 0.2149x + 0.1932$	$R^2 = 0.9207$
		6 V	$y = -0.1549x^2 - 0.167x + 0.1495$	$R^2 = 0.9541$
		7.5 V	$y = -0.113x^2 + 0.1371x + 0.1248$	$R^2 = 0.9783$
		9 V	$y = -0.1023x^2 - 0.1082x + 0.1054$	$R^2 = 0.9834$
		12 V	$y = -0.0662x^2 - 0.0725x + 0.0815$	$R^2 = 0.9874$
	綠光	3V	$y = -0.8866x^2 - 0.7065x + 0.2855$	$R^2 = 0.9235$
		4.5 V	$y = -0.6593x^2 - 0.5095x + 0.2068$	$R^2 = 0.9128$
		6 V	$y = -0.5467x^2 - 0.4001x + 0.1555$	$R^2 = 0.9167$
		7.5 V	$y = -0.4731x^2 - 0.3328x + 0.1296$	$R^2 = 0.9039$
		9 V	$y = -0.3778x^2 + 0.2642x - 0.1092$	$R^2 = 0.9081$
		12 V	$y = -0.2617x^2 - 0.1836x + 0.0849$	$R^2 = 0.8874$
藍光	3V	$y = -1.3813x^2 + 1.0033x + 0.2942$	$R^2 = 0.8924$	
	4.5 V	$y = -0.9689x^2 + 0.6994x + 0.208$	$R^2 = 0.8906$	
	6 V	$y = -0.7202x^2 - 0.515x + 0.1609$	$R^2 = 0.881$	
	7.5 V	$y = -0.589x^2 + 0.4148x - 0.1335$	$R^2 = 0.8824$	
	9 V	$y = -0.4497x^2 + 0.3184x + 0.1126$	$R^2 = 0.8657$	
	12 V	$y = -0.3377x^2 + 0.2355x + 0.087$	$R^2 = 0.8527$	

由以上趨勢線分析可知，若要將染布後的藍染液定量，可與標準原液皆用低濃度方式稀釋 10 倍後，以 3V~12V 電壓測出待測液的一般電阻電壓大小，如本研究方法做作出 Excel 趨勢線格式中二次多項式函數，以此檢量線，即可反推測染布後的染液濃度。

二、自製不同槳葉水車及不同負載物(一槳一物)的轉速比較

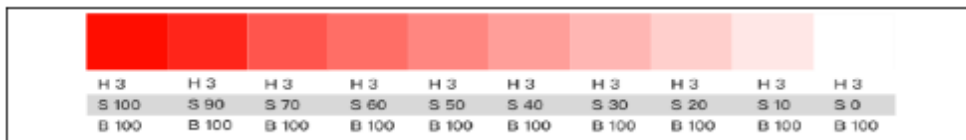
1. 染布鑑色儀使用程序為：GY-33 顏色感測器白平衡校正→快速測出色布上同樣區塊面積的 RGB 值→利用線上顏色代碼轉換公式→轉換成 HSB 值來分析染布顏色→色相值 H 顯示棉布是否可染上色，飽和度值 S 越高代表染色效果較好⁵。

2. HSB 值簡述如下：(以下圖片皆源自 <https://www.kubonews.com/201803077831.html>)

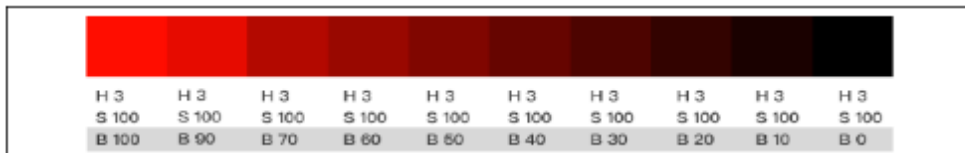
(1) 色相(Hue)：是指色彩的種類。其數值為 0°~360°，每個角度代表一種顏色。0°或 360°為紅色、120°為綠色、240°為藍色等。



(2) 飽和度(Saturation)：是指色彩中單色的含量。其數值為 0%~100%，數值越高則單色越鮮豔，反之越低則越淡白。



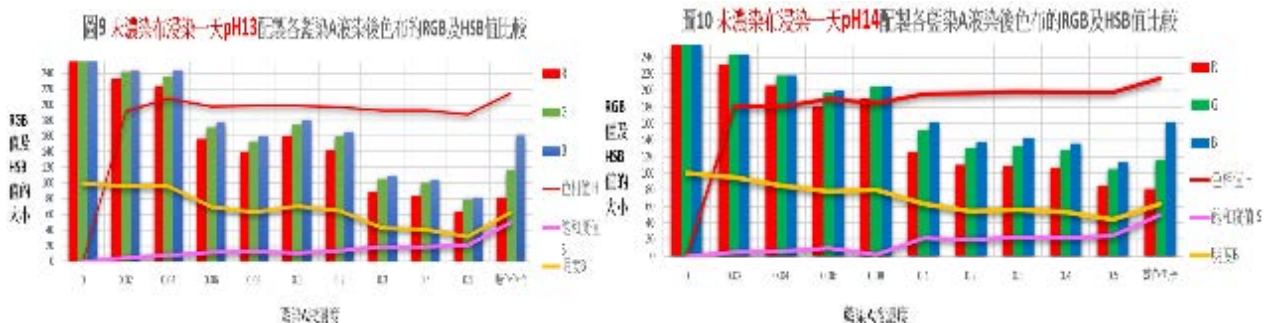
(3) 明度(Brightness)：是指色彩明亮程度。其數值為 0%~100%，數值越高則色彩越亮，反之越低則越暗。

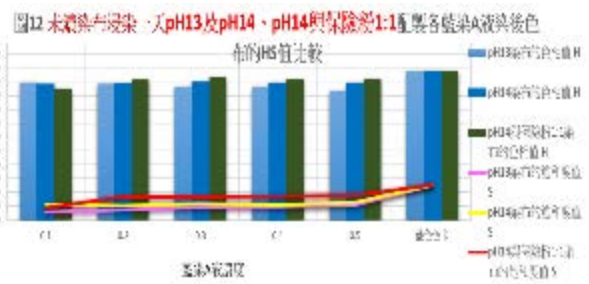
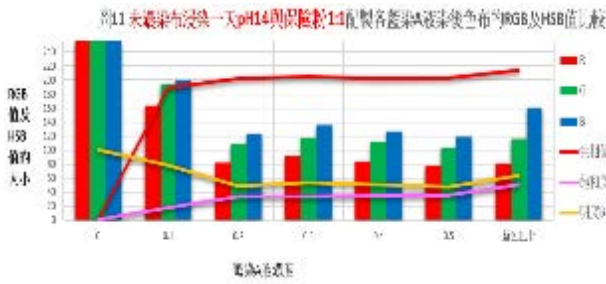


3. 染布的 RGB 辨色研究

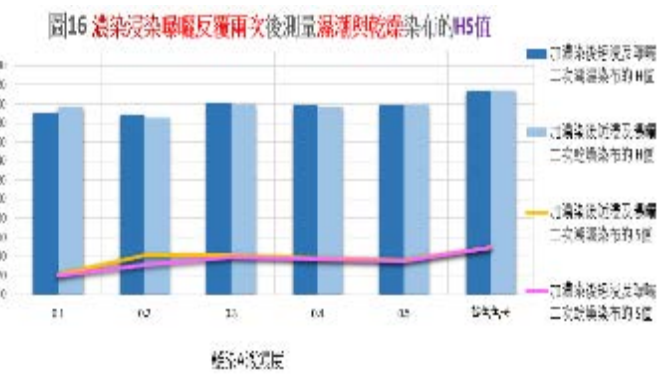
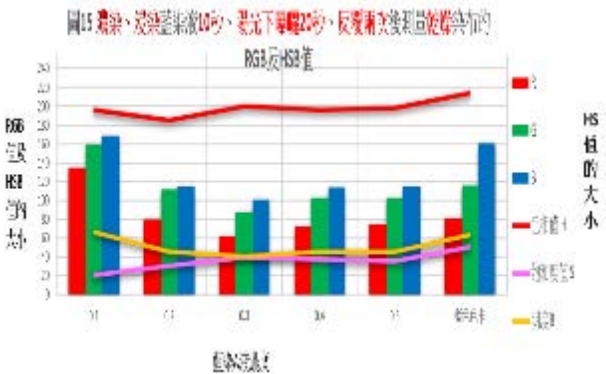
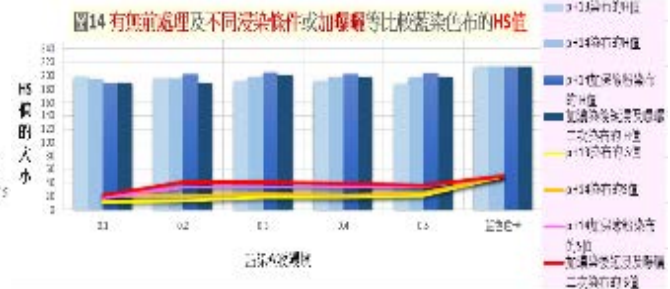
RGB 測定模組-GY-33 顏色感測器模組核心為 TCS34725 感光元件，感光元件可提供數位的紅、綠、藍數值，具有高度整合的光電耦合感光元件，能去除不必要的紅外線及其他干擾，以增加顏色量測的準確度。以白色校正卡校正後，RGB 感光元件的遮罩恰是我們去除所有外界光源干擾的光罩，所以，我們的色布都是用 GY-33 顏色感測器模組測定 RGB。

4. 由實驗二染布的顏色鑑定可知：純棉布的 H 為 0°及 S 也為 0%，標準藍色色卡 H 為 214°及 S 為 49.7%，我們將白布浸染一天後，未濃染且用 pH13 氫氧化鈉溶液配製各藍染 A 液，浸染後乾布的色相值 H 均比藍色卡為小，呈現淺藍色；飽和度值 S 也比藍色卡的為小，藍染 A 液濃度愈高，飽和度值也愈多，分析圖示如下：





由圖示可知色相值 H° 與飽和度 $S\%$ 比較均為： $pH14$ 與保險粉 1:1 $> pH14 > pH13$ 。



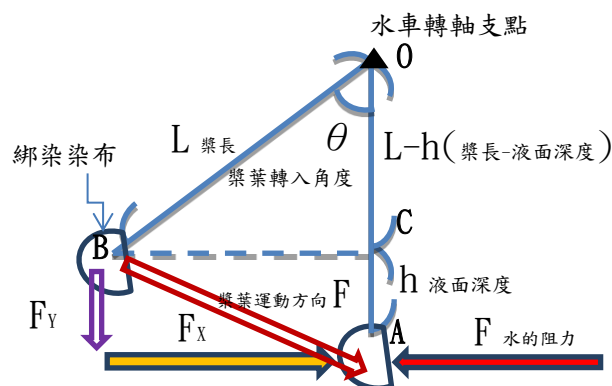
有濃染前處理、反覆曝曬色相值 H° 與飽和度 $S\%$ 均有提高。

5.綜合以上圖示分析，染布時需隨時檢測藍染液的溶解度，變因有酸鹼性大小(以廣用試紙檢測需呈藍紫色)、保險粉是否需添加(色布在液中未呈藍綠色)、還有提高藍染時氧化的速率(曝曬)等。

三、不同藍染巾長度的藍染動力研究

1.藍染技法中有很多綁染，一堆綁布浸在缸內很容易認不出來，又要拿夾子夾起來，戴手套把未綁的地方打開氧化，所以，乾脆設計把綁染作品固定在水車槳葉上，未綁的地方也可以先拉開，尤其是負載布料在水車內浸染時還原、出水時在空氣中氧化時間及速率的比較，希望能比較出效能較佳的操作設計模式。

2.水車作圖分析及運算



(1)槳葉數愈少，槳葉間的角度 θ 愈大，如(3)列表；角度 θ 愈大，對應的 F_x 分力愈大，相對的 $F_{\text{水}}$ 的阻力也愈大。

(2)本水車設計的桿長為控制變因， θ 角度愈大，水位高度應該要愈高這是我們要仔細運算的地方，如(4)數學運算。設水車槳葉 A 點為最低點，B 點為每槳葉受進入水面的最高點，先不考慮摩擦阻力的情況下，符合力學能守恆的運算推理，如(5)的運算。

(4). 數學運算

三角函數 $\cos \theta = \text{鄰邊} / \text{斜邊} = OC / OB$,

$$\cos \theta = (L-h) / L$$

$$\cos 30^\circ = 0.866 \rightarrow h_B = 0.134 L$$

$$\cos 45^\circ = 0.707 \rightarrow h_B = 0.293 L \text{ 等以此類推。}$$

(5). 力學能守恒運算

任一點的動能加位能恆相等 $U_A + E_A = U_B + E_B \dots (1)$ 式，代號 U ：位能、代號 E ：動能。

A 點為最低點， $\therefore h = 0$ ，位能 $U_A = 0$ 、動能 E_A 最大； B 點槳葉為每槳葉受進入水面的的最高點， \therefore 設 $v = 0$ ，動能 $E_B = 0$ 、位能 U_B 最大，(1)式可改寫為： $E_A = U_B \dots (2)$ 式

$1/2 m V_A^2 = mgh_B$ ， $\therefore h_B = V_A^2 / 2g$ 或 $V_A = (2gh_B)^{1/2}$ ，我們是可以算出水車在液面下最低點的最大轉速。以六槳葉夾角 60° 而言，水深為槳長的一半，液面下最低點的最大轉速計算如下：六槳葉水車 $\cos 60^\circ = 0.5 \rightarrow h_B = 0.5 L$ ，本水車槳長為 18cm ，也就是 9cm 高。 $\therefore V_A = (2gh_B)^{1/2} = (2 * 980 * 9)^{1/2} = \text{約 } 132.5\text{cm/s}$ ，但是，我們為節省染液量，低水位高度下降為 5cm ，所以，液面下最低點的最大轉速不及理論運算的大。

(3). 水車槳葉數運算

水車槳葉數與夾角之關係

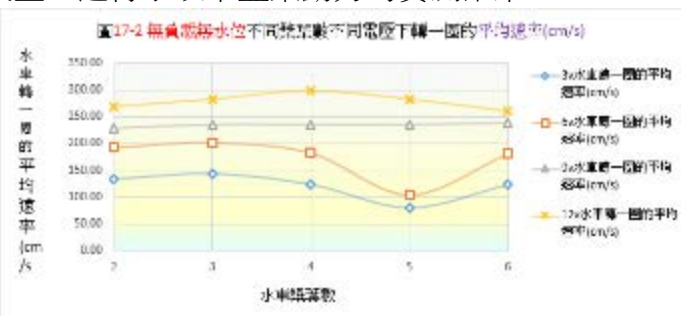
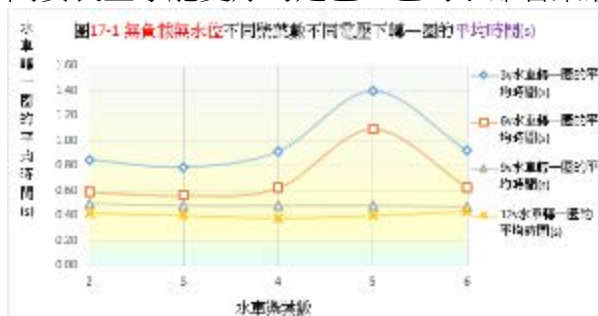
槳葉夾角	180°	120°	90°	60°
槳葉數	2	3	4	6

3. 水車液面上氧化速率與液面下還原速率的推算

(1) 零水位，無氧化及還原速率的區別，只是純水車速率的運算。

(2) 低、中、高水位水車運轉速率就明顯愈來愈小，尤其每槳均綁上一負載物更是如此。

(3) 為了提高染布的染色效能，我們試做藍染時發現染布氧化的時間應比染布還原吸附的時間要長些才能更好的定色，也為了節省染液量，進行了以下藍染動力的實測結果。



結果五槳水車運轉一圈的時間較六槳為多，我們檢查水車結構時發現，五槳的槳葉間的角度有偏差，檢測旋轉時略有偏心移位情形，應重新校準五槳的接合角度才行。

光遮斷感應器量測無載物無水位二槳至六槳的每一圈運轉時間



以不同電壓動力轉動不同葉數水車，以m-Block5程式量測每圈的時間，記錄如下表

葉數	電壓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
二葉	3V	6.7	6.1	6.2	6.24	6.07	6.3	5.9	6.1	6	6.1	6.171	0.189
	6V	3.2	2.7	2.7	2.67	2.78	2.6	2.7	2.8	2.6	2.8	2.759	0.169
	9V	2.1	1.7	1.4	1.77	1.62	1.8	1.6	1.6	1.6	1.7	1.706	0.171
	12V	1.9	1.1	1.2	1.11	1.18	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.259	0.227
三葉	3V	6.5	6.2	6.2	6.11	6.18	6.1	6.1	6.1	6.4	6.2	6.212	0.135
	6V	3.2	2.7	2.7	2.62	2.71	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.75	0.167
	9V	2	1.4	1.7	1.69	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.696	0.135
	12V	1.8	1.3	1.2	1.29	1.18	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	0.171
四葉	3V	6.6	6.1	6.1	6.31	5.99	6	6	6	6.2	6.2	6.154	0.19
	6V	3.2	2.5	2.6	2.59	2.66	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.687	0.173
	9V	2.2	1.7	1.6	1.58	1.7	1.7	1.5	1.8	1.8	1.6	1.716	0.184
	12V	1.7	1.3	1.3	1.2	1.18	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.281	0.156
五葉	3V	7.4	6.8	6.9	6.8	6.86	6.7	6.8	6.8	7.1	7.1	6.925	0.202
	6V	3.6	3	3	2.94	3.01	3	2.9	3	3	2.9	3.03	0.19
	9V	2.5	1.9	1.8	1.94	1.86	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.908	0.195
	12V	1.9	1.2	1.3	1.3	1.32	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.332	0.201
六葉	3V	7.1	6.6	6.6	6.58	6.5	6.6	6.6	6.7	6.3	6.4	6.59	0.206
	6V	3.3	2.8	2.8	2.74	2.86	2.8	2.7	2.8	2.8	2.8	2.844	0.155
	9V	2.4	1.7	1.8	1.69	1.83	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.812	0.198
	12V	1.9	1.3	1.3	1.32	1.3	1.6	1.1	1.3	1.2	1.2	1.348	0.227

圖17-1 (2)無負載無水位不同葉數不同電壓下轉一圈的平均時間(s)

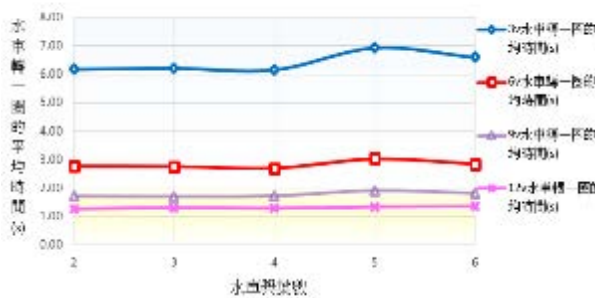
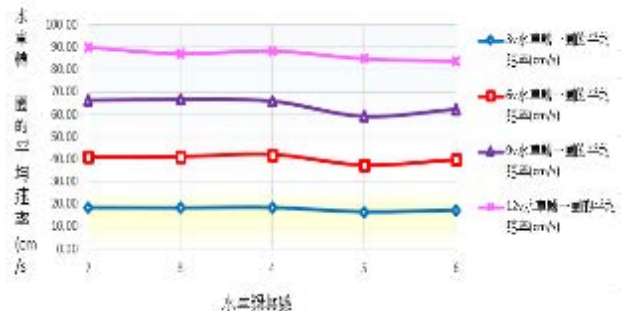


圖17-2(1)無負載無水位不同葉數不同電壓下轉一圈的平均速率(cm/s)



各水中運轉每圈由連續量測 10 次的標準差不到 1 可知，非接觸式的光遮斷感測器可精準量測水車運轉時間。同樣的，若水車有負載或有高中低水位，同樣可用兩個光遮斷感測器或用霍爾磁感測器分開量測每個水車入水及出水的精準時間差。

圖18-1 有負載無水位不同葉數不同電壓下轉一圈的平均時間(s)

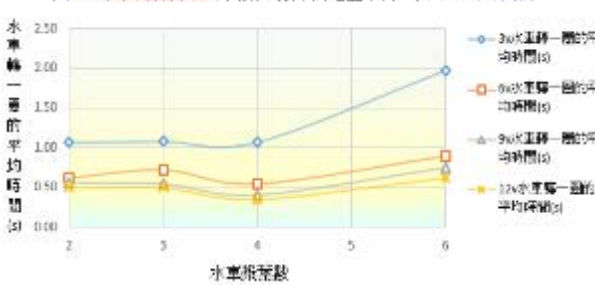
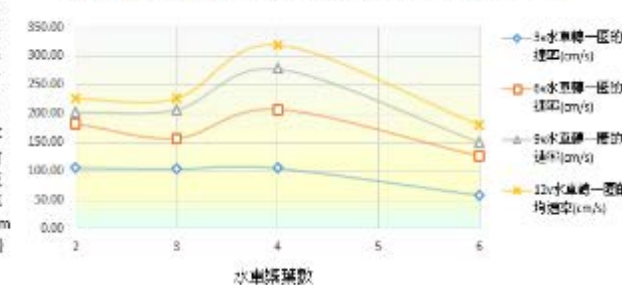


圖18-2 有負載無水位不同葉數不同電壓下轉一圈的平均速率(cm/s)



4. 運轉一圈時間四葉最短，平均速率最大。

圖19-1 一葉一物負載低水位不同葉數不同電壓下轉一圈的平均時間(s)

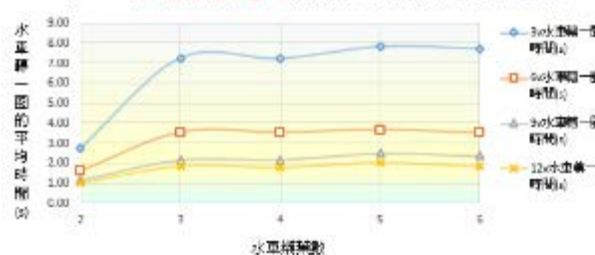
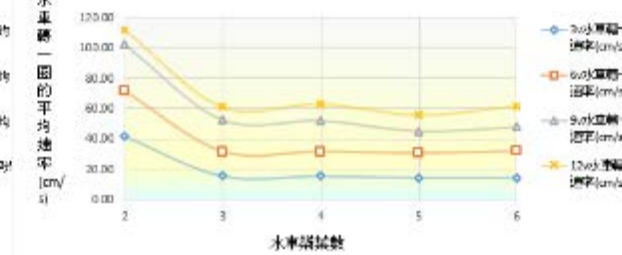


圖19-2 一葉一物負載低水位不同葉數不同電壓下轉一圈的平均速率(cm/s)



5. 有負載且在水中有阻力時，運轉一圈時間二葉最短，平均速率最大。

圖19-1 漿一物負載低水位不同葉數不同電壓下水及出水轉一週的平均時間(s)

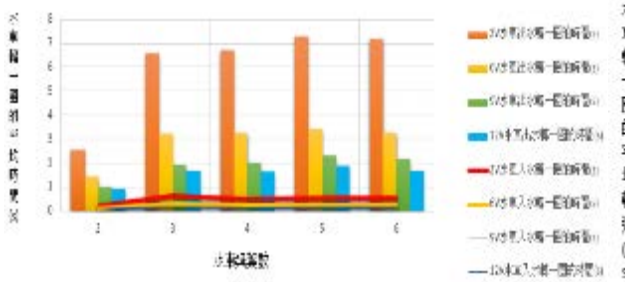
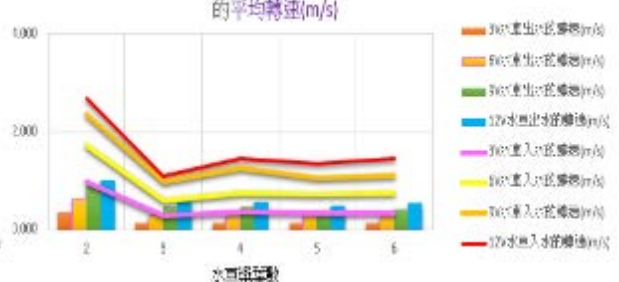


圖19-2 漿一物負載低水位不同葉數不同電壓下水及出水轉一週的平均轉速(m/s)



6. 因為低水位，入水圓周長 $113/6\text{cm}$ ，出水圓周長 $113*5/6\text{cm}$ ，所以，出水時間均 $>$ 入水時間；葉數愈少、馬達運轉動力電壓愈大，時間愈短，速率愈大。

圖20-1 漿一物負載中水位不同葉數不同電壓下水及出水轉一週的平均時間(s)

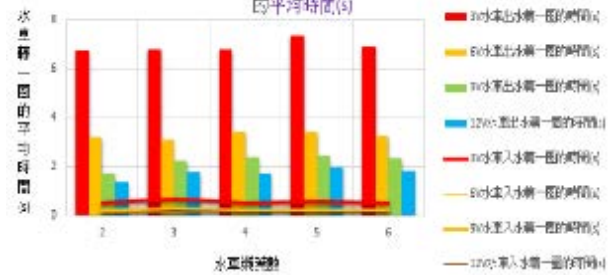
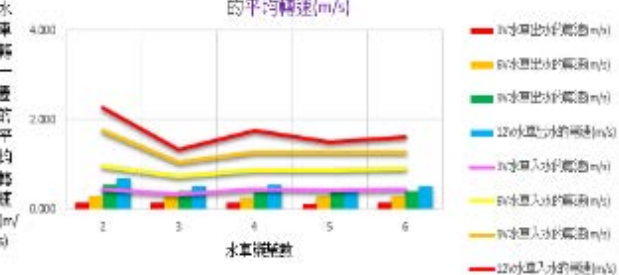


圖20-2 漿一物負載中水位不同葉數不同電壓下水及出水轉一週的平均轉速(m/s)



7. 中水位，入水圓周長 $113/5\text{cm}$ ，出水圓周長 $113*4/5\text{cm}$ ，出水時間均 $>$ 入水時間；水下阻力增加，反而讓各時間差變小，轉速差也變小。

圖21-1 漿一物負載高水位不同葉數不同電壓下水及出水轉一週的平均時間(s)

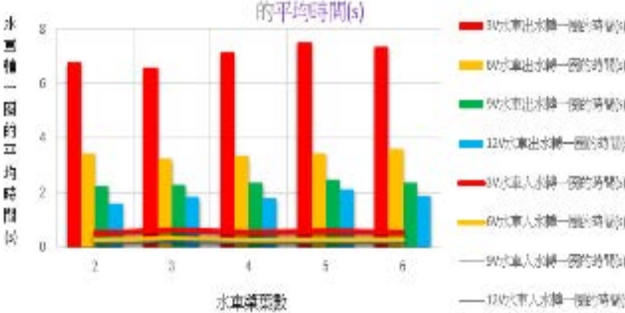
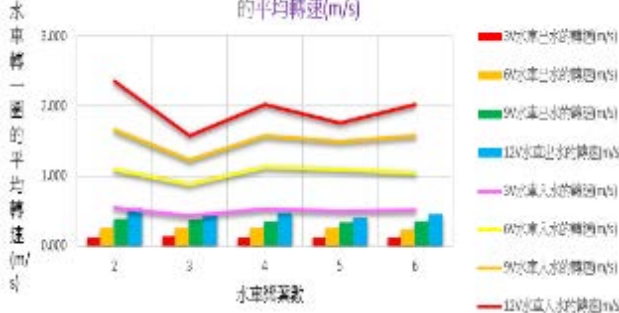


圖21-2 漿一物負載高水位不同葉數不同電壓下水及出水轉一週的平均轉速(m/s)



8. 高水位，入水圓周長 $113/4\text{cm}$ ，出水圓周長 $113*3/4\text{cm}$ ，出水時間均 $>$ 入水時間，入水轉速均 $>$ 出水轉速；馬達運轉動力電壓愈大，時間愈短，速率愈大。

9. 實驗三~七比較水車的轉速差異外，最主要的是要比較出不同水位過水負載物的藍染染色效能，看看是否驗證假設的藍染在液中的還原速率，比在液外的氧化速率快，希望能找出最佳水車運轉速率及水位高度比，經以上實驗結果，我們先選定 6V 和 12V 電壓，二~四漿水車繼續做不同藍染巾長度的藍染動力的探討。

圖22-1 純水車轉動一漿一物負載低、中水位不同葉數不同電壓下轉一週的平均時間(s)

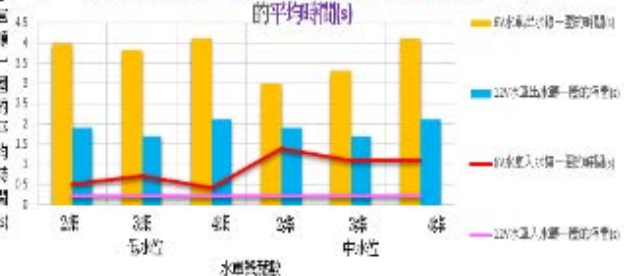


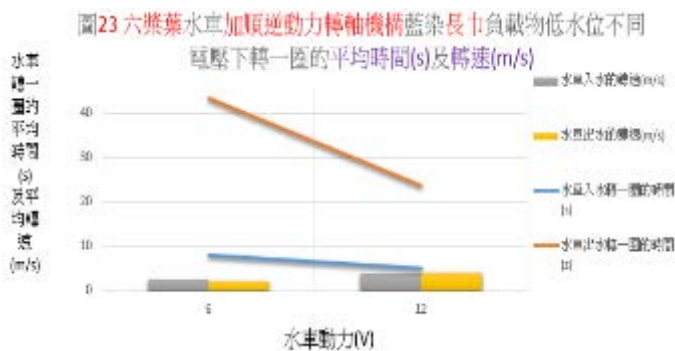
圖22-2 純水車轉動一漿一物負載低、中水位不同葉數不同電壓下轉一週的平均轉速(m/s)



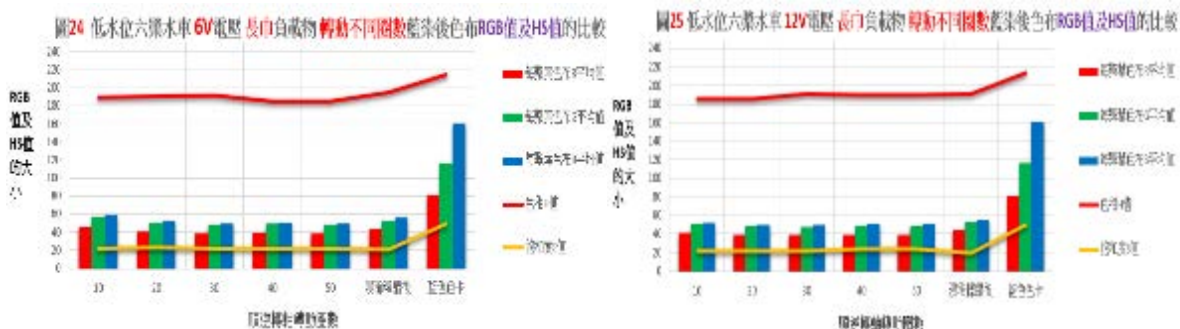
四、藍染水車的氧化還原變換速率與鑑色的比較

我們已經掌握藍染時，在染缸內的時間和晾在外面曬衣架上的時間短，所以，水缸內水位高低影響缸內還原及缸外氧化的條件，推測這兩者速率應該要不同才是！

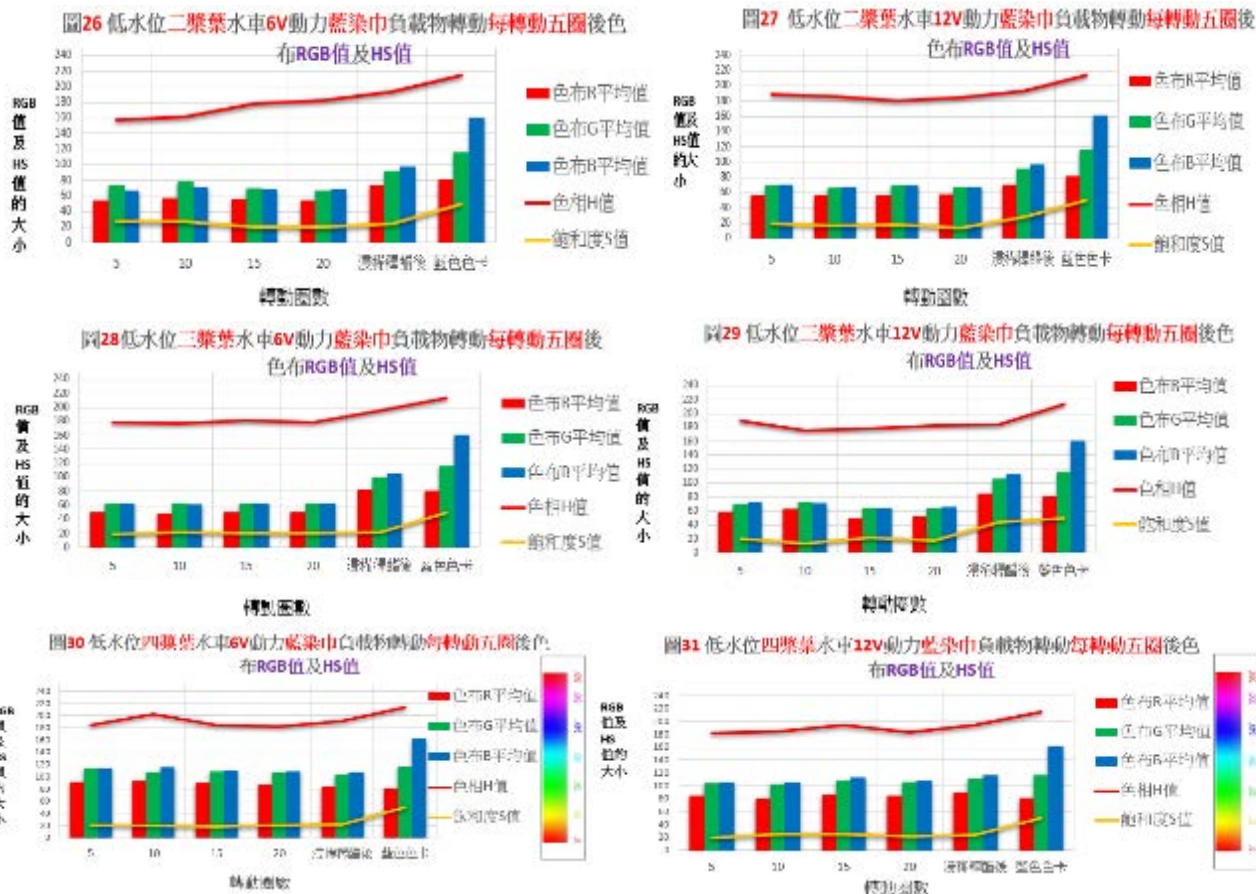
1. 純水車有負載一槳一物，中、低水位，出水時間均>入水時間，動力電壓愈大，轉速愈大，12V 不管槳葉數及水位高低均為入水轉速>出水轉速；6V 低水位為入水轉速>出水轉速，中水位則入水受阻較大，馬達動力不足，反而是入水轉速略小，由此可知，水位愈高，動力電壓應加大，使出水轉速變小，氧化反應時間較長，有利於吸附於布料上的靛藍固著。



2. 六槳葉水車加順逆動力轉軸機構藍染長巾動力電壓愈大，出入水的時間愈小、轉速愈大，最重要的仍是出水氧化時間都比入水時間長，出入水轉速呈現平穩接近的狀態。



3. 低水位六槳葉水車加順逆 6V 動力轉軸機構藍染長巾 10~50 圈的 RGB 值非常接近，圈數愈多，飽和度才略增加一點點，所以，轉動圈數不需到 50 圈就可以將 377cm 的長巾染出均相的效果！我們發現，從染布的外觀來看，顏色是藍色的，B 值均與標準色卡的色相值接近，且看起來頗深的，RGB 換算的色相值 ok，但飽和度 S 卻比藍色卡的低不少，我們決定繼續往下做，再看看結果如何。



4.不管是二槳葉、三槳葉還是四槳葉，6V 及 12V 動力水車藍染的飽和度均呈現緩升的現象，色相值標準藍色卡數值比藍染巾略高，分析藍色色卡的 B 值 > G 值 > R 值；藍染巾則 B 值與 G 值接近，且兩者均結果 > R 值，與研究四相同。

五、增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

- 1.布最後是要變藍色的，所以，氧化變藍的定色至關重要，如果在染缸外能快速氧化增加染布的吸附量，我們覺得增加風速或增加溫度或許是一種可以嘗試的方法。
- 2.我們回頭查看第 19 頁的黑、藍色校正卡發現，染布的外觀明明呈現深藍色的，為何飽和度 S 卻比藍色卡的低？從黑色和藍色校正卡數值來看，我們偵測的 RGB 應是介於黑色和藍色校正卡數值之間，而且以前校正卡測量的藍色與現在測量的藍色數值有些差異，我們應每次測量樣本本色布時，藍色卡也校正為亮度減少，是不是就會更接近我們需要鑑色的都查一下是否 B 值均與標準色卡的色相值接近，且看起來頗深的，換算的色相值 ok，但飽和度不少，我們決定繼續往下做，再看看結果如何。

以前黑色校正卡	以前藍色校正卡	現在黑色校正卡	現在藍色校正卡
R41、G48、B48	R50、G73、B101	R68、G80、B76	R78、G109、B145

現在標準色卡的偵測圖示如下：



因染布為深藍色的，所以，我們連續偵測黑色藍色標準色卡兩次，圖示如下：



再與有無增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較圖示如下：

圖32 不同風速下低水位四槳葉水車負載一槳一物在12V下轉動十圈藍染色布的RGB值及HS值的鑑色比較



圖33 無風、冷熱風不同溫度下低水位四槳葉水車負載一槳一物在12V下轉動十圈藍染色布的RGB值及HS值的鑑色比較

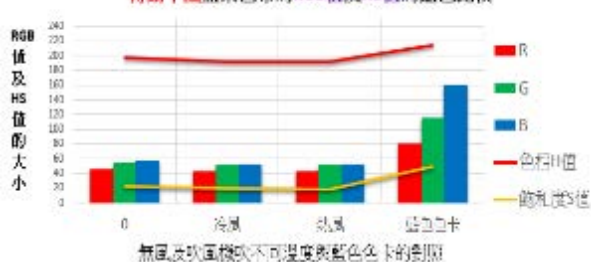
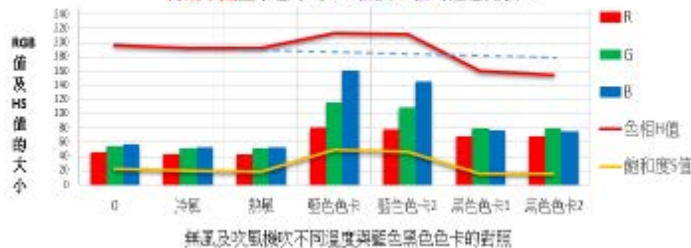


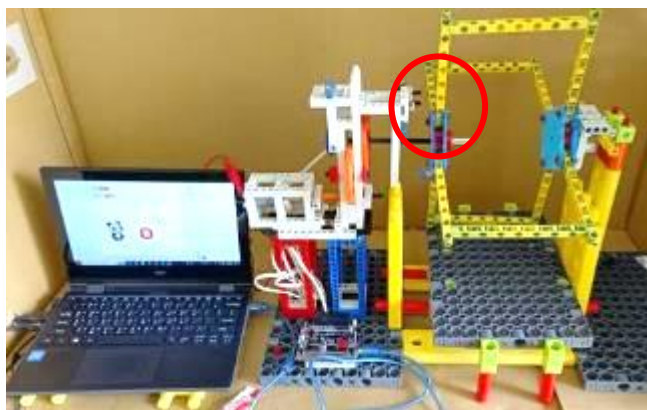
圖34 無風、冷熱風不同溫度下低水位四槳葉水車負載一槳一物在12V下轉動十圈藍染色布的RGB值及HS值的鑑色比較二



結果與我們所推論的一樣，黑色色卡的飽和度與我們藍色染布接近，也就是說，使用 GY33 感測器鑑別色布時，可調整亮度的增減，鑑別染出不同深淺的藍染布。

陸、結論

- 1.傳統的藍染或半半傳統建藍用保險粉發色，還對著染缸邊攪拌邊打入空氣的建藍工序應是產生更多藍泥沉澱物的主因。
- 2.因為，我們發現靛藍在水中的溶解度是低的，要提高其溶解度可以：
 - (1)加還原劑，靛藍必須先經過連二亞硫酸鈉(保險粉)提供的電子還原產生可溶性的靛白而溶解度提高，這樣才能讓染布吸附住染液，否則呈氧化微粒的靛藍是無法上色的，一旦顆粒變大或因攪拌擾動，就呈沉澱的沉積物落在底部了。
 - (2)染液的 pH 值，由研究二之(二)染布試樣的鑑定可知，提高 pH 值至 14 會比 pH13 對藍靛的溶解度較大，染出的色布也較深，只是鹼性這麼強，對無法忍受強鹼的其它布料，例如絲質布料而言，就不利了，所以，我們在研究二之(一)藍染液不同濃度的定量中，以加弱酸性的保險粉稀釋高濃度的藍靛液，畫出的檢量線相關係數大都在 0.9 以上可見一般。
 - (3)提高溫度，我們在浸染又曝曬(提高氧化的速率)連續兩次染出的色布樣發現，色布呈現的藍色更明顯。
- 3.染布鑑色儀組裝 GY-33 顏色感測器，經白平衡校正後，可以快速測出色布上同樣區塊面積的 RGB 值，再利用線上顏色代碼轉換工具，轉換成 HSB 值來分析染布的色相度、飽和度%及明暗度%。
- 4.我們從實際參加學校的藍染活動中，已經掌握藍染時，在染缸內的時間比晾在外面曬衣架上的時間短，也就是說，水缸內水位高低影響缸內還原及缸外氧化的條件，而這兩者速率應該要不同才是！
- 5.我們成功的自製二~六槳葉水車的動力積木機械裝置，加入順逆轉軸的動力輪替(設計正反轉的切換開關或用六段電源供應器)，找出最佳水位高度及水車還原、氧化運轉時間及速率，不僅可因應藍染技法中有很多綁染，短巾，染出滿意的藍巾，不算前處理準備及後續裝置清洗，酸中和等，只需 3~5 分鐘時間即可完成；若要染長藍巾，時間也可以在 5 分鐘之內完成，而且無傳統中間多次清洗的藍水對環境的污染。
- 6.水車運轉的時間測量及轉速運算：每台水車上一塊強力磁鐵，每次通過支架上非接觸式的霍爾磁感測器做計時記錄，電腦連接 Arduino 板子，開啟 Arduino 介面，以 m-Block 圖塊程式設定每偵測到標記物即開始記錄時間，程式上傳後，將運算數據表貼至 Excel 表中，運算每次與下一次的時間差，即可由圓周長除以時間，算出轉速。



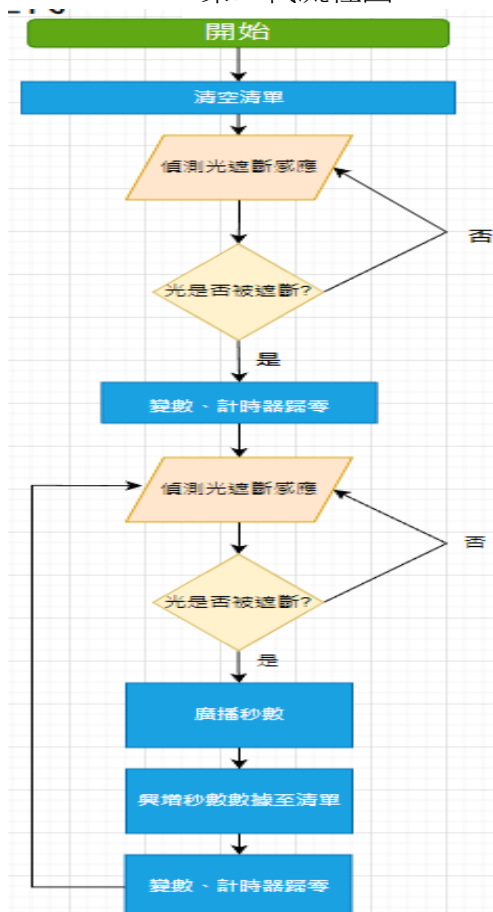
7.同樣的，我們也可用電腦連接 Arduino 板子，將非接觸式的光遮斷感測器與水車支架接上，設定 m-Block 程式，當標記物穿越光遮斷感測器中間的狹縫時，讀取入水的時間數據，測試流程如右圖示。

8.我們由鑑色比較增加風速或溫度是否可加速藍染氧化之定色，目前的結論是可行的！

柒、參考文獻資料

- 1.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
- 2.建藍工序 <https://goo.gl/XMY4zZ>
- 3.馬毓秀(2008)。四季繽紛草木染。台北：遠流
- 4.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
5. RGB 到 HSV 顏色轉換 <https://www.rapidtables.org/zh-TW/convert/color/rgb-to-hsv.html>
- 6.惡魔急凍管-馬克士威妖
<https://www.youtube.com/watch?v=syu6SM7X8yU>
- 7.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)郭珈好等(2021) 色變~移印幻影-著墨於儀 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會，臺中市
- 8.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
- 9.自然第四冊第 8-2-2 氧化還原反應的應用 康軒文教事業
- 10.國中自然課本第四冊力的單元 康軒文教事業
- 11.國中第五冊功與能、能量轉換、第四章 基本電路 康軒文教事業
- 12.國中第六冊電磁感應 康軒文教事業

第三代流程圖

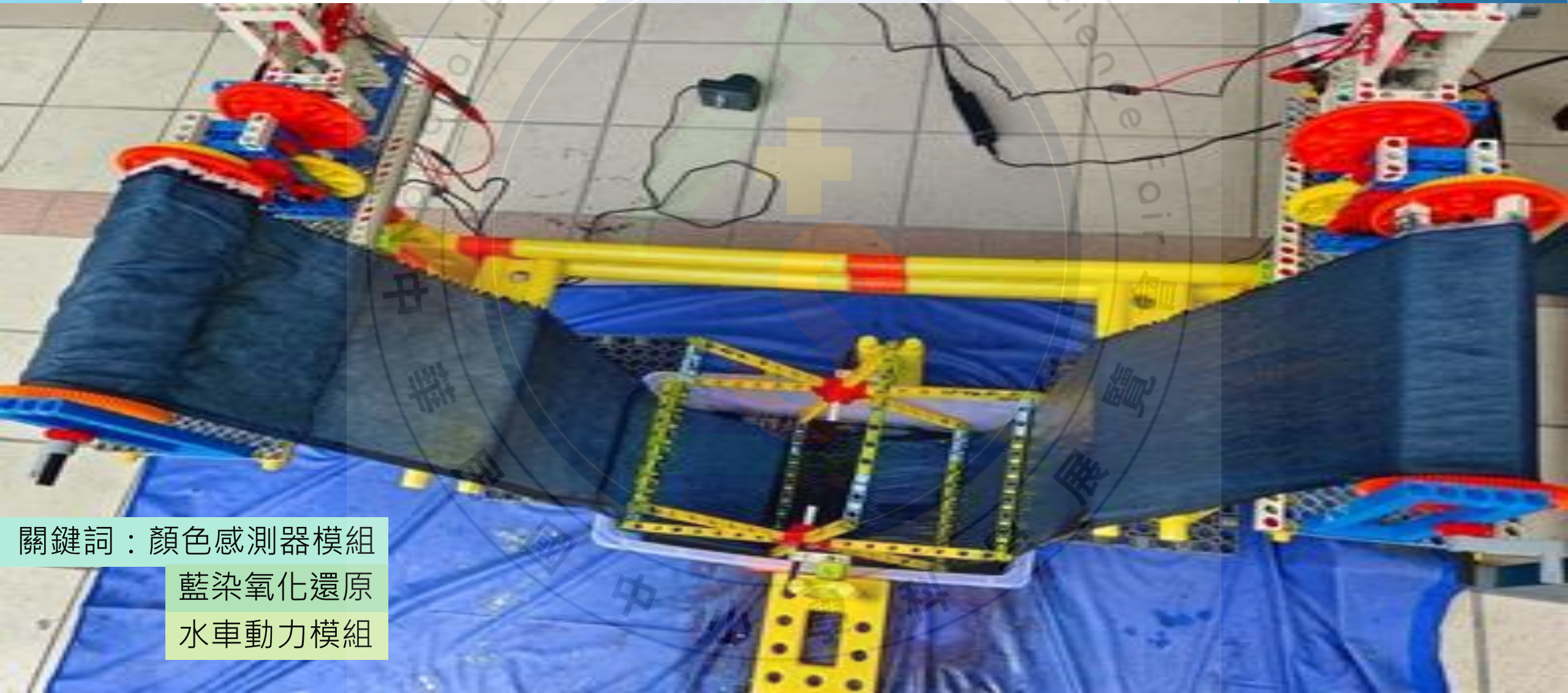


【評語】 032810

1. 本作品探討藍染製作過程中的化學機制，並開發出可提高染色效率、提高染劑利用率、減少廢液的自動化機械輔助裝置，具有實用價值。以藍染技術製程中的因素從化學、光學、力學、溫度等實驗增加藍染染布的品質與效益。實驗數據分析很完整。
2. 從染色到馬達順逆轉動到水車到轉速偵測等等，做得很多，最重要的貢獻建議可強化說明。
3. 所有實驗數據顯示多為非線性，用二次函數回歸的誤差為何？若用線性回歸誤差為何？

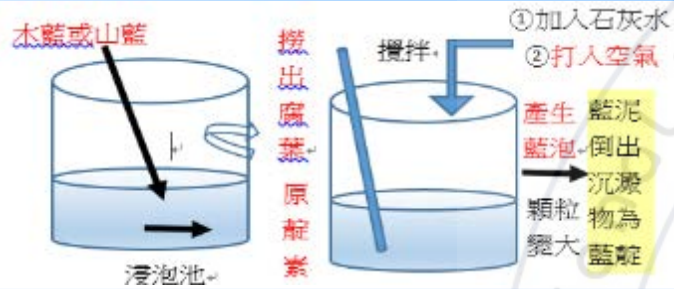
作品簡報

鑑色~藍染動力進行式

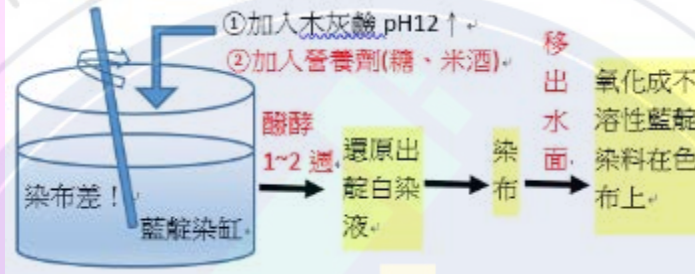


關鍵詞：顏色感測器模組
藍染氧化還原
水車動力模組

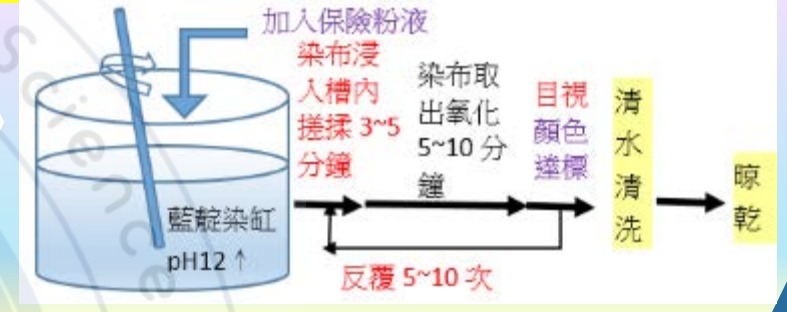
1. 打藍(傳統沉澱法製作藍靛)過程



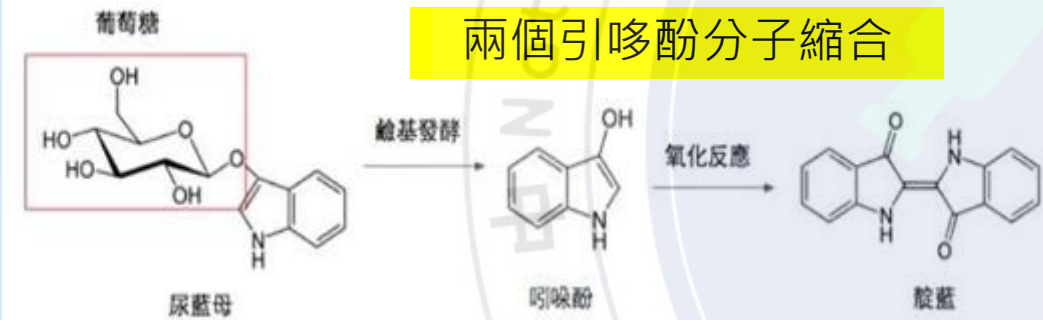
2. 建藍(傳統)過程



3. 快速建藍過程

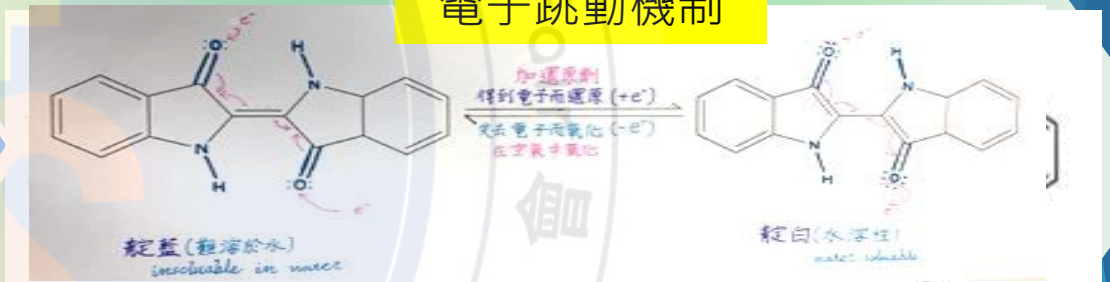


兩個引哧吩分子縮合



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

電子跳動機制



靛藍的還原反應與靛白的氧化反應

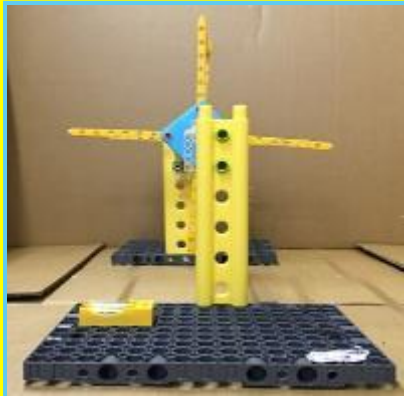
本作品建議【應改用pH 12以上的氫氧化鈉水溶液稀釋】為佳！

藍染染液的配製



染色後的布塊偏鹼性，可用稀釋醋(水：醋 = 30：1 酸鹼中和)完全淹沒布塊即可。

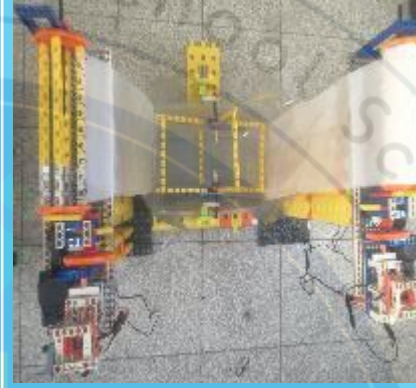
實驗裝置及設計改良歷程



改良前

改良後

利用減速齒輪比解決了馬達的轉速和扭力問題



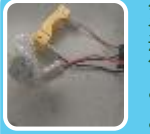
改良前

改良後

利用減速齒輪比、馬達更新和強化軸心設計解決了馬達的轉速和扭力問題



齒輪比1:36



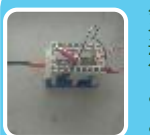
第一代馬達

- 太慢
- 扭力小



第二代馬達

- 常故障
- 扭力小



第三代馬達

- 目前最好
- 不易故障



二代馬達常故障的原因!



一代攪拌機太慢!



改良前

改良後

解決馬達的轉速及色布堆疊不均相的問題



二藥葉



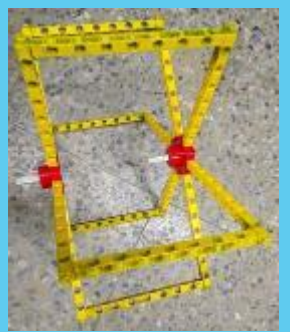
三藥葉



四藥葉



五藥葉



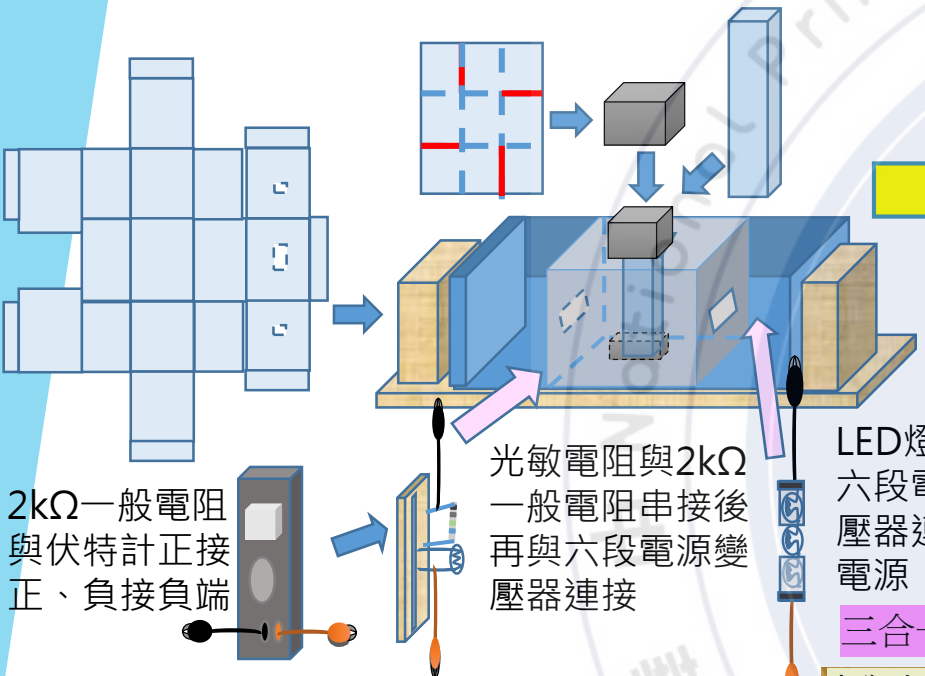
六藥葉

偵測儀器設計

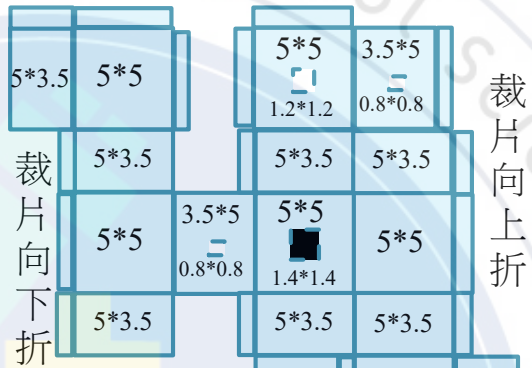
測定染液濃度的光敏電阻感光吸光儀

以白光照射吸光儀，讓光敏電阻感光後，測量一般電阻電壓大小，以不同濃度製作檢量線比較染液濃度

再創新設計的三合一暗箱室光敏電阻感光吸光儀的圖示



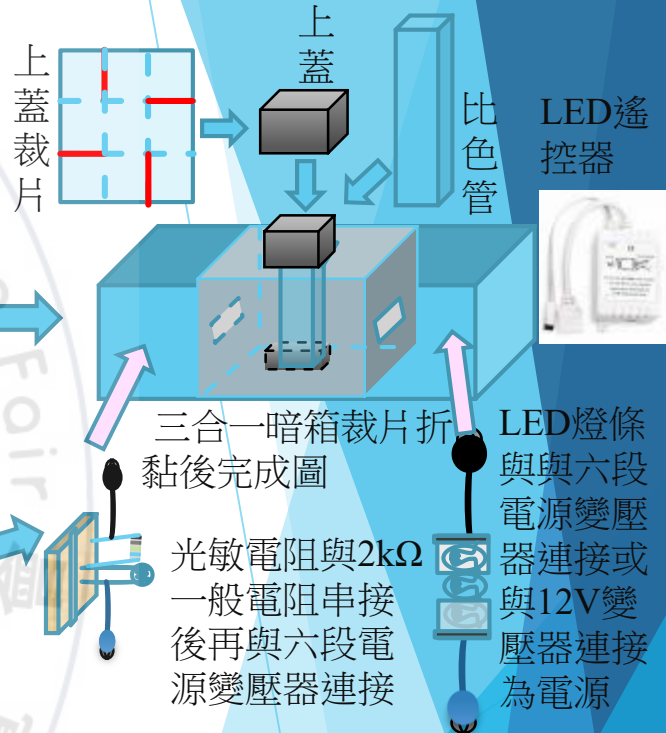
未標示尺寸的為黏貼邊



左方西下紙藍虛線框內下方貼上黑色壁報紙

右方紅虛線框內上方貼上黑色壁報紙

2kΩ一般電阻與伏特計正接正、負接負端



右為光敏電阻室、中為比色管插槽室、左為燈條室

紅外線LED燈條控制器

六段電源變壓器與光敏電阻及2kΩ一般電阻串聯



與光敏電阻串接的2kΩ一般電阻兩端各與數位型三用電表正接正端、負接負端連接

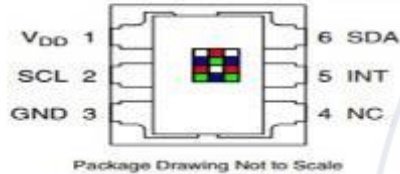
所有的裝置只需放在一個大灰底板20*30cm²上，再加幾個支架連接器支撐即可

偵測儀器組裝及說明

染布鑑色儀則是以GY-33顏色感測器校正後，快速測出色布上同樣區塊面積的RGB值

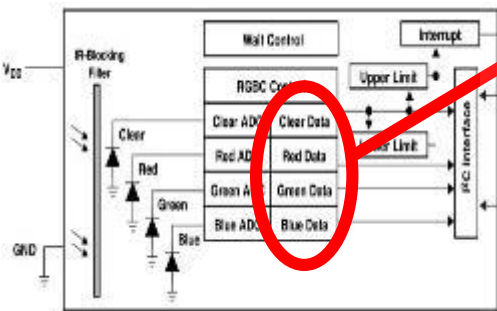


GY-33顏色感測器：
是由兩顆白光和中間的感光器所組成的



GY-33顏色感測器

ADC是指類比數位訊號轉換



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

GY-33顏色感測器校正後，可快速測出變色上同樣區塊面積的RGB值

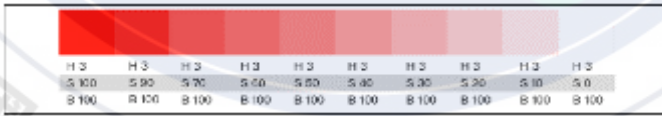
白色 A4 紙	GY-33 顏色感測器	感測器連接埠	TCS34725 感光元件
黑色校正卡	藍色校正卡	紅色校正卡	綠色校正卡
R : 41、G : 48、B : 48	R : 50、G : 73、B : 101	R : 150、G : 57、B : 63	R : 67、G : 106、B : 75

再利用線上顏色代碼轉換工具，轉換成HSB或HSV值來分析變色膜的顏色

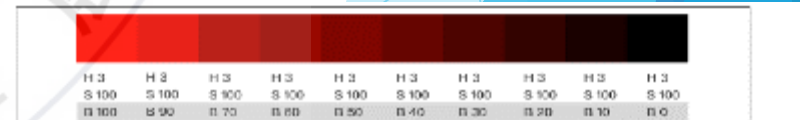
HSB 值如下：(以下圖片皆源自<https://www.kubonews.com/201803077831.html>)



色相(Hue)：色彩的種類。0°或360°為紅色、120°為綠色、240°為藍色。



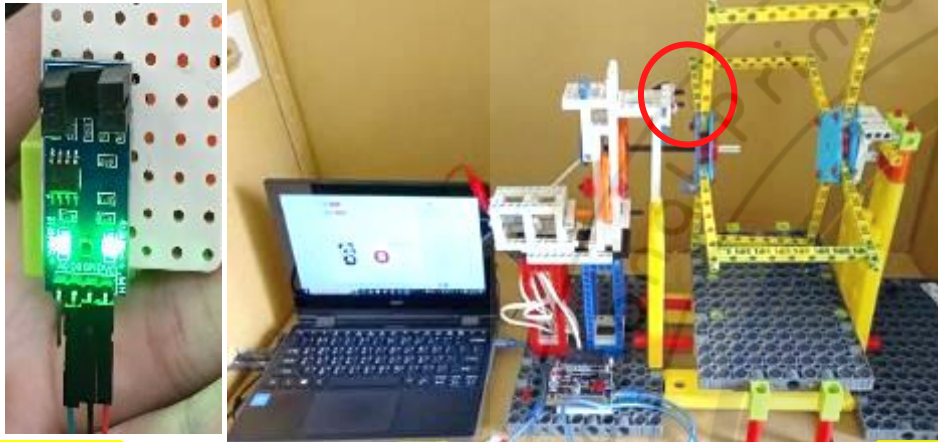
飽和度(Saturation)：色彩中單色的含量。數值越高則單色越鮮豔。



明度(Brightness)：色彩明亮程度。數值越高則色彩越亮。

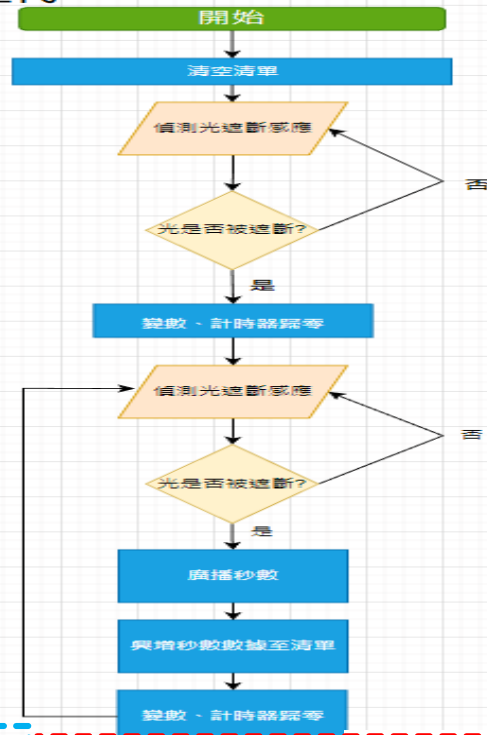
水車運轉程控的時間偵測及流程設計

非接觸式的光遮斷感測器及非接觸式霍爾感測器(磁感應) 運用m-Block5程式

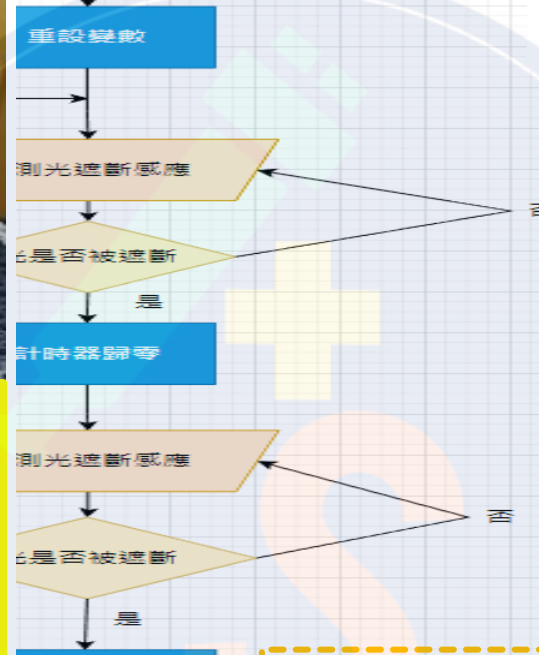


葉數	電壓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
二葉	3V	6.651	6.102	6.234	6.235	6.074	6.279	5.926	6.1	6.044	6.07	6.171	0.189
	6V	3.239	2.714	2.658	2.669	2.784	2.631	2.714	2.8	2.631	2.771	2.759	0.169
	9V	2.135	1.699	1.43	1.772	1.619	1.761	1.617	1.6	1.64	1.734	1.706	0.171
三葉	12V	1.923	1.097	1.22	1.106	1.177	1.223	1.187	1.2	1.22	1.266	1.259	0.227
	3V	6.545	6.151	6.218	6.106	6.177	6.1	6.138	6.1	6.381	6.16	6.212	0.135
	6V	3.233	2.704	2.718	2.617	2.705	2.651	2.738	2.7	2.694	2.789	2.750	0.167
四葉	9V	1.985	1.416	1.706	1.689	1.803	1.67	1.718	1.7	1.679	1.625	1.696	0.135
	12V	1.785	1.316	1.191	1.288	1.181	1.222	1.293	1.3	1.155	1.313	1.300	0.171
	3V	6.647	6.108	6.067	6.306	5.992	5.992	6.027	6	6.167	6.203	6.154	0.190
五葉	6V	3.178	2.546	2.645	2.589	2.663	2.555	2.706	2.6	2.726	2.659	2.687	0.173
	9V	2.217	1.703	1.563	1.58	1.697	1.721	1.546	1.8	1.761	1.611	1.716	0.184
	12V	1.74	1.262	1.268	1.196	1.183	1.266	1.195	1.2	1.209	1.269	1.281	0.156
六葉	3V	7.392	6.825	6.923	6.795	6.856	6.729	6.762	6.8	7.142	7.061	6.925	0.202
	6V	3.593	3.003	3.003	2.936	3.005	2.975	2.906	3	2.965	2.941	3.030	0.190
	9V	2.478	1.903	1.783	1.944	1.855	1.828	1.797	1.8	1.821	1.844	1.908	0.195
	12V	1.922	1.224	1.33	1.301	1.319	1.2	1.257	1.3	1.298	1.203	1.332	0.201
	3V	7.116	6.602	6.601	6.583	6.583	6.557	6.557	6.7	6.282	6.407	6.590	0.206
	6V	3.296	2.789	2.818	2.736	2.864	2.799	2.749	2.8	2.828	2.78	2.844	0.155
	9V	2.387	1.702	1.807	1.689	1.825	1.737	1.676	1.7	1.771	1.812	1.812	0.198
	12V	1.888	1.251	1.341	1.315	1.303	1.632	1.055	1.3	1.189	1.219	1.348	0.227

第三代流程圖



程式第一代流程圖



第二代流程圖

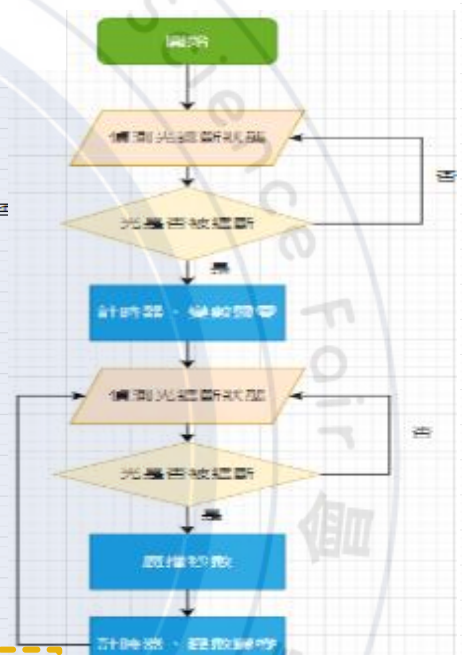
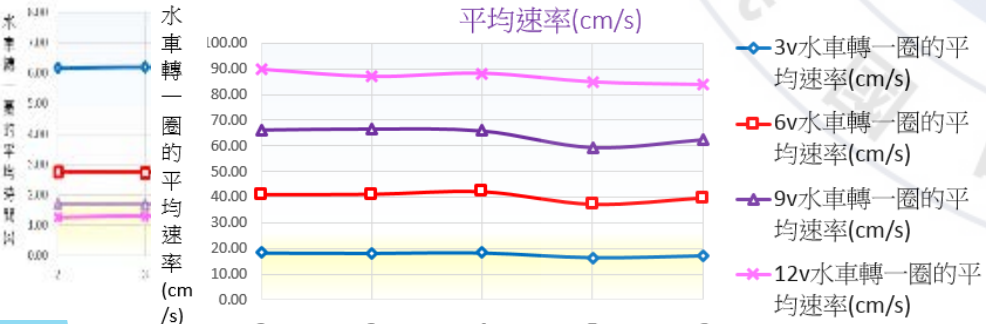


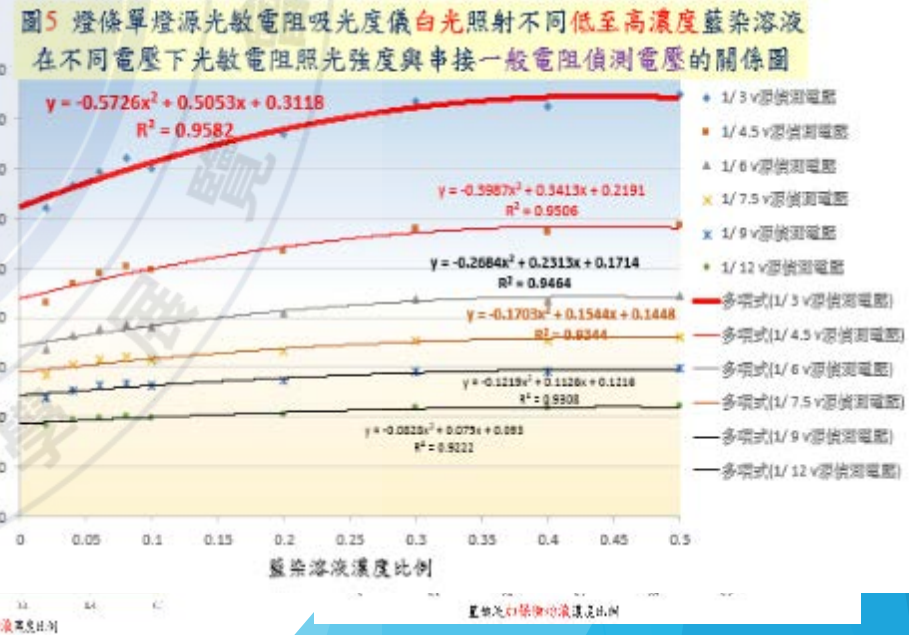
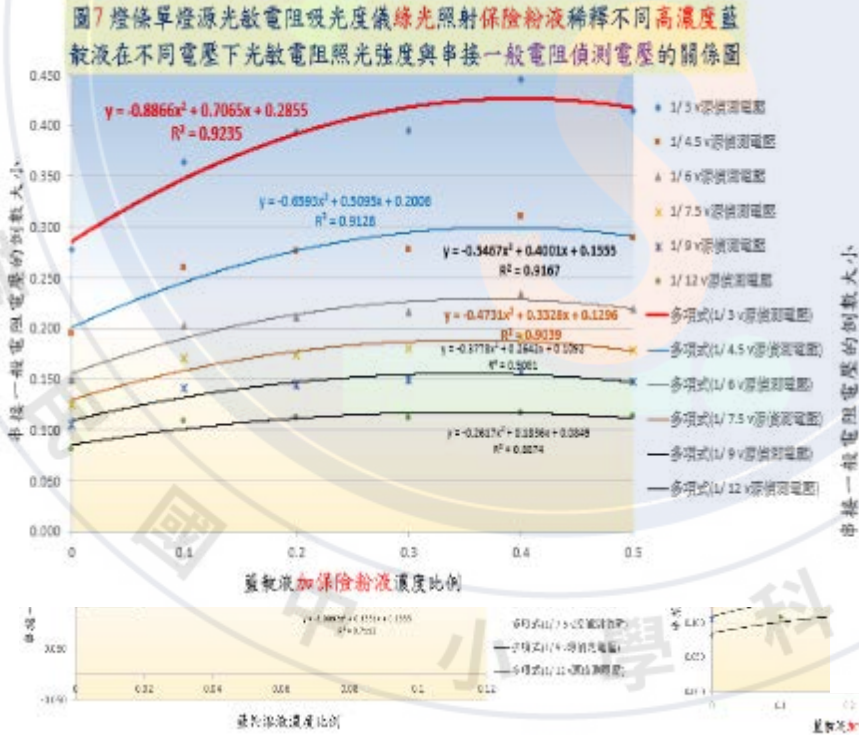
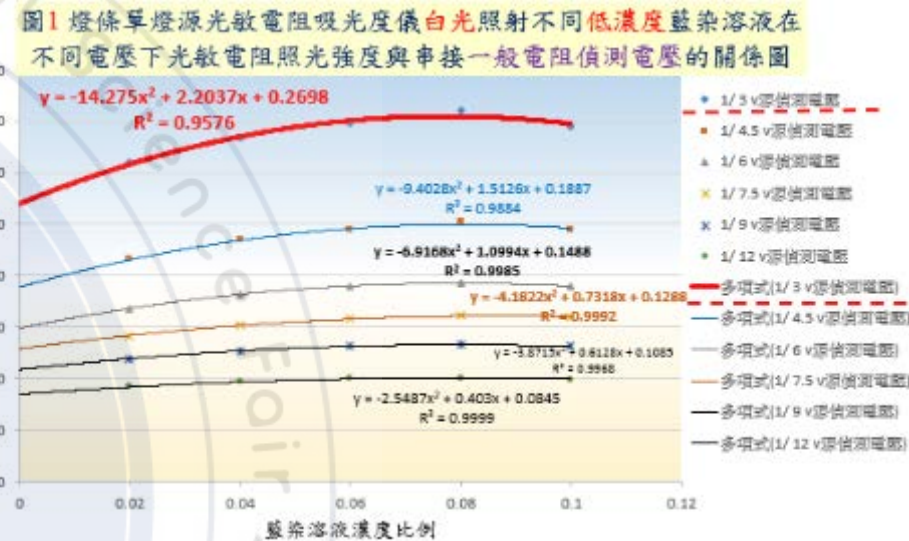
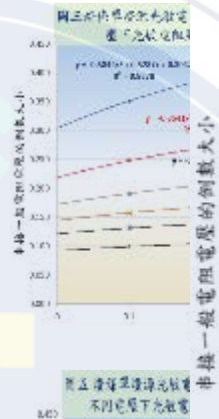
圖17-2(2) 無負載無水位不同葉數不同電壓下轉一圈的平均速率(cm/s)



實驗一、染液的濃度配製及電壓檢測

	0.1A液	0.08A液	0.06A液	0.04A液	0.02A液
濃度1/300的藍染A液(mL)	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
pH13的氫氧化鈉(mL)	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8

自製光敏電阻吸光儀檢測



實驗結果與討論-染布的顏色鑑定

實驗二、染布的顏色鑑定



圖9 未濃染布浸染一天pH13配製各藍染A液染後色布的RGB及HSB值比較

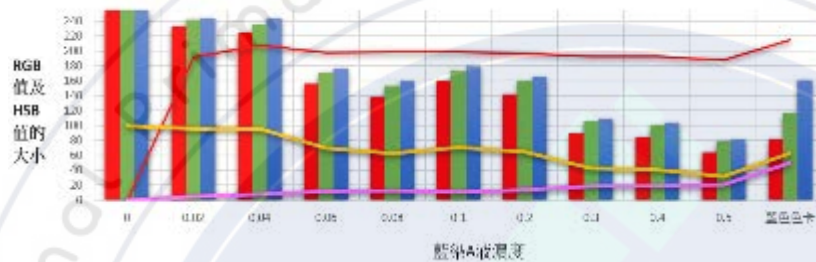


圖10 未濃染布浸染一天pH14配製各藍染A液染後色布的RGB及HSB值比較

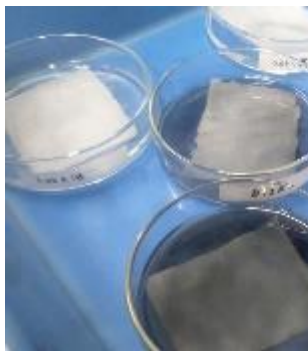
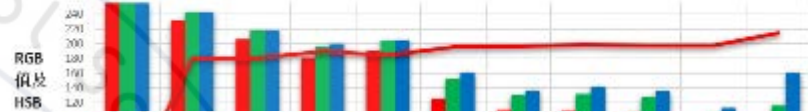


圖11 未濃染布浸染一天pH14與保險粉1:1配製各藍染A液染後色布的RGB及HSB值比較

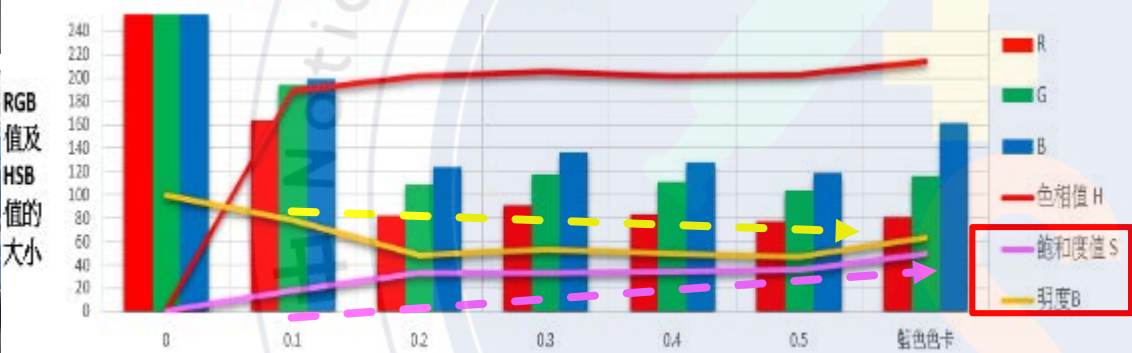


圖12 未濃染布浸染一天pH13及pH14、pH14與保險粉1:1配製各藍染A液染後色布的HS值比較

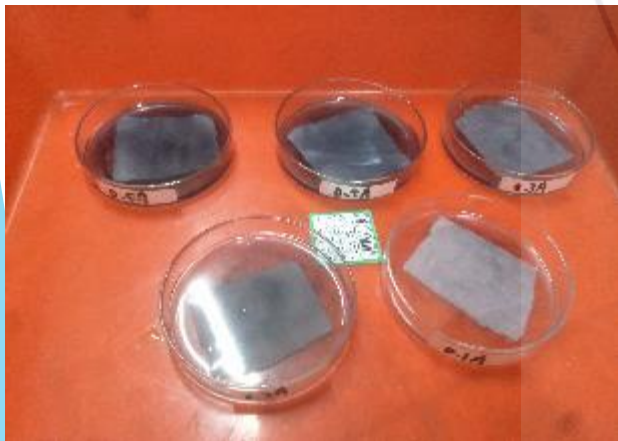
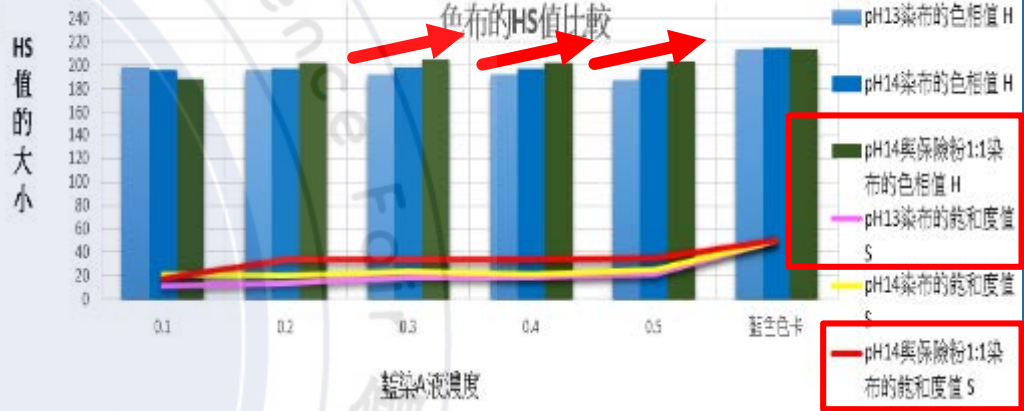


圖13 未濃染布浸染一天pH14配製各藍染A液染後色布的RGB及HSB值比較

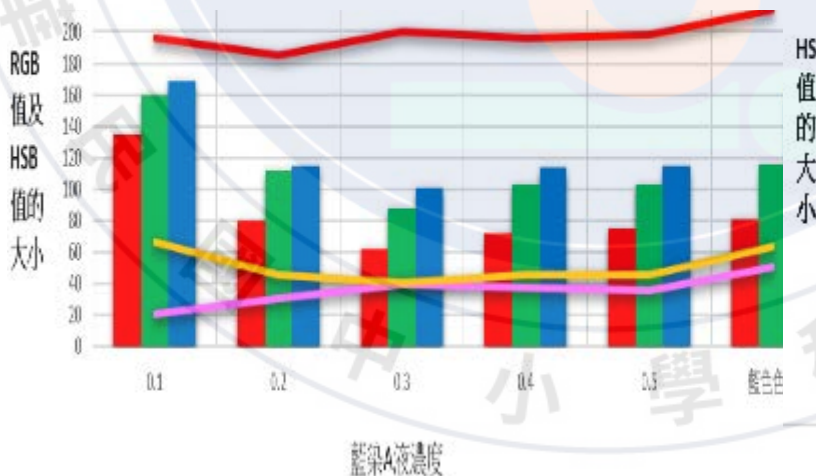
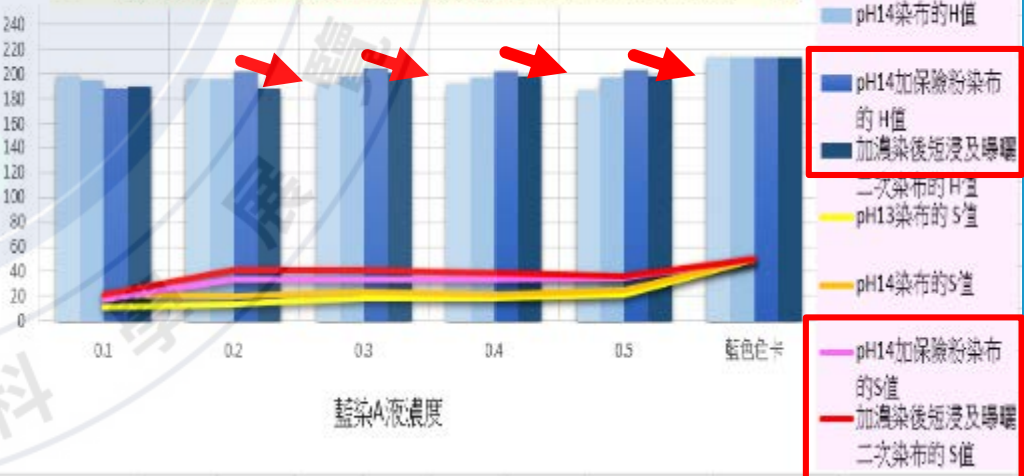


圖14 有無前處理及不同浸染條件或加曝曬等比較藍染色布的HS值

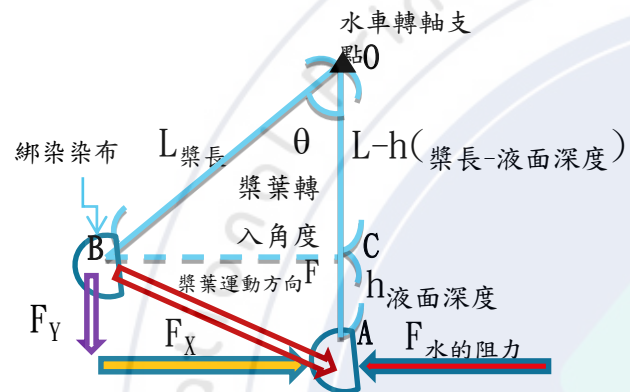


水車液面上氧化速率與液面下還原速率的推算



改良後

利用減速齒輪比解決馬達轉速和扭力問題



一槳轉動90°浸入水區域的顯示 三槳為60°浸入水區域的顯示 低水位顯示每次只能入水一槳葉 中水位能入水二槳90°，即六槳均可同時入二槳葉 高水位能入水三槳135°，六槳即可入三槳、五槳可入三槳、二槳入一槳



二槳葉低水位



三槳葉中水位



四槳葉高水位

槳葉數愈少，槳葉間的角度 θ 愈大，對應的 F_x 分力愈大，相對的 $F_{水}$ 的阻力也愈大。

本水車桿長為 18cm 也就是 9 cm 高 $V_A = (2gh_B)^{1/2} = (2 * 980 * 9)^{1/2} = \text{約 } 132.5 \text{ cm/s}$ ，我們為節省染液量，低水位高度下降為 5 cm，所以液面下最低點的最大轉速不及理論運算的大。

為了提高染布的染色效能，我們發現染布氧化的時間應比染布還原吸附的時間要長些，才能更好的定色。

圖21-2一槳一物負載高水位不同槳葉數不同電壓下入水及出水轉一圈的平均轉速(m/s)

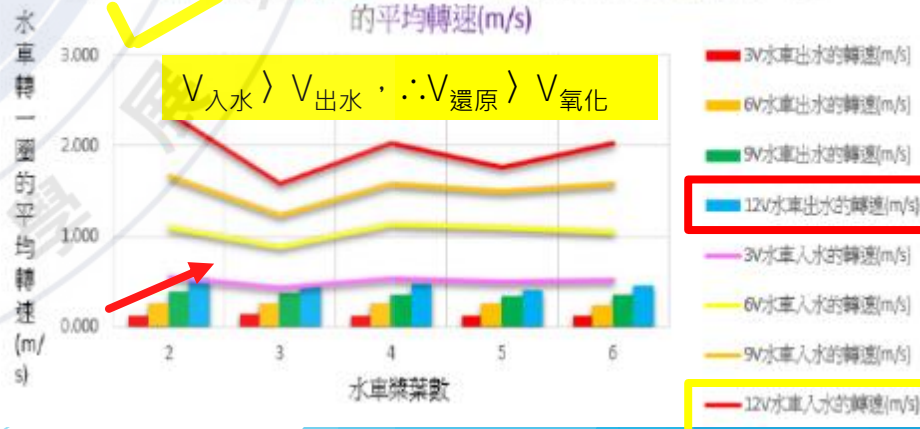


圖19-2一槳一物負載低水位不同槳葉數不同電壓下入水及出水轉一圈的平均轉速(m/s)

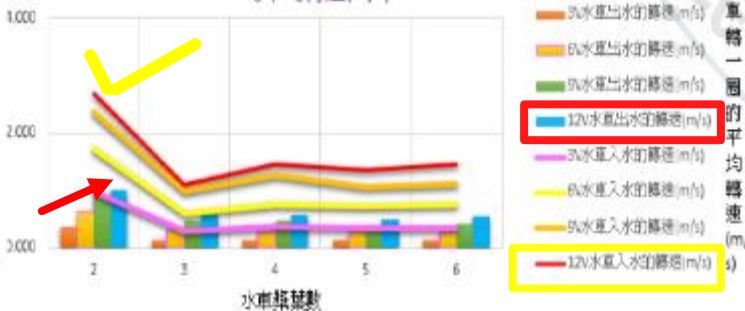
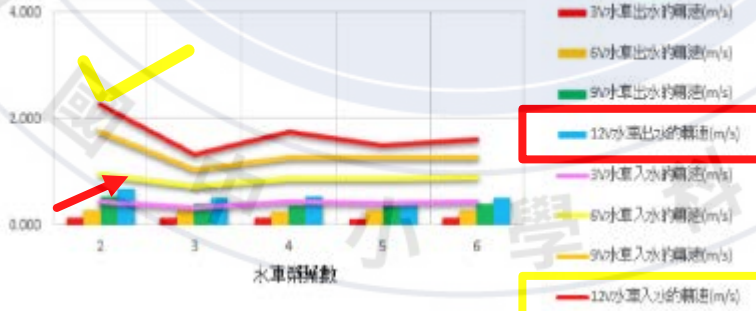


圖20-2一槳一物負載中水位不同槳葉數不同電壓下入水及出水轉一圈的平均轉速(m/s)



實驗結果與討論-不同藍染巾長度的藍染動力研究

純水車二~四槳葉的負載藍染巾二~四條在6V和12V電壓大小的轉速比較

六槳葉水車加順逆動力轉軸機構藍染長巾動力電壓愈大，出入水的時間愈小、轉速愈大，出水氧化時間都比入水時間長，出入水轉速呈現平穩接近的狀態。

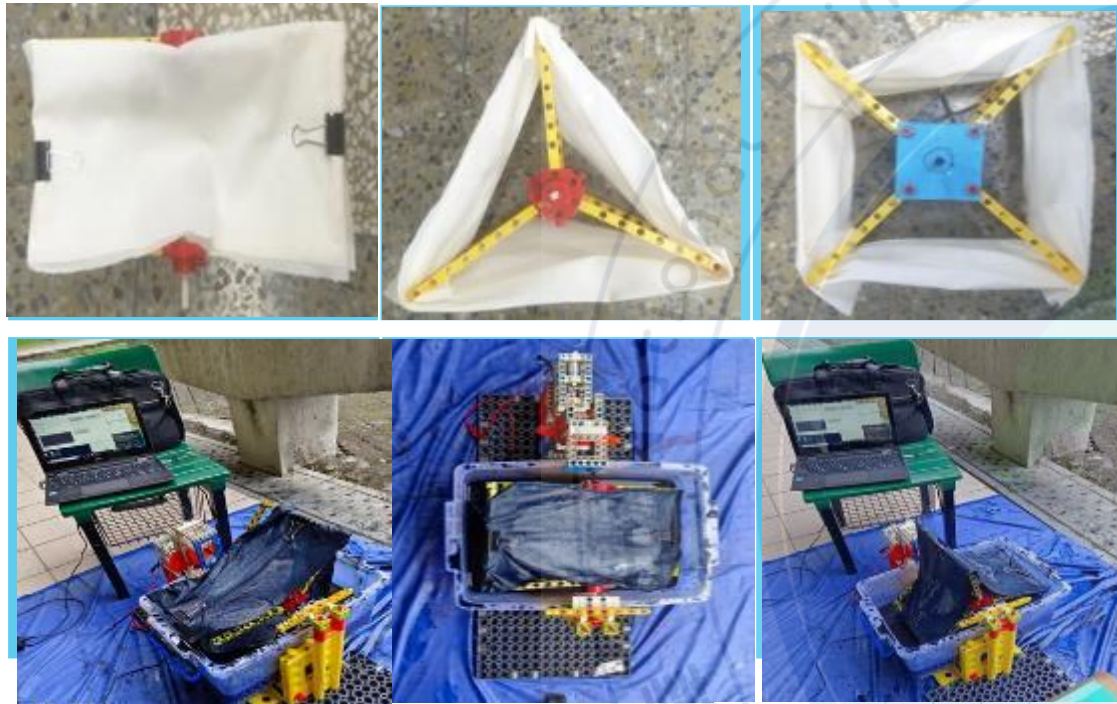


圖21-純水車轉動一槳一物負載低、中水位不同槳葉數不同電壓下轉一圈的平均時間(s)

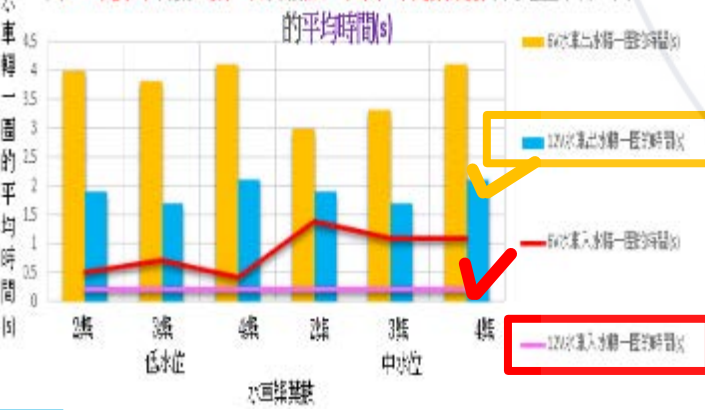


圖22-純水車轉動一槳一物負載低、中水位不同槳葉數不同電壓下轉一圈的平均轉速(m/s)



$t_{出水} > t_{入水}$
 $\therefore t_{氧化} > t_{還原}$
 靛白氧化完全成靛藍，固著在色布上成不溶物



圖23-六槳葉水車加順逆動力轉軸機構藍染長巾負載物低水位不同電壓下轉一圈的平均時間(s)及轉速(m/s)

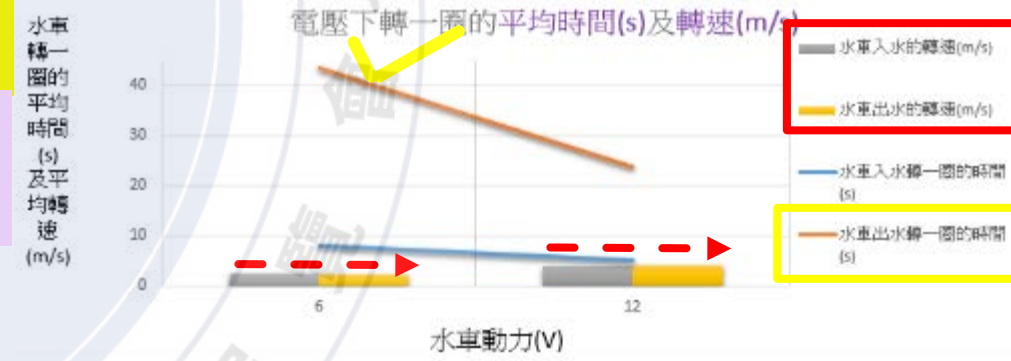
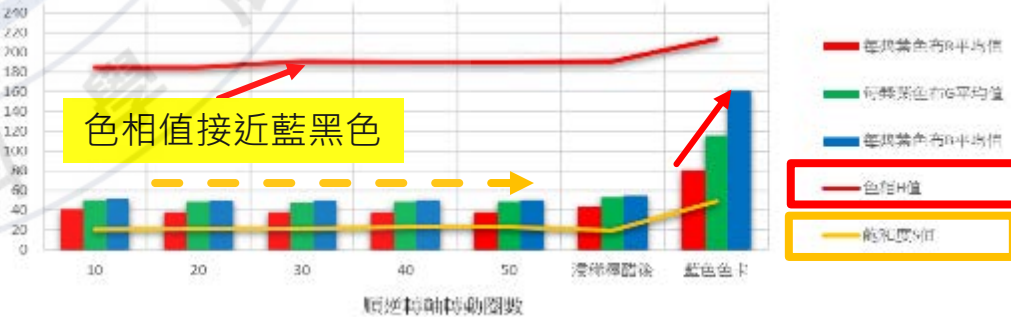


圖24-低水位六槳水車12V電壓長巾負載物轉動不同圈數藍染後色布RGB值及HS值的比較



實驗結果與討論-有無增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色之比較



圖30 低水位四槳葉水車6V動力藍染巾負載物轉動每轉動五圈後色布RGB值及HS值

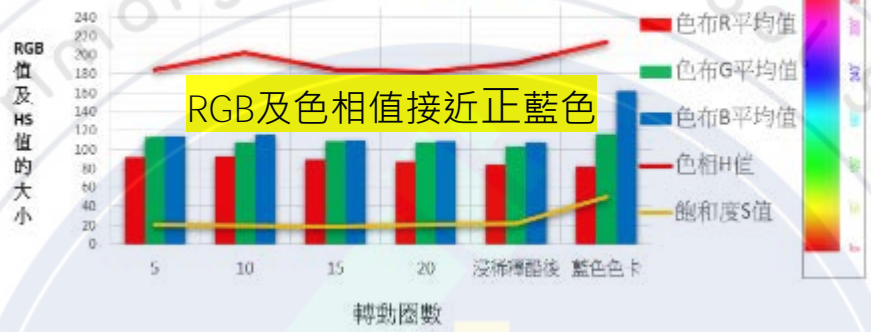


圖31 低水位四槳葉水車12V動力藍染巾負載物轉動每轉動五圈後色布RGB值及HS值

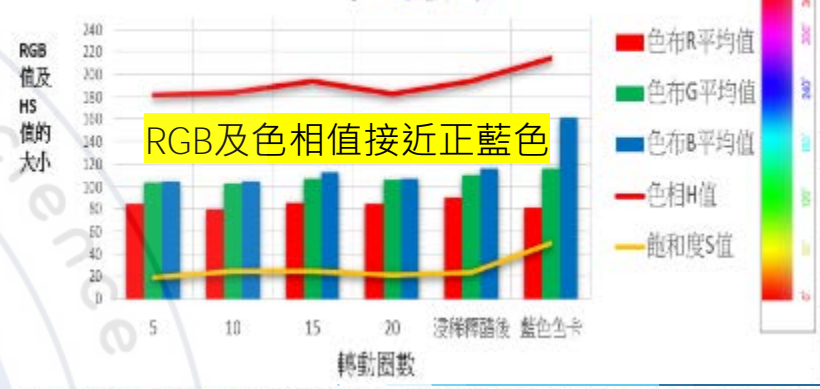


圖32 不同風速下低水位四槳葉水車負載一槳一物在12V下轉動十圈藍染色布的RGB值及HS值的鑑色比較



圖33 無風、冷熱風不同溫度下低水位四槳葉水車負載一槳一物在12V下轉動十圈藍染色布的RGB值及HS值的鑑色比較

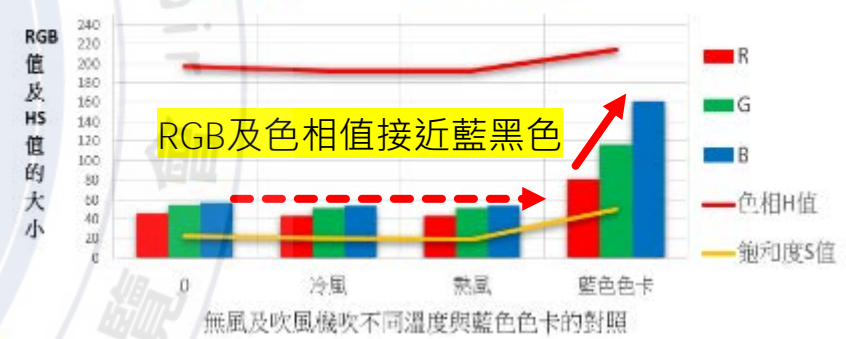
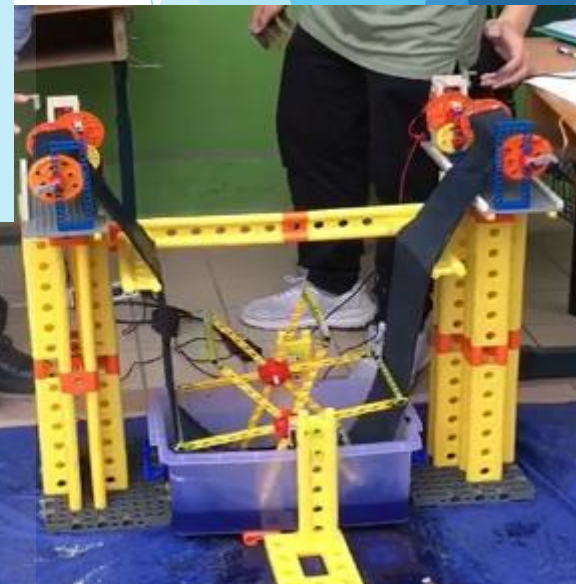


圖34 無風、冷熱風不同溫度下低水位四槳葉水車負載一槳一物在12V下轉動十圈藍染色布的RGB值及HS值的鑑色比較二



我們染布的外觀明明呈現深藍色的，為何飽和度 S 卻比藍色卡的低？從黑色和藍色校正卡數值來看，我們偵測的 RGB 應是介於黑色和藍色校正卡數值之間，結果與我們所推論的一樣，黑色色卡的飽和度與我們藍色染布接近，也就是說，使用 GY33 感測器鑑別色布時，可調整亮度的增減，以更準確鑑別染出不同深淺的藍染布。

1. 傳統或半傳統建藍工法，係對著染缸邊攪拌邊打入空氣的建藍工序，應是產生藍泥沉澱物的主因。
2. 提高靛藍在水中溶解度的方法，可以藉助以下方式：
 - (1) 加還原劑，靛藍還原產生可溶性靛白，溶解度提高，否則呈氧化微粒的靛藍是無法上色。
 - (2) 提高pH值至14會比pH13對藍靛的溶解度較大，染出的色布也較深，加弱酸性的保險粉稀釋高濃度的藍靛液，畫出的檢量線相關係數大都在0.9以上。
 - (3) 提高靛藍溶解度、溫度或提高氧化效率，染出的色布樣發現，色布呈現的藍色更明顯。
3. 成功設計光敏電阻吸光儀使各色光照射比色管溶液，讓光敏電阻感光後，測量串接的電阻分電壓大小，可製作檢量線定量染液濃度；染布鑑色儀則是以GY-33顏色感測器校正後，測出同區塊面積色布RGB值，再以線上顏色代碼轉換工具，轉換成HSB值來分析染布顏色。
4. 成功的自製二~六槳葉水車的動力積木機械裝置，加入順逆轉軸的動力輪替，不僅可比較出不同水位、負載物的氧化還原轉速，可因應藍染技法中有很多綁染，短巾，染出滿意的藍巾，不算前處理準備及後續裝置清洗，酸中和等，只需3~5分鐘時間即可完成；若要染長藍巾(約4公尺長)，本實驗結果展示只用5cm深(長43.5cm*寬28cm)的小置物箱，相當於藍染液總溶液量為6090 mL與業界使用很深的大染缸差異很大，而且染的時間也可以在5分鐘之內完成，並且無傳統中間多次清洗的藍水對環境的污染。
5. 利用非接觸式的光遮斷感測器精準量測水車運轉時間，本實驗驗證透過增加風速、增加溫度皆可以加速氧化之定色等，讓精準快速的藍染文化成為可能。



參考文獻資料

1. 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
2. 建藍工序<https://goo.gl/XMY4zZ>
3. 馬毓秀(2008)。四季繽紛草木染。台北：遠流
4. 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
5. RGB到HSV顏色轉換<https://www.rapidtables.org/zh-TW/convert/color/rgb-to-hsv.html>
6. 惡魔急凍管-馬克士威妖
<https://www.youtube.com/watch?v=syu6SM7X8yU>
7. 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) 郭珈好等(2021)色變~移印幻影-著墨於儀 中華民國第61屆中小學科學展覽會，臺中市
8. 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
9. 自然第四冊第8-2-2 氧化還原反應的應用 康軒文教事業
10. 國中自然課本第四冊力的單元 康軒文教事業
11. 國中第五冊功與能、能量轉換、第四章 基本電路 康軒文教事業
12. 國中第六冊電磁感應 康軒文教事業