

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

探究精神獎

080207

數位彩色參數測量溶液性質

學校名稱：高雄市苓雅區四維國民小學

作者： 小四 許昺禎	指導老師： 洪陽誠 許峰銘
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：色彩參數 RGB、colormeter、光吸收

摘要

本研究探討溶液顏色與色彩參數 RGB 值關係，在測量裝置開發上：光源上採用平板螢幕發光，讓試管色彩數值均勻，也可調整入射光強度與種類。在容器上，以方試管改善圓試管的不均勻吸收。以五層(長)試管，驗證多層數、高濃度，對應 RGB 值會規律下降。所設計的裝置與手機 colormeter app 方法，可即時、簡單地測量方框內色彩參數平均值。以上設計已成功提供有色化學反應研究。但需遵循以下配套：

溶液顏色	紅(洋紅)	黃	藍(青)(綠)
使用光源	綠光	藍光	紅光
測量標的	G, B 值	B 值	R 值

以此新設計，研究 6 種指示劑酸鹼變色，將指示劑分類，並找出分子結構與 RGB 值關係。也成功應用在化學反應速率測量上。這發展出的方法裝置，能應用在生活上，藉由將色彩變化定量，來解決許多問題。

壹、前言：

一. 研究動機：

在三年級時自然課本提到蝶豆花水溶液在酸鹼中會有顏色變化¹，可以當酸鹼辨識使用，但當我實際做出蝶豆花水溶液並加入酸鹼後，鹼性中的顏色不穩定，在幾個小時內由墨綠變成黃色(如下圖 01 的右邊三瓶)。讓人想到顏色有紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫，每種顏色還有濃淡的分別，文字的敘述應該很難呈現顏色的多樣變化。在老師的建議下，我開始嘗試以數位顏色參數(RGB)，以定量模式進行顏色的量化。研究先從不變色的溶液開始，再進行到酸鹼辨識的變色測量。光穿過有色溶液會被吸收，吸收後如果只剩藍光，到眼睛中就會看見藍色，而濃度越濃、厚度越厚的溶液吸收光越多。把眼睛換成手機相機，轉換成色彩參數數字能辨識出顏色種類，深淺，進而將顏色定量化嗎？溶液顏色處在不同環境下(背景光不同)顏色會如何改變？色彩參數能應用到實際的化學反應測量嗎？於是我就開始進行以下的研究。

2月7日 16:35



2月7日 20:05



越強 ← 酸性 中性(水) 鹼性 → 越強

圖 01: 蝶豆花水溶液在酸鹼中的顏色變化，不同光源顏色會有變化(左側瓶是酸性實驗)，幾小時後鹼性瓶中顏色由墨綠變成黃色(右側瓶是鹼性實驗)

二、研究目的

本研究主要在以化學分析探討溶液顏色的種類與深淺變化，能不能藉由手機拍照與軟體測量(Photoimpact 與 colormeter app)測出 RGB 色彩參數，以測量結果來定量描述色彩的變化，除了可以避免文字敘述的模糊性，還可以進行有色化學反應測量，發掘其背後化學原理。因此設計實驗與裝置，發展出以下的研究問題與架構：

(一) 以氯化亞鈷(紫紅)、鉻酸鉀(黃)、硫酸亞鎳(綠)與硫酸銅(藍)為研究目標，設計實驗裝置，研究以下變因與色彩參數關係的實驗，以找出色彩參數有規則變化的實驗裝置。

1. 不同溶液裝載容器(圓試管與方試管)。
2. 光源種類(背板 LED 燈與 Surface 平板螢幕光源)與測量點垂直或水平方向。
3. 色彩參數測量方法(單點 Photoimpact 滴管法與方框範圍 colormeter app 法)
4. 方試管容器層數(溶液厚度)。
5. 光強度變化(平板光源亮度設定，G255, G200~G50)。
6. 溶液濃度。

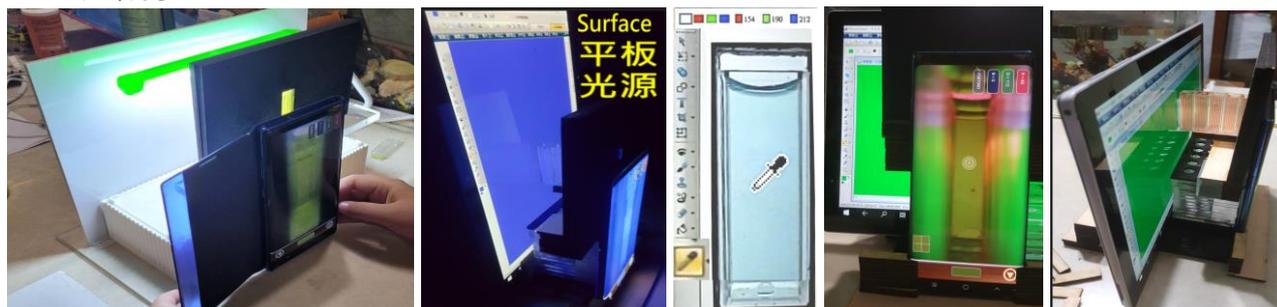


圖 02: 實驗裝置與測量方法: 上方投射的白 Led 燈與反光白板光源(左一); 平板螢幕光源(左二); 滴管法(左三) colormeter app 法(左四)測參數; 層數增加與色彩參數變化關係實驗(右一)

(二)實際運用以上實驗發展出的色彩參數 app 法，測量可在酸鹼變色水溶液的色彩參數值。

1. 在蝶豆花、甲基橙、甲基紅、酚紅、溴瑞香草藍、酚酞溶液中添加不同酸鹼溶液(質量比:指示劑母液:水:酸鹼溶液為 1:8:1)，測量其酸鹼值與色彩參數，探討 RGB 值在指示劑的變色反應中，會有哪些變化形態。
2. 由於蝶豆花水溶液加入鹼後，顏色會隨時間變化，由墨綠變成黃色，探討這種現象 RGB 值與放置時間長短之間的關係，探討色彩參數的變化是否可作為化學變色反應速率的測量。並將色彩參數 app 法實際運用到葉子老化變色與蝶豆花溶液漂白效果實驗上，驗證效用。

三. 文獻回顧:

(一)蝶豆原產於亞洲熱帶地區，俗稱蝶豆花又稱蝶豆，是典型的熱帶植物，於 1920 年引進台灣作為綠肥植物。從蝶豆花提取的化合物包括各種三萜類、黃酮醇苷、花青素和類固醇，花呈現鮮豔的藍紫色，內含有 10 多種花青素，而花青素是水溶性色素，當蝶豆的花浸入水中，花青素就能溶出²。以其作為酸鹼變色的對象，看能不能用色彩參數來定量。

(二)酸鹼指示劑是分析化學中的試劑，它用於酸鹼滴定操作中，用來指示滴定反應的終點。滴定反應需要靈敏的指示劑來指示反應的完成。指示劑在反應完成時，會迅速變成另一種顏色。但是其中會有誤差，起因於眼睛分辨指示劑中間色的能力限制。常見的酸鹼指示劑(如圖 03)主要可分為以下三類¹²:(括號為酸-鹼性的顏色)

1. 酞類指示劑:如酚酞(無-紅色)與溴瑞香草藍(黃-綠-藍)。
2. 磺酞類指示劑:如酚紅(黃-紅)。
3. 偶氮類指示劑:如甲基紅(紅-黃)與甲基橙(紅-黃)。



圖 03:指示劑的分類與分子結構

指示劑變色的程度，與指示劑濃度以及觀測者的視覺敏銳度有關，本研究目標在於想排除個人視覺敏銳度因素，以色彩參數作為顏色的定量依據。

(三)數位色彩分析：電腦軟體對顏色的紀錄方式，最常見的就是 RGB 全彩系統。任何顏色被分成 R (紅)、G (綠)、B (藍) 三種基本色，依據副檔名為 BMP 的圖檔格式，以每像素占 24 位元的格式(每一個像素儲存 RGB 色碼)來說，每個顏色都有 0~255 的層次，RGB 三色可以組合支援 $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ 種色彩，這些色彩變化已經超越視覺的辨識範圍³，若能應用在溶液顏色偵測上，所測出來的 RGB 數值會比肉眼比色法更準。HSB 色彩系統則較類似於人類感覺顏色的方式⁴：H 稱為色相，紅色 0°，綠色為 120°，藍色為 270°，可視為顏色的種類。S 稱為飽和度，是指該顏色混入白色的比例。顏色越稀，S 愈接近 0。B(或 V)值是指亮度。RGB 數值可以用繪圖軟體計算出 HSB 數值。

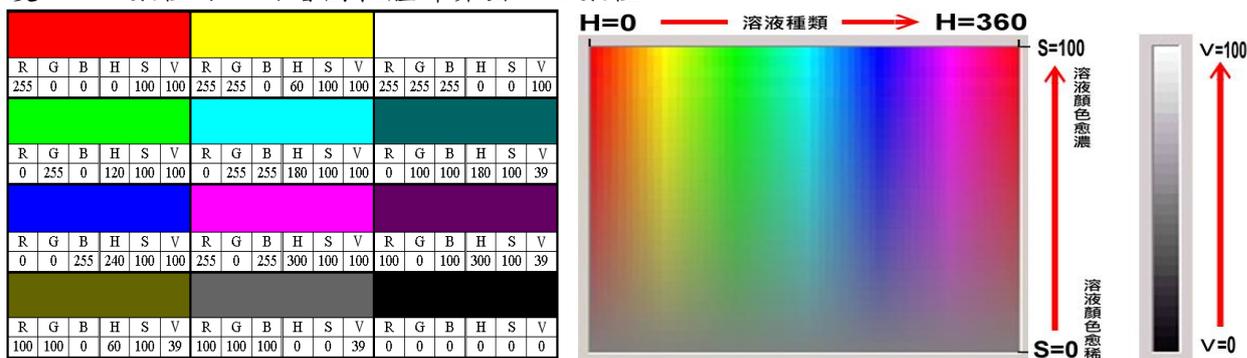


圖 04:全彩 RGB ; HSB(V)參數變化示意圖⁵

(四)物質顏色與光的關係⁶:白光可被分解成紅、橙、黃、綠、藍、紫等色光。當白光透過溶液，溶液對各種波長的光都不吸收，全被眼睛看到，溶液就沒有顏色。溶液吸收部分波長的光，則溶液就呈現透過溶液後剩餘部分光的顏色。例如:硫酸銅溶液在白光下呈藍色，是因為白光透過溶液時，紅色光被吸收，而藍光透過溶液被眼睛看到。有色溶液的顏色是被吸收光顏色的補色。吸收越多補色的顏色越深。比較溶液顏色的深度，實質上就是比較溶液對它所吸收光的吸收程度。其中溶液**濃度**越高，溶液**厚度**越厚，吸收光就越多。每種有色溶液有它**自己吸收光的特徵**，才會呈現不同顏色。這被稱為比爾定律⁷。

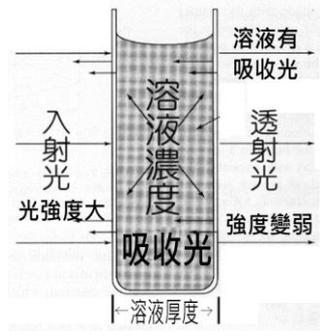


圖 05:溶液吸收光示意圖

(五)歷屆全國科展相關文獻:

1. 第 54 屆中小學科展:花開花飛花滿天一以手機應用軟體色差計探討植物色素對酸鹼與重金屬之色差值可行性⁸。以手機應用軟體「色差計與 ColorMath」測 Lab 值，並計算色差值。用手機測得的四色六階 Lab 結果，輸入 Excel 軟體繪出折線圖，再計算其相關係數均為 0.99 以上的高度相關，確認以手機應用軟體功能作為色差計是為可行。
2. 第 54 屆中小學科展: 開發葉綠素檢驗微量重金屬的方法-藉由銅與天然葉綠素結合，檢測葉綠素放出螢光強度的變化來檢驗金屬離子濃度⁹。以相機和自製光源檢測螢光，拍攝照片，以電腦軟體測 RGB 的 R 值，來測量紅色螢光的強度。
3. 第 61 屆中小學科展:色變~移印幻影-著墨於儀¹⁰-藉由手機 app「color picker」辨色軟體程式，以手機拍照片辨色記錄 RGB。

以上作品均在自然光中實驗，未考慮不同溶液顏色(或物質)會吸收的色光種類不同，如果光不被吸收，測出的色彩參數會不會變?額外的色光會不會造成光測量的干擾?

貳、研究設備與器材:

- (一)儀器設備：電子天秤、酸鹼度計、顯微攝影機、SURFACE 平板電腦、samsung Note10、 Note5 手機，筆記型電腦，影像軟體 Photoimpact，手機下載 app(colormeter)、定量滴管、LED 燈。
- (二)藥品：硫酸銅(藍)、氯化亞鈷(紫)、硫酸亞鎳(綠)、鉻酸鉀(黃)、蝶豆花、甲基橙、甲基紅、酚紅、溴瑞香草藍、酚酞溶液。(所有溶液實驗後委託高中實驗室管理員依法規回收)
- (三)器材：燒杯、量筒、圓試管、方型試管(5CM 與 1CM 長)、玻棒、滴管、滴瓶、玻璃瓶、刮勺。
- (四)設計溶液影像拍攝(或直接測量)色彩參數裝置(黑暗中)(如圖 06)

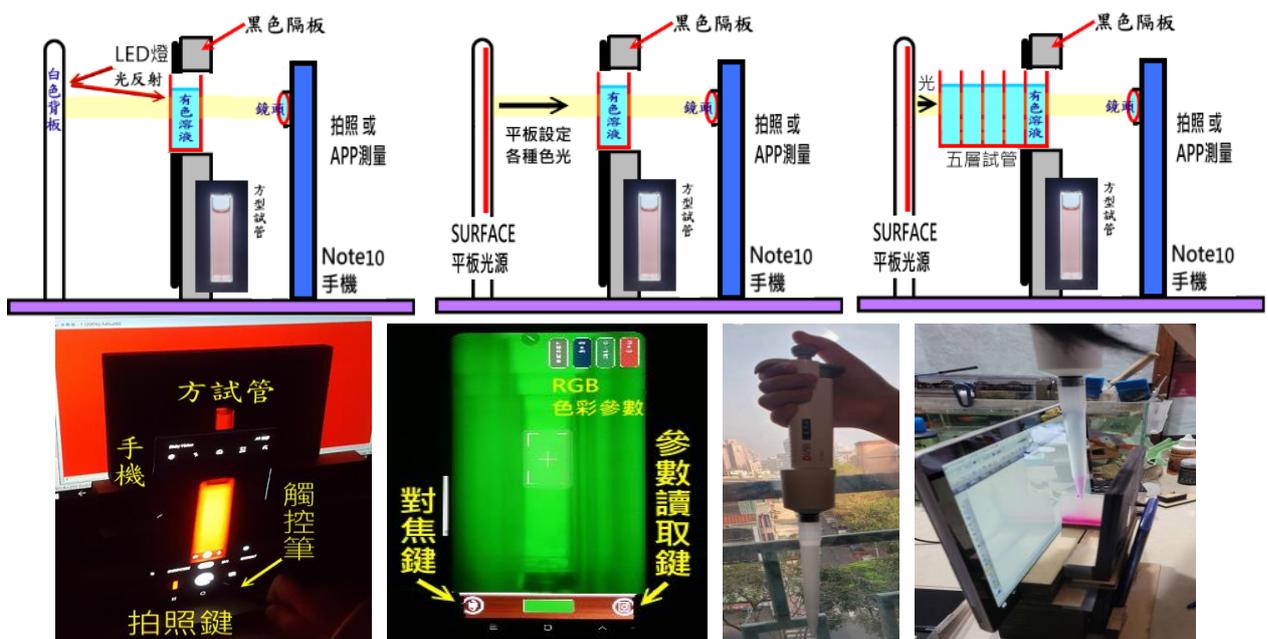
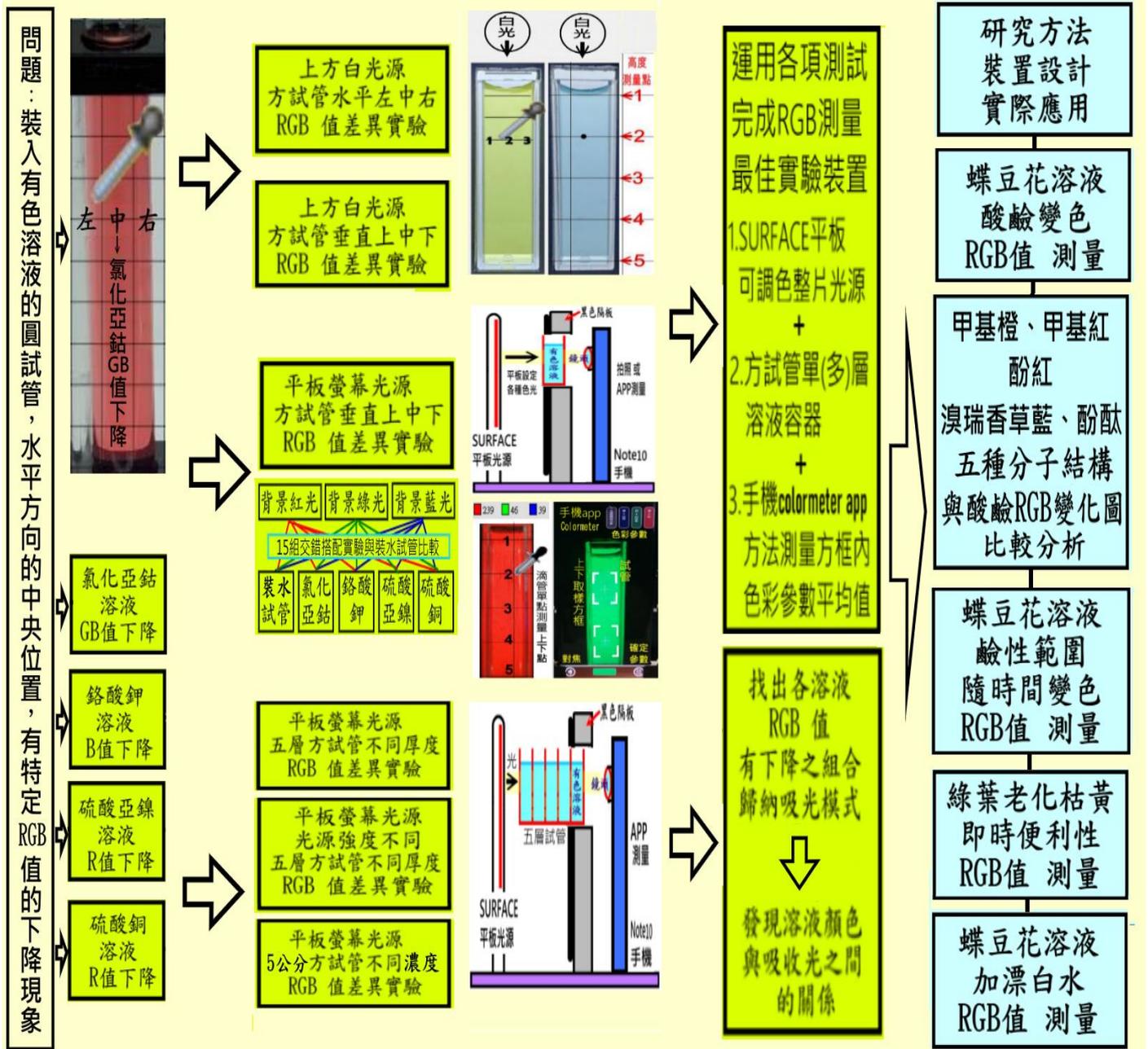


圖 06:測量色彩參數裝置，白光 LED 反射光源裝置(左上)，SURFACE 電腦平板螢幕可調 RGB 光源裝置(中上)，螢幕光源五層試管實驗裝置(右上)，Note10 手機拍照模式(左下一)，手機 colormeter app 模式(左下二)，定量滴管(左下三)，5cm 長方形試管與測量裝置(左下四)

參、研究過程與方法：

一、研究架構：由圓試管色彩不均勻發想，設計裝置驗證，將設計的裝置實際應用到化學研究。



二、研究方法與裝置演進過程：本研究主要想發現光源色彩種類、有色溶液與電腦數位偵測色彩參數方法之間的關係(如圖 07)，能不能創造一種將色彩定量的方法與裝置。所以從這三個角度去進行設備裝置的改良，希望能夠做到偵測溶液濃度與厚度高準確性的目標。以下是裝置與測量技術改良實驗過程：

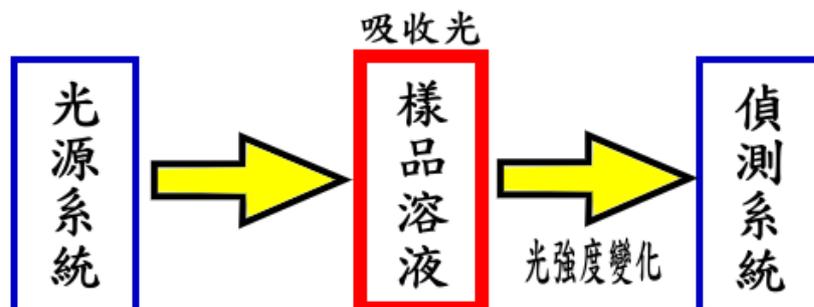
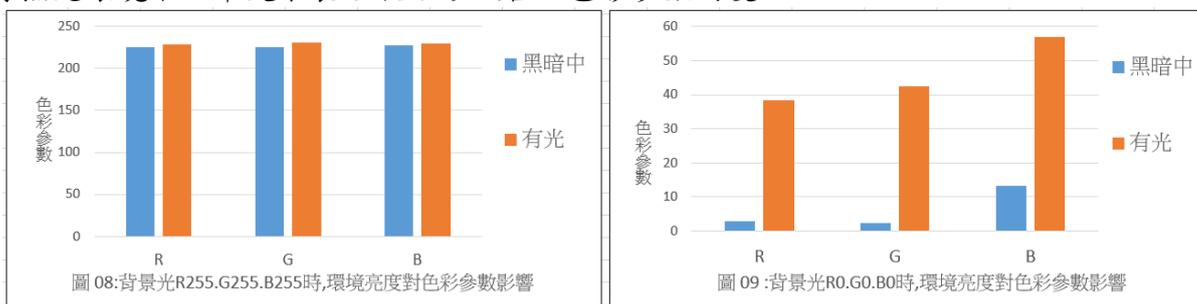


圖 07: 本研究裝置設計研究目標

(一)光源:

設計改良過程		優缺點
第一代	自然光	容易受每天日照角度與周圍物體干擾 實驗測試無光環境下的空試管，色彩參數會變小(如圖 08, 09)，色彩參數的測量應該在黑暗中
第二代	試管上方 Led 檯燈 與白色反射板	LED 檯燈由上而下照射試管，同試管內色彩參數由上而下減少(不均勻)，LED 檯燈同時發出三色光，無法確認溶液吸收光的種類
第三代	Surface 平板 螢幕發光	Photoimpact 軟體可在 surface 平板中，設定螢幕為全白光或改變 RGB 三色光種類與強度，來確認溶液吸收光的種類。以螢幕綠光與氯化亞鈷溶液的關係，改變螢幕綠光強度，探討色彩參數變化

1. 有無光環境下，單支未裝溶液方形試管，色彩參數的變化:



平板光源越亮，周圍光源對實驗測量影響越小，測量應該在黑暗中, 才能避免干擾。

2. Photoimpact 軟體可在電腦中設定螢幕為全白光或改變 RGB 三色光種類與強度 (如圖 10)，是藉由改變 RGB 三種單顆亮點的亮度(0-255 級)，呈現 256X256X256 種顏色變化。

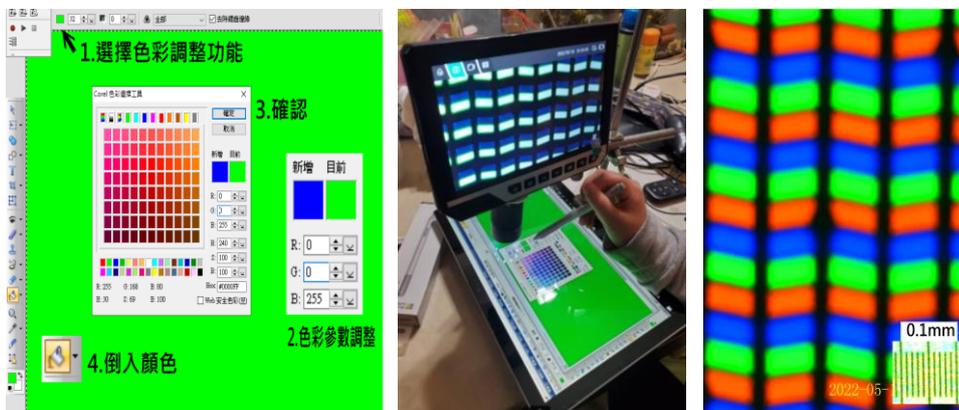


圖 10: surface 平板中設定螢幕三色光種類與強度(左)與顯微鏡拍攝螢幕亮點(中)，設定 RGB 均為 255(surface 白光螢幕)之顯微影像(右)

3. surface 平板中設定螢幕 RGB 值後，以顯微鏡放大螢幕發光點，拍攝影像(如圖 11)。控制螢幕中肉眼看不見的亮點，改變燈亮度與光色，來作為測量光源使用。

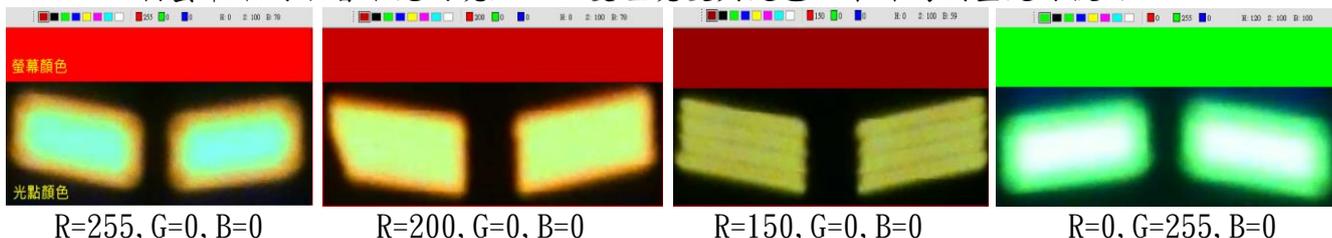


圖 11: 螢幕亮點設定 RGB 參數值後，顯微鏡放大影像，呈現光源亮度、種類與色彩參數值關係

(二) 樣品溶液裝置容器:

設計改良過程		優缺點
第一代	圓形試管	光通過的溶液厚度中間厚, 兩側薄, 通過厚溶液吸收光多, 測到的 RGB 參數下降, 導致試管同高度 RGB 參數不均勻
第二代	方形試管 (容量 3.7 毫升)	光通過的溶液厚度相同, 上下左右 RGB 參數均勻 有溶液的試管內會吸收特定種類光, 而導致特定種類色彩參數比對照組(裝水)下降
第三代	五層方形試管 5cm 長的方形試管	如果色光有被溶液吸收, 光通過的溶液厚度越厚, 溶液吸收光量增加, 剩餘光量變少, 導致色彩參數會隨層數下降



圖 12: 單層方形試管(硫酸銅溶液)(左一), 單層方形試管 app 內影像(左二), 五層方形試管(左三), 五層方試管 app 內影像, 可以看見多層試管壁(左四), 三種長形方試管(右三), 五公分方試管(右二), 五公分方試管 app 內影像, 無多層試管壁(右一)

(三) 數位偵測色彩參數方法:

設計改良過程		優缺點
第一代	目測	無法定量, 容易受周圍環境(其他光)影響
第二代	Photoimpact 軟體 滴管法	拍照後轉出圖形檔, 再以 Photoimpact 軟體滴管功能, 測量指向單點像素的色彩參數變化 單點參數變化較大, 測量過程較複雜
第三代	手機 app(colormeter) 即時測量色彩參數法	可直接測量整個方框範圍的平均色彩參數, 實驗數據較穩定, 測量過程較簡單

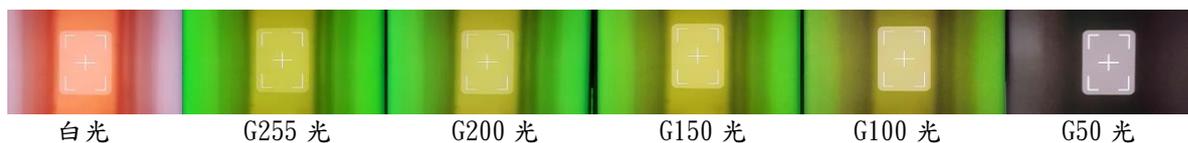


圖 13: 目測在不同綠光強度背景下的 5 層氯化亞鈷溶液, 以視覺描述或定量困難



圖 14: 兩種數位偵測色彩參數方法操作步驟: Photoimpact 軟體滴管法 (左), 手機 app(colormeter) 即時測量色彩參數法(右)

二、蝶豆花與指示劑加入酸鹼後，測量色彩參數

(一)取 100 克的蝶豆花，加入 500 公克的水中，置於 60°C 恆溫槽內 30 分鐘，取出過濾，以此液當作原液。(如圖 14)



圖 15: 蝶豆花原液配製過程

(二)將塑膠杯放在天秤上，以水:酸鹼液:指示劑(或蝶豆花)原液=8 克:1 克:1 克配成不同酸鹼度溶液，再以酸鹼度計測量各瓶的酸鹼度值。酸鹼液包括有:鹽酸(濃度有 1M、0.1M、0.01M、0.001M)、1 克檸檬酸、水、1 克小蘇打、氫氧化鈉(濃度有 2.5M、0.5M、0.1M、0.001M)共 11 種。再將配好的溶液放入方形試管，以實驗裝置進行拍照與測量(如圖 15)。



圖 16: 配置指示劑與蝶豆花酸鹼混合液:滴瓶加酸鹼溶液(左一)，加小蘇打粉末(左二)，加蝶豆花原液(左三)，移至玻璃瓶測酸鹼度(右二, 右三)，以手機 app 即時測量色彩參數(右一)

(三)將配好的溶液倒入方形試管，在設計的裝置內進行測量色彩參數的實驗步驟(如圖 16)

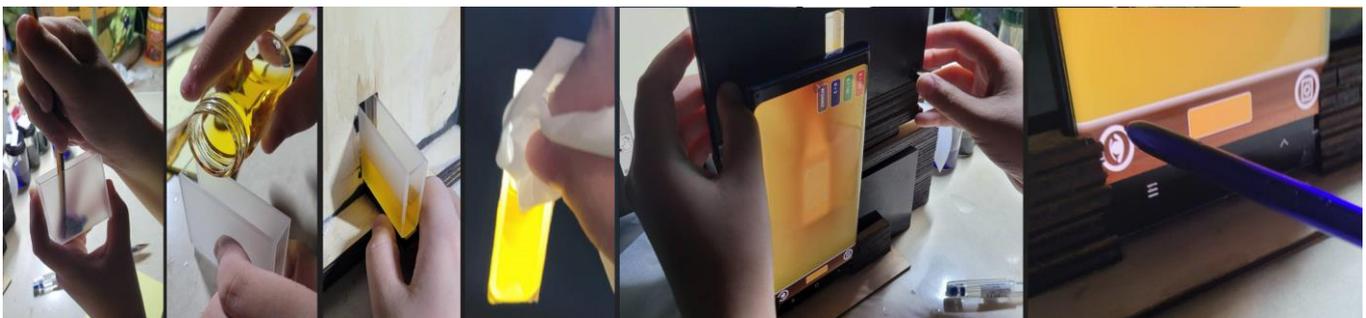


圖 17: 以拭鏡紙擦拭方試管內外(左一)，倒入待測溶液(左二)，方試管裝入裝置試管孔(左三)，擦拭方試管光通道鏡面(右三)，將手機 app(colormeter)測量框對準試管(右二)，點擊 app 畫面左下對焦，點擊中間方框測量數值(右一)

肆、研究結果與討論

一. 使用下列四種有色溶液(紫紅色的 3%氯化亞鈷溶液、黃色的 0.1%鉻酸鉀溶液、綠色的 3%硫酸亞鎳溶液、藍色的 3%硫酸銅溶液)，放入圓試管中，以相機拍照後，在 Photoimpact 繪圖軟體開啟影像，選擇試管的左、中、右點(三支試管，編為 1-9 點)，以軟體中的滴管功能，進行 RGBHSB 的數值測量。圓試管拍攝出來的溶液顏色上下左右是均勻的嗎?

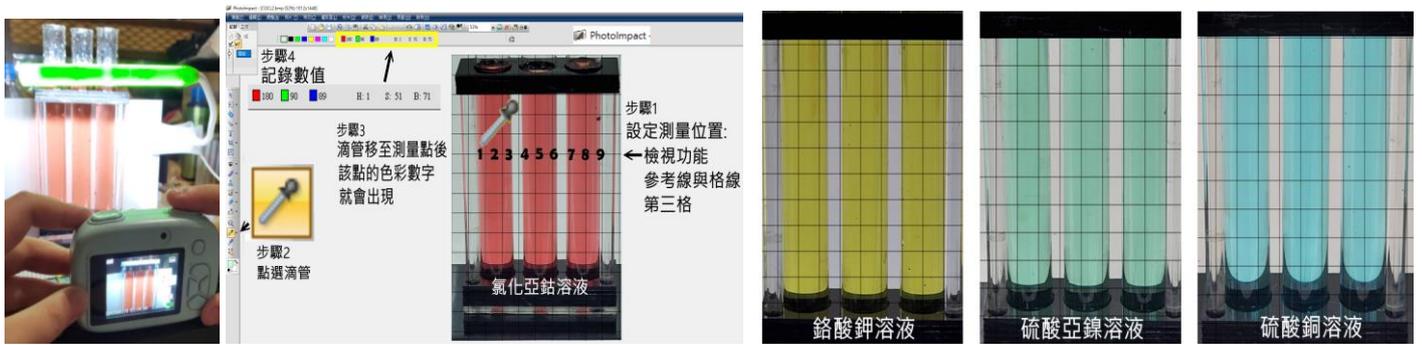


圖 18: 以相機拍照的圓試管色彩參數測量裝置(左)與測量方法流程圖(中), 各種待測溶液(右)

(一)實驗數據作圖: 以固定位置裝置(如圖 18), 將各種溶液水平 9 個點的 R(紅)、G(綠)、B(藍), 以 Photoimpact 軟體滴管功能測量出來, 以試管測量點編號為橫座標, 色彩參數數值為縱座標, 以 excel 軟體畫出並比較三支試管中間與兩側色彩參數的差異, 如圖 19-22。

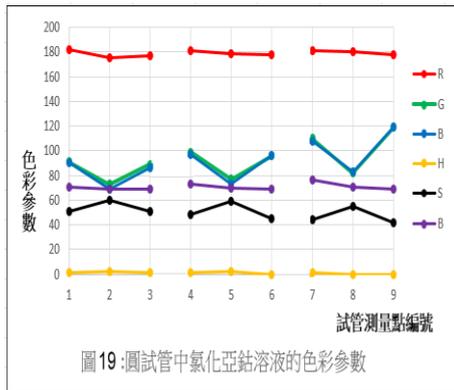


圖 19: 圓試管中氯化亞鉻溶液的色彩參數

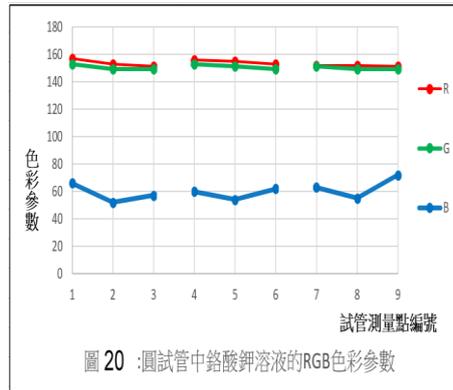


圖 20: 圓試管中鉻酸鉀溶液的RGB色彩參數

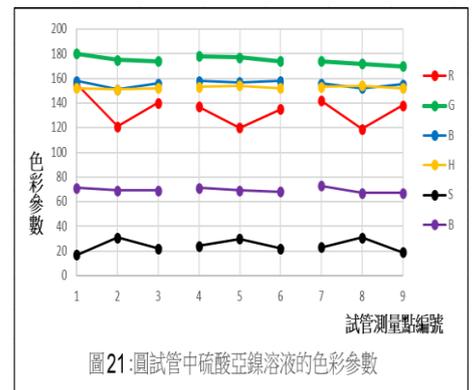


圖 21: 圓試管中硫酸亞鎳溶液的色彩參數

(二)討論: 圓試管色彩參數, 試管左、中、右測量所得數據不均勻

溶液種類	溶液試管中間位置, 色彩參數值會下降的種類(因為試管中間粗, 溶液厚, 色光被吸收多, 色彩參數 RGB 值下降)
3%氯化亞鉻	溶液吸收綠、藍光, 導致 G、B 值下降, S 值(色彩飽和度)上升
0.1%鉻酸鉀	溶液吸收藍光, 導致 B 值下降, 色彩飽和度 S 上升
3%硫酸亞鎳	溶液吸收紅光, 導致 R 值下降, 色彩飽和度 S 上升
3%硫酸銅	溶液吸收紅光, 導致 R 值下降(幅度比硫酸鎳大), S 值(色彩飽和度)上升

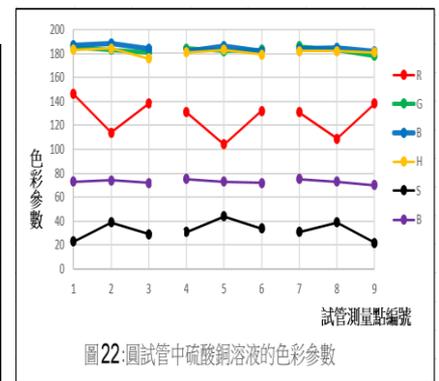


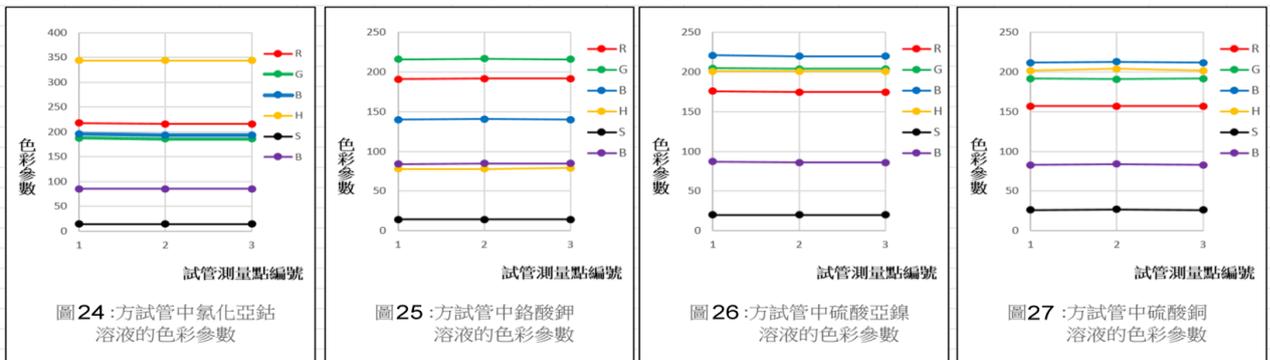
圖 22: 圓試管中硫酸銅溶液的色彩參數

二. 上個實驗結果: 圓試管中間數值的下降, 是因為光穿過較厚的區域嗎? 將四種有色溶液, 改放入方形試管中, 光源來自上方 LED 白光燈, 以相機拍照後, 在 Photoimpact 繪圖軟體中開啟影像, 選擇試管水平方向的左、中、右點(編為 1-3 點), 以軟體中的滴管功能, 進行 RGBHSB 的數值測量。探討方形試管左右側是否還有色彩參數差異。如圖 23-27。



圖 23: 以相機拍照的方形試管色彩參數測量方法流程(左)與溶液方試管內實際顏色(右)

(一)實驗數據作圖:以水平測量點編號為橫軸，色彩參數為縱軸作圖



(二)研究結果討論: 當光源為上方 LED 白光燈，以方試管測量色彩參數，試管水平方向左、中、右(溶液厚度相同)測量所得數據是均勻的，與圓試管實驗比較，證明當光通過較厚的溶液，有被吸收的光，它的色彩參數會下降，而且不同顏色溶液，參數下降的 RGB 種類不同(說明如圖 28)。溶液吸收色光的獨特性整理如下:

1. 氯化亞鉻溶液會吸收綠、藍光。中間點 GB 參數下降差超過 20。
2. 鉻酸鉀溶液吸收藍光，中間點 B 參數下降差為 10。
3. 硫酸亞鎳、硫酸銅溶液會吸收紅光。圓試管實驗中，中間點 R 參數下降差都超過 20。
4. 硫酸亞鎳與硫酸銅色彩參數的數據非常相像，都是 B(藍)>H>G>R>B(亮度)>S。相同條件下，硫酸銅吸收紅光比硫酸亞鎳多，導致紅光 R 值比硫酸亞鎳暗(小)。

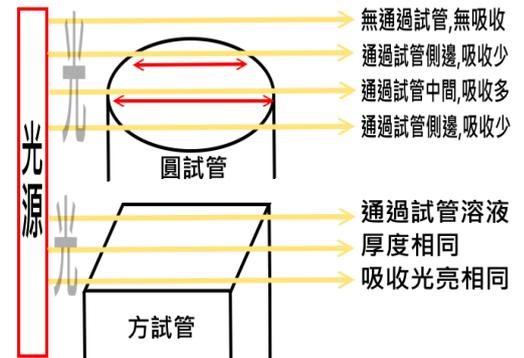


圖 28:光通過圓與方試管示意圖

三. 將四種有色溶液放入方形試管中，光源來自上方 LED 白光燈，以相機拍照後，在 Photoimpact 繪圖軟體中開啟影像，選擇試管垂直方向上下不同的取樣點(編為 1-5 點，每層間隔 0.9CM)，以軟體中的滴管功能，進行 RGB 的數值測量。探討光源來自方形試管上方，不同溶液深度(越深溶液越厚)，測出的色彩參數值是否有差異。

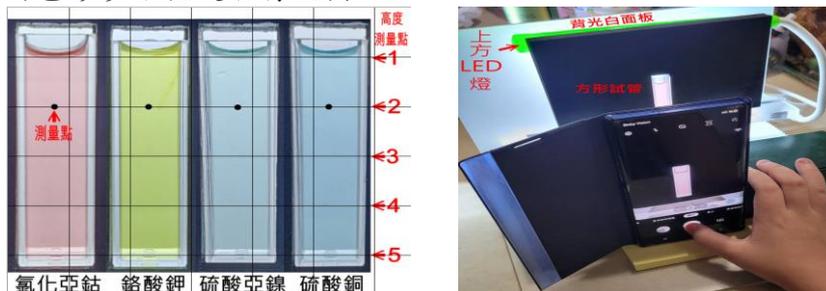
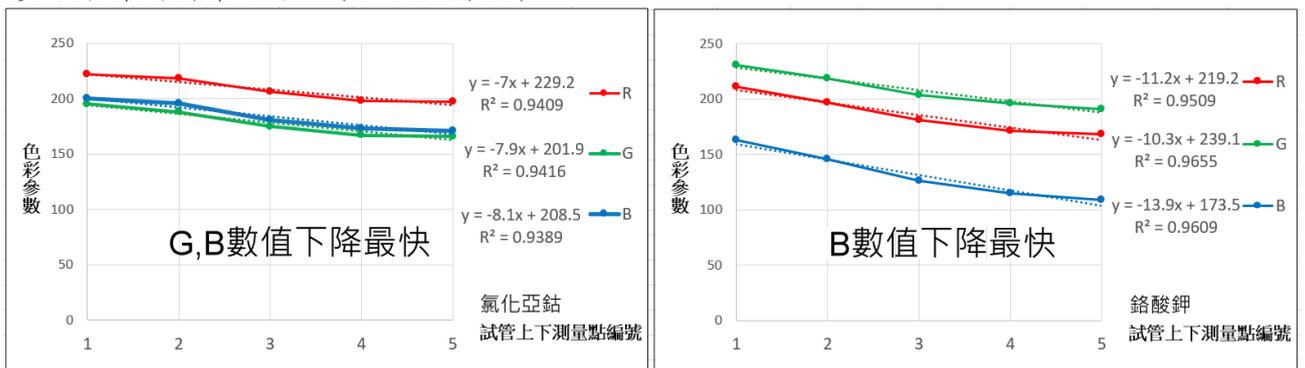


圖 29:方形試管垂直方向上下不同的色彩參數取樣點(左)(每格約 0.9cm)與測量過程影像(右)

(一)實驗數據作圖: 以垂直測量點編號為橫軸，色彩參數為縱軸作圖，計算出每下降一層，色彩參數下降的斜率大小。(說明如圖 30)



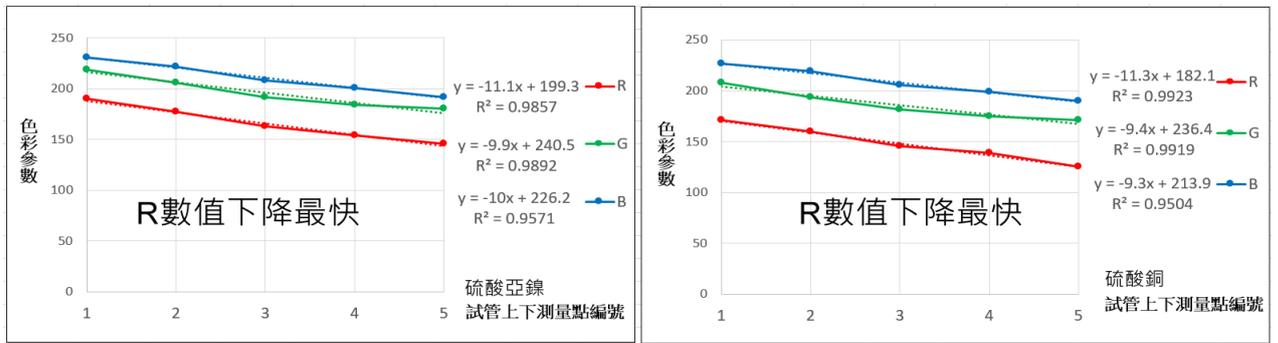


圖 30: 方形試管垂直方向色彩參數測量，試管溶液深度越深，參數都呈現下降的關係

(二)研究結果討論:由於光源來自於上方 LED 白光燈,光由試管頂到試管底有五公分的距離,實驗結果顯示:所有的光都在溶液中出現光強度隨著溶液厚度越厚而下降的傾向。表示在穿越這些溶液時,所有的光都會被吸收。其中各溶液每格(0.9CM)色彩參數下降最多的,整理如下:

1. 氯化亞鈷的綠光色彩參數下降 7.9(1/格)
2. 氯化亞鈷的藍光色彩參數下降 8.1(1/格)
3. 鉻酸鉀的藍光色彩參數下降 13.9(1/格)
4. 硫酸亞錳的紅光色彩參數下降 11.9(1/格)
5. 硫酸銅的紅光色彩參數下降 11.3(1/格) (原因說明如圖 31)

這個實驗結果與圓試管中央厚度厚,吸光多,色彩參數下降呈現溶液吸光獨特性趨勢相同。顯示溶液會吸收特殊的光,可以從色彩參數的下降中,被測量出來。但是這些都是在白光的照射下所呈現的結果。而且光源由上往下照射,會導致試管上下的色彩參數不一樣。如果把光源轉變成單色(紅綠藍)平板背光源,會不會可以使色彩參數均勻。photoimpact 滴管法-單點 RGB 值測量,測量方法比較複雜,而且點與點間的數字誤差變化也大,於是進一步設計了平板背光源以下實驗。



圖 31: 垂直方向吸收光示意圖

四. 由於光源由上往下照射,會導致試管上下的色彩參數不同,故要設計均勻的光源,於是想到使用平板,調整平板 RGB 值,改變色彩作為光源使用。將有色溶液,放入方形試管中(對照組為裝水試管,濃度 0%),光源來自背面整片的平板螢幕(如圖 32),以滴管法與 app 法分別測量,以測量點(區)編號對色彩參數作圖,進行比較:

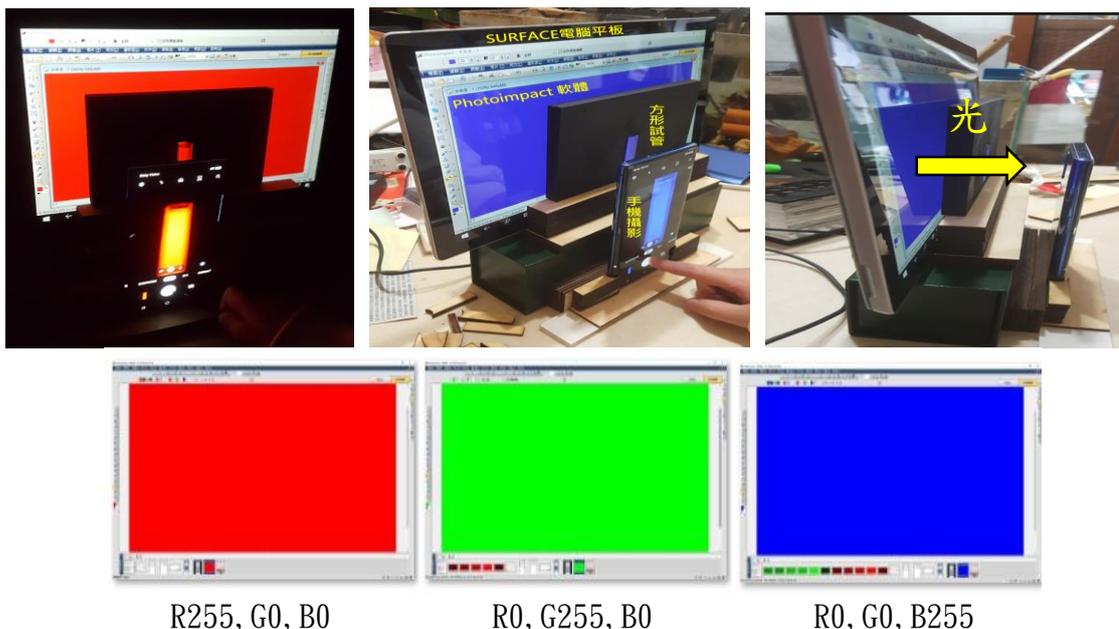


圖 32: 拍攝裝置,黑暗中測量數據(左上),手機拍攝影像(中上),裝置側面(光到手機)(右上),整片的平板螢幕光源種類設定(下)

(一)滴管法:以手機拍照後，在 Photoimpact 繪圖軟體中開啟影像，選擇試管垂直方向上下不同的取樣單點 (均位於試管中央，編為 1-5 點，如圖 33)，以軟體中的滴管功能，進行 RGB 的數值測量。以裝水試管(濃度 0%)為對照組，探討光源來自整片均勻亮度螢幕，不同溶液深度測出的色彩參數值是否有差異，並與對照組比較，分析 RGB 參數的升降變化。

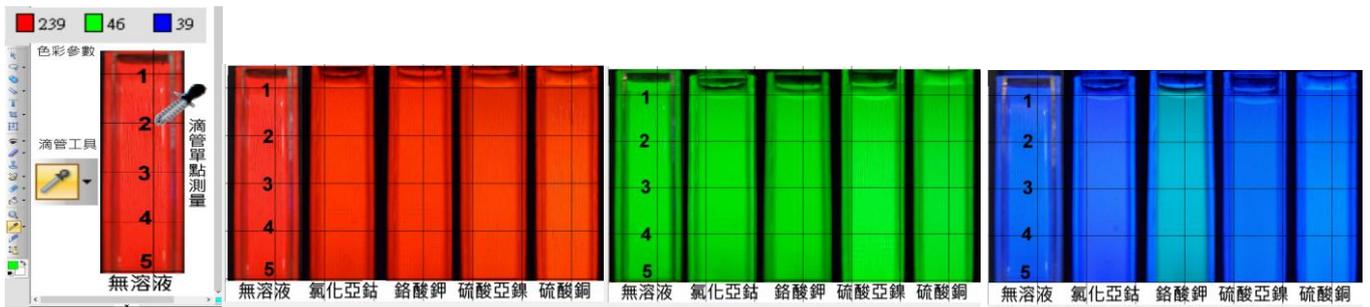


圖 33: Photoimpact 滴管法，設定垂直方向 5 點，測量單點色彩參數方法(左一)，各溶液試管在背光螢幕前呈現的顏色：R255 背光設定(左一)，G255 背光設定(右二)，B255 背光設定(右一)，B255 背景光，鉻酸鉀溶液偏黃，表示藍光被吸收很多。

(二)app 法:使用手機下載的 app 軟體「colormeter」，開啟後選擇試管垂直方向上下不同的取樣方框(編為 1-4 區，如圖 34)，進行 RGB 的數值測量。探討光源來自整片均勻亮度螢幕(背光面板)，不同溶液深度(試管垂直方向)所測出的色彩參數值是否有差異。

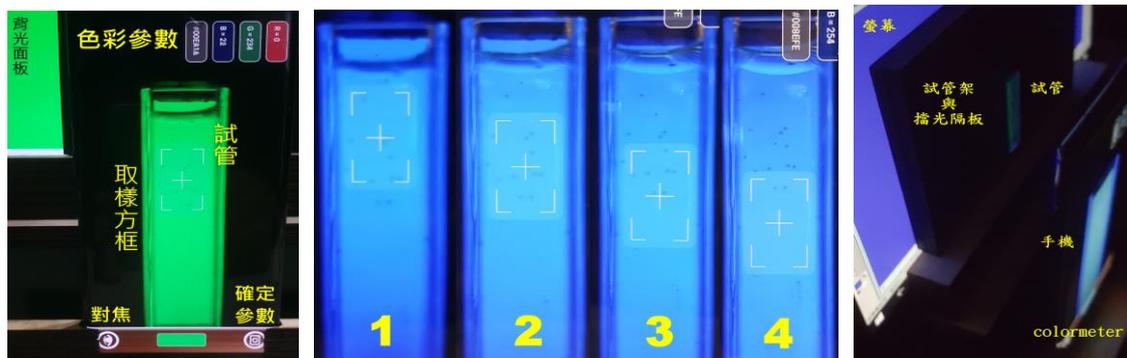
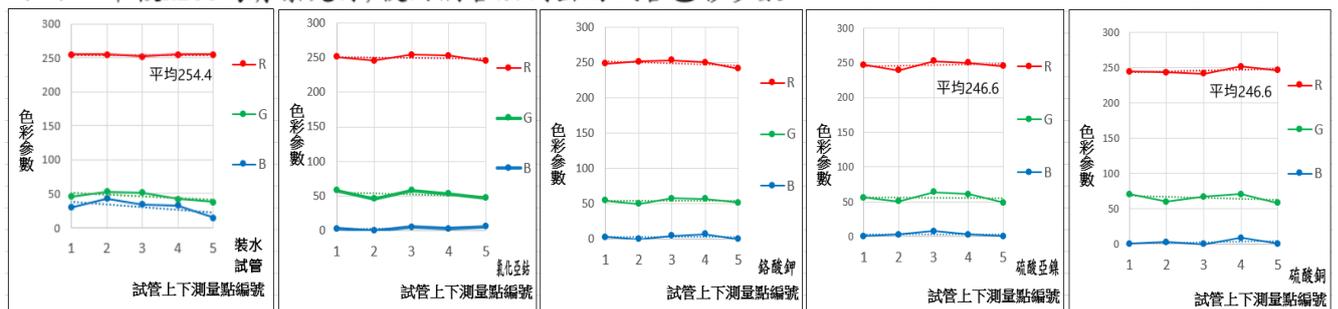
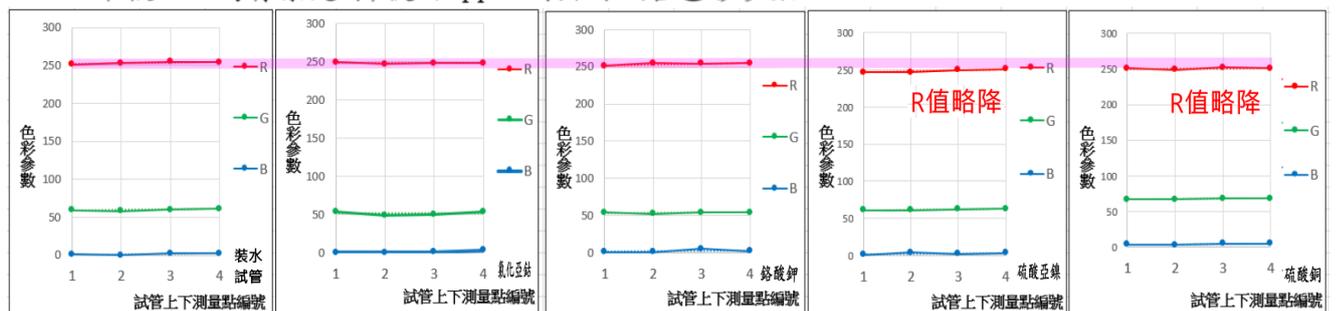


圖 34:使用手機 app 軟體「colormeter」測量整框區域平均色彩參數方法(左)，設定垂直方向四個不同高度的測量框(中)，設計裝置於黑暗中測量數據(右)

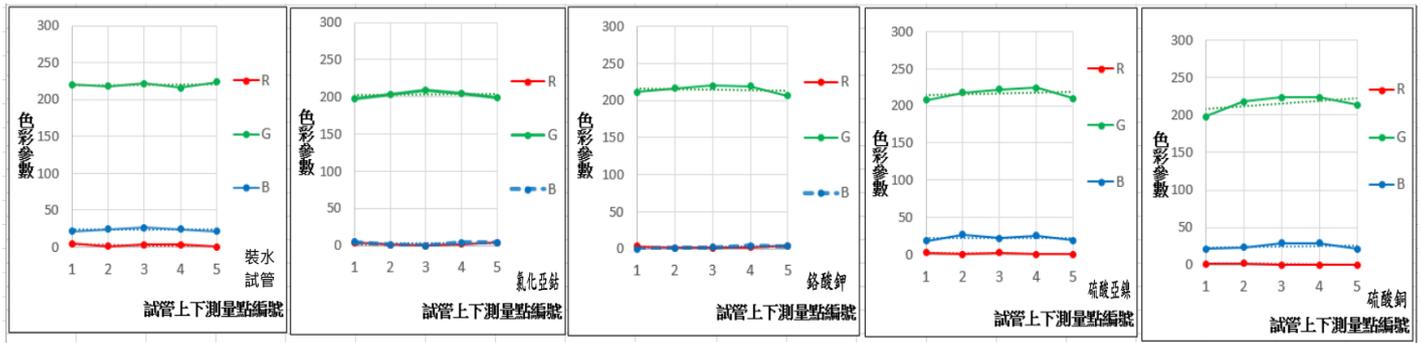
(三)以平板R255為背景光源,使用滴管法測出的試管色彩參數



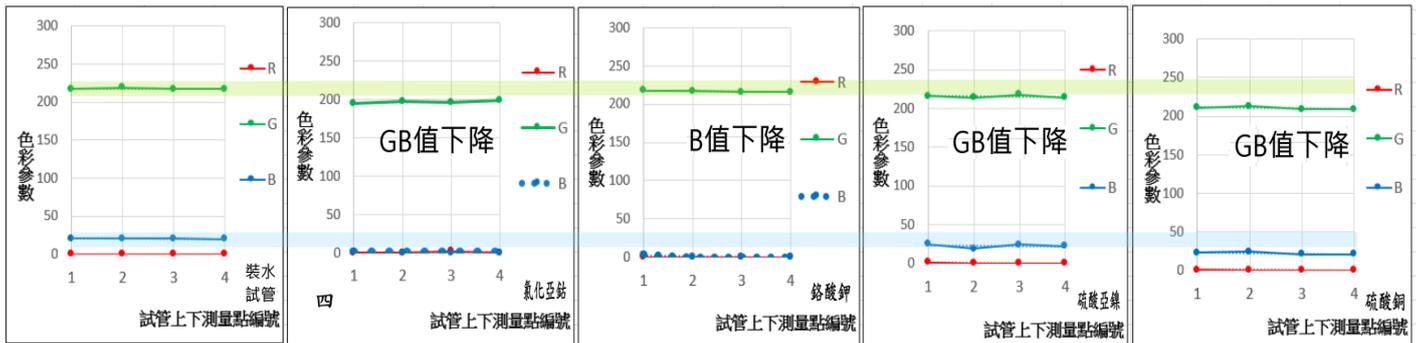
以平板R255為背景光源,使用app法測出的試管色彩參數



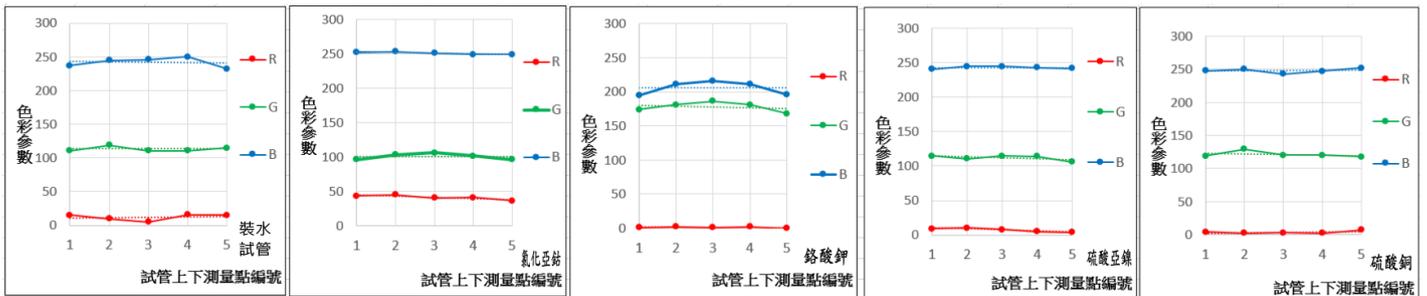
(四)以平板G255為背景光源,使用滴管法測出的試管色彩參數



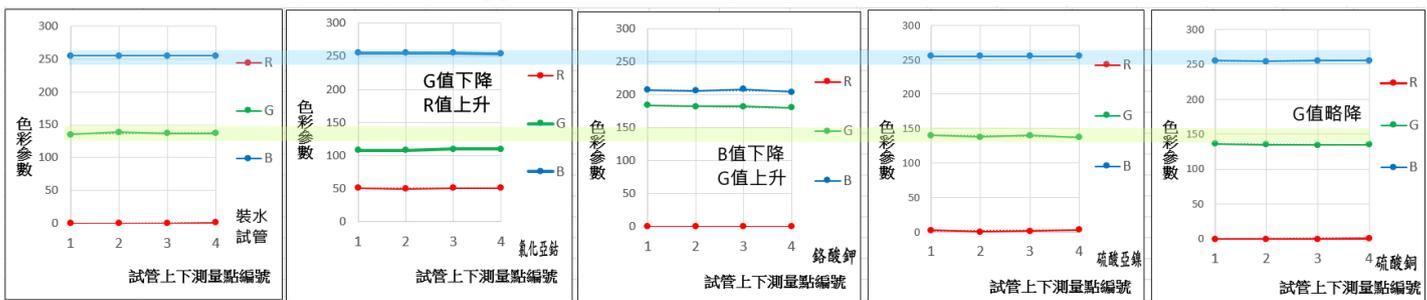
以平板G255為背景光源,使用app法測出的試管色彩參數



(五)以平板B255為背景光源,使用滴管法測出的試管色彩參數



以平板B255為背景光源,使用app法測出的試管色彩參數



(六)研究結果討論:

1. 使用平板當 RGB 各色光源, 不論是用 **滴管法** 或是用 **app 法** (colormeter) 軟體, 試管垂直方向上下不同的取樣位置, 由於背光均勻, 色彩參數值是均勻的。進一步比較兩種方法, app 法比滴管法參數值更均勻(線比較直)。以 **app 法** 為主, 與對照組比較後, 各數值變化如下:
 - (1) 紅色背光照射, 硫酸銅與硫酸亞錳溶液在 R 數值上略為下降(4~5)。
 - (2) 綠色背光照射, 氯化亞鈷在 G, B, 鉻酸鉀在 B, 硫酸銅與硫酸亞錳在 G, B 數值都有下降。
 - (3) 藍色背光照射, 氯化亞鈷在 G 值下降, R 值上升。鉻酸鉀在 B 數值出現明顯下降, G 值上升。硫酸銅與硫酸亞錳的 RGB 數值沒有改變。
2. 滴管法以相機拍攝試管, 相機進行了第一次影像處理, 形成檔案。檔案再經過 Photoimpact 軟體滴管的處理, 進行了第二次色彩數據的計算。Colormeter 直接以相機的 APP 軟體拍攝試管色彩參數, 簡化成一次的計算過程, 更能夠呈現真實色彩的數值。舉例來說: 在綠光背光平板的實驗中, 氯化亞鈷會吸收綠光, 在滴管法裡面差距比較小, 在 APP 法裡面差距變大。

3. 滴管法的色彩數值測量(單點)數字起伏較 APP 法(方框範圍平均)大，可能是滴管法單點測量容易點到色彩數值誤差較大的點，而 APP 法是整片(框)顏色的平均值，較能夠減少誤差，因此後續的實驗會以 APP 法為主要的測量方式。
4. 經過試管溶液吸收光後，光變暗色彩參數應該降低，但有兩組例外:分別是藍背景光照射氯化亞鈷溶液，R 數值上升。照射鉻酸鉀溶液，G 數值上升。這可能與軟體計算設定有關。
5. 溶液有其吸收光種類的獨特性。經過試管色彩數值均勻度的實驗後，選擇背光源與溶液組合，做平板背光 APP 法 5 層試管實驗。如果增加溶液厚度測量 RGB 值，層數增加會不會使光被吸收更多，使色彩數值有明顯規律降低。找出光源與溶液種類，能吸收光最多的組合。

五. 將四種有色溶液，放入五層方形試管中(如圖 35)，光源來自背面整片的平板螢幕，以手機 app 軟體 colormeter 選取方形試管數據讀取框範圍，進行溶液裝滿不同層數(0~5 層)試管後 RGB 的數值測量。探討溶液層數愈厚，測出的色彩參數值是否因光被吸收而降低。

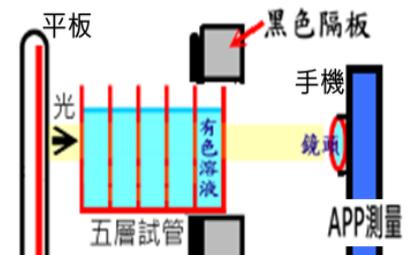


圖 35: 五層方形試管實驗示意圖

(一) 在試管垂直方向均勻度實驗中，由實驗與對照組比較，設計九組色光源與有色溶液的組合，可能會有色彩參數降低的現象(如圖 36-50)，並就實際影像觀察，分別是：

1. 平板光源紅光(R255, G0, B0)照射氯化亞鈷、硫酸銅與硫酸亞鎳溶液。
2. 平板光源綠光(R0, G255, B0)照射氯化亞鈷與鉻酸鉀溶液。
3. 平板光源藍光(R0, G0, B255)照射氯化亞鈷與鉻酸鉀溶液。
4. 平板光源白光(R255, G255, B255)照射氯化亞鈷與鉻酸鉀溶液。

(二) 紅色背光源照射，app 測量參數

1. 氯化亞鈷溶液

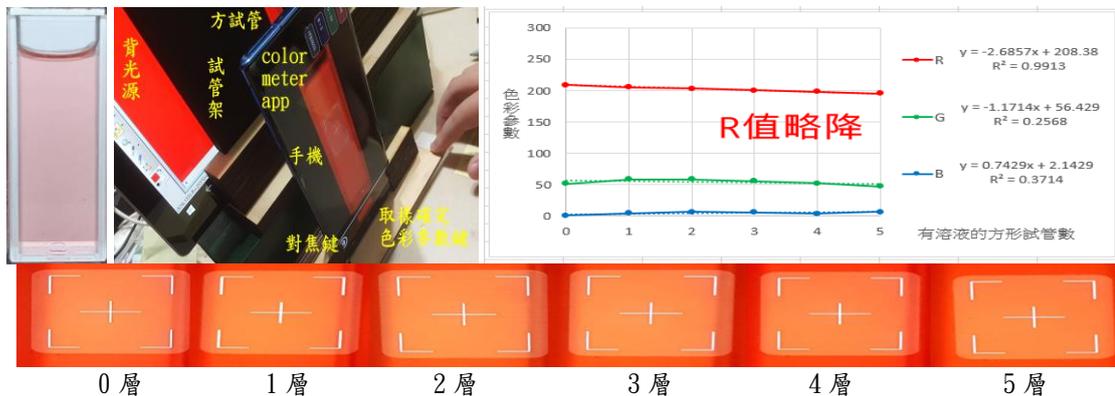


圖 36: 氯化亞鈷溶液試管原色(左上 1)，設計裝置(左上 2)，以紅色背光源照射，測量不同層數，氯化亞鈷溶液色彩參數值(右上)與實際測量框內顏色(下)

2. 硫酸亞鎳溶液

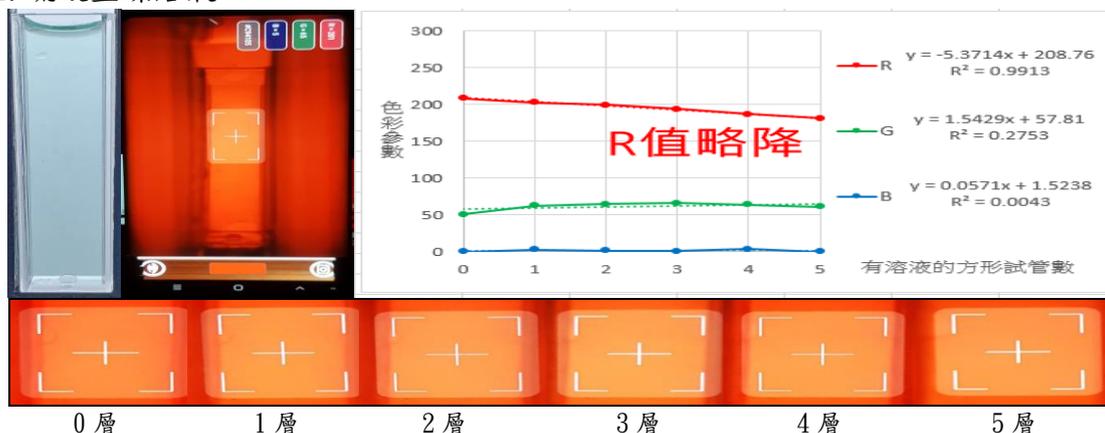


圖 37: 硫酸亞鎳溶液試管原色(左上 1)，設計裝置(左上 2)，以紅色背光源照射，測量不同層數，硫酸亞鎳溶液色彩參數值(右上)與實際框內顏色(下)

3. 硫酸銅溶液

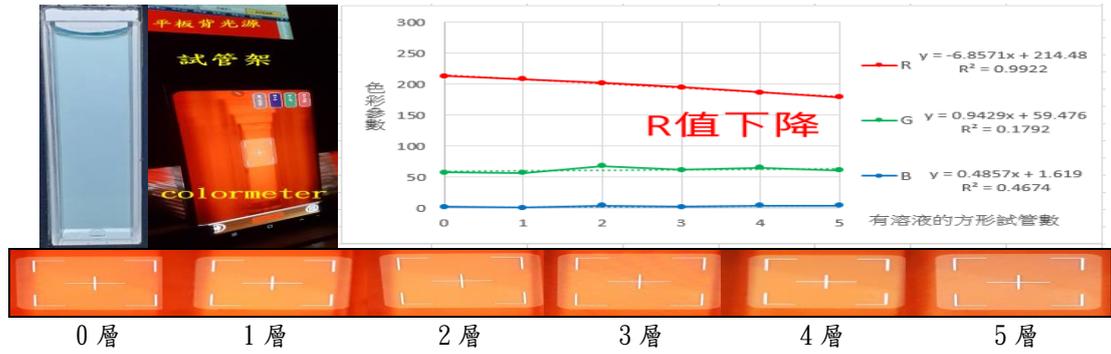


圖 38: 硫酸銅溶液試管原色(左上 1)，設計裝置(左上 2)，以紅色背光源照射，測量不同層數，硫酸銅溶液色彩數值(右上)與實際框內顏色(下)

(三) 綠色背光源照射，app 測量參數

1. 氯化亞鈷溶液

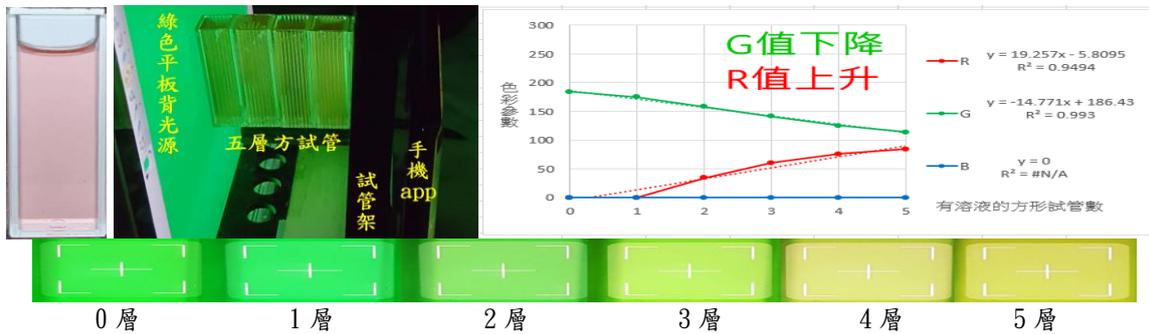


圖 39: 氯化亞鈷溶液試管原色(左上 1)，設計裝置(左上 2)，以綠色背光源照射，測量不同層數，氯化亞鈷溶液色彩參數值(右上)與實際框內顏色(下)

2. 鉻酸鉀溶液

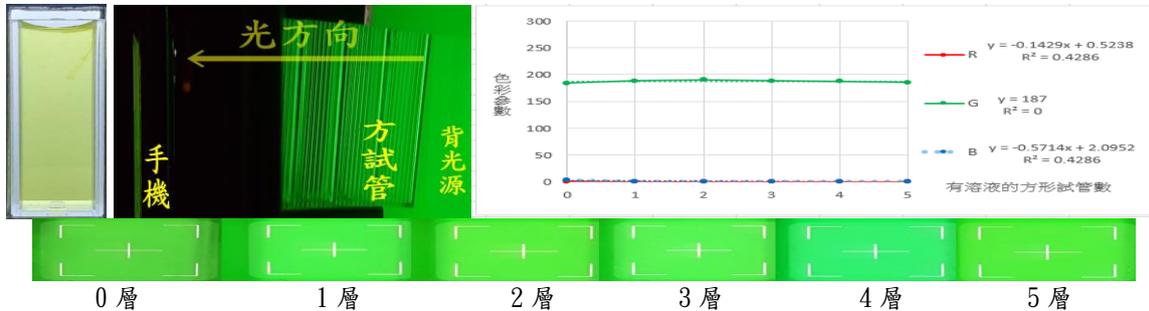


圖 40: 鉻酸鉀溶液試管原色(左上 1)，設計裝置(左上 2)，以綠色背光源照射，測量不同層數，鉻酸鉀溶液色彩參數值(右上)與實際框內顏色(下)

(四) 藍色背光源照射，app 測量參數

1. 氯化亞鈷溶液

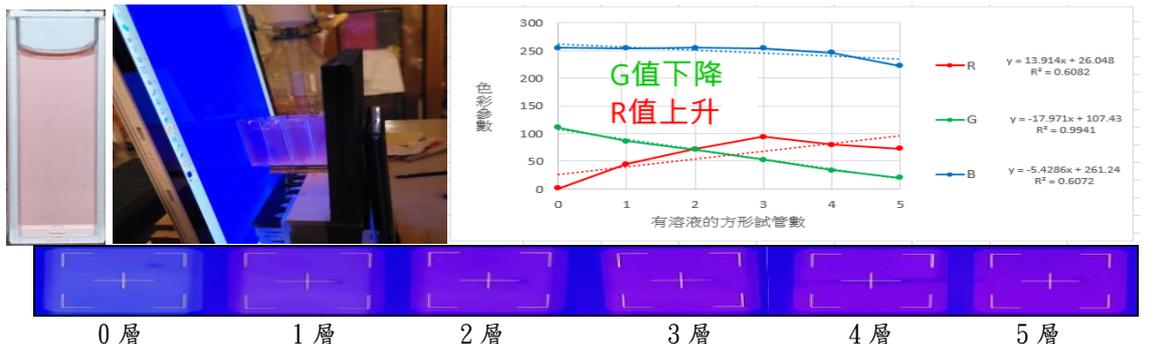


圖 41: 氯化亞鈷溶液試管原色(左上 1)，設計裝置(左上 2)，以藍色背光源照射，測量不同層數，氯化亞鈷溶液色彩參數值(右上)與實際框內顏色(下)

2. 鉻酸鉀溶液

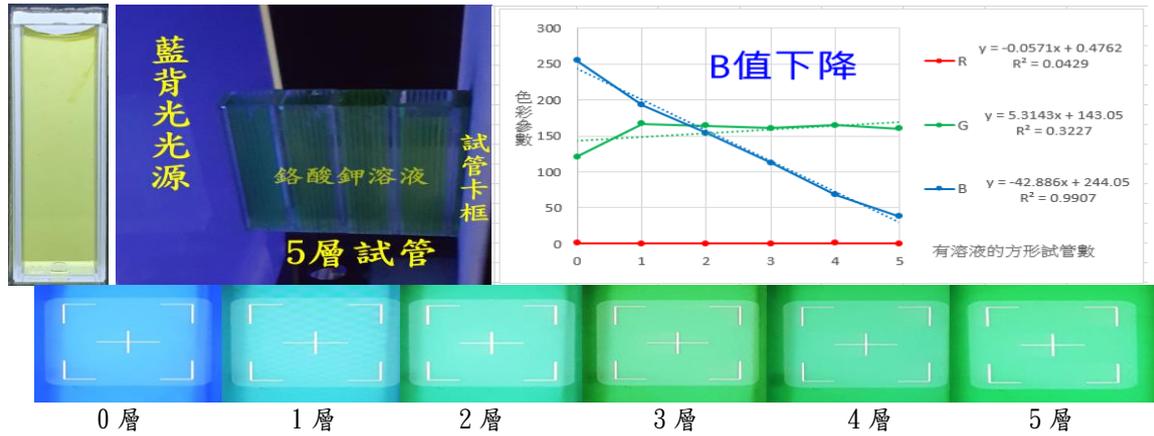


圖 42: 鉻酸鉀溶液試管原色(左上 1), 設計裝置(左上 2), 以藍色背光源照射, 測量不同層數, 鉻酸鉀溶液色彩參數值(右上)與實際框內顏色(下)

(五) 白色(R255, G255, B255)背光源照射, app 測量參數, 設計以白光照射氯化亞鈷溶液、鉻酸鉀溶液, 看呈現出來的色彩參數變化為何?

1. 氯化亞鈷溶液

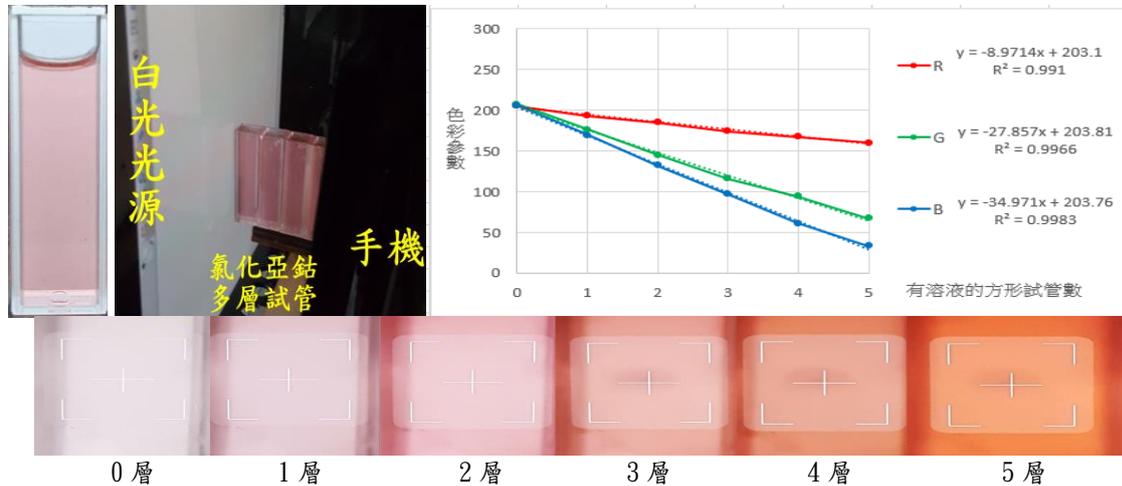


圖 43: 氯化亞鈷溶液試管原色(左上 1), 設計裝置(左上 2), 以白色背光源照射, 測量不同層數, 氯化亞鈷溶液色彩參數值(右上)與實際框內顏色(下), RGB 值都比在單色光時, 有更大的下降斜率, 氯化亞鈷溶液在白光光源下對各色光有更強的吸收。

2. 鉻酸鉀溶液

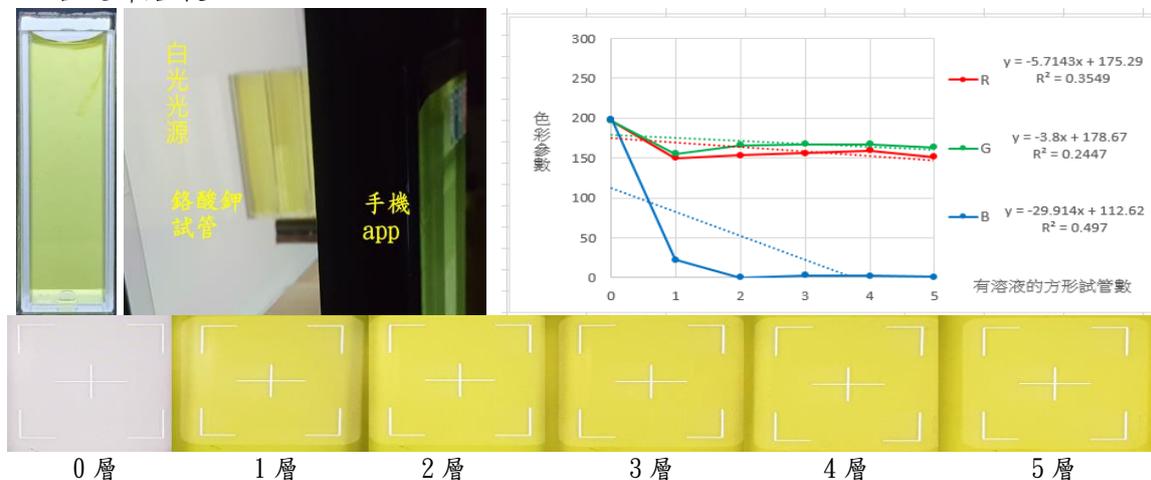


圖 44: 鉻酸鉀溶液試管原色(左上 1), 設計裝置(左上 2), 以白色(RGB 全 255)背光源照射, 測量不同層數, 鉻酸鉀溶液色彩參數值(右上)與實際框內顏色(下), 0.1%的鉻酸鉀溶液對藍光有極大的吸收, 出現在 B 值的劇烈下降, 2 層試管厚度, 就可以使 B 值由 200 直接降為 0。

(六)研究結果討論:

1. 平板光源照射 0-5 層方試管溶液，色彩參數對層數作圖，得到的最適直線方程式相關係數平方大於 0.99 的組別整理如下(斜率取到小數下二位):

平板光源 色光種類	有色溶液	相關係數平方>0.99 的色彩參數	平均每增加 1 層溶液 色彩參數降低
紅光	氯化亞鈷	R	2.69
	硫酸亞錳	R	5.37
	硫酸銅	R	6.86
綠光	氯化亞鈷	G	14.77
	鉻酸鉀	無	0
藍光	氯化亞鈷	G	17.97
	鉻酸鉀	B	42.89
白光	氯化亞鈷	R	8.97
		G	27.86
		B	34.97
	鉻酸鉀	B	177

2. 不是每一種光，溶液層數對色彩參數都有很好的線性關係，好的線性關係可以成為工具，用色彩參數的測量計算溶液濃度或厚度。進行這種類型的實驗，入射光種類與溶液顏色性質的配合與測試是很重要的。需要去做實驗的驗證，證明其效果後才能做出這樣的推論。而且色彩參數變化(斜率)也要夠大，測量溶液性質才有證據。
3. 光源的光譜波長分布，需要與測量溶液的吸收光譜分布有互相疊合才会有吸收光的效果。螢幕發出來的光，必須剛好在相對應的範圍內，被溶液吸收，才会有色彩參數的變化。
4. 三種平板色光源，四種有色溶液、三種色彩參數測量，共計有 36 種的組合、但其中只有六種組合，有很好的測量準確度(溶液層數對色彩參數作圖，得到最適直線方程式，其相關係數平方達 0.99 以上)。層數增加，色彩參數降低大於 10(方程式斜率)的只有三組。
5. 以白光(R255, G255, B255)作為背板光源，每增加 1 層溶液，降低色彩數值有放大的現象。
6. 在顏色的測量上，最精準的方式是使用分光光度計，但是這類機器價值十幾萬以上，如果能夠使用色彩參數測量法，經過驗證，找到可以使用的色光與溶液(物質)搭配的組合，就可以以簡便的手機，藉由顏色的測量，達到量化的目的。

六、平板光源的亮度是否會對色彩參數的降低造成影響，選擇綠光光源對氯化亞鈷溶液的配對(如圖 45)，不同強度的綠光光源(G255. G200. G150. G100. G50)照射氯化亞鈷溶液 5 支疊加方試管，來釐清這項懷疑？

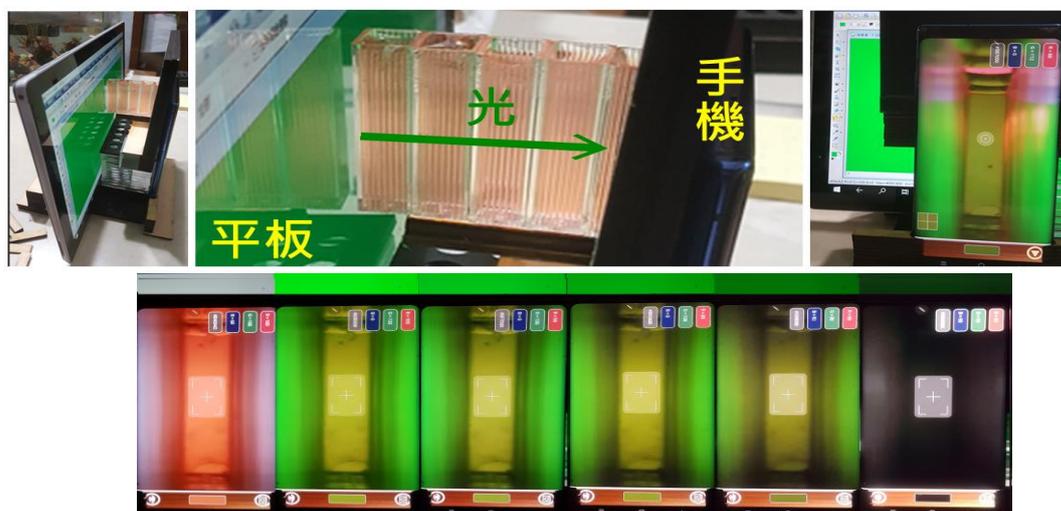
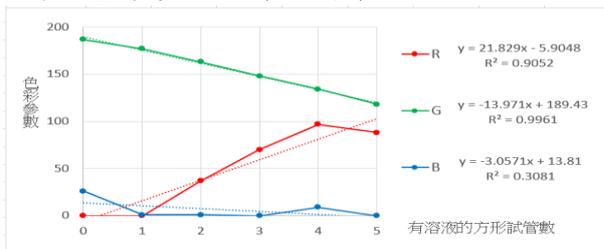
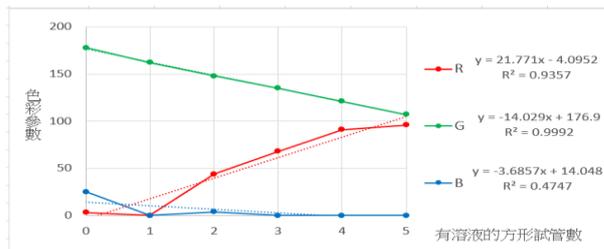


圖 45: 不同強度的綠光光源照射氯化亞鈷溶液實驗裝置(上)與實際測量影像(下)，由左而右分別是光源白光，G255、G200、G150、G100、G50 六種背光光源

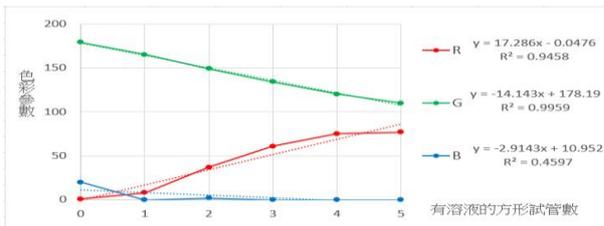
(一)實驗設計與測得之數據作圖：以方試管層數為橫軸，色彩參數為縱軸作圖，計算出每多一層，色彩參數下降的斜率大小。



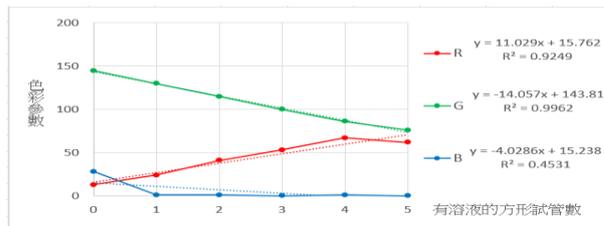
背光源 G 亮度 255，照射氯化亞鈷溶液



背光源 G 亮度 200，照射氯化亞鈷溶液

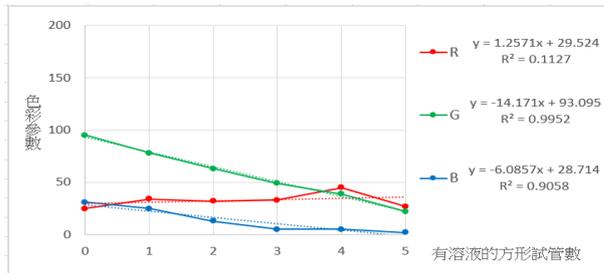


背光源 G 亮度 150，照射氯化亞鈷溶液



背光源 G 亮度 100，照射氯化亞鈷溶液

平板亮度設定G值	每增加一層溶液, 手機測得G值減少量(斜率值)
255	13.971
200	14.029
150	14.143
100	14.057
50	14.171



背光源 G 亮度 50，照射氯化亞鈷溶液

(二)研究結果討論:五種不同設定的平板投射亮度，所測出來的色彩參數每層減少量(方程式斜率)，其相關係數平方達 0.99 以上。不管哪種入射光源亮度，色彩參數每層減少量都在 14 左右。每層氯化亞鈷溶液能吸收的光量是固定的，與光源強度關係不大。

七. 有色溶液濃度也是影響吸收光多少的重要因素，以之前的研究為基礎，紅光背光源搭配硫酸亞鎳與硫酸銅溶液，綠光背光源搭配氯化亞鈷溶液，查閱溶解度，將濃度範圍擴到最大，並以最長的 5cm 方試管作為容器，以 app 測量，實驗不同濃度下，色彩數值是否也有規律的變化。

(一) 紅光背光源搭配硫酸亞鎳溶液

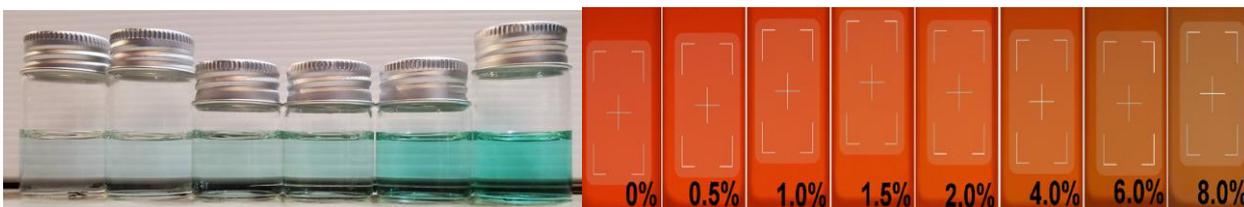
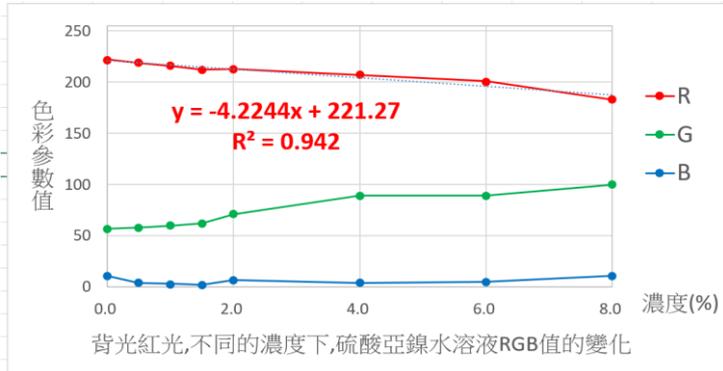


圖 46: 硫酸亞鎳溶液在 colormeter 中測量截圖(左上)，5cm 方試管與裝置(中上)，以紅色背光源照射，測量不同濃度硫酸亞鎳溶液色彩數值(右上)，瓶內顏色(0.5%-6%)與實際測量框顏色(下)

(二)紅光背光源搭配硫酸銅溶液

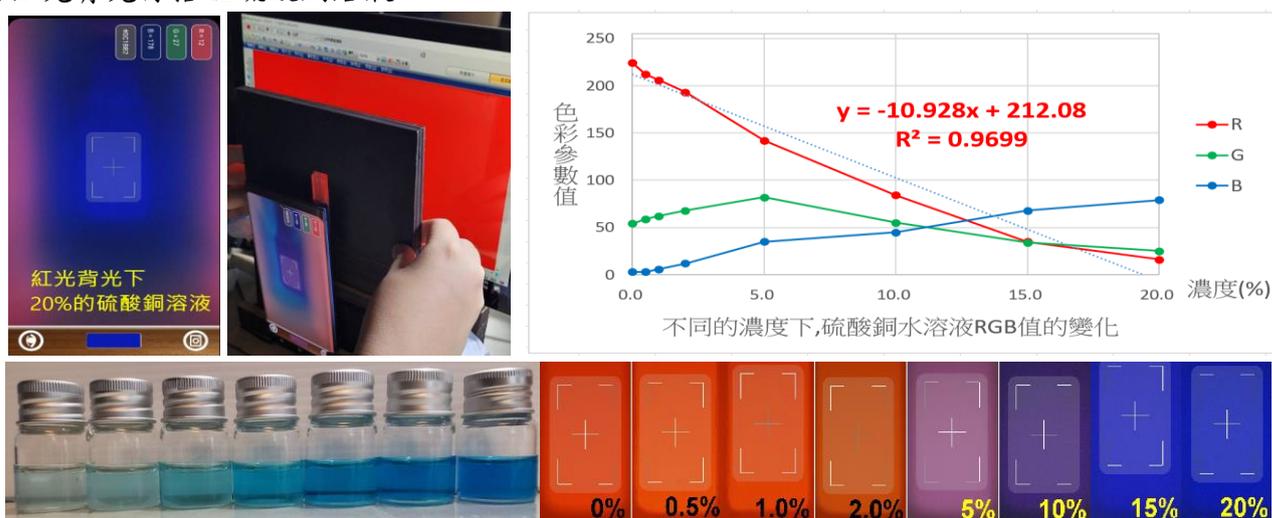


圖 47: 硫酸銅溶液以 colormeter 測量截圖(左上), 5cm 方試管對準鏡頭拍攝(中上), 以紅色背光源照射, 測量不同濃度硫酸銅溶液色彩數值(右上), 瓶內顏色(0.5%~20%)與實際測量框顏色(下)

(三)綠光背光源搭配氯化亞鈷溶液

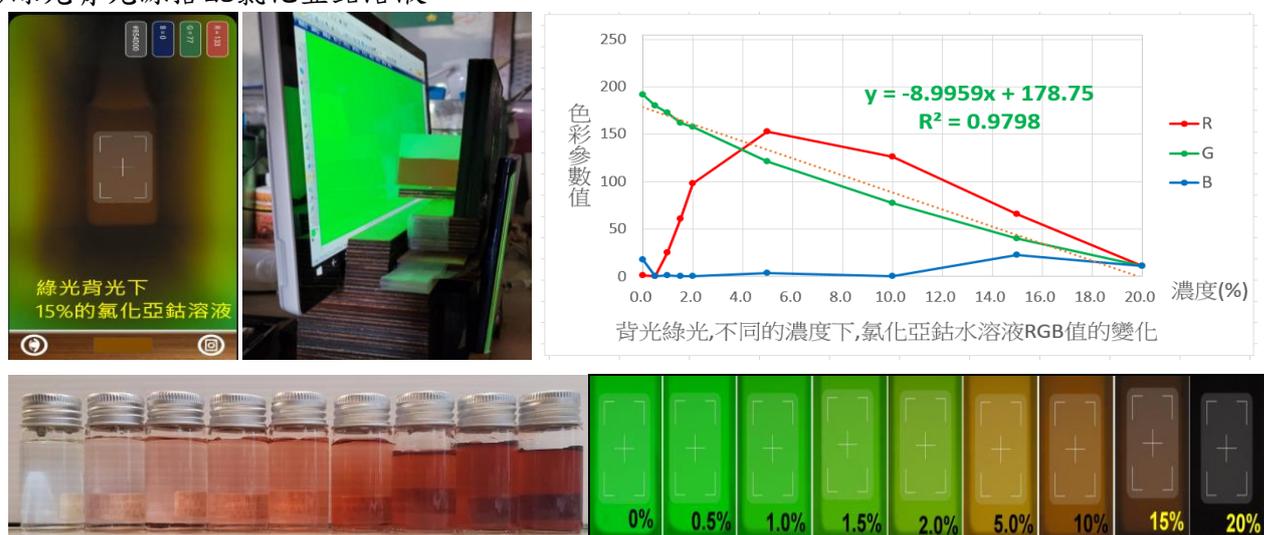


圖 48: 氯化亞鈷溶液以 colormeter 測量截圖(左上), 5cm 方試管與綠光源(中上), 測量不同濃度, 氯化亞鈷溶液色彩數值(右上); 瓶內顏色(0%~20%)與實際 app 中測量框顏色(下)

(四)研究結果討論:

- 3 種有色溶液濃度上升, 都有它對應的色彩參數規律下降的現象, 由於在實驗設計上, 是以溶液常溫下的最大濃度為範圍, 已經可以包含各種可能濃度的測量: 這三種搭配組合中, 濃度對對應的色彩參數作圖, 得到的斜直線相關係數平方, 都有到 0.94 以上:
 - (1) 硫酸亞鎳溶液濃度每增加 1%, 可以降低 R 色彩參數 4.22
 - (2) 硫酸銅溶液濃度每增加 1%, 可以降低 R 色彩參數 10.93
 - (3) 氯化亞鈷溶液濃度每增加 1%, 可以降低 G 色彩參數 9.00
2. 每種有色溶液都有它獨特的吸收色光種類, 當找到適當的搭配組合後, 就可以進行用色彩參數測量濃度, 以色彩參數值作為有色溶液濃度的檢量線。面對未知濃度的硫酸銅、氯化亞鈷與硫酸亞鎳溶液, 便可以用這種簡便的測量色彩參數的方法, 找出未知濃度。這樣的發明就可以用來取代分光光度計, 並改善視覺比色法不夠準確的缺點。

八. 以蝶豆花溶液變色, 作為酸鹼影響變色的研究對象。添加不同種類的酸鹼溶液(質量比: 蝶豆花母液: 水: 酸鹼溶液為 1:8:1), 測量其酸鹼值。在色彩參數值的測量上: 白光(R255, G255, B255)光源來自背面整片的平板螢幕, 以手機 app 軟體 colormeter 選取方型試管長方型數據讀取框範圍, 進行溶液 RGB 的數值測量(如圖 52-53)。探討酸鹼值不同對蝶豆花溶液顏色 RGB 值的影響。

(一)實驗數據與作圖:

酸鹼度值	1.3	2.2	2.8	3.5	4.6	5.7	7.6	8.2	11.2	11.8	12.6
R	235	229	227	218	168	118	143	177	209	212	219
G	181	158	149	144	134	158	169	167	209	213	219
B	205	186	178	167	158	210	212	167	183	195	209

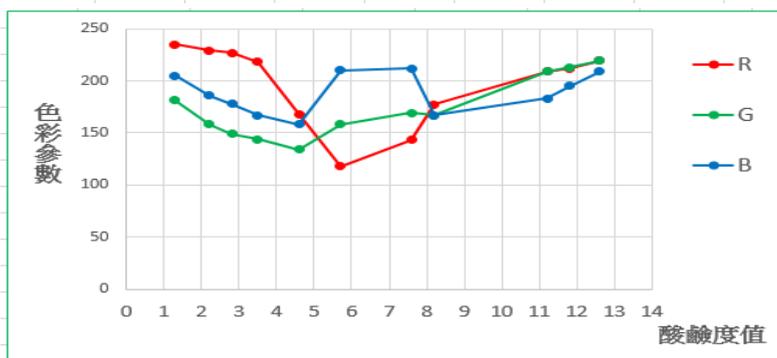


圖 49:不同酸鹼度下,蝶豆花溶液色彩參數變化數值(上),色彩參數變化趨勢圖(左下)與測量實際拍攝影像(酸鹼度 8.2)(右下)



酸鹼度 1.3 2.2 2.8 3.5 4.6 5.7 7.6 8.2 11.2 11.8 12.6

圖 50:不同酸鹼度蝶豆花溶液色彩變化,大圓瓶內顏色(上),方形試管內顏色(下)

(二)研究結果討論:

1. 蝶豆花溶液隨著酸鹼度的上升,色彩參數的三折線,出現不同的起伏,三條折線在酸鹼度 5 與 8 時出現會合。對照顏色變化與酸鹼度,5 以下的蝶豆花溶液呈現粉紅色,酸鹼度 5 到 8 的範圍間呈現紫到藍色,酸鹼度 8 以上呈現黃色,因此 RGB 三條色彩參數折線交會的地方,就是酸鹼變色的臨界點。色彩參數曲線的交會點,就可以用來判斷酸鹼變色範圍。
2. 在酸性的條件下,酸鹼度變大,蝶豆花水溶液 RGB 三條色彩參數都呈現下降的趨勢。在鹼性的條件下,酸鹼度變大,蝶豆花水溶液 RGB 三條色彩參數都呈現上升的趨勢。
3. 在酸性的條件下,由於色彩參數 R 是三者中最高的,所以溶液偏紅色。在鹼性條件下,RGB 三者數值大且接近,所以顏色呈現淡黃色。中性時 B 值最高,所以溶液呈現藍色。

九. 色彩參數的測量,可以找到蝶豆花溶液隨著酸鹼度不同的變色模式,那麼其他的指示劑呢? 常用指示劑分成三種:酞類(酚酞與溴瑞香草藍);磺酚類(酚紅);偶氮類(甲基橙與甲基紅),這三種在色彩參數測量中,隨酸鹼度不同的數值變化模式相同嗎?以之前的研究為基礎,白光背光源搭配最長的 5cm 方試管作為容器,以 app 測量,找出不同指示劑在酸鹼不同時,色彩數值變化的模式。



圖 51:指示劑色彩參數測量實驗裝置(左,以甲基紅為例);五種指示劑(右)

(一) 酚酞: 三條 RGB 色彩參數折線全部都有起伏變化

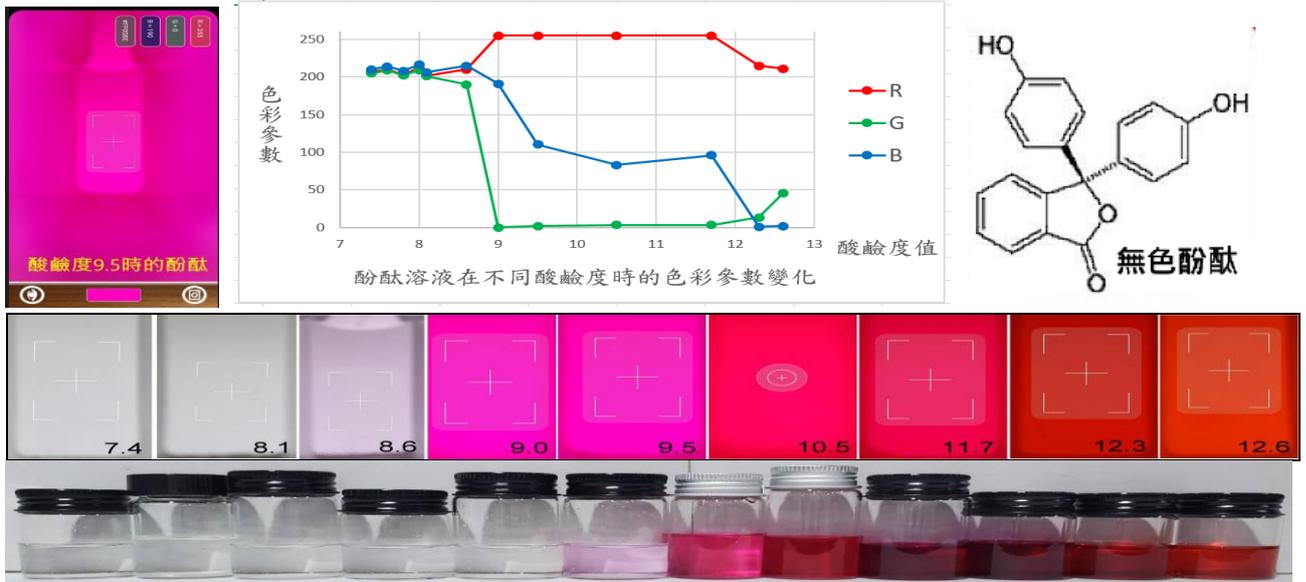


圖 52: 酚酞溶液以 colormeter 測量截圖(左上), 以白色背光源照射, 測量不同酸鹼度下的色彩數值變化(中上), 分子結構式(右上), colormeter app 法測量框與實際顏色(下)

(二) 溴瑞香草藍: 三條 RGB 色彩參數折線全部都有起伏變化

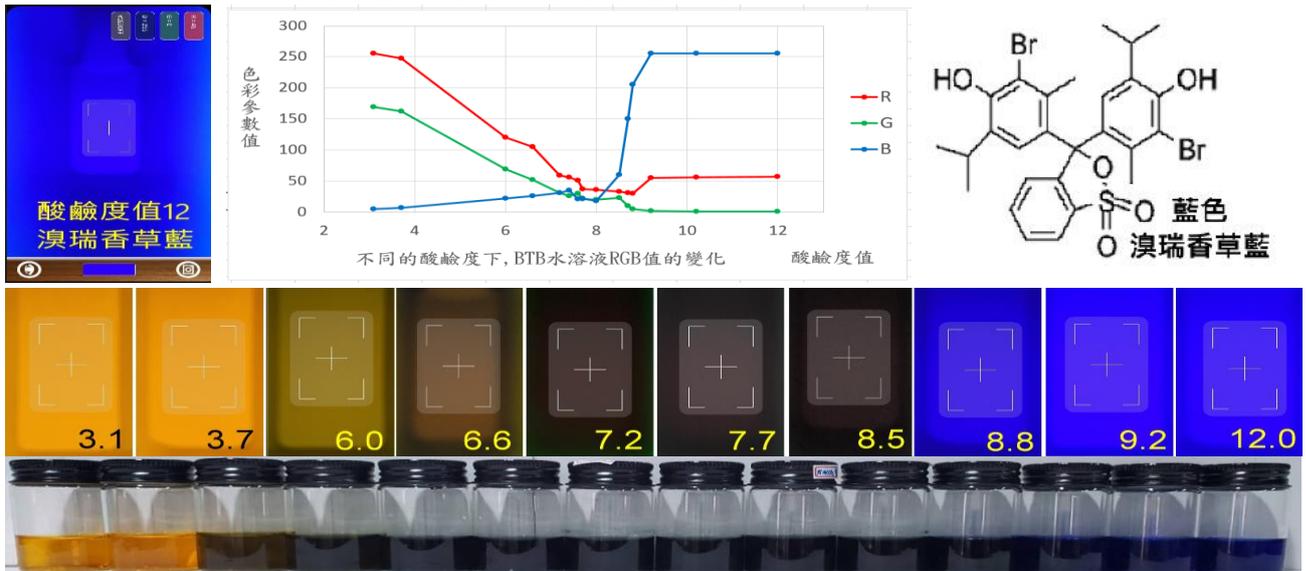


圖 53: 溴瑞香草藍溶液以 colormeter 測量截圖(左上), 以白色背光源照射, 測量不同酸鹼度下的色彩數值變化(中上), 分子結構式(右上), colormeter app 法測量框與實際顏色(下)

(三) 酚紅: G 值色彩參數折線急遽下降現象, R, B 色彩參數折線起伏變化小



圖 54: 酚紅溶液以 colormeter 測量截圖(左上), 以白色背光源照射, 測量不同酸鹼度下的色彩數值變化(中上), 分子結構式(右上), colormeter app 法測量框與實際顏色(下)



圖 55: 裝在圓瓶中，不同酸鹼度值的酚紅溶液

(四) 甲基橙: G 值色彩參數折線緩慢上升, R, B 色彩參數折線起伏變化小

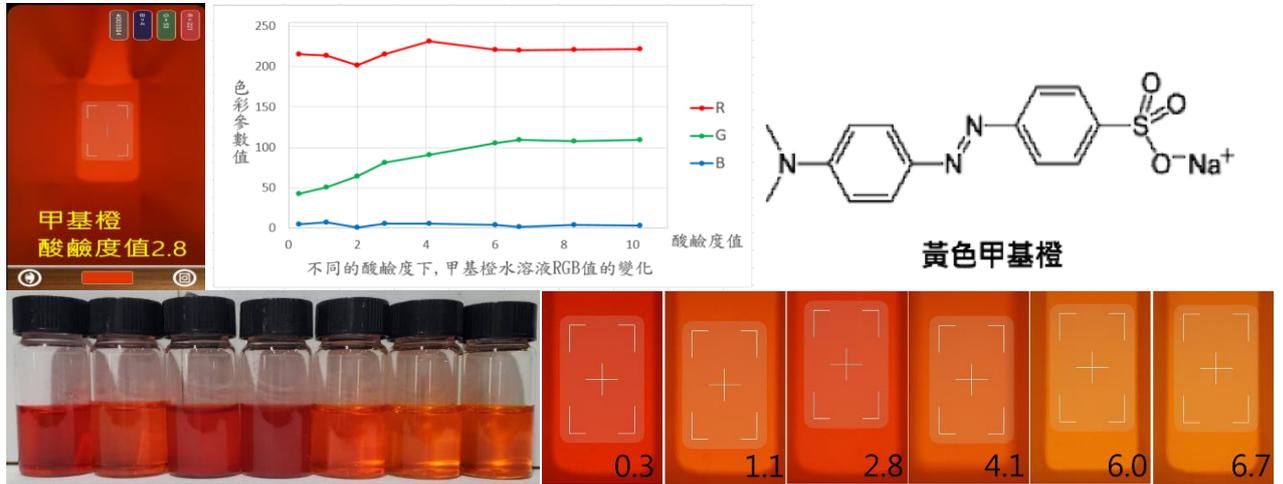


圖 56: 甲基橙溶液以 colormeter 測量截圖(左上), 以白色背光源照射, 測量不同酸鹼度下的色彩數值變化(中上), 分子結構式(右上), colormeter app 法測量框與實際顏色(下)

(五) 甲基紅: G 值色彩參數折線緩慢上升, R, B 色彩參數折線起伏變化小

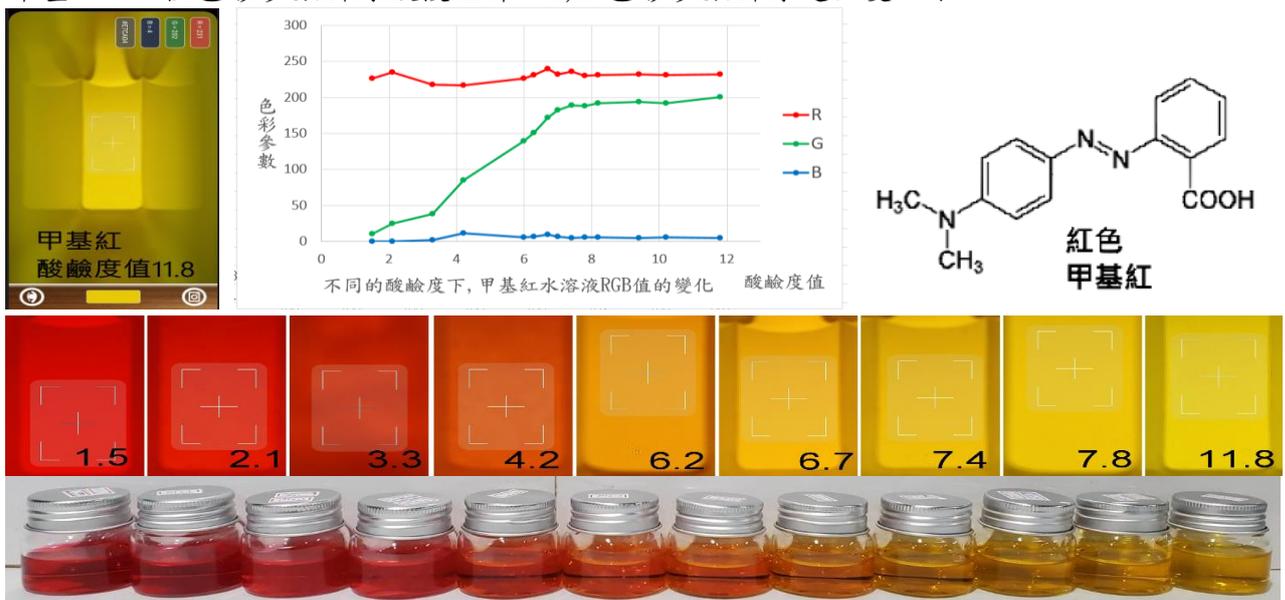


圖 57: 甲基紅溶液以 colormeter 測量截圖(左上), 以白色背光源照射, 測量不同酸鹼度下的色彩數值變化(中上), 分子結構式(右上), colormeter app 法測量框與實際顏色(下)

(六) 討論:

1. 色彩參數隨酸鹼度變化的變化折線, 與指示劑的分類(分子結構)有關, 整理如下表:

指示劑分類	指示劑	可作為酸鹼度檢量線範圍	色彩參數對酸鹼度作圖特徵
酞類	酚酞	酸鹼度 9 以上的 B 值下降	三條 RGB 色彩參數折線都有起伏變化, 到變色點變化急遽加大
	溴瑞香草藍	酸性範圍的 R, G 值下降	
磺酚類	酚紅	無	G 值色彩參數折線先緩升, 到變色點急遽下降, R、B 值變化小
偶氮類	甲基橙	酸性範圍的 G 值上升	G 值參數折線, 在變色點前隨酸鹼度變大緩慢上升, RB 值變化小
	甲基紅		

2. 這五種酸鹼指示劑的變色點，發生在以下三種位置：

- (1) RGB 三條色彩參數折線交會處，如蝶豆花溶液、酚酞與溴瑞香草藍。
- (2) 單條色彩參數折線產生急遽上升或下降：如酚紅、酚酞與溴瑞香草藍。
- (3) 單條色彩參數折線產生緩慢上升後的斜率改變處：如甲基橙與甲基紅。

3. 指示劑出現黃色，表示指示劑放出的紅、綠光混合(RG 值在 200 以上)。例如：甲基紅的鹼性黃色。單一色彩參數在 200 以上，就會呈現該色彩參數顏色，例如甲基紅的酸性紅色。

十. 蝶豆花溶液在鹼性(pH=11.8)中，顏色會隨著時間變化，由墨綠變成黃色。以這種現象為研究目標，進行配製完成後三小時的錄影。再以手機 app 軟體 colormeter 直接測量平板播出的影片，記錄不同時間的 RGB 數值(如圖 58-59)。探討這種變色現象 RGB 值與時間長短的關係。

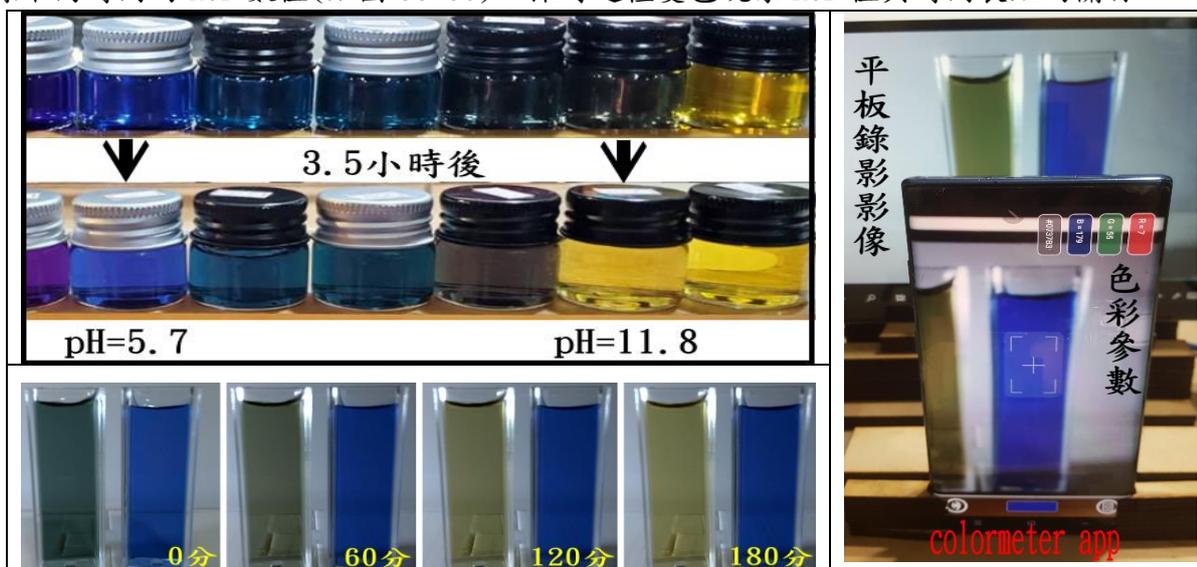


圖 58: 隨時間變色 pH=11.8 對比沒有變色的 pH=5.7 的蝶豆花溶液(左)，測量錄影影像色彩參數變化的實驗裝置(右)。

(一) 實驗數據與作圖：

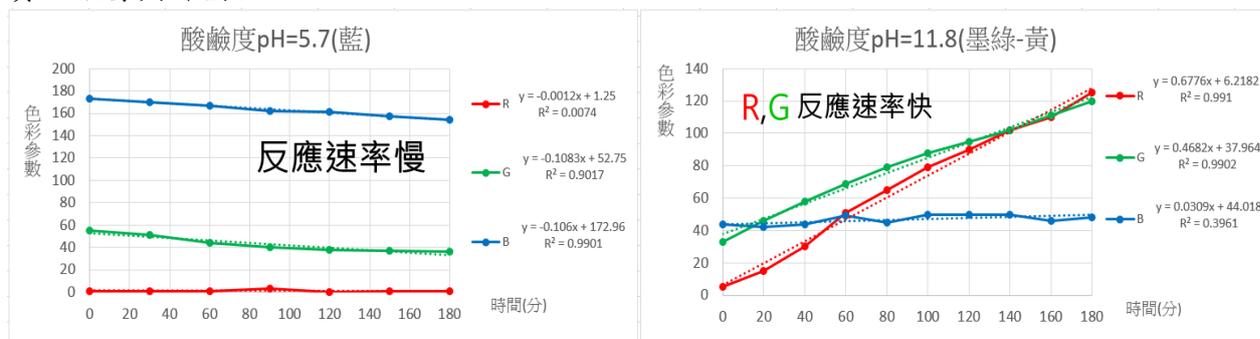


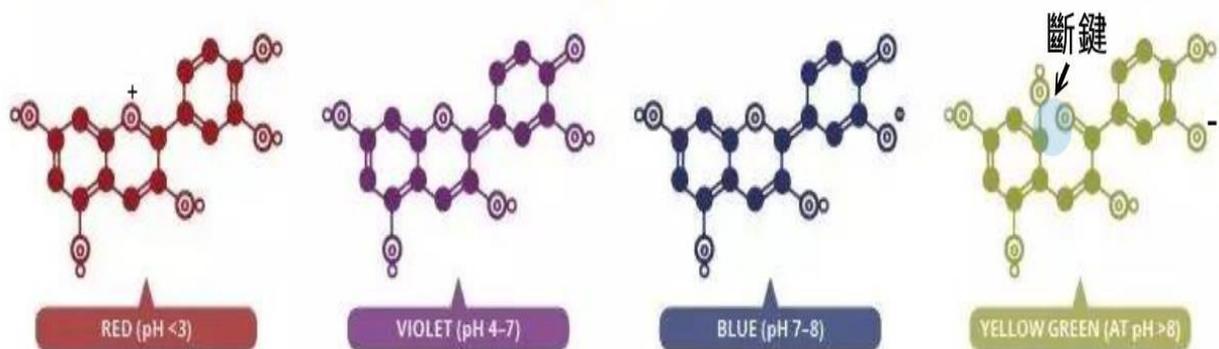
圖 59: 測量 RGB 值隨時間變化趨勢: 有變色 pH=11.8 (右) 對比沒有變色的 pH=5.7 (左) 的蝶豆花溶液。

(二) 研究結果討論：

1. 在酸鹼度值為 5.7 的酸性蝶豆花水溶液(對照組)中，表面看起來顏色並沒有改變，但是在色彩參數的測量後，藍光跟綠光也有非常緩慢的下降，每分鐘下降斜率，G、B 值都在 0.11(1/分)。代表著眼睛雖然無法分辨溶液顏色的變化，但是實際上顏色是有改變的。
2. 在酸鹼度值為 11.8 的鹼性蝶豆花水溶液中：
 - (1) 經過 3 小時後，溶液顏色由墨綠色逐漸轉成黃色，以色彩參數來分析，R 與 G 值都隨著時間的增加而規則地變大，每分鐘上升斜率，R 值為 0.678(1/分)與 G 值為 0.468(1/分)。
色彩參數的測量可以成為測量化學反應速率的有效工具。
 - (2) 實驗剛開始時，RGB 值都在 50 以下(且 B>G>R)，所以顏色呈現深墨(藍)綠色。隨著時間變長，測到 R 值上升，表示溶液吸收紅光變弱，G 值上升表示溶液吸收綠光變弱，放出的紅綠光都變強，混合起來就是黃色光。

(3) 溶液吸收光的狀況改變，就表示內部的物質產生了變化。酸、中性溶液加入蝶豆花溶液中，顏色變化迅速，而後就穩定下來(紅, 紫, 藍色)。但鹼性的蝶豆花液卻是慢慢變成黃色，這兩種變化快慢的原因不同。經文獻查閱後(如圖 60)，蝶豆花內的花青素分子，在鹼性中受到攻擊而發生了斷鍵，有一部分的環狀結構(下圖藍色圓框)被破壞了，溶液顏色變淡，且因為分子結構發生改變，已經不是快速的酸鹼反應，所以變色緩慢。

(4) 酸鹼度 12.6 的溶液反應時瞬間變黃，酸鹼度 11.8 的溶液變黃時間要三小時，酸鹼度 11.2 的溶液變黃時間要 2 天。都可以實驗出變黃速率(斜率)，這表示色彩參數的測量是可以研究鹼性強弱(濃度)與化學反應速率快慢的。



備註：搜狐網(2017)。小實驗：變身吧，花青素。2023.1.20 取自網頁資料 ¹¹

圖 60: 文獻查閱發現: 測量蝶豆花溶液中花青素分子的結構與變色關係，在鹼性中，結構裡發生斷鍵，並多了氧原子。

十一. 綜合以上氯化亞鈷、鉻酸鉀、硫酸亞鎳與硫酸銅(固定顏色)與指示劑(變色實驗)，使用 RGB 色彩參數測量溶液吸光，溶液厚度與反應時間實驗後，可以發現這一個測 RGB 研究方法與裝置，可以推廣到許多與顏色相關的研究，找出了實際顏色與 RGB 的配對規律，並以綠葉變色與花青素加漂白水氧化實際測量驗證。

(一) 色彩配對分析:

1. 外觀偏紅色的透明溶液，使用**氯化亞鈷模式**測量: 就是以綠背光做光源，測量它的 G, B 值；外觀黃色的透明溶液，使用**鉻酸鉀的測量模式**，以藍背光做光源測量 B 值；藍綠色物體使用**硫酸銅模式**，以紅背光做光源，測量 R 值。所有的顏色用這三種模式來描述測量，色彩變化的秘密，就可以用手機 APP(RGB)測量進行探索。
2. 在生活中有許多變色或是產生混濁的現象，色彩參數的測量可以定量這些色彩，配合時間測量，可以找到這些變化的快慢速率與效果。例如: 蘋果放在空氣中、肉類在加熱後都會變色。米飯在煮的過程當中，溫度、水量多少會不會影響灰色變成白色的過程，樹葉老化變黃或變紅，掛在樹上的橘子，變成怎麼樣的黃色，才可以採下來，都可以用這樣簡單的方法來定量。

(二) 綠葉老化變色實測:

1. 手機加上 Colormeter 色彩參數測量軟體 APP，由於使用的是**整框範圍**的色彩參數測量，可以測量到物體表面某些範圍的**平均值色彩參數**。例如: 圖 61，樹葉上綠色與黃色的部分，就可以在各自的框內分開測量。
2. 正常的葉子是吸收紅光與藍光而呈現綠色，R 值上升葉子變黃表示: 內部的葉綠素減少，而導致紅光部分吸光降低。如果用智慧型手機測量發現葉子的 R 值已經在升高，就可以進行老化摘除或病蟲害處理。在農業或園藝管理上，就可以利用這方法進行肉眼無法發現的即時判斷，早期發現進行預防與治療。



圖 61: 葉子變色的即時測量

(三)漂白效果實測:

1. 上衣沾上藍色原子筆的墨水時，洗衣服時很難處理，用手機加上色彩參數測量軟體 app，就可以去測量哪種液體容易去除這污垢，或是漂白效果要用多少濃度(量)的漂白水最好。
2. 漂白效果在三個 RGB 值都呈現 255 時最好，實測將蝶豆花原液 9 毫升，加入 0.5 毫升 5% 市售漂白水，實驗前後測量色彩參數，發現蝶豆花原液色彩變化由紫變黃，參數值 R、G 值上升，B 值下降(如圖 62)，並不能達到完全變成白色的目的。



圖 62: 蝶豆花原液漂白

伍、結論:

本研究用色彩參數的測量方法，成功進行顏色的辨識，將色彩分類成三種測量模式(洋紅、青與黃)，所有的色彩變化都是這三種模式的相對量變化與排列組合形成，實驗第一部分為**定色實驗裝置與測量方法改良**。第二部分藉由指示劑溶液在酸鹼的變色，應用第一部份發展完成的設計，進行**有顏色變化現象的實際測量**。

一. 在光源種類實驗的設計上:

- (一)實驗需要在無光的環境下進行，光源越弱，外界自然光干擾越強。
- (二)以在上方投射的 LED 白光燈做為光源，會造成試管深淺色彩參數不均勻。
- (三)改用 SURFACE 電腦平板螢幕發光，除了可以讓整隻試管的色彩參數均勻外，也可以調整入射光的種類，例如:全紅光(R255, G0, B0)，全藍光(R0, G0, B255)。

二. 在容器(裝有色溶液)的種類設計上:

- (一)有色溶液在圓試管中，因為光通過試管中間，溶液厚度較厚，而導致試管中間有部分色彩參數有降低的現象，也因此找到有色溶液種類與吸收光顏色的關係。
- (二)以無溶液的方試管與有溶液的方試管，作色彩參數對照與實驗組的比較發現:不是所有溶液都有三種 RGB 值的吸收，有色溶液種類與吸收光顏色的關係與圓試管實驗相同。
- (三)設計五層方試管，以測量得到的 RGB 值與層數作圖，計算最適直線方程式斜率與相關係數平方，證實溶液層數愈多，溶液部分色彩參數有規律下降現象，溶液種類因為可吸收光的顏色不同，而與色彩參數種類有一定配對關係。

三. 在色彩參數值測量方法的改良上:

- (一)photoimpact 軟體滴管法，滴管可以指出單點色彩參數值，參數不穩定，而且測量過程需先拍照，傳檔再開電腦軟體測量，較複雜。
- (二)使用智慧型手機 colormeter app。可以即時測量整個方框範圍的色彩參數平均，即時獲得數據，測量過程較快捷、簡單與準確。

四. 作為光源，平板投射的設定亮度，不會影響五層試管實驗，色彩參數每層的減少量。每層溶液能吸收的光量是固定的，與光源起始強度關係不大。

五. 有色溶液有其吸收光種類的獨特性。找出光源、溶液種類與測量 RGB 值的搭配組合，才能以吸收光最多的組合，進行有效的實驗。例如:以紅色光源，測量不同濃度藍色硫酸銅的 R 值，就可以作出濃度的檢量線。這樣就可以用來取代昂貴的分光光度計，並改善視覺比色法不夠準確的缺點。

六. 以 app 測量，找出指示劑隨酸鹼度變化，色彩數值變化的模式。指示劑的變色點發生在:(1)RGB 三條色彩參數折線交會處，(2)單條色彩參數折線產生急遽上升或下降。(3)單條色彩參數折線緩慢上升後的斜率改變處。這些變化模式與指示劑分類與分子結構有關。

七. 在化學反應進行的過程當中，測量不同時間的色彩參數，可以測出變色速率，**色彩參數的測量可以成為測量化學反應速率的有效工具**。

八. 在實驗裝置與測量方法改良過程中:溶液種類、外觀顏色、各實驗測到的色彩參數變化與可能吸光種類的整理如下:

光源	實驗類別	氯化亞鈷	鉻酸鉀	硫酸亞錳	硫酸銅	
自然光目視溶液顏色		紫紅	黃	綠	藍	
自然光	圓試管中央色彩參數下降者	GB	B	R	R	
LED白光檯燈	方試管溶液愈深導致色彩參數下降最多者	GB	B	R	R	
平板螢幕光源	R255	單層方試管水平位置測量色彩參數與無溶液試管色彩參數比較色彩參數下降最多者	G	G	R	R
	G255		GB	B	G	G
	B255		G	B	均無下降	G
	R255	五層方試管固定位置測量色彩參數方程式相關係數平方大於 0.99 每層下降色彩參數斜率最多者	R(很小)	無	R	R
	G255		G	無	無	無
	B255		G	B	無	無
	白光		RGB	B	R	R
歸納溶液應該吸收的色光		綠光	藍光	紅光	紅光	

九. 測 RGB 研究方法與裝置, 可以推廣到許多與顏色相關的研究, 但需遵循實際顏色、光源選擇與 RGB 測量標的的配對原則, 例如: 偏紅色的透明溶液, 需以綠背光做光源, 測量它的 G, B 值(如上表)。

十. 使用智慧型手機 colormeter app, 測量葉色變化與蝶豆花原液漂白效果的實驗, 證實三種吸光模式的合理性, 也能即時知道色彩變化的結果, 運用手機 app 法簡易的測量方法, 未來應該能應用在生活上, 藉由將色彩變化定量, 來解決許多問題。

陸、參考文獻資料及其他:

- 康軒文教事業 (2019)。康軒版三上自然第四單元廚房裡的科學。新北市, 111-117
- 維基百科(2023)。蝶豆。2022. 11. 21。取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%9D%B6%E8%B1%86>
- Alan Lightman(著)丘宏義(譯)(2001)。物理學家的靈感抽屜。天下文化, 台北市, 19-24
- 陳鴻興, 陳君彥譯(2004)。基礎色彩再現工程。全華科技圖書股份有限公司。新北市。
- 鄭柏左(2004)。色彩理論與數位影像。新文京開發出版股份有限公司, 2004, 74-79
- 每日生物評論(2021)。比色法的原理和發展歷程。2022. 10. 14。取自 <https://hainve.com/art/51659.html>
- 楊慶成(1996)。儀器分析。眾光文化事業公司。台北市。160-236
- 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會(2014)。花開花飛花滿天—以手機應用軟體色差計探討植物色素對酸鹼與重金屬之色差值可行性, 2022.9.20 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Att.ashx?id=9926>
- 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會(2014)。開發葉綠素檢驗微量重金屬的方法—藉由銅與天然葉綠素結合, 檢測葉綠素放出螢光強度的變化來檢驗金屬離子濃度, 2022.9.20 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Att.ashx?id=9918>
- 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會(2021)。色變~移印幻影-著墨於儀。2022.9.20 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Att.ashx?id=14714>
- 搜狐網(2017)。小實驗: 變身吧, 花青素。2023.1.20 取自 https://www.sohu.com/a/143514485_616676
- 方嘉德, 李得元, 李得响, 姜仁章譯(1997)。基礎分析化學。美亞書版。台北市。219-221

【評語】 080207

1. 使用簡易光源組合與手機 APP 進行吸收光度實驗，避免使用研究級分光光度計卻依然能夠觀察到吸收現象，並且在某一光源組合下觀察到與溶液厚度呈現線性關係，體現吸收光譜之特性。
2. 能夠考慮到光源的問題而利用平板提供色光，解決光源色彩不同所造成數值上的差異。
3. 成功優化光源類型(LED光源轉換成平板背光)與樣品容器(圓形試管換成方形)使測量讀值更為均勻。
4. 本作品探討溶液顏色的差異與深淺變化，開發藉由手機拍照與軟體測量 RGB 色彩參數來定量描述色彩的變化。
5. 實驗設計優異，但似乎超出一般小學生學習程度，指導老師扮演較明顯的角色。

作品海報

數位彩色參數測量液性質

RGB

壹.研究動機:

三年級時自然課本提到蝶豆花水溶液在酸鹼中會有顏色變化，可以當酸鹼辨識使用，但當我實際做出蝶豆花水溶液並加入酸鹼後，鹼性中的顏色不穩定，在幾個小時內由墨綠變成黃色。讓人想到顏色有紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫，每種顏色還有濃淡的分別，文字的敘述應該很難呈現顏色的多樣變化。在老師的建議下，我開始嘗試以數位顏色參數(Photoimpact 繪圖軟體中RGB)的測量，定量進行顏色量化。研究先從不變色的溶液開始，再進行到酸鹼辨識的變色測量。光穿過有色溶液會被吸收，吸收後如果只剩藍光，到眼睛中就會看見藍色，而濃度越濃、厚度越厚的溶液吸收光越多。把眼睛換成手機相機，用色彩參數數字的測量能辨識出顏色深淺，進而將顏色定量化嗎？溶液顏色處在不同環境下(背景光不同)顏色會如何改變？色彩參數能描述顏色種類的變化與單一顏色的深淺嗎？於是就開始進行以下的研究。

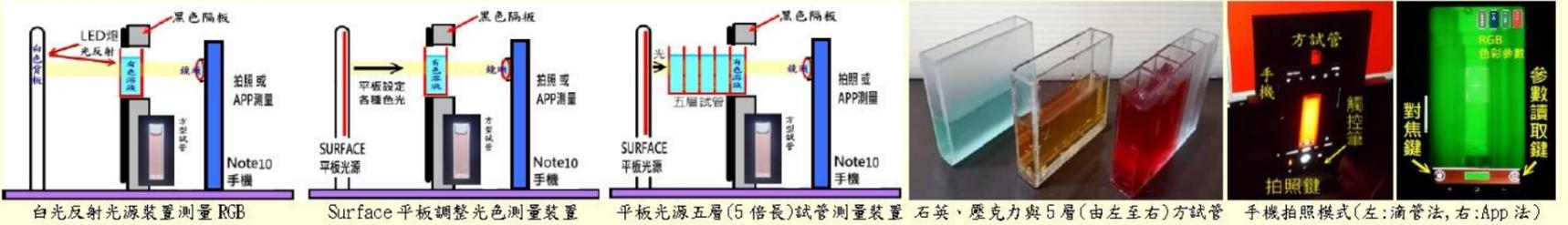
貳.研究目的:

本研究主要在探討溶液顏色種類與深淺變化，能不能藉由能測出 RGB 色彩參數的手機拍照與軟體測量(Photoimpact 與 colormeter App)，以數字大小來定量描述色彩的變化，避免文字敘述的模糊性。因而設計實驗與裝置，發展出以下的研究方向：

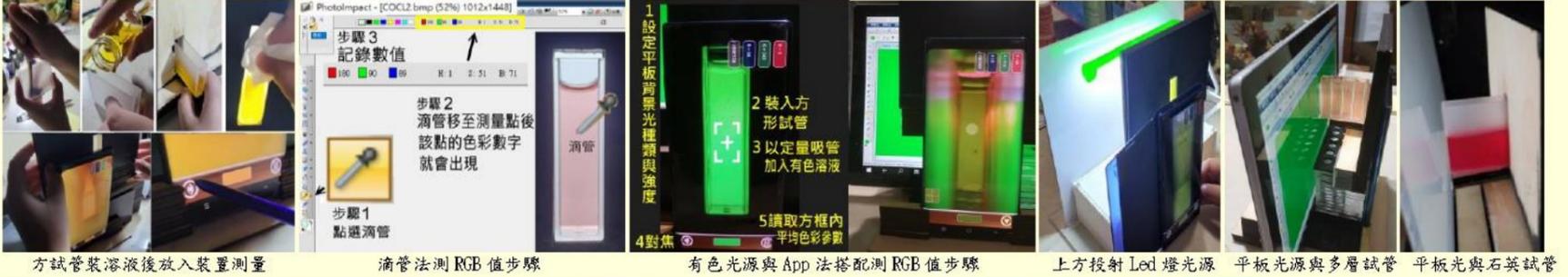
- 以氯化亞鈷(紫紅)、鉻酸鉀(黃)、硫酸亞錳(綠)與硫酸銅(藍)為研究目標，設計實驗裝置，研究以下變因與色彩參數的關係，來設計出能定量色彩變化的實驗裝置。
 - 不同溶液裝載容器(圓試管與方試管)。
 - 光源種類與方向(背板 LED 燈與 Surface 平板螢幕光源)。
 - 色彩參數測量方法(單點 Photoimpact 滴管法與方框範圍 colormeter app 法)
 - 方試管容器層數(溶液厚度)。
 - 光源強度變化(平板光源亮度設定, G255-G50)。
 - 最大範圍的溶液濃度。
- 實際運用以上實驗發展出的色彩參數 app 法，測量可在不同酸鹼中變色水溶液的色彩參數值。
 - 在蝶豆花、甲基橙、甲基紅、酚紅、溴瑞香草藍、酚酞溶液中添加不同酸鹼溶液(質量比-指示劑母液:水:酸鹼溶液為 1:8:1)，測量其酸鹼值與色彩參數，探討 RGB 值在指示劑的變色反應中，會有哪些變化形態。
 - 由於蝶豆花水溶液加入鹼後，顏色會隨時間變化由墨綠變成黃色，探討色彩參數的變化是否可作為化學變色反應速率的測量。並將色彩參數 app 法實際運用到葉子老化變色與蝶豆花溶液漂白效果實驗上，驗證效用。

參.研究設備與器材:

一. 實驗裝置演進過程:

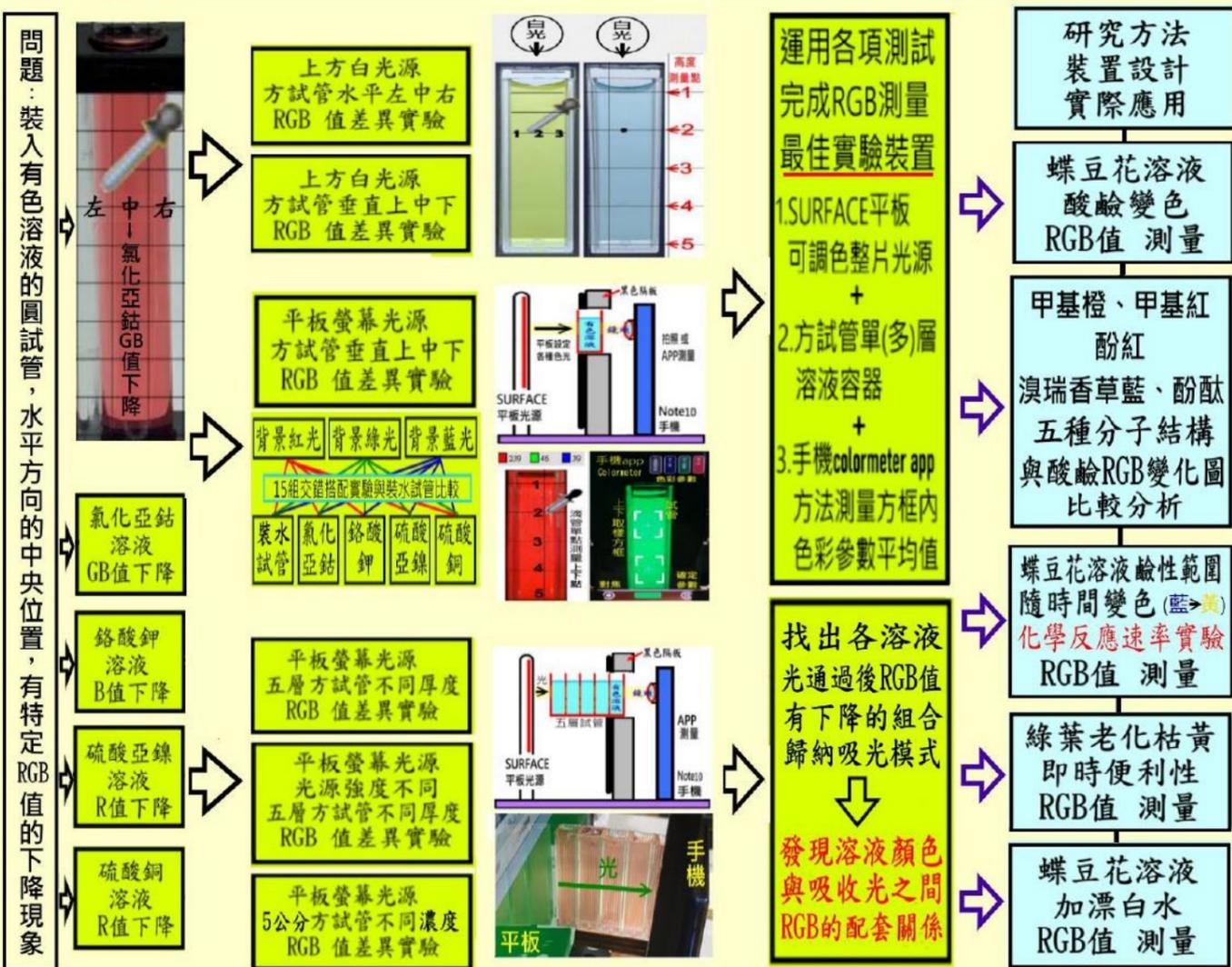


二. 測量方法步驟與實驗裝置之搭配:



肆.研究原理與方法:

一. 研究架構:



二. 研究原理:



三. 蝶豆花溶液萃取、配製指示劑與加酸鹼步驟:



伍. 研究結果與討論:

一. 使用四種有色溶液，以相機拍照後，在 PhotoImpact 繪圖軟體開啟影像，選擇試管的左、中、右點，以軟體中的滴管功能，進行 RGB 的數值測量。

(一) 放入圓試管中(三支試管，編為 1-9 點)，發現圓試管拍攝出來的溶液顏色並不均勻，圓形試管水平方向的中央數值有下降現象。

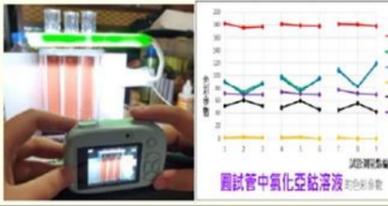
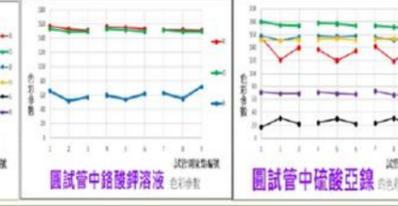
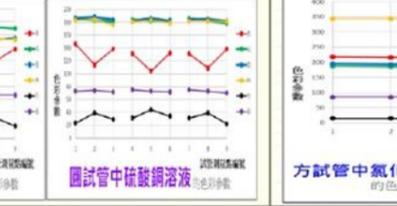
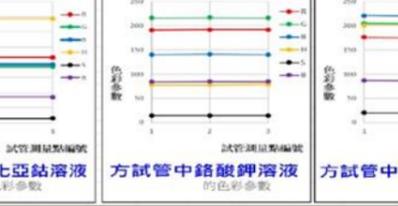
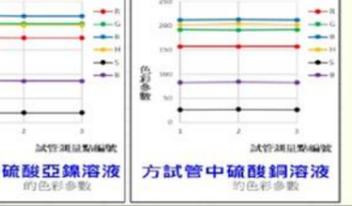
(二) 放入方試管中選擇水平方向的左、中、右點(編為 1-3 點)。發現方試管水平方向並沒有色彩參數差異。



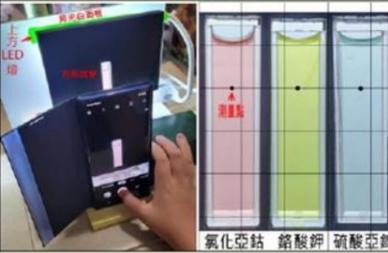
步驟1: 選擇目標區域後，該點的色彩數字就會出現

步驟2: 點選滴管

溶液種類	溶液試管中間位置，色彩參數值會下降的種類 (因為試管中間粗，溶液厚，色光被吸收較多，色彩參數 RGB 值可能下降)
3% 氯化亞鈷	溶液吸收綠、藍光，導致 G、B 值下降，S 值(色彩飽和度)上升
0.1% 鉻酸鉀	溶液吸收藍光，導致 B 值下降，S 值(色彩飽和度)上升
3% 硫酸亞鐵	溶液吸收紅光，導致 R 值下降，S 值(色彩飽和度)上升
3% 硫酸銅	溶液吸收紅光，導致 R 值下降(幅度比硫酸鐵大)，S 值上升

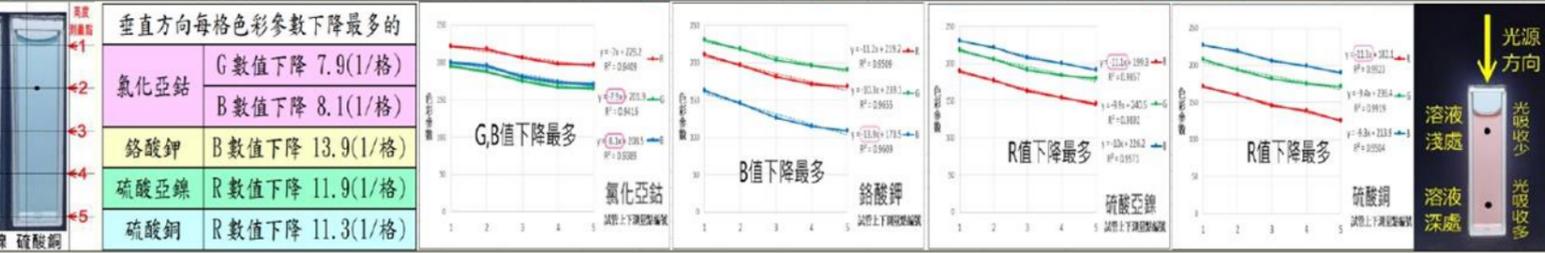






二. 選擇方試管垂直方向上下不同的取樣點 (編為 1-5 點，每層間隔 0.9cm)，以軟體中的滴管功能，進行 RGB 的數值測量。探討光源來自方試管上方，不同溶液深度(越深溶液越厚，光通過距離愈長)RGB 值變化。結果發現: 測量點愈深，測出的色彩參數值愈小，光被吸收愈多，特定 RGB 值有較大的下降。



垂直方向每格色彩參數下降最多的

氯化亞鈷	G 數值下降 7.9(1/格)
鉻酸鉀	B 數值下降 13.9(1/格)
硫酸亞鐵	R 數值下降 11.9(1/格)
硫酸銅	R 數值下降 11.3(1/格)

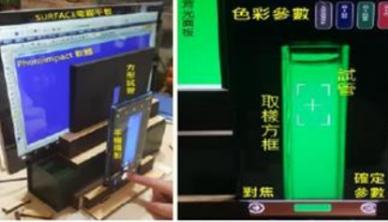


G、B 值下降最多

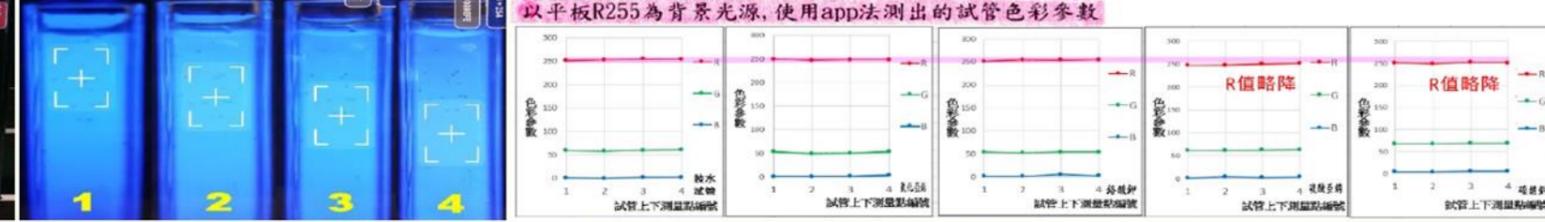
B 值下降最多

R 值下降最多

三. 使用平板光源調整 RGB 值，改變色彩作為光源使用。將有色溶液，放入方試管中(對照組為裝水試管)，光源來自背面整片的平板螢幕，以 App 法測量 (App 法比滴管法數值 均勻)，以方試管上下不同測量區框編號對色彩參數作圖，與裝水試管實驗結果進行比較: 結果找出各溶液有其特定 RGB 值的下降。



以平板 R255 為背景光源，使用 app 法測出的試管色彩參數

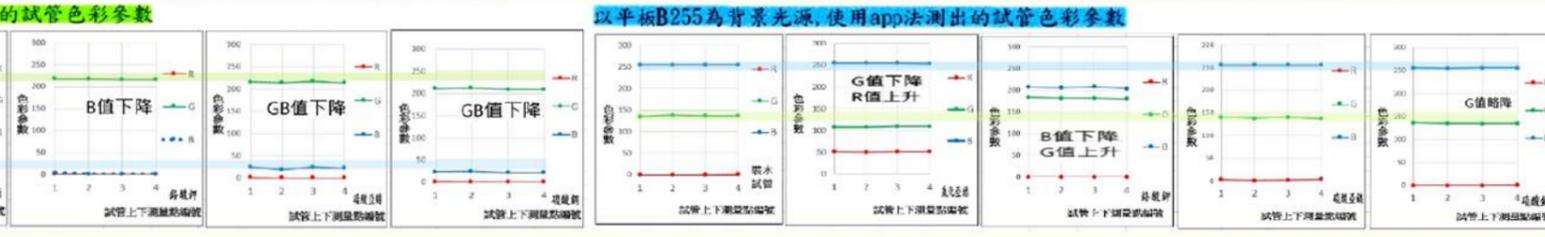


R 值略降

R 值略降



以平板 G255 為背景光源，使用 app 法測出的試管色彩參數



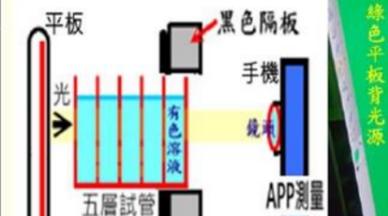
GB 值下降

B 值下降

GB 值下降

GB 值下降

四. 將四種有色溶液，放入 0-5 層方試管中(如下圖)，光源(有紅、綠、藍三種)來自背面整片的平板螢幕，以手機 App 軟體 colormeter 設定方試管方框範圍，將溶液裝滿不同層數(0-5 層)試管後，進行 RGB 的數值測量。結果發現溶液層數愈厚(光通過距離愈長)，各溶液有其特定 RGB 值的下降現象。



平板 黑色隔板 手機 APP 測量

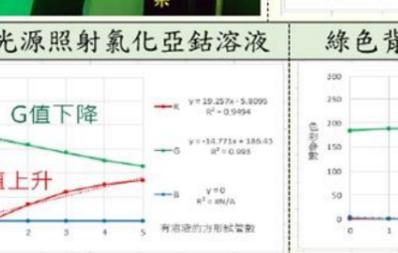
光源	溶液	相關係數平方 > 0.99 的色彩參數	平均每增加 1 層溶液 色彩參數降低
紅光	氯化亞鈷	R	2.69
	硫酸亞鐵	R	☆ 5.37
	硫酸銅	R	☆ 6.86
綠光	氯化亞鈷	G	☆ 14.77
	鉻酸鉀	無	0
藍光	氯化亞鈷	G	☆ 17.97
	鉻酸鉀	B	☆ 42.89
白光	氯化亞鈷	R	☆ 8.97
		G	☆ 27.86
	鉻酸鉀	B	☆ 34.97



綠色背光源照射氯化亞鈷溶液

G 值下降

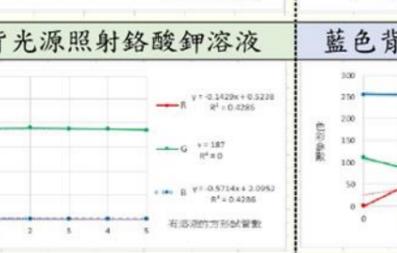
R 值上升



綠色背光源照射鉻酸鉀溶液

G 值下降

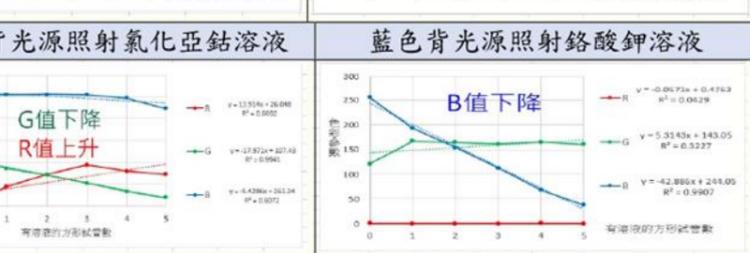
B 值被吸收



藍色背光源照射氯化亞鈷溶液

G 值下降

R 值上升



藍色背光源照射鉻酸鉀溶液

B 值下降

平板光源照射 0-5 層方試管溶液，RGB 值對層數作圖，歸納實驗配對如下: RGB 測量實驗設計已成功提供有色溶液定量研究，但需遵循光、色與 RGB 值配套: 能在有色溶液測量的實驗配套 a

溶液顏色	使用光源	測量的標的
紅 (洋紅)	綠光	G 值
	藍光	B 值
黃	藍光	B 值
藍 (青、綠)	紅光	R 值

1. RGB 值下降越多，表示該溶液因為厚度變厚，導致吸收光的量越多。 2. 平板光源使用白光(RGB 均 255)，溶液吸收光更多，測到的數值下降更明顯

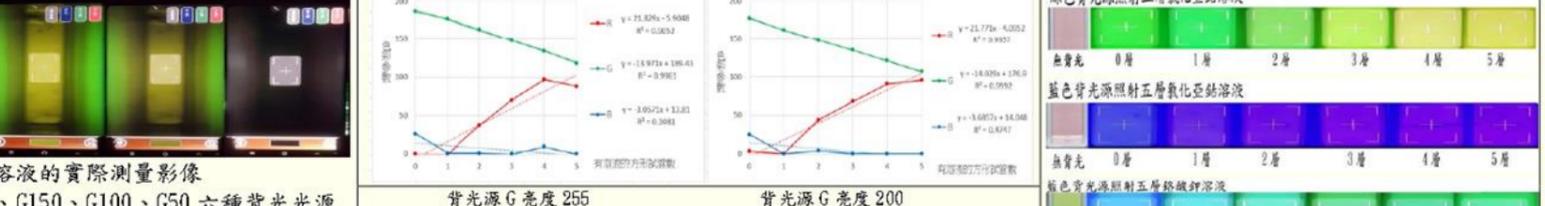
五. 不同強度綠光光源(G255-G50)照射氯化亞鈷溶液 5 層疊加方試管，光源亮度是否會對色彩參數的降低造成影響? 五層試管背光源與溶液配套影像



不同強度的綠光光源照射氯化亞鈷溶液的實際測量影像

由左而右分別是白光、G255、G200、G150、G100、G50 六種背光源

平板亮度設定 G 值	每增加一層溶液，手機測得 G 值減少量(斜率值)
255	13.971
200	14.029
150	14.143
100	14.057
50	14.171



背光源 G 亮度 255

背光源 G 亮度 200

背光源 G 亮度 150

背光源 G 亮度 100

背光源 G 亮度 50

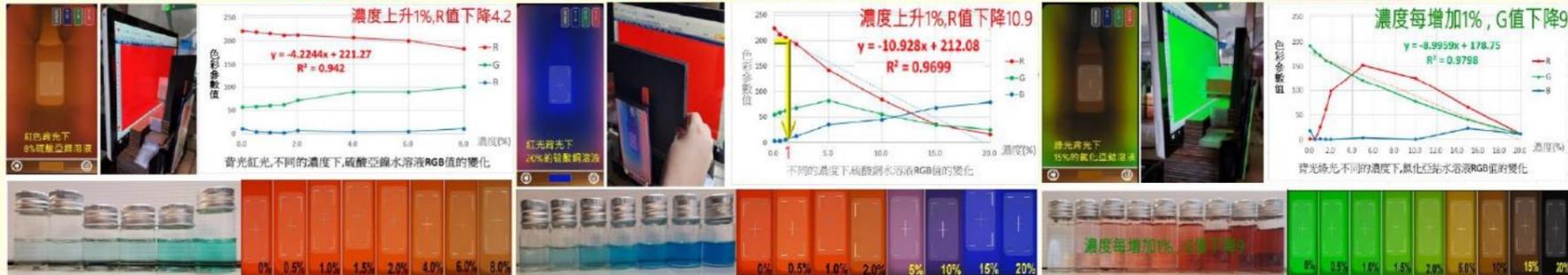
光源強度對每層 G 值減少量(均為約 14)影響很少，光源強度不影響溶液每層吸收光量數值。

六. 以紅光背光源搭配硫酸亞錳與硫酸銅溶液，綠光背光源搭配氯化亞鈷溶液，查閱溶解度，將溶液濃度範圍最大化，並以 5cm 方試管作為容器，以 App 法測量，不同濃度下，配套中的色彩數值有規律變化，RGB 數值可以測量溶液濃度的。(但白光 1cm 試管數據非直線)

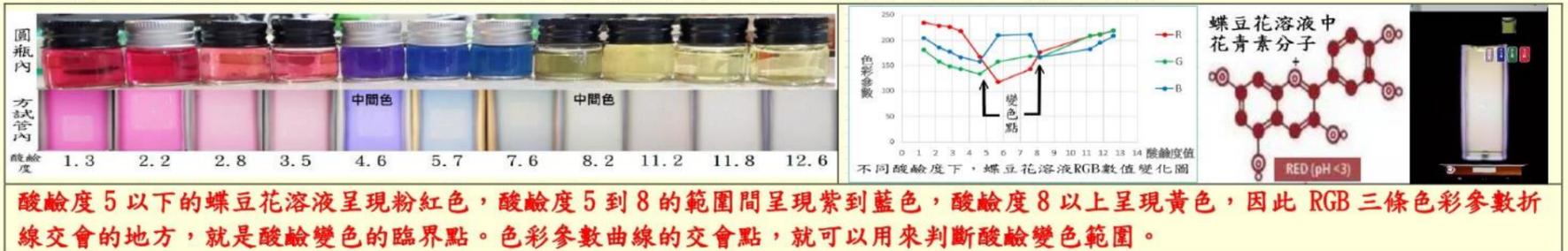
(一) 紅光光源照射硫酸亞錳溶液

(二) 紅光光源照射硫酸銅溶液

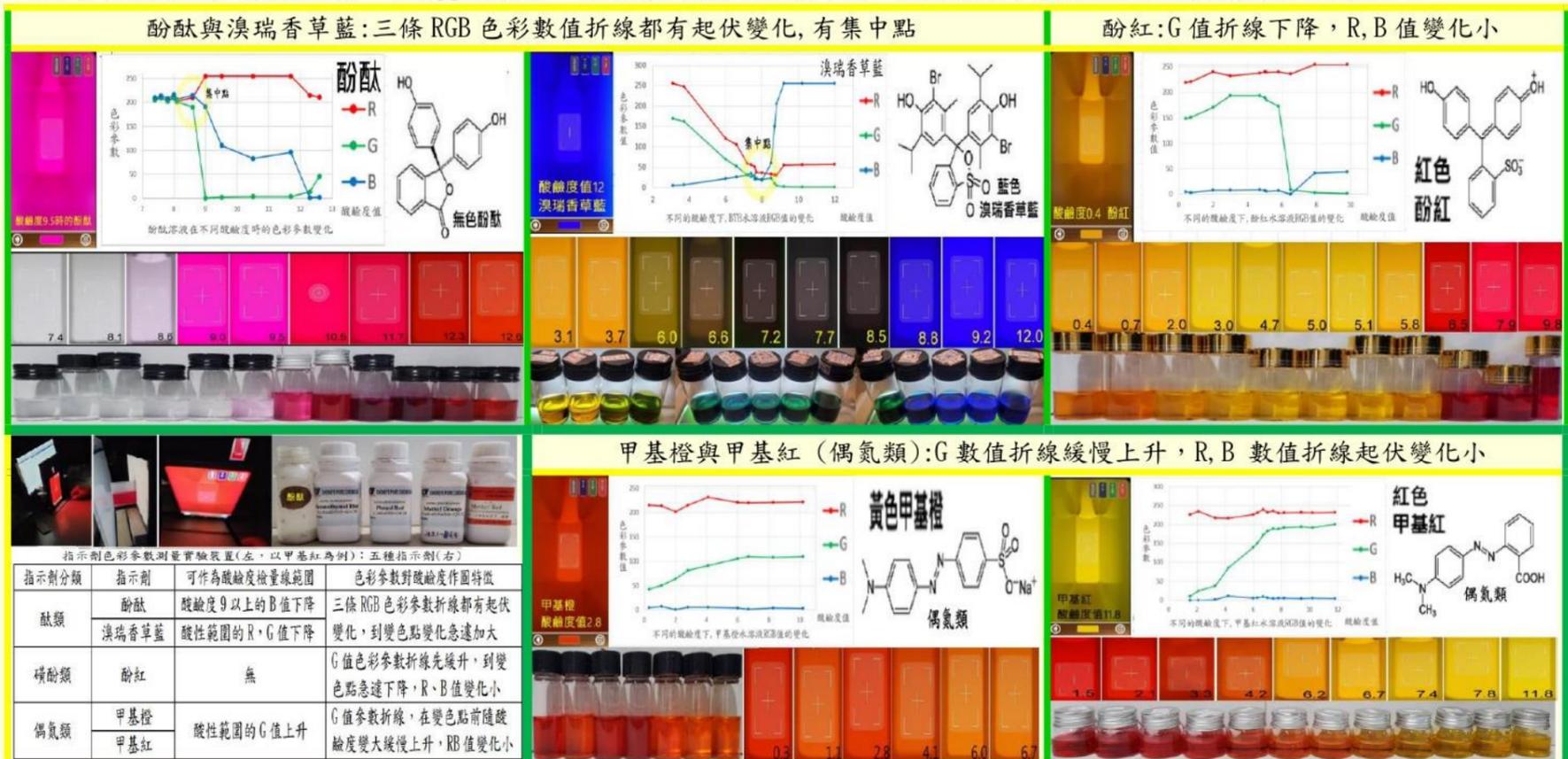
(三) 綠光光源照射氯化亞鈷溶液



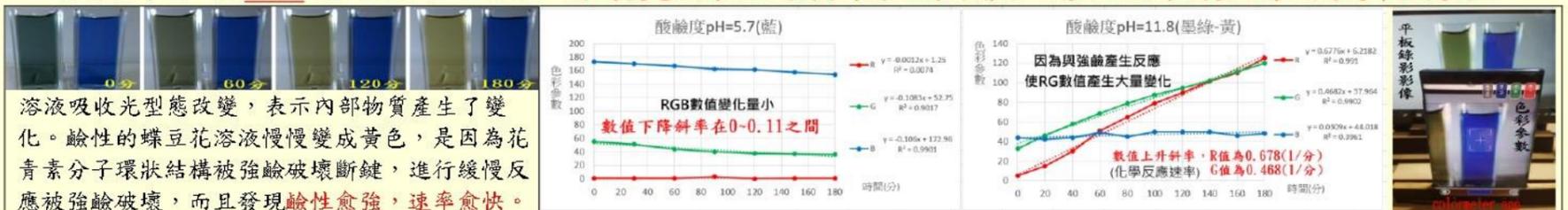
七. 添加不同種類的酸鹼溶液(指示劑母液:水:酸鹼溶液為 1:8:1)，測量酸鹼值。色彩數值的測量上:白光(R255, G255, B255)光源來自背面整片的平板螢幕，以 App 軟體 colormeter 選取方型試管讀取框，進行溶液 RGB 平均數值的測量。



八. 以白背光源搭配 5cm 方試管，以 App 法測量，探討指示劑分子結構不同，隨酸鹼度不同的 RGB 值變化模式是否有規律？



九. 蝶豆花溶液在鹼性中顏色會隨著時間變化，由墨綠變成黃色。以手機 App 軟體 colormeter 直接測量平板播出影片，記錄不同時間酸鹼度為 5.7 與 11.8 兩組溶液的 RGB 數值，探討變色現象 RGB 值與時間之間的關係，是可以用來測量化學反應速率快慢的。



十. 綠葉老化變色的即時測量:

正常葉子是吸收紅光與藍光而呈現綠色，R 值上升葉子變黃表示:內部的葉綠素減少，而導致紅光部分吸光降低。在農業上，如果用手機 app 測量發現葉子的 R 值已經在升高，就可以進行老化摘除或病蟲害處理。進行肉眼無法發現的即時判斷，早期發現進行預防與治療。

十一. 蝶豆花溶液加漂白水之漂白效果實測:

漂白效果在三個 RGB 值都呈現 255 時最好，實測將蝶豆花原液 9 毫升，加入 0.5 毫升 5% 漂白水，測量後發現蝶豆花原液色彩由紫變黃，參數值 R、G 值上升，B 值下降(如左圖)，並不能達到全變成白色的目標，難怪漂白後會留下黃斑。

陸. 結論:

本研究用色彩數值的測量方法，成功進行顏色的辨識，實驗第一部分為定色實驗裝置與測量方法改良。第二部分藉由指示劑溶液在酸鹼的變色，應用第一部份發展完成的設計，進行有顏色變化現象的實際測量。測量 RGB 研究方法與裝置，可以推廣到許多與顏色相關的研究，但需遵循實際顏色、光源選擇與 RGB 測量標的的配對原則 (如右表)。

- 在光源種類設計上:上方投射的 LED 白光做光源，會造成試管深淺顏色不均勻。改用 Surface 平板螢幕光，可以讓試管的 RGB 數值均勻外，也可以調整入射光的種類。
- 在容器(裝有色溶液)的種類設計上:
 - 圓試管中光通過試管中間，溶液厚度厚，導致試管中間有部分 RGB 值降低，也因此找到有色溶液種類與吸收特定光色的關係。
 - 以方試管作 RGB 值對照(水)與實驗組(各溶液)的比較發現:溶液種類與吸收特定光色的關係與圓試管實驗相同。
 - 設計五層方試管，研究 RGB 值與層數關係，證實溶液層數愈多，溶液吸收特定光色的 RGB 值有規律下降現象。溶液種類、光色與 RGB 有配對關係。
- 在色彩參數值測量方法的改良上:
 - Photoimpact 軟體滴管法，滴管可指出單點 RGB 值，但數值不穩定，過程較複雜。
 - 使用手機 colormeter App。可以即時測量整個方框範圍的色彩參數平均，即時獲得數據，測量過程較快捷、簡單與準確。
- 平板光入射亮度實驗發現:每層溶液能吸收的光量是固定的，與光源起始強度無關。
- 濃度實驗中，有色溶液有其吸收光種類的獨特性。找出光源、溶液種類與測量 RGB 值的搭配組合，才能以吸收光最多的組合，進行濃度的實驗。例如:以紅色光源，測量不同濃度藍色硫酸銅的 R 值，就可以作出濃度的檢量線。這樣就可以用來取代昂貴的分光光度計，並改善視覺比色法濃度測量不夠準確的缺點。
- 以 App 測量，找出指示劑隨酸鹼度變化，色彩數值變化的模式。發現這些變化模式與指示劑分類或分子結構有關。
- 化學反應進行過程中，測量不同時間的色彩參數，可以測出變色速率，色彩數值的測量可以成為測量化學反應速率的有效工具。
- 使用智慧型手機 colormeter app，測量葉色變化與蝶豆花原液漂白效果的實驗，能即時知道色彩變化的結果。運用手機 APP 法簡易的測量方法，本研究創造了一套測量色彩的方法與實驗裝置，可以測量溶液厚度，溶液濃度、化學反應速率與量化指示劑的變色。這些色彩的奧秘，用數字化處理後，看到了定量真實的科學，未來能應用在生活上來解決許多問題。

光源	實驗類別	氯化亞鈷	錳酸鉀	硫酸亞錳	硫酸銅
自然光	自然光目視溶液顏色	紫紅	黃	綠	藍
自然光	圓試管中央色彩參數下降者	GB	B	R	R
	方試管溶液愈深導致色彩參數下降最多者	GB	B	R	R
LED 白光燈	R255 單層方試管水平位置測量色彩參數	G	G	R	R
	G255 與無溶液試管色彩參數比較	GB	B	G	G
	B255 色彩參數下降最多者	G	B	均無下降	G
平板螢幕光源	R255 五層方試管固定位置測量色彩參數	R(值小)	無	R	R
	G255 方程式相關係數平方大於 0.99	G	無	無	無
	B255 每層下降色彩參數斜率最多者	G	B	無	無
	白光	RGB	B	R	R
歸納溶液應該吸收的光色		綠光	藍光	紅光	紅光