

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學科

佳作

080820

全視線的光變秀－光致變色性質的探討與應用

學校名稱：臺北市士林區天母國民小學

| | |
|--------|-------|
| 作者： | 指導老師： |
| 小五 黃郁臻 | 鄭蕙蘭 |
| 小六 陳禹廷 | 羅文杰 |
| 小六 陳品頤 | |
| 小四 楊閔凱 | |
| 小五 許育瑞 | |

關鍵詞：光致變色、全視線、UV 光

摘 要

原先是從同學所戴的變色鏡片，引發我們對光致變色染料的好奇。本來以為變色染料像水彩能調配出各種顏色，要是用來畫照光變臉的圖案，一定會很有趣。於是便針對：變色染料種類、濃度對色光、UV 光透光等變項設計實驗，發現

- 1.各色光對染料變色影響：UV>藍>綠>紅；染料對色光反應：藍>紅>橙>黃
- 2.變色染料能被酒精類的液體溶解成透明塗料，可增加染料的應用
- 3.利用色粉對不同光特定的變色反應，發展出 UV 光感應器

當發現塗料無法變透明時，原本很洩氣，幸好沒放棄，才意外試出甲苯溶解的配方，並成功設計出 UV 感應器！測試發現：能測各強度 UV 光，過程中不耗電。沒想到只是應用所學，堅持到最後，竟設計出實用發明，讓我們終於體會到科學研究的艱辛！

關鍵詞：光致變色、全視線、UV 光

壹、研究動機

有一天自然課下課時，看到有同學戴墨鏡到教室，難道不怕跌倒？後來再看時顏色變淺，才知道是變色鏡片。老師看到便跟他借來，用 LED 筆燈在鏡片上畫圈，照完後請他戴上，突然間大家看到熊貓眼都笑翻了！但沒多久黑眼圈便消失了，於是大家都輪流借來玩黑眼圈遊戲。後來老師說這是因為玻璃上塗有光致變色染料的關係，剛好暑假學校施工粉刷時，老師透過廠商買了一些光致變色染料。想起三年級曾學過光的有趣遊戲，於是我們便提議，要是把染料塗在教室玻璃上，不就能自動調整適當亮度，不會因強光刺眼或拉窗簾變暗又得開燈的困擾，這樣一來研究又能做環保，一定會很有意義。

貳、研究目的

- 一、探討光致變色染料的特性與顏色調配的關係。
- 二、設計製作檢測工具並呈現光致變色物質的特性。
- 三、探討光致變色物質的特性對光照反應的影響。
- 四、由光照反應歸納色光與光致變色物質的相互影響。
- 五、利用光致變色染料對色光的關係設計實用的檢測工具。

參、研究設備及器材

一、光致變色實驗組

(一)光致變色片

- 1.製作材料：光致變色粉(紅、橙、黃、藍)、透明漆、香蕉水、玻璃片
- 2.製作器具：電器膠布、玻璃棒、玻璃容器、滴管、微量電子秤、電鑽、攪拌棒

(二)自製檢測工具









- 1.光線檢測儀：光照盒、透光檢測盒、UV 燈、探照燈、光度計、壓克力板(紅、綠、藍)
- 2.UV 光偵測警示器：太陽能板、光致變色板、可變電阻、紅色 LED 燈、固定盒
- 3.簡易 UV 光偵測板：光致變色板、漸層片、偏光片

二、實驗儀器：光度計、UV 燈、探照燈














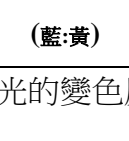


三、光致變色片製作材料

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 成分 |  |  |  |  |  |
| | 光致變色粉(紅、橙、黃、藍) | 透明漆 | 香蕉水 | 玻璃片 | |










四、光致變色片製作工具

| | | | | | |
|------|---|---|---|--|---|
| 製作工具 |  |  |  |  |  |
| | 微量電子秤 | 玻璃容器 | 電器膠布 | 玻璃棒 | 塑膠滴管 |
| |  |  |  | | |
| | 電鑽 | 攪拌棒 | 鋼杯 | | |





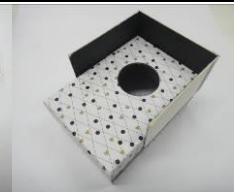










五、光致變色片完成品

| 顏色 | | 紅色 | 綠(藍:橙) 1.25:1 | 綠(藍:橙) 1:1 | 綠(藍:橙) 1:1.25 | 綠(藍:橙黃) 1:1.5 | 綠(藍:黃) 1:1.75 | 綠(藍:黃) 1:2 | 藍色 |
|--------|---|---|---|---|---|--|---|---|---|
| 不透明變色片 | 淺 |  | | | | (藍:橙)  |  | |  |
| | 中 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| | 深 |  | | | | (藍:黃)  |  | |  |

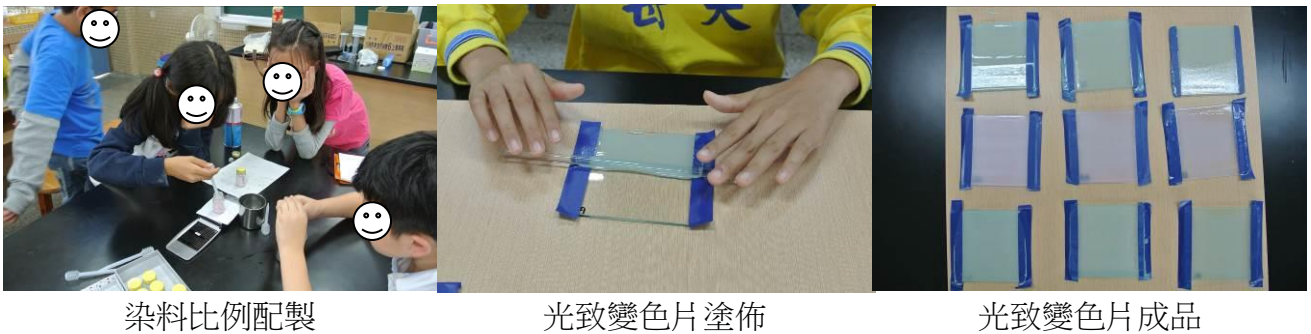
ps：綠色是由藍、黃、橙混色，但因為黃、橙色對光的變色反應不同，於是調出六種綠色，在進行影像處理的顏色比較

| 濃度/顏色 | | 紅色 | 綠色 | 藍色 | 光致變色片變色度檢測 |
|-------|---|---|---|---|------------|
| 透明變色片 | 淺 |  |  |  | |
| | 中 |  |  |  | |
| | 深 |  |  |  | |

六、檢測工具(自製儀器)

| 名稱 | 器材成品 | 組 件 名 稱 | | | |
|---------------------|---|---|---|--|---|
| 光線 檢測 儀 |  |  |  |  |  |
| | 光線分析檢測器 | 光照盒 | 探照燈 | UV 燈 | 光度檢測盒 |
| UV 偵測 警示 器 |  |  |  |  |  |
| | UV 偵測器 | 太陽能板 | 光致變色片 | LED、可變電阻 | 固定盒 |
| UV 偵測 板 |  |  |  |  |  |
| | UV 測量尺 | 光致變色片 | 偏光片(固定) | 偏光片(轉動) | 角度刻度尺 |

七、自製光致變色片



八、自製工具檢測操作



肆、研究過程與方法

一、製作流程與實驗定義

(一)製作實驗所需的光致變色片：在配製變色粉末時，我們請教油漆師傅後知道，可以將粉末與透明漆以 **1:4** 的比例混合攪拌，於是先用塑鋼土與鐵棒，自製各種攪拌棒。根據玻璃瓶容量(20mL)訂出配製重量比→**變色粉：透明漆：香蕉水=3.75g：11.25g：1g=16g**。並以這個比例為標準，再調配出其他實驗所需的比例。



1.製作過程：

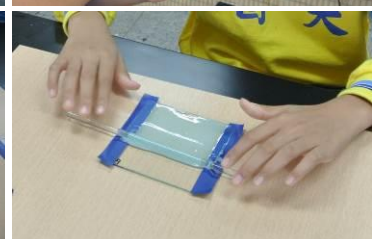
(1)顏料配製

- 將**光致變色粉 3.75g** 加入**透明漆 11.25g** 中(**1:4** 重量比)
- 再加入**香蕉水 1g** 稀釋
- 再以攪拌器攪拌均勻



(2)顏料塗佈

- 將玻璃片兩側貼上三層膠帶
- 再將顏料倒在玻璃片上
- 再用玻璃棒將顏料塗佈均勻
- 陰乾後取出便完成



2.根據光的特性設計實驗，並製作符合需求的光致變色片

(1)**顏色種類**：為瞭解光線對變色粉的影響，查閱書籍後發現，光是由紅、綠、藍三色所組成，但變色粉只有**紅、黃、橙、藍**四色，幸好想起美勞課使用**藍、黃**的色筆混出**綠**色的印象，但又發現相同光照下，黃粉沒有藍粉變色明顯，於是便增加三種黃粉比例。

- 紅**→3.75g
- 綠 A**→(藍:橙=1.25:1=**2.08g**：1.67g=3.75g)
綠 B→(藍:橙=1:1=**1.88g**：1.88g=3.75g)
綠 C→(藍:橙=1:1.25=**1.67g**：2.08g=3.75g)
綠 D→(藍:橙=1:1.50=**1.50g**：2.25g=3.75g)
綠 E→(藍:黃=1:1.50=**1.50g**：2.25g=3.75g)
綠 F→(藍:黃=1:1.75=**1.36g**：2.39g=3.75g)
綠 G→(藍:黃=1:2=**1.25g**：2.5g=3.75g)



C. **藍**→3.75 g

(2)**濃度**比例：濃度可從塗佈厚度與色粉比例來調整，由於塗佈不容易精準控制厚度，於是濃度便以調整**色粉**在**透明漆**中的比例。以下為變色粉、透明漆、香蕉水比例

- 淺**→15%=**2.25g**：12.75g：1g=16g
- 中**→25%=**3.75g**：11.25g：1g=16g
- 深**→35%=**5.25g**：9.75g：1g=16g



(二)製作**透明**的光致變色片：過程中發現各種色粉變色程度不同外，連對光反應時間也不同，更難的是，按比例還不一定能像水彩調出想要的顏色，色粉要是能變透明，使用的用途可能會更廣。和老師討論後，便又再拿出另一種粉末，並提示

- 透明漆為何無法溶解變色粉？
- 香蕉水在調配的過程中有何作用？
- 香蕉水為何可以稀釋(溶解)透明漆？
- 如何讓變色粉像透明漆一樣被溶解？



從問題中推測**香蕉水**可能是線索，但調配**色粉**時加入透明漆中為何不溶？我想**透明漆只是讓色粉均勻分布，連帶香蕉水也被透明漆稀釋，可能就不夠溶解色粉**，應該就是這樣！突然想到，曾經把透明漆加成香蕉水，就發現色粉有些透明。為了確定我們的推論，於是再請教油漆師傅，找出常用的油漆溶解劑後，便開始進行實驗。

| 種類 | 丙酮 | 酒精 | 香蕉水 | 甲苯 | 松香油 | 汽油 |
|----|----|----|-----|----|-----|----|
| 效果 | △ | × | ○ | ○ | △ | △ |
| 排名 | 4 | 6 | 2 | 1 | 3 | 5 |

根據結果決定以**甲苯**作為溶解色粉的溶劑。並且將溶有色粉的**甲苯**，直接加到透明漆中攪拌。在按照原來的**濃度**比例(**25%**)，分別調配出**紅、綠、藍**三種顏色。

1.製作過程：

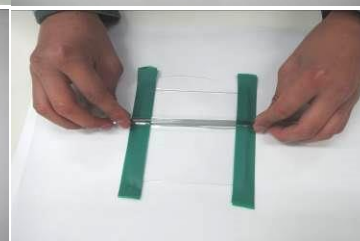
(1)顏料**配製**

- 把**透明變色粉 0.05 g** 加入 **甲苯 0.95g** 中溶解(**1:20** 重量比)
- 再加入 **透明漆 10g** 混合
- 再用攪拌器攪拌均勻



(2)顏料**塗佈**

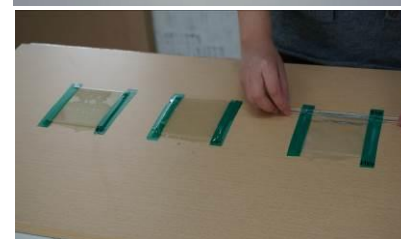
- 將玻璃片周圍貼上**三層**膠帶
- 再將顏料倒入玻璃片中央
- 再用玻璃棒將顏料塗佈均勻
- 陰乾後取出便完成



2.根據光的特性設計實驗，並製作符合需求的光致變色片

(1)**顏色**種類：利用**紅、黃、藍**三種變色粉，並根據之前調配比例，調出紅、綠(黃+藍)、藍等顏色(ps: 表示**溶解**)

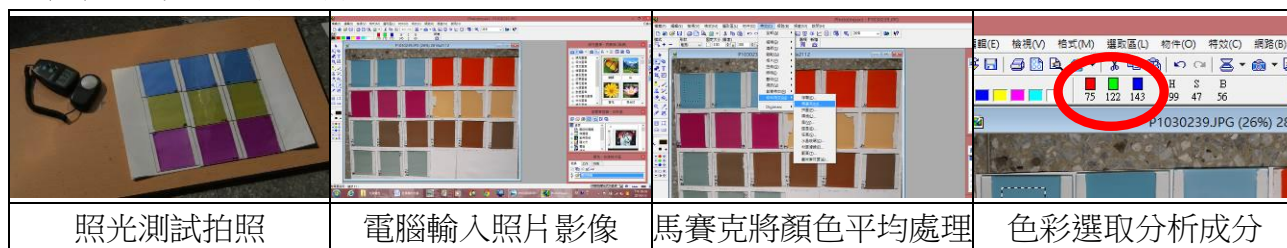
- 紅** → 紅：甲苯=0.05g：1.43g=3.5%
→提取 0.1g+(甲苯 0.9g)+(透明漆 10g)→**0.035%**
- 綠** → 藍：修正粉：甲苯=0.05g：0.05g：10.42g=0.48%
黃：甲苯=0.05g：1.43g=3.5%
→提取 藍 0.4g+黃 0.6g+(透明漆 10g)→**0.019%+0.21%**
- 藍** → 藍：修正粉：甲苯=0.05g：0.1g：10.42g=0.48%
→提取 1g+(透明漆 10g)→**0.048%**



(2)**濃度**比例：由於變色粉在甲苯的溶解度有限，為使濃度固定，便以塗佈時所貼的膠帶**層數**來做為**厚度**標準

- 淺**→**3** 層膠帶厚度；
- 中**→**6** 層膠帶厚度；
- 深**→**9** 層膠帶厚度

(三)變色粉變色度分析測試：



1.不透明變色粉光照結果：將變色粉變色的結果拍照，透過 **photoimpact** 先將照片馬賽克化後，以**色彩選取**功能，可看出顏色的成分，而 **RGB** 數值便代表色粉的變色程度

| | 紅 | 綠 A | 綠 B | 綠 C | 綠 D | 綠 E | 綠 F | 綠 G | 藍 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| R | 149 | 102 | 108 | 113 | 109 | 89 | 109 | 127 | 69 |
| G | 33 | 75 | 73 | 62 | 54 | 62 | 122 | 136 | 119 |
| B | 72 | 54 | 43 | 35 | 24 | 41 | 112 | 133 | 142 |
| 成分 | 紅藍 | 咖啡 | 咖啡 | 咖啡 | 咖啡 | 灰偏綠 | 灰偏綠 | 灰偏綠 | 藍綠 |



不透明變色粉變色反應

2.透明變色粉光照結果：

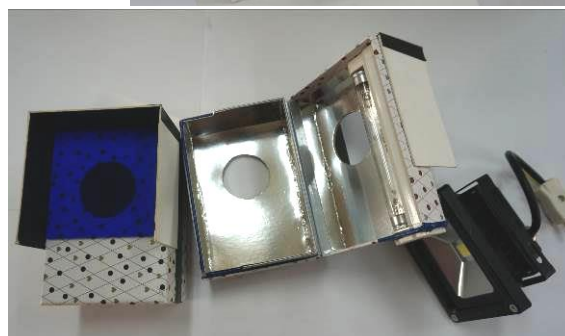
| | 紅 H | 紅 M | 紅 L | 綠 H | 綠 M | 綠 L | 藍 H | 藍 M | 藍 L |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| R | 105 | 76 | 73 | 93 | 82 | 76 | 45 | 28 | 24 |
| G | 41 | 17 | 13 | 93 | 83 | 77 | 79 | 65 | 58 |
| B | 101 | 71 | 64 | 31 | 25 | 19 | 125 | 109 | 93 |
| 成分 | 紅藍 | 紅藍 | 紅藍 | 紅綠 | 紅綠 | 紅綠 | 藍綠 | 藍綠 | 藍綠 |



透明變色粉變色反應

(二)根據變色粉對**光照**反應定訂檢測的標準

- 白光**：利用 **5W** 的 **LED 探照燈**，作為實驗的標準光源，透過光照盒集光後，透過出光口便可測試光致變色片對白光的透光反應
- 色光**：利用 **5W** 的 **LED 探照燈**，光線分別穿透**紅、綠、藍**三種顏色的透明壓克力板，便能在出光口形成紅、綠、藍的色光，用來做為測試光致變色片對三色光的透光反應。
- UV 光**：利用 **6W** 的 **UV 燈**，透過光照盒集光後，再透過出光口便可測試光致變色片對 UV 光的變色反應。
- 透光度**：利用**光照計**測量各種光源(白光、色光、UV 光)，比較**直接照射**與**透過光致變色片**兩者光度的比值，便可量出光致變色片的透光度。
- 變色度(濾鏡分色)**：利用各種光源(白光、色光、UV 光)透過光致變色片後，再分別透過**紅、綠、藍**三種顏色的透明壓克力板為濾鏡，以**光照計**測量三色濾過的光亮度，比較三組**直接照射**與**透過光致變色片**的比值，便可量出光致變色片的變色度。
- 變色度(電腦分色)**：將照片利用影像處理，以**色彩選取**分出 **RGB** 數值的色階成分。



二、變項探討與實驗設計

(一)光致變色片對**白光透光**的影響

操作：

- 1.以白色 LED 探照燈，透過光照盒，照射透明與不透明的兩種光致變色片。
- 2.以光照計測量兩種光致變色片的透光量。

記錄：透光量、透光比

分析：在排除 UV 光的影響下，比較透明與不透明兩種變色片的透光度，並做為之後變色片的變色基準。



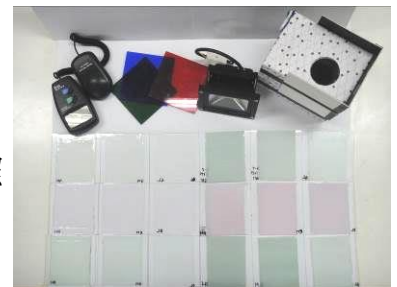
(二)光致變色片對**三色光透光**的影響

操作：

- 1.以白色 LED 燈，分別透過紅、綠、藍濾鏡後，產生與濾鏡相同的三色光。
- 2.再讓透過濾鏡所產生的紅、綠、藍三色光，分別透過光照盒，照射透明與不透明的兩種光致變色片。
- 3.再以光照計測量兩種光致變色片的透光量。

記錄：透光量、透光比

分析：在排除 UV 光的影響下，比較透明與不透明兩種變色片，對三色光的透光度，做為之後變色片的變色基準。



(三)光致變色片對**UV 光透光**的影響

操作：

- 1.以 UV 燈，透過光照盒，照射透明與不透明的兩種光致變色片。
- 2.以光照計測量兩種光致變色片的透光量。

記錄：透光量、透光比

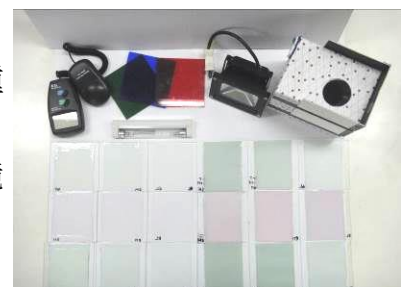
分析：在排除其他光線的影響下，比較透明與不透明兩種變色片，對 UV 光實際的變色反應。



(四)**白光**照射下，**UV 光**對光致變色片**透光與變色**的影響

操作：

- 1.以 UV、白色 LED 燈，同時開啟並透過光照盒，照射兩種光致變色片。
- 2.將透過光致變色片的光線，再分別以紅、綠、藍三色濾鏡進行分色。
- 3.以光照計分別測量出經紅、綠、藍濾鏡分色後的透光量。



記錄：透光量、透光比、變色度

分析：

- 1.經由 UV 光與白光對變色片的透光量，透過紅、綠、藍三種濾鏡分色後，從通過三色濾鏡後的透光比，便可還原出變色片變色後的色階變化
- 2.從所還原紅、綠、藍的色階變化，便可以比較出透明與不透明變色片，在照射 UV 光後，除看出變色的程度外，還可知道變色後的透光變化。

(五)三色光照射下，UV 光對光致變色片透光與變色影響

操作：

- 1.以 UV 燈及紅、綠、藍濾鏡所產生的三色光，同時透過光照盒，照射透明光致變色片
- 2.將透過透明光致變色片的光線，再分別以紅、綠、藍三色濾鏡進行分色。
- 3.以光照計分別測量出經紅、綠、藍濾鏡分色後的透光量。

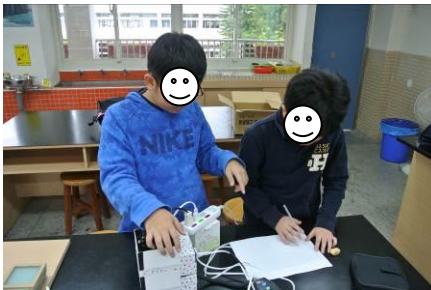


記錄：透光量、透光比、變色度

分析：

- 1.經由 UV 光與三色光對變色片的透光量，透過紅、綠、藍三種濾鏡分色後，從通過三色濾鏡後透光比，便可還原出變色片變色後的色階變化。
- 2.照射 UV 光變色後，經濾鏡所產生的紅、綠、藍色光照射，再以紅、綠、藍三種濾鏡分色，從三色還原的色階，便能看出變色片變色後與三色光吸收、反射的關係。

三、實驗操作過程



光致變色片透光實驗



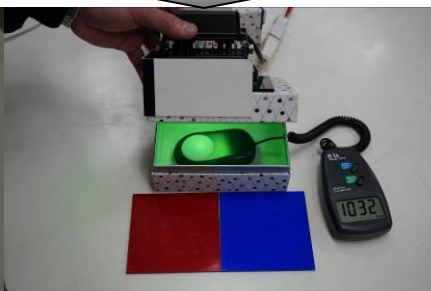
RGB 濾鏡分色實驗



UV 光變色實驗



透光實驗結果



分色實驗結果



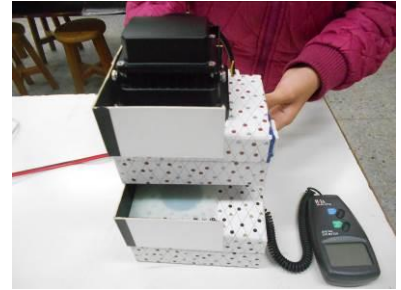
變色實驗結果

伍、研究結果

實驗一：比較透明與不透明光致變色片，對於白光透光差異的影響

說明：

- 1.以白色 LED 探照燈，透過光照盒，照射透明與不透明的兩種光致變色片。
- 2.以光照計測量光致變色片的透光量，再與透明玻璃片對照算出透光比。

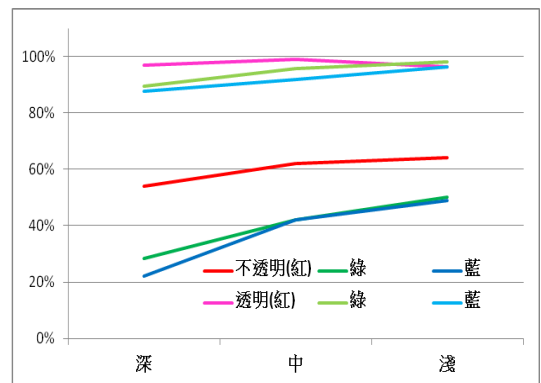


結果：

不同濃度的透明與不透明變色片，透光結果如下表
表：不同顏色與濃度變色片透光比較

| 透光 | 種類 | 不透明光致變色片 | | | 透明光致變色片 | | |
|-----|-------|----------|------|------|---------|------|------|
| | 濃度\顏色 | 紅 | 綠 | 藍 | 紅 | 綠 | 藍 |
| 透光量 | 透明 | 9180 | 9180 | 9180 | 9180 | 9180 | 9180 |
| | 深 | 4957 | 2607 | 2020 | 8910 | 8220 | 8060 |
| | 中 | 5692 | 3856 | 3856 | 9100 | 8800 | 8430 |
| | 淺 | 5875 | 4590 | 4498 | 8850 | 9020 | 8840 |
| 透光比 | 深 | 54% | 28% | 22% | 97% | 90% | 88% |
| | 中 | 62% | 42% | 42% | 99% | 96% | 92% |
| | 淺 | 64% | 50% | 49% | 96% | 98% | 96% |

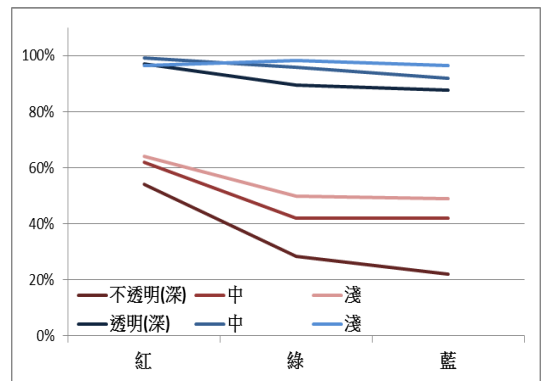
單位：Lux



圖：各顏色變色片濃度透光比較

發現：

- 1.透明變色片的透光比(96%)比不透明(46%)高
- 2.透光量(比)不管透明與否都呈現：紅>綠>藍
- 3.隨著濃度的增加(+20%)
 - (1)濃度越深，透光比越低：不透明 54→35%、透明 97→91%
 - (2)不同顏色間的透光比差距會變大：紅 10%、綠 22%、藍 27%
 - (3)不透明變色片(42%)的差距又比透明(11%)大
 - (4)濃度對透光的影響，沒有比顏色明顯(15~32%)
- 4.隨著顏色的改變：紅→綠→藍
 - (1)濃度越深，顏色對透光的差異：紅<綠<藍
 - (2)不透明變色片顏色，對透光的差異(15%)要比透明(2%)大



圖：各濃度變色片顏色透光比較

思考：利用白光照射可以看出各種變色片的透光情形，但不同顏色的變色片，濃度即使相同，透光量(比)的差異卻很大，是否變色片本身的顏色，也會對光所含的顏色成分造成影響？

實驗二：比較透明與不透明光致變色片，對三色光透光差異的影響

說明：

- 1.以白色 LED 探照燈，透過紅、綠、藍濾鏡後，產生與濾鏡相同的三色光，再進入光照盒，照射透明與不透明的兩種光致變色片。
- 2.以光照計測量光致變色片的透光量，再與透明玻璃片對照算出透光比。



結果：不同顏色、濃度的透明與不透明變色片，對不同色光的透光結果如下表

| 變色片 | 紅色變色片 | | | 綠色變色片 | | | 藍色變色片 | | | |
|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 色光 | 紅光 | 綠光 | 藍光 | 紅光 | 綠光 | 藍光 | 紅光 | 綠光 | 藍光 |
| 不透明光致變色片 | 透明 | 1900 | 3900 | 7000 | 1900 | 3900 | 7000 | 1900 | 3900 | 7000 |
| | 淺 | 1250(66%) | 2400(62%) | 4000(57%) | 1200(63%) | 2300(59%) | 3700(53%) | 1200(63%) | 2300(59%) | 3600(51%) |
| | 中 | 1200(63%) | 2300(59%) | 3800(54%) | 1100(58%) | 2100(54%) | 3200(46%) | 1100(58%) | 2100(54%) | 3200(46%) |
| | 深 | 1100(58%) | 2000(51%) | 3400(49%) | 900(47%) | 1600(41%) | 2400(34%) | 700(37%) | 1300(33%) | 1900(27%) |
| 曲面圖表說明 | | | | | | | | | | |
| 透明光致變色片 | 色光 | 紅光 | 綠光 | 藍光 | 紅光 | 綠光 | 藍光 | 紅光 | 綠光 | 藍光 |
| | 透明 | 680 | 1526 | 2580 | 680 | 1526 | 2580 | 680 | 1526 | 2580 |
| | 淺 | 640(94%) | 1320(87%) | 2270(88%) | 630(93%) | 1484(97%) | 2500(97%) | 640(94%) | 1514(99%) | 2430(94%) |
| | 中 | 610(90%) | 1310(86%) | 2260(88%) | 620(91%) | 1444(95%) | 2240(87%) | 630(93%) | 1501(98%) | 2340(91%) |
| 深 | 600(88%) | 1280(84%) | 2170(84%) | 610(90%) | 1420(93%) | 2160(84%) | 610(90%) | 1444(95%) | 2120(82%) | |
| 曲面圖表說明 | | | | | | | | | | |

發現：

- 1.三色光對不透明變色片的透光量(4267lux)比白光(9180lux)低
- 2.三色光的透光量：藍光>綠光>紅光；透光比則相反：紅光>綠光>藍光
- 3.不透明變色片對三色光幾乎沒有產生變色
- 4.透明變色片對色光的透光比(91%)比不透明(52%)高
- 5.由三色光對透明變色片透光比，可看出顏色和色光間的相互影響：
紅光→紅變色片(94%)、綠光→綠變色片(97%)、藍光→藍變色片(94%)
- 6.由色光對變色片顏色與濃度透光比對發現：不透明濃度對透光比的影響比顏色明顯；
透明顏色對透光比的影響比濃度明顯

思考：雖然不同色光對變色片變色的差異不明顯，但依舊可以看出透光量：藍光>綠光>紅光的趨勢，那是不是代表光的強度越強，變色片的反應就越明顯？

實驗三：比較透明與不透明光致變色片，對 UV 光透光差異的影響

說明：

- 1.以 UV 燈，透過光照盒，照射透明與不透明的兩種光致變色片。
- 2.以光照計測量光致變色片的透光量，再與透明玻璃片對照算出透光比。

結果：不同顏色、濃度的透明與不透明變色片，對 UV 光的透光結果如下表

表：兩種不同顏色與濃度變色片透光比較

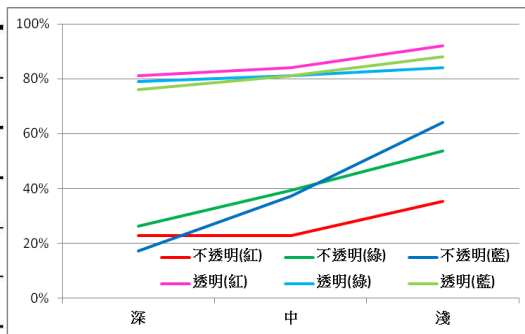
| 透光 | 種類 | 不透明光致變色片 | | | 透明光致變色片 | | |
|-----|-------|----------|-----|-----|---------|-----|-----|
| | 濃度\顏色 | 紅 | 綠 | 藍 | 紅 | 綠 | 藍 |
| 透光量 | 透明 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 |
| | 深 | 30 | 38 | 25 | 118 | 114 | 110 |
| | 中 | 33 | 57 | 54 | 122 | 117 | 117 |
| 透光比 | 深 | 23% | 26% | 17% | 81% | 79% | 76% |
| | 中 | 23% | 39% | 37% | 84% | 81% | 81% |
| | 淺 | 35% | 54% | 64% | 92% | 84% | 88% |

單位：Lux

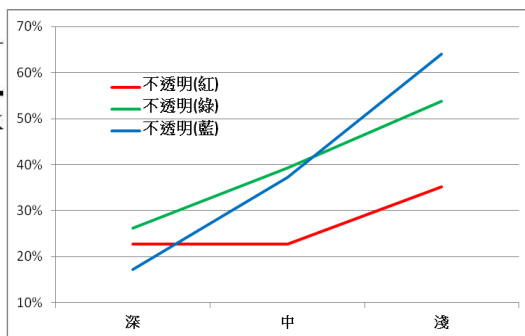
發現：

- 1.由變色片透光比很低(不透明 35%、透明 83%)發現，變色片對 UV 光有明顯的變色反應。
- 2.不透明變色片因為濃度，所造成透光比的差距，要比透明變色片要明顯。
- 3.比對陽光下的變色程度發現：UV 光強度不同，變色程度也不同。
- 4.UV 光亮度不高(145Lux)，卻明顯使變色片變色，可見變色片可有效阻隔 UV 光。
- 5.所以使變色片變色的原因除了亮度外，更重要的還有光線本身的強度。
- 6.由 UV 光對變色片透光比對發現：濃度對透光比的影響比顏色明顯。
- 7.由實驗一~三結果發現，讓變色片變色的光線強度：UV 光>白光>藍光>綠光>紅光。

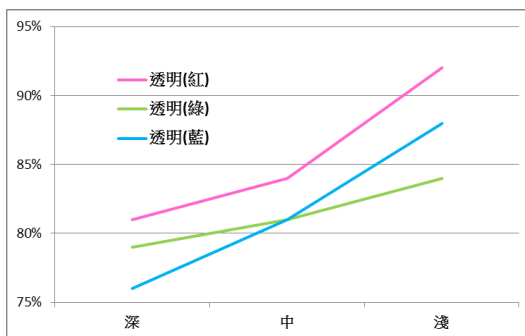
思考：變色片對 UV 光變色反應特別明顯，阻隔的效果也特別好，但太陽光除了 UV 光外，還包含許多顏色的光，有可能為了阻擋 UV 光，是否同時也會阻隔了正常光線而影響真正採光的需要？



圖：兩種變色片對 UV 光透光比較



圖：不透明變色片對 UV 光透光比較



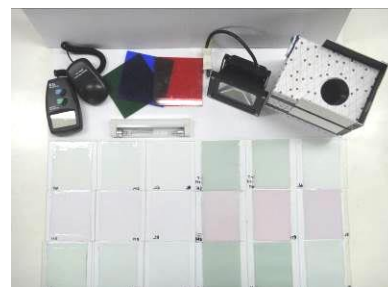
圖：透明變色片對 UV 光透光比較

實驗四：白光照射下，UV 光對光致變色片透光與變色的影響

說明：

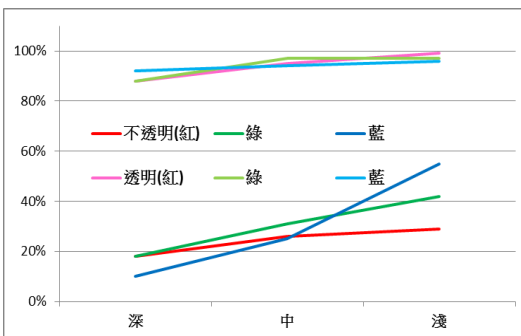
- 1.以 UV、LED 燈，同時透過光照盒，照射透明與不透明的兩種光致變色片。
- 2.透過 RGB 三色濾鏡分色後，以光照計測量光致變色片的透光量，再與透明玻璃片對照算出透光比。

結果：不同顏色、濃度的透明與不透明變色片，對 UV+白光的透光與變色結果如下表



圖、表：兩種不同顏色與濃度變色片透光比較

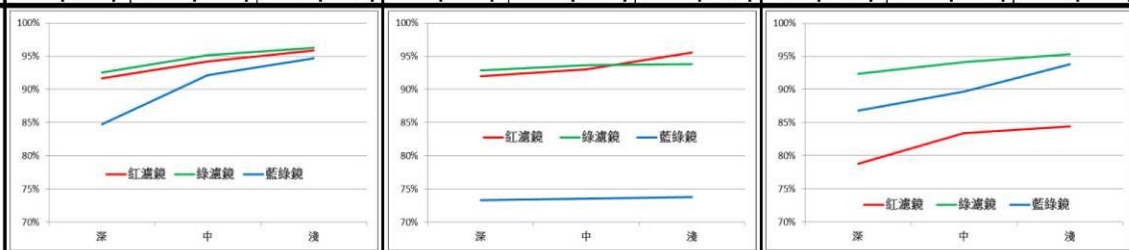
| 透光 | 種類 | 不透明光致變色片 | | | 透明光致變色片 | | |
|-----|-------|----------|------|------|---------|------|------|
| | 濃度\顏色 | 紅 | 綠 | 藍 | 紅 | 綠 | 藍 |
| 透光量 | 透明 | 9640 | 9640 | 9640 | 9150 | 9150 | 9150 |
| | 深 | 1750 | 1693 | 992 | 8080 | 8090 | 8420 |
| | 中 | 2500 | 3010 | 2410 | 8650 | 8880 | 8630 |
| 透光比 | 深 | 18% | 18% | 10% | 88% | 88% | 92% |
| | 中 | 26% | 31% | 25% | 95% | 97% | 94% |
| | 淺 | 29% | 42% | 55% | 99% | 97% | 96% |



表：透明變色片顏色與濃度色階比較

| 透光 | 種類 | 透明光致變色片同時照射 UV+白光 | | | | | | | | |
|-----|-----|-------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | 變色片 | 紅色變色片 | | | 綠色變色片 | | | 藍色變色片 | | |
| 透光量 | 濾鏡 | 紅濾鏡 | 綠濾鏡 | 藍濾鏡 | 紅濾鏡 | 綠濾鏡 | 藍濾鏡 | 紅濾鏡 | 綠濾鏡 | 藍濾鏡 |
| | | 透明 | 674 | 1406 | 2430 | 674 | 1406 | 2430 | 674 | 1406 |
| | 深 | 618(92%) | 1301(93%) | 2060(85%) | 620(92%) | 1306(93%) | 1781(73%) | 531(79%) | 1299(92%) | 2110(87%) |
| | 中 | 635(94%) | 1338(95%) | 2240(92%) | 627(93%) | 1317(94%) | 1787(74%) | 562(83%) | 1323(94%) | 2180(90%) |
| | 淺 | 646(96%) | 1354(96%) | 2300(95%) | 644(96%) | 1319(94%) | 1793(74%) | 569(84%) | 1340(95%) | 2280(94%) |

圖表說明



發現：

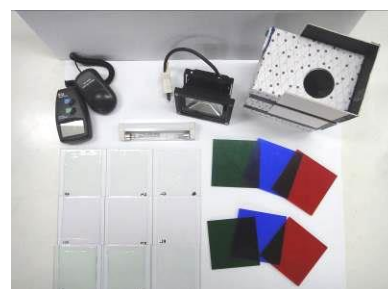
- 1.透明變色片照射 UV 光後，對光線的透光比(94%)比不透明(28%)高
- 2.不透明變色片對 UV 光照射，所產生透光比(10~55%)的差距要比透明(88~99%)明顯
- 3.照射 UV 光後，濃度對透光比影響(不透明：15→42%、透明：89→97%)要比顏色(不透明：24→30%、透明：94→94%)大，且不透明的濃度與顏色差距又比透明大
- 4.透過紅、綠、藍濾鏡分色後發現
 - (1)所產生三色透光比的比例、和拍照後透過影像處理的色素解析趨勢一致
 - (2)將濾鏡分色後的透光比，依比例以電腦混色處理，可還原出變色片所呈現的顏色
 - (3)利用濾鏡分色，可從 RGB 三色的透光比，分析出物體顏色的成分與比例

思考：透過紅、綠、藍濾鏡對光線的透光比分析，可以看出光的成分，但白光含有三色的成分在內，如何看出變色片顏色真的會對成分相近色光的透光效果特別好？

實驗五：三色光照射下，UV 光對光致變色片透光與變色的影響

說明：

- 1.以 UV、三色燈，同時透過光照盒，照射透明光致變色片。
- 2.透過 RGB 三色濾鏡分色後，以光照計測量光致變色片的透光量，再與透明玻璃片對照算出透光比。



結果：不同顏色、濃度的透明與不透明變色片，對 UV+色光的變色結果如下表

表：透明變色片顏色與濃度色階比較

| 透光 | 種類 變色片 濾鏡 | 透明光致變色片同時照射 UV+色光 | | | | | | | | |
|------|-----------------|-------------------|----------|-----------|----------|----------|------------|----------|----------|------------|
| | | 紅色變色片 | | | 綠色變色片 | | | 藍色變色片 | | |
| | | 紅濾鏡 | 綠濾鏡 | 藍濾鏡 | 紅濾鏡 | 綠濾鏡 | 藍濾鏡 | 紅濾鏡 | 綠濾鏡 | 藍濾鏡 |
| 紅光透光 | 透明 | 429 | 55 | 11 | 429 | 55 | 11 | 429 | 55 | 11 |
| | 深 | 392(91%) | 50(91%) | 9(82%) | 407(95%) | 52(95%) | 10(91%) | 393(92%) | 53(96%) | 10(91%) |
| | 中 | 401(93%) | 51(93%) | 10(91%) | 421(98%) | 54(96%) | 10(91%) | 402(94%) | 54(98%) | 10(91%) |
| | 淺 | 417(97%) | 52(95%) | 10(91%) | 421(98%) | 53(98%) | 10(91%) | 409(95%) | 54(98%) | 10(91%) |
| 綠光透光 | 透明 | 54 | 392 | 200 | 54 | 390 | 200 | 54 | 392 | 200 |
| | 深 | 45(83%) | 357(91%) | 191(96%) | 51(94%) | 358(92%) | 182(91%) | 48(89%) | 343(88%) | 191(96%) |
| | 中 | 51(94%) | 362(92%) | 192(96%) | 52(96%) | 370(95%) | 190(95%) | 50(93%) | 356(91%) | 194(97%) |
| | 淺 | 52(96%) | 386(98%) | 193(97%) | 52(96%) | 383(98%) | 192(96%) | 52(96%) | 375(96%) | 196(98%) |
| 藍光透光 | 透明 | 10 | 198 | 1414 | 10 | 198 | 1414 | 10 | 198 | 1414 |
| | 深 | 9(90%) | 181(91%) | 1308(93%) | 10(100%) | 190(96%) | 1332(94%) | 10(100%) | 186(94%) | 1350(95%) |
| | 中 | 10(100%) | 186(94%) | 1372(97%) | 10(100%) | 195(98%) | 1410(100%) | 10(100%) | 192(97%) | 1372(97%) |
| | 淺 | 10(100%) | 190(96%) | 1376(97%) | 10(100%) | 197(99%) | 1423(101%) | 10(100%) | 194(98%) | 1417(100%) |

發現：

- 1.由 RGB 色光→照射 RGB 變色片→再以 RGB 濾鏡分色，發現透過濾鏡可找出各色的光致變色片在經色光照射後，對光的成分(RGB)吸收與反射的程度
 - (1)紅(綠、藍)光在照射紅(綠、藍)色的變色片後，再以紅(綠、藍)色濾鏡分色後，透光比都特別高(97%、98%、100%)。證明色光通過同色系的變色片(經 UV 光變色)後，也可被同色系的濾鏡給有效的分離(反射)出來。
 - (2)紅(綠、藍)光在照射同色系的變色片後，分別以藍(紅、紅)色濾鏡分色後，透光量則特別低(10Lux)，證明變色片變色後，可有效過濾(吸收)掉互補色系的光。
 - (3)但紅光在照射綠、藍色的變色片後，再以紅色濾鏡分色後，透光比(92~98%)依然高。證明紅光對變色片的變色程度非常低。
 - (4)但從綠光照射藍色變色片後，再以綠色濾鏡分光後，透光比(88~96%)降低。證明綠光對藍色變色片的變色程度較高，使得同色系的濾鏡測得的透光比降低。
 - (5)以透明玻璃當濾鏡的對照組時，若透光量過低(10Lux)，已接近測光表測量的底線，即使透光比再高(100%)，也被當成是無光線穿透。
- 2.由 RGB 濾鏡分色後的透光比，可算出變色片變色後呈現的顏色成分，根據 RGB 的色階，以電腦還原 UV 光照射後實際的變色程度，再比較之前太陽下的變色情形，發現有相當大的差別。

表：透明變色片顏色與濃度在陽光與 UV 光照後色階比較

| | 紅 H | | 紅 M | | 紅 L | | 綠 H | | 綠 M | | 綠 L | | 藍 H | | 藍 M | | 藍 L | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 日照 | UV | 日照 | UV | 日照 | UV | 日照 | UV | 日照 | UV | 日照 | UV | 日照 | UV | 日照 | UV | 日照 | UV |
| R | 105 | 232 | 76 | 237 | 73 | 247 | 93 | 242 | 82 | 250 | 76 | 250 | 45 | 235 | 28 | 240 | 24 | 242 |
| G | 41 | 232 | 17 | 235 | 13 | 250 | 93 | 235 | 83 | 242 | 77 | 250 | 79 | 224 | 65 | 232 | 58 | 245 |
| B | 101 | 237 | 71 | 247 | 64 | 247 | 31 | 240 | 25 | 255 | 19 | 255 | 125 | 242 | 109 | 247 | 93 | 255 |
| 成分 | 紅藍 | | 紅藍 | | 紅藍 | | 紅綠 | | 紅綠 | | 紅綠 | | 藍綠 | | 藍綠 | | 藍綠 | |

- 比較光致變色片對陽光與 UV 燈的變色差異，發現不同強度的 UV 光，會造成變色片不同程度的變色情形，只要 UV 強度不變，照射再久變色程度只反映 UV 光的強度。
- 由不同變色程度的比較，變色片在照光變色的過程中，會在其他種顏色間改變，如藍變色片在剛開始變色時會呈草綠色，之後再轉藍綠色，最後才會變成藍色。

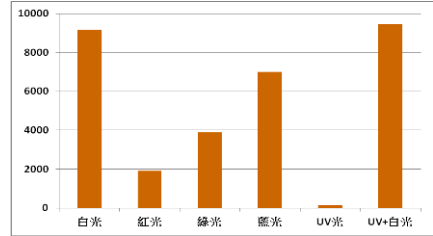
思考：所以利用變色片在照光時，對**不同強度 UV 光的變色程度**，應該就可反應 UV 光的**強度**。我們似乎可以透過此原理來設計專門用來**檢測 UV 光強度的工具**。

陸、討 論

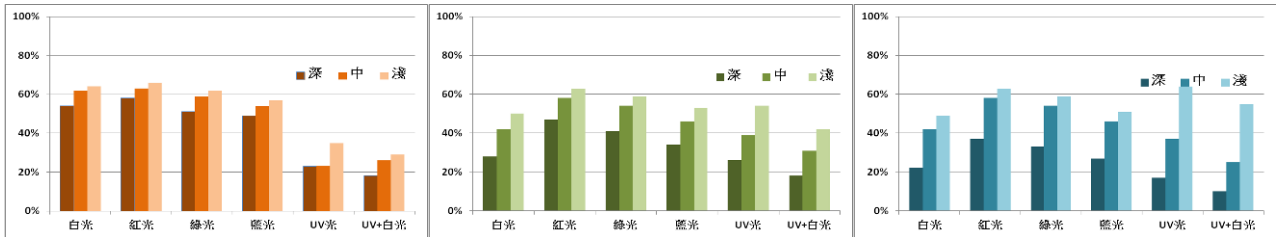
討論一：歸納光線對光致變色染料的相互影響

(一)比較各種光線對變色片透光的影響

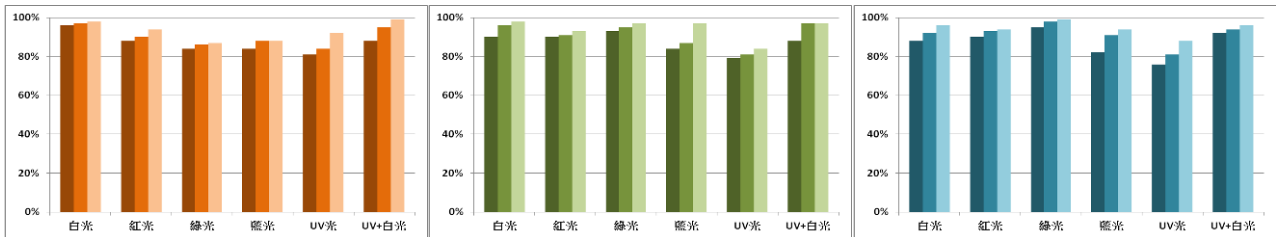
- 1.光線的透光量：**(UV+白光)>白光>藍光>綠光>紅光>(UV+色光)>UV 光**
- 2.變色片種類透光量：**透明變色片>不透明變色片**
- 3.變色片種類透光比：**透明變色片>不透明變色片**
- 4.變色片顏色透光量：**藍色>綠色>紅色**
- 5.變色片顏色透光比：**紅色>綠色>藍色**
- 6.顏色濃度對透光比的影響：**藍色>綠色>紅色**
- 7.光對變色片變色影響：**UV 光>白光>藍光>綠光>紅光**



圖：光線的透光量



圖：各種光線對**紅色(左)**、**綠色(中)**、**藍色(右)**不透明變色片變色影響



圖：各種光線對**紅色(左)**、**綠色(中)**、**藍色(右)**透明變色片變色影響

(二)比較各種變色片的變色結果

- 1.白光照射變色片，分色後的 **RGB 值**，與**同色系色光**照射、分色結果相同，證明：利用**紅、綠、藍**顏色的濾鏡能有效分析物體(光)**顏色**中的**成分、比例**
- 2.從色光與白光濾鏡分色結果相同發現
 - (1)白光是由**紅、綠、藍**三種色光所組成
 - (2)利用紅、綠、藍色光照射，可比對出**白光**中那些成分的**色光被吸收(或反射)的比例**
 - (3)**白、藍光**，對**藍**變色片變色反應，比紅(綠)光對紅(綠)變色片明顯
 - (4)色光照射**對比色**的變色片，變色反應**不明顯**(灰色)，或變成與**色光對比**的顏色
- 3.變色片經 **UV 變色**後會與白光中的**色光**，再產生**加乘(同色系)**或**削減(互補色)**變色反應



| | 白光 | 紅光 | 綠光 | 藍光 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 紅變色片 | | | | |
| RGB | 234-236-216 | 233-232-209 | 213-232-244 | 230-233-236 |
| 綠變色片 | | | | |
| RGB | 235-237-187 | 242-241-232 | 241-234-232 | 255-245-240 |
| 藍變色片 | | | | |
| RGB | 201-236-221 | 234-246-232 | 227-223-244 | 255-240-243 |

討論二：整理問題的發現與解決的過程

目的：製作照光能產生變色的玻璃，方便進行各種照光變色的實驗

嘗試：將變色粉與透明漆以 1：4 的比例混合後，塗佈三層膠帶的厚度在玻璃片上

問題：不透明的變色玻璃無法變透明，影響光線穿透效果

思考：將變色粉加入油漆常用的溶劑中，看看是否能將變色粉溶解

解決：果然用甲苯和香蕉水可將色粉溶解，以此方式製作出透明與不透明的變色玻璃

疑惑：紅、綠、藍色光，對同一塊透明的變色玻璃，透光度為何不同

嘗試：調配變色粉製成紅、綠、藍色的變色玻璃，分別對三色光試試

**解決：紅、綠、藍色光，分別對紅、綠、藍顏色變色玻璃變色後，透光率不同
色光對同色系變色玻璃變色後的透光率最高，互補色最低**

靈感：紅、綠、藍三色光對變色玻璃的透光比例，可對應到電腦的 RGB 數值

發明 1：利用紅、綠、藍濾鏡分別測量色光穿透率，可分析透明物體顏色的成分比例

發明 2：利用 RGB 色階計算尺，快速換算透明物體 RGB 顏色的比例

疑惑：不同顏色的光致變色片變色後，為何會選擇性的過濾不同種類的光線

嘗試：將透明變色粉調成灰黑或紅、綠、藍色，可吸收所有光或過濾想要的光

解決：當 UV 光越強顏色變越深，所阻擋的 UV 光和光線就越多

調成紅(綠、藍)色，UV 越強顏色越紅(綠、藍)，擋的 UV 越多，濾出要的光也越多

應用：利用光致變色片對 UV 光變色的特性，設計實用的工具

靈感：UV 光越強顏色變越深，計算顏色深淺可測量 UV 光強度

困難：設計適合測量顏色深淺的工具

嘗試：利用變色片照 UV 光變色後，阻隔太陽能板照光，由發電量反推 UV 光強度

失敗：發電量降低，沒有足夠電力偵測感應

嘗試：改以低耗電的指針型電表，由指針的偏轉偵測

由低耗電的 LED 燈代替

將變色片蓋在兩片同極相對的太陽能板中的其中一片

將兩片偏光板重疊後偏轉，比對偏轉的角度與變色片深淺的關聯

調整：利用紅光 LED 燈或指針型電表，感應同極相對的太陽能板

利用轉動兩片偏光板角度，直到與變色片變色的深度一致

發明 3：利用變色片照 UV 光顏色變深，改變太陽能板發電，可偵測 UV 光強度

發明 4：利用變色片照 UV 光顏色與偏光板重疊透光相同，夾角可偵測 UV 光強度

討論三：利用實驗發現改裝檢測工具設計出實用的工具

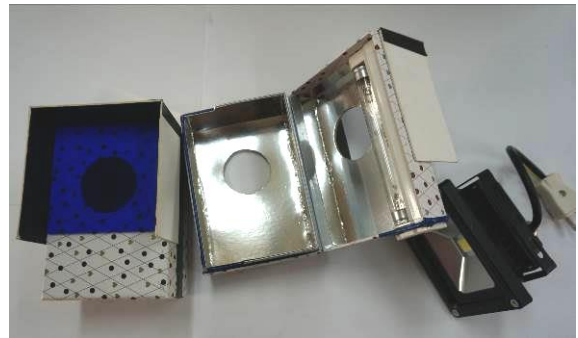
(一)RGB 三彩分析器---分析各色所佔比例

原理：物體對紅、綠、藍三種色光，因吸收與反射的成分、比例不同，造成我們所看到的物體顏色，是因為反射不同比例的三色光聚集而成

方法：利用光照計，分別測量 UV 光、白光與色光，對透明色塊的透光比率

操作：

- 1.把 RGB 色光，對透明色塊的透光度和透明玻璃相除，算出透光比
- 2.再將透光比乘上 256 便是電腦調色盤中常用的 RGB 數值



| 色光 \ 色塊 | 紅變色片 | 綠變色片 | 藍變色片 |
|---------|--------------|--------------|--------------|
| 紅光 R | 56.64% → 144 | 35.16% → 90 | 14.06% → 36 |
| 綠光 G | 12.11% → 31 | 44.92% → 115 | 26.56% → 68 |
| 藍光 B | 37.11% → 95 | 21.88% → 56 | 52.34% → 134 |

| 紅色調色盤 | | 綠色調色盤 | | 藍色調色盤 | |
|-------|--|-------|--|-------|--|
| R:144 | | R:90 | | R:36 | |
| G:31 | | G:115 | | G:68 | |
| B:95 | | B:56 | | B:134 | |
| 紅變色片 | | 綠變色片 | | 藍變色片 | |

特色：

- 1.可調整 UV 光、白光、色光(讓白光通過紅、綠、藍濾鏡所產生的光)
- 2.將透過物體的光線，經紅、綠、藍濾鏡分色，可分析出所有透明色塊顏色的成分、比例
- 3.可將任何物體的顏色，以數值的方式呈現
- 4.利用光照計，可將色階高到
 $256*256*256=16777216$ 色階的全彩色
- 5.材料取得容易，製作簡單且精確度、穩定度高
- 6.從未有過類似原理的應用，設計的原創性高



RGB 三彩分析器

(二)RGB 色階計算尺----計算各色所佔比例

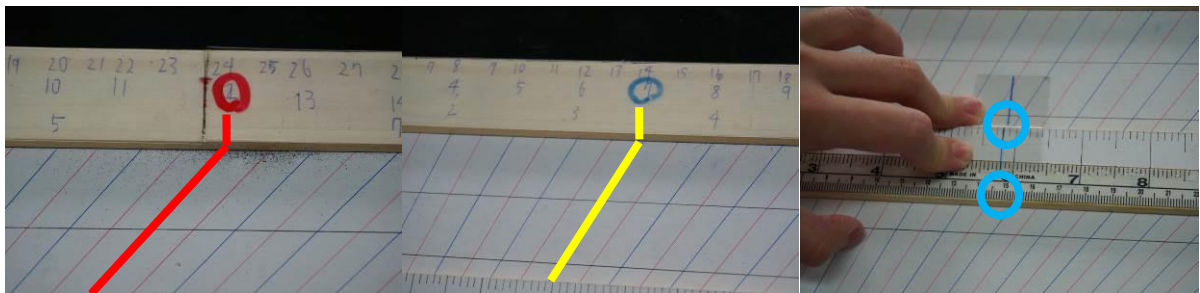
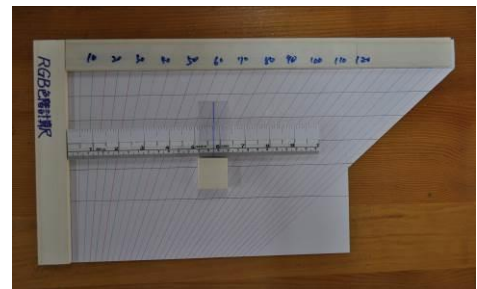
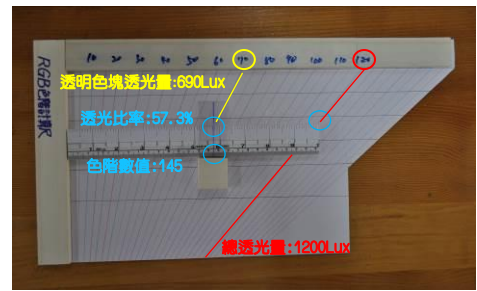
原理：將 **100** 等分的**透光比值**，利用刻度盤，以**等比例**放大或縮小的方式，轉成 8 位元 **256** 等分的**色階單位**

方法：

- 1.找出透光比中，分母總透光量的數值
- 2.將總透光量數值，對應到計算尺上端適合的刻度上(注意：刻度所在位置距離，不可少於中間單位轉換尺的長度)
- 3.例如：
 - (1)總透光量 1200Lux，便可對應到計算尺上端 120 的刻度上
 - (2)移動中間單位轉換尺的上下位置(注意：左端貼齊計算尺左側)，使換算尺右端對準 120 刻度上的延伸線(紅線所示)
 - (3)將測得的透明色塊的透光量 690Lux，並找到計算尺上端 69 的刻度上
 - (4)找到 69 刻度下方所對應的斜線，並順著線延伸到中間的**單位轉換尺**(黃線所示)
 - (5)左右移動中間的**刻度指針**，使指針對準延伸線所指的位置
 - (6)此時單位轉換尺上半刻度，便是 **100** 等分的**透光比值** 57.3%
 - (7)而單位轉換尺下半刻度，便是 **256** 等分的**色階數值** 145

驗證：

- 1.利用色階計算尺，計算各色所佔比例
- 2.以計算機算出色階與透光比，並比較計算尺的誤差與時間



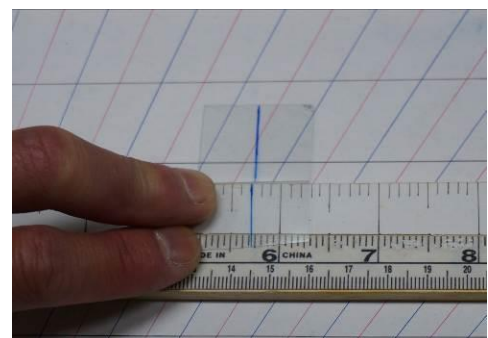
定出總透光量位置

透明色塊透光量延伸線

對準換算尺上的刻度指針

特色：

- 1.可同時將**透光量**轉成**透光比**與**色階**數值
- 2.也可反向以**色階**或**透光比**回算**透光量**
- 3.熟練操作後，可縮短計算時間
- 4.製作材料取得容易，製作簡單且誤差小、穩定度高
- 5.從未有過類似原理的應用，設計的原創性高



透光比色階數值計算完畢

(三)UV 光偵測器---可測量 UV 光強度

原理：由實驗發現，光致變色片會隨 UV、白光與及色光產生不同程度的變色，其中又以 **UV 光** 對光致變色片的變色反應最明顯

方法：利用自製的器具，測量出變色片的**變色程度**，就可以知道 **UV 光**的**強度**




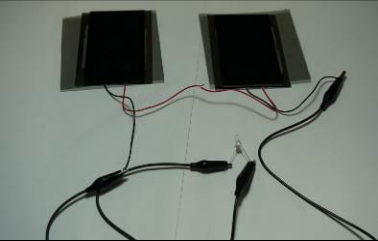

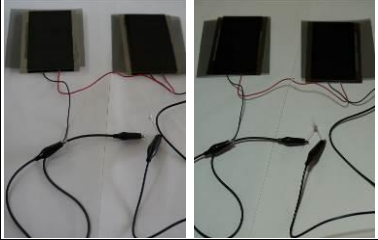

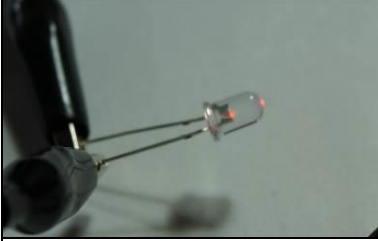
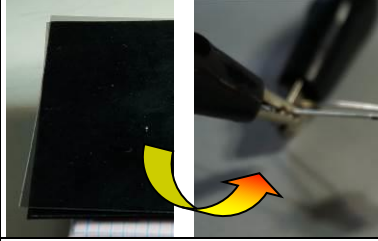
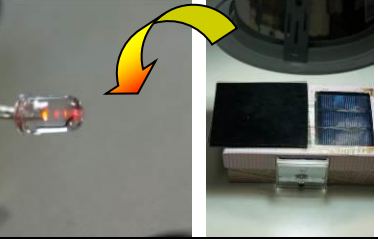
設計過程：

- 想法**：
- 1.太陽能板特色是當**光線越弱時**，所發的**電也就越少**
 - 2.利用**變色片**變色時，便能擋住太陽能板發電時所需的**光線**
 - 3.只要量出太陽能板的**發電量**，就代表變色片的**變色程度**
 - 4.所以只要測到**發電量**，也就表示能知道 **UV 光**的**強度**

問題：要是 **UV 光太強**，變色明顯**透光度降低**，導致**發電量過低**而無法偵測

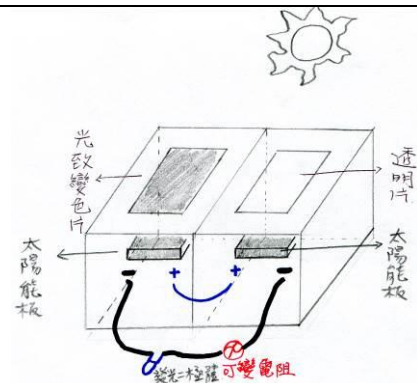
思考：設計當**光線強**，因**變色明顯**而**降低透光度**，還能**提高發電量**的電路設計？

嘗試：

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 原先電路無法符合需要→ | 增加太陽能板效果有限→ | 若將兩塊太陽能板 反串聯 |
|  |  |  |
| 加 LED 燈 看 發電 情形→ | 但不管光線強弱都不亮→ | 要是 遮掉一塊 太陽能板 |
|  |  |  |
| 耶！LED 燈終於 亮了 ！→ | 變色片越暗 LED 燈越亮、陽光越強 LED 燈也越亮 | |



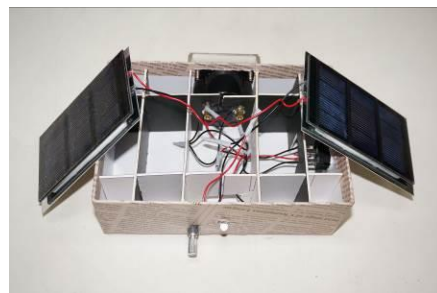
開始討論畫設計圖



完成設計圖

1.UV 光偵測器(電路型)

構造：將兩塊太陽能板，以反串聯的電路型式連接，利用光致變色片遮住一邊的太陽能板。當照光時變色片擋住陽光，使沒遮的另一邊電流增強，當 LED 發亮就表示 UV 光過強



| | | | |
|------|--|---|--|
| 構造說明 |  |  |  |
| | 反串聯的電路型式 | 光致變色片遮住一邊 | LED 燈偵測 UV 光強度 |
| 創意功能 |  |  |  |
| | 可變電阻調整偵測 UV 強度 | 指針電表改裝提高精準度 | 完全不耗費額外電源 |

特色：

- 1.偵測太陽光的 UV 強度時，剛好可以利用太陽能來發電，完全不需額外的電能
- 2.利用可變電阻改變太陽能板發電時的電流強度，可控制 LED 燈亮時的 UV 強度，進而調整偵測器的靈敏度
- 3.也可將 LED 燈和可變電阻，換成指針式的電表，由指針偏轉角度，便可知道 UV 光的強度
- 4.利用太陽能板反串聯的設計，不用複雜的電子線路，就解決因變色降低透光，使發電不足而無法偵測的問題
- 5.製作材料取得容易，製作簡單且精確度、穩定度高
- 6.從未有過類似原理的應用，設計的原創性高


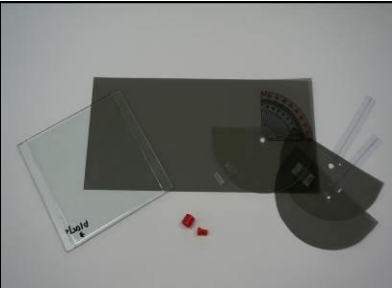




操作應用

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 操作可變電阻+LED 燈 可調整偵測靈敏度 | 操作指針式電表 可精確測量 UV 強度 | 抽換光致變色片 可調整變色與透光度 |

2.UV 光偵測器(偏光片型)


原理：將光至變色片調成和偏光片相近的灰黑色，當變色片照光變暗時，轉動重疊的兩片偏光片，直到變色片和偏光片顏色相同，此時兩片偏光片相互轉動的角度，就代表變色片的變色程度，也就是所偵測到的 UV 光強度



| | | | |
|------|--|---|--|
| 製作說明 |  |  |  |
| | 調配變色片和偏光片顏色 | 偏光片型 UV 偵測器組成 | 偏光片型 UV 偵測器 |
| 創意功能 |  |  |  |
| | 操作簡易偵測又精確 | 結合變色片與偏光片性質 | 完全不耗費額外電源 |

特色：

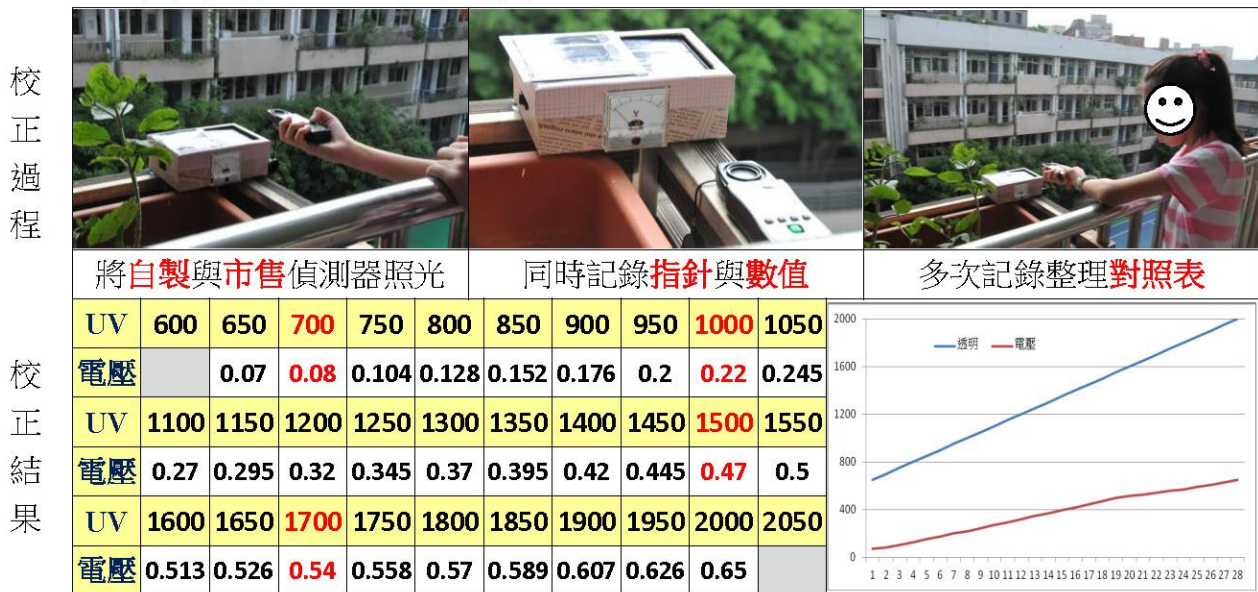
- 1.利用變色片本身對 UV 光反應**變黑遮光**，與轉動重疊偏光片**偏折濾光**，完全不需額外的電能，便能偵測 UV 光強度
- 2.只要比對變色片與重疊偏光片的**顏色**相同，從偏光片**角度**來計算 UV 光**強度**，經校正後便可快速、簡易的立即應用
- 3.結合多片重疊的偏光片與變色片，便可偵測出更多強度不同的 UV 光
- 4.製作材料取得容易，製作簡單且精確度、穩定度高
- 5.從未有過類似原理的應用，設計的原創性高

| | | | |
|------|---|--|---|
| 操作應用 |  |  |  |
| | 操作偏光片比對變色片 | 直接測量陽光 UV 強度 | 偏光片角度測量 UV 強度 |

3.偵測器靈敏度校正：自製偵測器靈敏度不錯，但電路型的電表指針與偏光板型的偏光片偏轉角度，都無法知道真正 UV 的強度是多少而影響實用性。所以利用市面上的 UV 偵測器，透過以下步驟，校正出電表與偏光片角度所代表的真正 UV 強度：

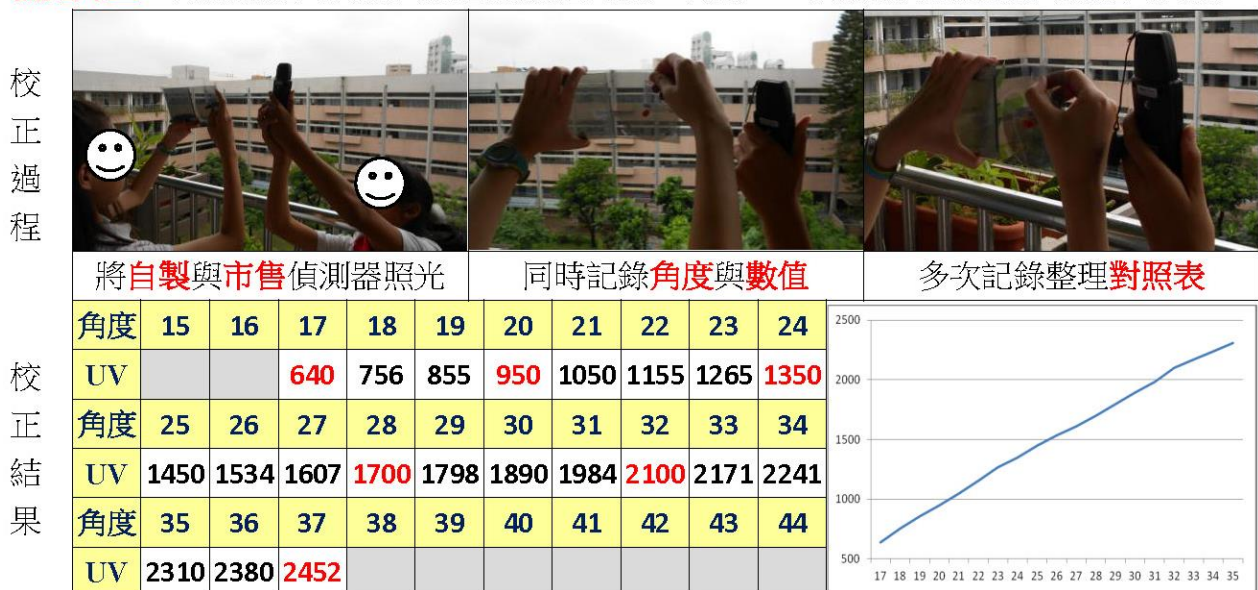
- (1)將兩種偵測器(自製與儀器)，在相同條件(高度與角度)，同時照射陽光
- (2)同時記錄自製偵測器偏轉角度與儀器數據
- (3)在不同光照強度下，重複步驟 2 的操作
- (4)整理步驟 2~3 的結果，便完成自製偵測器 UV 強度的對照表

電路型：電路型偵測器中，因為指針電表的靈敏度比 LED 高，所以校正指針電表後，以後便以此校正 LED 的燈亮感應



Ps:電壓強度，紅色數值代表實驗數據，黑色數值為利用內插法所推算出來的估計值

偏光片型：轉動偏光片角度與變色濃度相同後，再用 UV 偵測器記錄強度與偏光片角度



Ps:UV 強度，紅色數值代表實驗數據，黑色數值為利用內插法所推算出來的估計值

柒、結 論

一、利用現成的光致變色粉，配製出各色透明與不透明光致變色片，才能進行各種光線對光致變色物質的實驗，還看到意外的驚喜與發現。透過實驗證明：UV 光、白光、色光對各顏色、濃度、透明度變色片的透光與變色程度，都有一定的規律

二、研究發現整理

(一)光線對變色片透光的影響

- 1.透光量影響：(UV+白光)>白光>藍光>綠光>紅光>(UV+色光)>UV 光
- 2.變色片透光量：透明變色片>不透明變色片
- 3.變色片透光比：透明變色片>不透明變色片
- 4.變色片顏色透光量：藍色>綠色>紅色
- 5.變色片顏色透光比：紅色>綠色>藍色
- 6.顏色濃度對透光比的影響：藍色>綠色>紅色
- 7.光對變色片變色影響：UV 光>白光>藍光>綠光>紅光

(二)各種變色片的變色結果

- 1.白光照射變色片，分色後的 RGB 值，與同色系色光照射、分色結果相同
證明：利用紅、綠、藍顏色的濾鏡能有效分析物體(光)顏色中的成分、比例
- 2.從色光與白光濾鏡分色結果相同發現
 - (1)白光是由紅、綠、藍三種色光所組成
 - (2)利用紅、綠、藍色光照射，可比對出白光中那些成分的色光被吸收(或反射)的比例
 - (3)白、藍光，對藍變色片變色反應，比紅(綠)光對紅(綠)變色片明顯
 - (4)色光照射對比色的變色片，變色反應不明顯(灰色)，或變成與色光對比的顏色
- 3.變色片經 UV 變色後會與白光中的色光，再產生加乘(同色系)或削減(互補色)變色反應

三、配製光致變色粉發現

- (一)等比例染料混合，不一定能配出想要的顏色
- (二)相同強度光線，對不同顏色染料的變色程度不同
- (三)相同顏色染料，對不同強度光線的變色程度不同
- (四)照光變色(或去光褪色)，有的是先快後慢(或先慢後快)

四、研究的重要性

- (一)利用自製變色片與光照盒，以簡單的材料，突破器材、技術限制，進行光的實驗
- (二)利用家用燈具及手邊工具，自製簡單又準確的實驗儀器與測量工具
- (三)利用三色光與濾鏡分色，對變色片透光度的發現，發明全彩色光分析儀與色階計算尺
- (四)利用變色片對 UV 光的變色反應，發明了 UV 光偵測器
- (五)結合並延伸課堂所學，設計並進行能力所及的實驗

五、未來發展：

雖然已經知道透明與不透明光致變色片，對各種光的穿透與變色情形，但對於變色的原理與製作過程，受限於能力，還是無法深入探討，希望未來對此部分能多了解

六、心得與感想

學生 A：這跟漂亮的彩虹一樣的實驗，一開始就吸引了我們所有人的目光，但實際做實驗後，卻發現沒有我們想像的那麼簡單。光是要解決器材、燈光甚至玻璃片的問題或瑕疵，有時候連一個午休時間一個實驗都沒有做完呢！真的很辛苦，幸好我們大家都很努力盡量克服，有時候真的做不出來的話，就去找老師問，再努力想一想，就完成一個實驗了！讓我們非常高興，想要繼續努力的堅持下去。最後看到我們努力來的成果的時候，大家都很开心，還有人跳起來呢！

學生 B：在參加這次科展前，我只有和同學一起做小科展的經驗，這次參加科展讓我獲益良多。首先，我參加科展後，交到了許多新朋友，和他們的默契也愈來愈好，只要跟他們說一聲，他們便能意會到，幫我一起完成實驗。再來，參加這次科展，學到了許多新東西，例如我學到變色粉在受到 UV 光的照射後，就會變成不同的顏色。我覺得這不只是場比賽，也是一個難得的機會。

參考資料

陳思彤、高頊言、楊閔翔、蕭博瀚(2011)：果凍多色？我知道！-探討光在不同型態介質下的反應。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會。

Chiu-king Ng。用 Java 學物理。網址：<http://ngsir.netfirms.com/index.htm>

立體顯示技術簡介。網址：<http://heresy.spaces.live.com/Blog/cns!E0070FB8ECF9015F!9489.entry>

東吳大學物理生活百科。網址：<http://www.scu.edu.tw/physics/science-scu/LivePhysics/f4.htm>

【評語】 080820

1. 作品的主題可以和日常生活的經驗作結合，作品內容符合科學的方法，值得鼓勵。
2. 作品分析白光、色光、UV 光對於透明或不透明或各色變色片的透光結果，宜思考並利用原理解釋其原因。
3. 應用方便，RGB 色階計算尺的原理宜做清楚說明，UV 光偵測器的準確度與可能誤差因素宜作說明。