

屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：你說的“藍”是什麼“藍”
—藍晒感光液呈色探討—



關鍵詞：藍晒、RGB、Delta E

編號：

目錄

| | |
|---------------------------------------|----|
| 摘要..... | 1 |
| 壹、研究動機..... | 1 |
| 貳、研究目的與問題..... | 2 |
| 參、名詞釋義..... | 2 |
| 一、藍晒..... | 2 |
| 二、RGB..... | 3 |
| 三、Delta E(色差)..... | 3 |
| 肆、研究設備與器材..... | 4 |
| 伍、研究架構與步驟..... | 4 |
| 一、研究架構..... | 4 |
| 二、實驗步驟..... | 5 |
| 陸、研究結果與討論..... | 6 |
| 一、感光液曝光後的呈色效果..... | 6 |
| 二、感光液在濾紙上曝光後的呈色效果..... | 11 |
| 三、濾紙上感光液曝光後陰乾完的呈色效果..... | 17 |
| 四、感光液在培養皿、曝光後未陰乾濾紙及曝光後陰乾完濾紙上的呈色效果.... | 22 |
| 柒、結論..... | 25 |
| 捌、參考資料..... | 26 |
| 玖、附錄..... | 26 |

摘要

本研究主要目的在探討不同比例、不同曝光時間時，藍晒感光液在溶液狀態、未陰乾濾紙與已陰乾濾紙上的呈色效果。研究者以檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液形成的感光液為研究對象；採實驗研究設計。統計方法採用 EXCEL 進行。本研究主要的結果發現：

- 一、檸檬酸鐵銨比例愈高、曝光時間愈短，普魯士藍(B 值)愈高；色差隨曝光時間增加而增加。
- 二、感光液濃度高，未陰乾濾紙上檸檬酸鐵銨比例高，普魯士藍沉澱(B 值)多；色差隨曝光時間增加出現減緩趨勢。
- 三、在已陰乾的濾紙上，感光液濃度低、曝光時間短，普魯士藍沉澱(B 值)多，濃度高($\geq 0.25M$)時，提高檸檬酸鐵銨溶液的比例高，B 值會提高。
- 四、感光液在濾紙上操作得到的普魯士藍沉澱較多。

壹、研究動機

某日下午和媽媽去逛假日市集，無意間看到一個特別的作品—「藍晒圖」，當下驚豔不已！它不僅能隨心所欲地設計美麗的圖案，也能將底片的成像再次轉印到紙張上，藍與白之間，變化竟如此動人！於是開始查閱資料，發現其實已有很多人做了相關的研究，但不解的是，大家對藍晒圖顏色的描述，常常只用深淺的「感覺」來表示，難道沒有更科學的「量化」數據，讓我可以按照自己心中所想，直接製作出想要的「藍」嗎？因此，燃起了探究藍晒圖的慾望。希望透過這次研究能將藍晒的「藍」加以數據化，讓以往只能用「感覺」來描述「藍」的程度之藍晒實驗更具說服力！

貳、研究目的與問題

一、探討感光液曝光後的呈色效果。

- 1.不同比例的感光液對呈色效果的影響是什麼？
- 2.不同曝光時間對感光液呈色效果的影響是什麼？

二、探討感光液在濾紙上曝光後的呈色效果。

- 1.不同比例的感光液，在濾紙上曝光後呈色效果是什麼？
- 2.濾紙上不同曝光時間對感光液呈色效果的影響是什麼？

三、探討濾紙上感光液曝光後陰乾完的呈色效果。

- 1.不同比例感光液在曝光後陰乾完的濾紙上呈色效果是什麼？
- 2.不同曝光時間對曝光後陰乾完的濾紙之呈色效果是什麼？

四、探討感光液在培養皿、曝光後未陰乾濾紙及曝光後陰乾完的濾紙上之呈色效果。

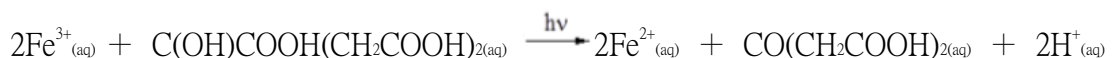
參、名詞釋義

為了能更清楚界定本研究的用語，茲將研究所涉及的幾個特定名詞，敘述如下。

一、藍晒

藍晒是一種日光顯影法，是利用檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液形成感光液，透過陽光下曝光方式產生反應，等比例複印負片資料到紙張上，這種方式普遍稱為氰版藍曬法(Cyanotype)、藍印、氰版或鐵氰酸鹽印相法，因為顯像過程需經過太陽照射，最終在紙上呈現出藍色影像而得名。

檸檬酸鐵銨溶液中的檸檬酸根離子，照射紫外線分解形成還原劑，使鐵離子(Fe^{3+})得到電子還原成亞鐵離子(Fe^{2+}) (反應式如下所示)，亞鐵離子再與鐵氰化鉀反應形成普魯士藍沉澱(施建輝 2016)。反應式如下：



亞鐵離子再與鐵氰化鉀反應形成普魯士藍沉澱(施建輝 2016)，反應式為：



本研究為利用檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液，曝光後產生化學反應性質進行實驗研究，因此，實驗過程中將同步蒐集陽光紫外線指數，並在相同紫外線條件下進行實驗，又因為綠色檸檬酸鐵銨較易感光，因此，本研究使用綠色檸檬酸鐵銨粉末做為實驗試藥。

二、RGB

RGB 即紅 (Red)、綠 (Green)、藍 (Blue)，分別代表三種顏色，透過這三種色光可以混合得到各種色彩。因此，RGB 是三種基礎色光，又稱為光的三原色。RGB 色彩模式是工業界常用的一種顏色評定標準，透過紅(R)、綠(G)、藍(B)三個顏色的變化及彼此相互的疊加，可以表示出各種顏色，幾乎含蓋人類視力能夠感知的所有顏色，而這也是目前廣泛運用的顏色系統之一。

為了準確的評定顏色與數據化，研究過程中將使用真實色彩感測器(CUBE，色差儀)量測實驗結果，以獲得實驗前後顏色變化的色差(Delta E)與反應後生成物的 RGB 值。又本研究是利用檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液形成感光液後，在陽光下曝光形成普魯士藍沉澱，因此，僅透過 excel 進行色差變化量與 B 值的數據分析。

三、Delta E(色差)

物體的顏色是由其表面所吸收和反射的色光所決定。有些顏色改變時，人眼對其十分敏感，但是有的就分辨得不太清楚，因為顏色的外觀會受到光源差異、物體和環境條件(例如觀看方位、照明位置等)的差異而不同，更可能由於個人感觀 (例如：物件大小、背景顏色……)、眼睛的敏感度或隨年齡而變化的視敏度等個體差異，對顏色的判斷出現不同。

在未將色彩量化之前，人們只能用形容詞大概描述色彩概念。當科學家將色彩量化後，即可利用儀器進行色彩差異比較，而較常被使用的是 Delta E (色差，Color difference)。當進行色彩比較以判斷兩種感知色彩時， ΔE 是一種標準計算度量，可將兩種色彩進行量化判斷出色彩差異。利用 ΔE 能將色彩變化準確量化為一個數值，當數值愈小表示兩個顏色差異小，數值愈高表示比較顏色間差異愈大。

因為許多顏色差異是肉眼未必能察覺，即便能分辨也無法清楚描述差異何在，是故為了更準確地呈現實驗後產生的顏色變化，本研究使用色差儀量取反應後顏色變化量。

肆、研究設備與器材

一、實驗藥品：

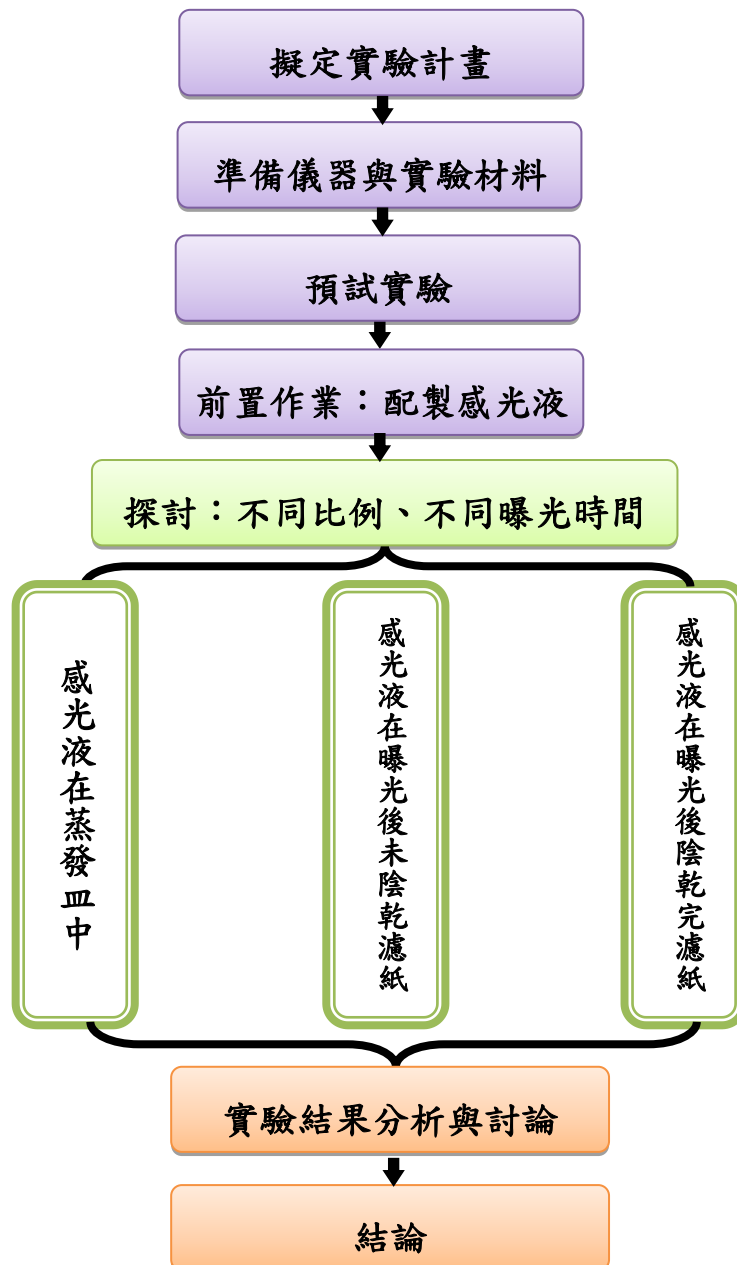
檸檬酸鐵銨(綠色粉末)、赤血鹽(鐵氰化鉀粉末)、蒸餾水。

二、實驗器材：

培養皿(12 組)、玻璃棒×12、定量瓶(100ml) ×2、量筒(10ml) ×10、燒杯(25ml) ×10、塑膠滴管(3ml)×20、濾紙×100、秤量紙若干、透明塑膠袋(10×15cm)若干、電子天平 1 台(準確至 0.01g)、色差儀(CUBE) ×1、arduino 紫外線感測器(UVM-30A UVA/UVB) ×2。

伍、研究架構與步驟

一、研究架構



二、實驗步驟

前置作業及預試實驗：

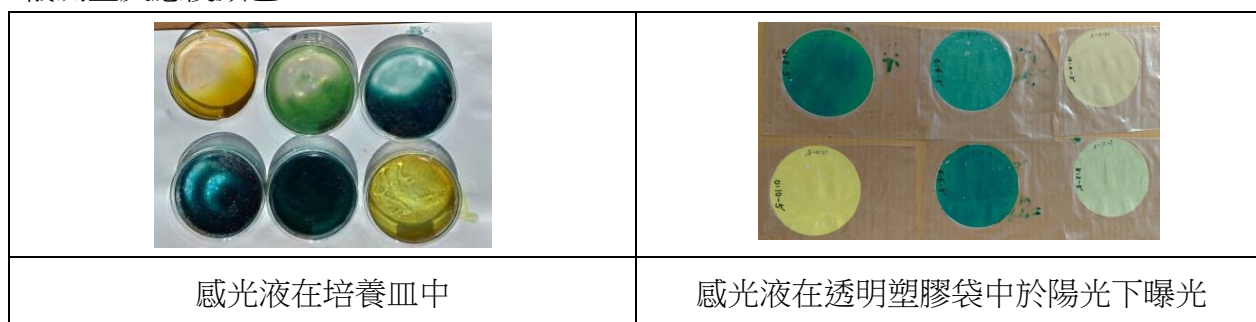
- 1.在暗室中(不開燈自然光線弱)以定量瓶配置，0.1M、0.25M 與 0.5M 檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液各 50ml；再將檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液，依 2：8、4：6、6：4 與 8：2 的配置比例，加入 25ml 燒杯中形成感光液，以玻棒攪拌均勻。
- 2.在預計曝光處放置 arduino 紫外線感測器(UVM-30A UVA/UVB)計算程式如附錄所示)，同步蒐集陽光紫外線指數(透過感應器收集電壓值再透過附錄中的表格換算成紫外線指數)。



操作步驟：

1.感光液曝光後的呈色效果

- (1)量取配置完成的感光液 10ml 加入培養皿中，加蓋。
- (2)將培養皿放在陽光下曝光5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘與30分鐘後，以色差儀測量反應後顏色。

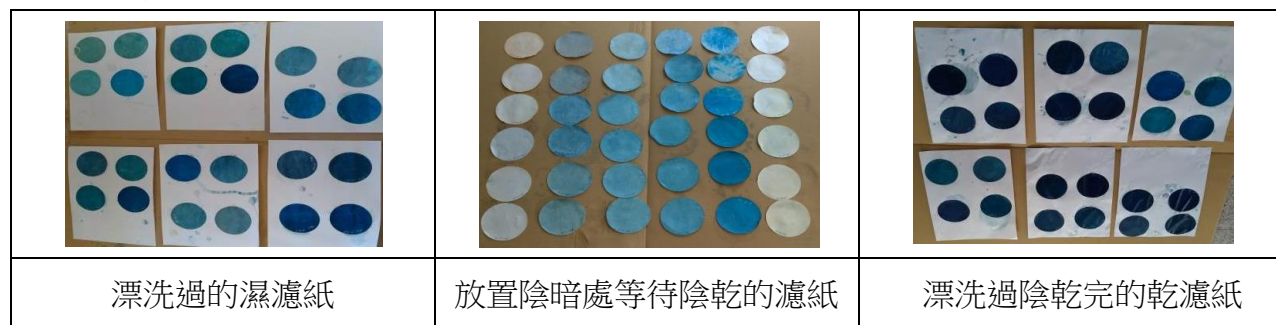


2.感光液在濾紙上曝光後的呈色效果

- (1)量取 2.5ml 配置好的感光液，加入以透明塑膠袋盛裝的濾紙上，並使濾紙完全潤濕。
- (2)將裝有濾紙的塑膠袋放在陽光下，分別曝光 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘、25 分鐘與 30 分鐘。
- (3)將已完成曝光的濾紙取出，用清水漂洗(緩慢來回漂洗 5 次)，洗去未和紫外線作用的藥劑後，以色差儀測量反應後顏色。

3. 濾紙上感光液曝光後陰乾完的呈色效果

- (1) 量取 2.5ml 配置好的感光液，加入以透明塑膠袋盛裝的濾紙上，使濾紙完全潤濕。
- (2) 將裝有濾紙的塑膠袋放在陽光下，分別曝光 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘、25 分鐘與 30 分鐘。
- (3) 將已完成曝光的濾紙取出，用清水緩慢漂洗(來回 5 次)，放置陰暗處陰乾後，以色差儀測量反應後顏色。



陸、研究結果與討論


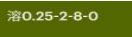
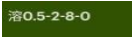





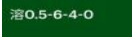

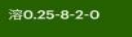
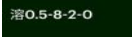
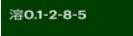

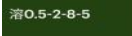


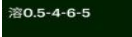


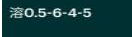
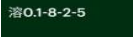
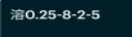
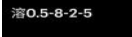


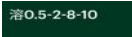


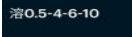
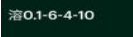

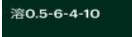
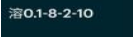
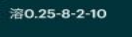
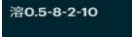


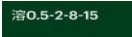

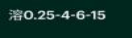


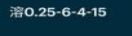
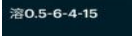
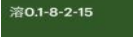
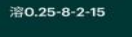
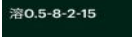
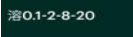
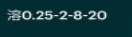
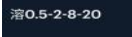



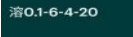
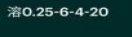
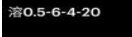
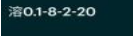
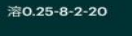
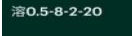
一、感光液曝光後的呈色效果

這個部分實驗操作分為不同比例、不同曝光時間兩部分。本研究主要以藍晒實驗作為操作手法，因藍晒涉及光化學反應，故實驗進行中每 5 分鐘蒐集一次紫外線指數數據。其研究結果與討論如下：

1. 不同比例的感光液對呈色效果的影響

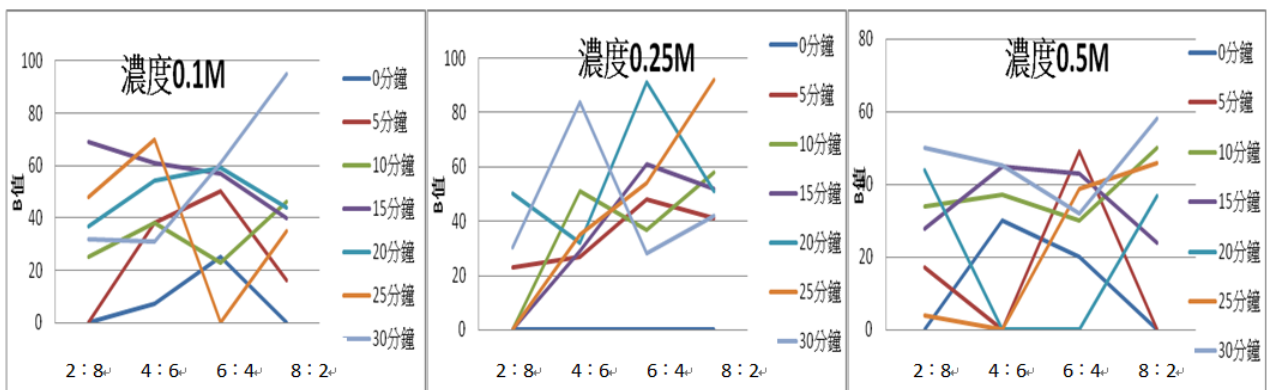
本研究分別配置同為 0.1M、0.25M 及 0.5M 的檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液，並且依檸檬酸鐵銨溶液：鐵氰化鉀溶液為 2：8、4：6、6：4 與 8：2 等，不同比例形成不同的感光液進行實驗，並將相同曝光時間做為控制變因。而表(一)圖示格中的 0.1 溶-2-8-0，表示為感光液濃度 0.1M，混合比例為 2：8、曝光時間 0 分鐘的溶液，其餘類推。實驗操作完後利用色差儀，蒐集各組 R、G、B 數據，並利用 excel 進行數據分析，因檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液發生反應，會生成普魯士藍沉澱，故以下僅就藍色(B 值)討論。

紫外線指數<1(實驗值 120.67mV，參照附錄儀器電壓與 uv 關係)

| 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B |
|---|-----|-----|----|--|----|-----|----|---|----|-----|----|
| 0.1-2-8-0  | 123 | 130 | 0 | 0.25-2-8-0  | 84 | 103 | 0 | 0.5-2-8-0  | 49 | 82 | 0 |
| 0.1-4-6-0  | 127 | 141 | 7 | 0.25-4-6-0  | 79 | 99 | 0 | 0.5-4-6-0  | 56 | 114 | 30 |
| 0.1-6-4-0  | 117 | 126 | 25 | 0.25-6-4-0  | 61 | 103 | 0 | 0.5-6-4-0  | 0 | 80 | 20 |
| 0.1-8-2-0  | 92 | 126 | 0 | 0.25-8-2-0  | 38 | 99 | 0 | 0.5-8-2-0  | 0 | 31 | 0 |
| 0.1-2-8-5  | 0 | 61 | 0 | 0.25-2-8-5  | 0 | 51 | 23 | 0.5-2-8-5  | 36 | 66 | 17 |
| 0.1-4-6-5  | 0 | 64 | 38 | 0.25-4-6-5  | 0 | 34 | 27 | 0.5-4-6-5  | 0 | 33 | 0 |
| 0.1-6-4-5  | 0 | 60 | 50 | 0.25-6-4-5  | 0 | 23 | 48 | 0.5-6-4-5  | 0 | 48 | 49 |
| 0.1-8-2-5  | 0 | 46 | 16 | 0.25-8-2-5  | 0 | 31 | 41 | 0.5-8-2-5  | 0 | 0 | 0 |
| 0.1-2-8-10  | 0 | 42 | 25 | 0.25-2-8-10  | 0 | 39 | 0 | 0.5-2-8-10  | 0 | 55 | 34 |
| 0.1-4-6-10  | 0 | 38 | 38 | 0.25-4-6-10  | 0 | 34 | 51 | 0.5-4-6-10  | 0 | 24 | 37 |
| 0.1-6-4-10  | 0 | 35 | 23 | 0.25-6-4-10  | 0 | 35 | 37 | 0.5-6-4-10  | 0 | 44 | 30 |
| 0.1-8-2-10  | 0 | 37 | 46 | 0.25-8-2-10  | 0 | 51 | 58 | 0.5-8-2-10  | 0 | 38 | 50 |
| 0.1-2-8-15  | 0 | 83 | 69 | 0.25-2-8-15  | 0 | 32 | 0 | 0.5-2-8-15  | 0 | 61 | 28 |
| 0.1-4-6-15  | 0 | 74 | 61 | 0.25-4-6-15  | 0 | 39 | 29 | 0.5-4-6-15  | 0 | 38 | 45 |
| 0.1-6-4-15  | 0 | 70 | 57 | 0.25-6-4-15  | 0 | 44 | 61 | 0.5-6-4-15  | 0 | 31 | 43 |
| 0.1-8-2-15  | 49 | 89 | 40 | 0.25-8-2-15  | 0 | 55 | 52 | 0.5-8-2-15  | 0 | 35 | 24 |
| 0.1-2-8-20  | 0 | 44 | 37 | 0.25-2-8-20  | 0 | 44 | 50 | 0.5-2-8-20  | 16 | 28 | 44 |
| 0.1-4-6-20  | 0 | 69 | 54 | 0.25-4-6-20  | 0 | 28 | 32 | 0.5-4-6-20  | 0 | 0 | 0 |
| 0.1-6-4-20  | 0 | 58 | 59 | 0.25-6-4-20  | 0 | 20 | 91 | 0.5-6-4-20  | 0 | 0 | 0 |
| 0.1-8-2-20  | 0 | 38 | 44 | 0.25-8-2-20  | 0 | 50 | 51 | 0.5-8-2-20  | 0 | 46 | 37 |

| 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B |
|---------------------------|----|-----|----|-----------------------------|----|----|----|---------------------------|----|----|----|
| 0.1-2-8-25 溶0.1-2-8-25 | 0 | 56 | 48 | 0.25-2-8-25 溶0.25-2-8-25 | 0 | 56 | 0 | 0.5-2-8-25 溶0.5-2-8-25 | 0 | 25 | 4 |
| 0.1-4-6-25 溶0.1-4-6-25 | 0 | 40 | 70 | 0.25-4-6-25 溶0.25-4-6-25 | 0 | 36 | 35 | 0.5-4-6-25 溶0.5-4-6-25 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1-6-4-25 溶0.1-6-4-25 | 0 | 0 | 0 | 0.25-6-4-25 溶0.25-6-4-25 | 0 | 43 | 54 | 0.5-6-4-25 溶0.5-6-4-25 | 0 | 23 | 39 |
| 0.1-8-2-25 溶0.1-8-2-25 | 0 | 36 | 35 | 0.25-8-2-25 溶0.25-8-2-25 | 0 | 81 | 92 | 0.5-8-2-25 溶0.5-8-2-25 | 0 | 25 | 46 |
| 0.1-2-8-30 溶0.1-2-8-30 | 0 | 75 | 32 | 0.25-2-8-30 溶0.25-2-8-30 | 21 | 57 | 30 | 0.5-2-8-30 溶0.5-2-8-30 | 44 | 58 | 50 |
| 0.1-4-6-30 溶0.1-4-6-30 | 0 | 69 | 31 | 0.25-4-6-30 溶0.25-4-6-30 | 0 | 62 | 84 | 0.5-4-6-30 溶0.5-4-6-30 | 36 | 36 | 45 |
| 0.1-6-4-30 溶0.1-6-4-30 | 30 | 72 | 61 | 0.25-6-4-30 溶0.25-6-4-30 | 0 | 59 | 28 | 0.5-6-4-30 溶0.5-6-4-30 | 4 | 29 | 32 |
| 0.1-8-2-30 溶0.1-8-2-30 | 76 | 143 | 95 | 0.25-8-2-30 溶0.25-8-2-30 | 0 | 39 | 42 | 0.5-8-2-30 溶0.5-8-2-30 | 31 | 43 | 58 |

表(一) 不同比例感光液反應結果



圖(二) 不同比例感光液與 B 值關係圖

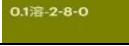
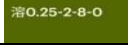
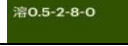
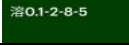

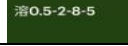
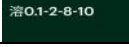
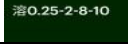
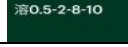




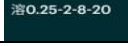

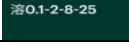

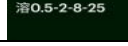







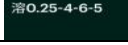
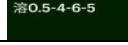
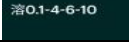
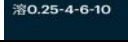
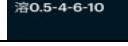

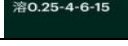
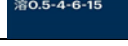

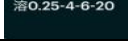

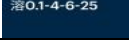




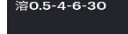
由實驗結果可以發現當感光液濃度為 0.1M 與 0.25M 時，檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液的比例為 6：4 時，部分曲線(0.1M 曝光 5 分鐘、20 分鐘；0.25M 曝光 5 分鐘、15 分鐘、20 分鐘)出現了普魯士藍沉澱(B 值)較高，符應了藍晒的化學反應式($3\text{Fe}^{2+} + 2\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 \rightarrow 6\text{K}^+ + \text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2(\text{s})$ (普魯士藍))中，檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液的莫耳數比例為 3：2 的關係(施建輝，2016)，但在 0.5M 這組則沒有這個現象。由 0.1M 曝光 5 分鐘、10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘；0.25M 曝光 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘、25 分鐘；0.5M 曝光 5 分鐘、10 分鐘、25 分鐘這些曲線，可發現當檸檬酸鐵銨溶液在感光液中佔的比例愈高，普魯士藍沉澱(B 值)愈高，且並非感光液濃度愈高，藍色(B 值)表現愈好。

由此可推測：在藍晒實驗中，感光液中的檸檬酸鐵銨溶液所占比例愈高，在呈現普魯士藍(B 值)時較好；且感光液濃度以 0.1M 時沉澱量最佳。

2.不同曝光時間對感光液呈色效果的影響

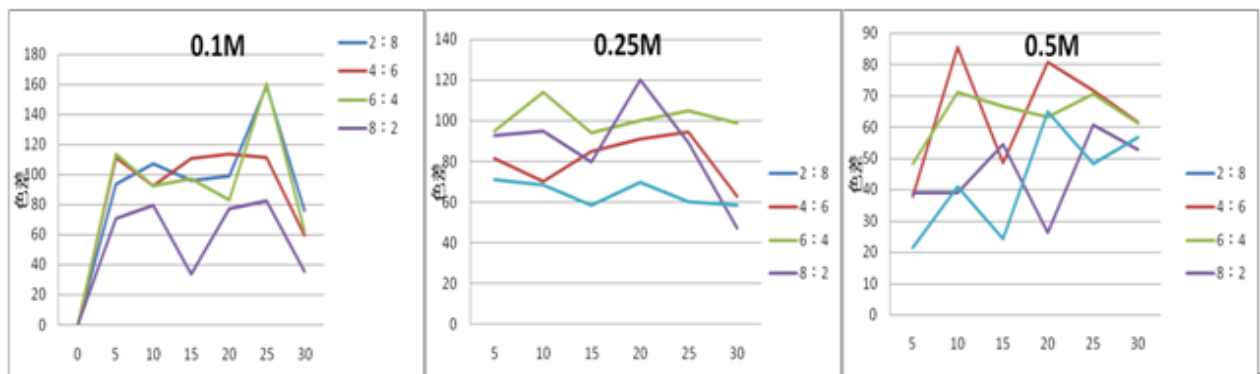
檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液的作用屬於光化學反應，因此，本實驗將所配置的感光液，進行不同曝光時間的比較，以了解當感光液發生反應時，溶液的顏色差異 (ΔE)與普魯士藍沉澱(B 值)隨曝光時間不同有何變化。

在這階段將針對相同濃度相同配置比例、不同曝光時間的溶液進行比較，並以每組感光液加入培養皿中，反應初始顏色做為比較的基準，觀察當反應溶液曝光 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘、25 分鐘及 30 分鐘後所產生的變化。實驗結果如表(二)所示。

| 紫外線指數<1(實驗值 120.67mV，參照附錄儀器電壓與 uv 關係) | | | | | | | | |
|---|------------|----|--|------------|----|---|------------|----|
| 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B |
| 0.1-2-8-0  | | 0 | 0.25-2-8-0  | | 0 | 0.5-2-8-0  | | 0 |
| 0.1-2-8-5  | 93.4 | 0 | 0.25-2-8-5  | 81.7 | 23 | 0.5-2-8-5  | 37.8 | 17 |
| 0.1-2-8-10  | 107 | 25 | 0.25-2-8-10  | 70.5 | 0 | 0.5-2-8-10  | 85.5 | 34 |
| 0.1-2-8-15  | 95.6 | 69 | 0.25-2-8-15  | 85 | 0 | 0.5-2-8-15  | 48.6 | 28 |
| 0.1-2-8-20  | 98.8 | 37 | 0.25-2-8-20  | 91.2 | 50 | 0.5-2-8-20  | 80.7 | 44 |
| 0.1-2-8-25  | 159 | 48 | 0.25-2-8-25  | 94.6 | 0 | 0.5-2-8-25  | 71.8 | 4 |
| 0.1-2-8-30  | 76.1 | 32 | 0.25-2-8-30  | 63 | 30 | 0.5-2-8-30  | 61.6 | 50 |
| 0.1-4-6-0  | | 7 | 0.25-4-6-0  | | 0 | 0.5-4-6-0  | | 30 |
| 0.1-4-6-5  | 111 | 38 | 0.25-4-6-5  | 94.6 | 27 | 0.5-4-6-5  | 48.2 | 0 |
| 0.1-4-6-10  | 92.5 | 38 | 0.25-4-6-10  | 114 | 51 | 0.5-4-6-10  | 71.1 | 37 |
| 0.1-4-6-15  | 111 | 61 | 0.25-4-6-15  | 93.9 | 29 | 0.5-4-6-15  | 66.5 | 45 |
| 0.1-4-6-20  | 114 | 54 | 0.25-4-6-20  | 100 | 32 | 0.5-4-6-20  | 63.1 | 0 |
| 0.1-4-6-25  | 111 | 70 | 0.25-4-6-25  | 104.7 | 35 | 0.5-4-6-25  | 70.5 | 0 |
| 0.1-4-6-30  | 59.3 | 31 | 0.25-4-6-30  | 98.7 | 84 | 0.5-4-6-30  | 61.3 | 45 |

| 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B |
|---------------------------|------------|----|-----------------------------|------------|----|---------------------------|------------|----|
| 0.1-6-4-0 0.1溶-6-4-0 | | 7 | 0.25-6-4-0 溶0.25-6-4-0 | | 0 | 0.5-6-4-0 溶0.5-6-4-0 | | 20 |
| 0.1-6-4-5 溶0.1-6-4-5 | 114 | 50 | 0.25-6-4-5 溶0.25-6-4-5 | 92.7 | 48 | 0.5-6-4-5 溶0.5-6-4-5 | 39 | 49 |
| 0.1-6-4-10 溶0.1-6-4-10 | 92.4 | 23 | 0.25-6-4-10 溶0.25-6-4-10 | 94.8 | 37 | 0.5-6-4-10 溶0.5-6-4-10 | 39 | 30 |
| 0.1-6-4-15 溶0.1-6-4-15 | 97.2 | 57 | 0.25-6-4-15 溶0.25-6-4-15 | 79.6 | 61 | 0.5-6-4-15 溶0.5-6-4-15 | 54.6 | 43 |
| 0.1-6-4-20 溶0.1-6-4-20 | 82.8 | 59 | 0.25-6-4-20 溶0.25-6-4-20 | 119.9 | 91 | 0.5-6-4-20 溶0.5-6-4-20 | 26.3 | 0 |
| 0.1-6-4-25 溶0.1-6-4-25 | 161 | 0 | 0.25-6-4-25 溶0.25-6-4-25 | 89.2 | 54 | 0.5-6-4-25 溶0.5-6-4-25 | 60.8 | 39 |
| 0.1-6-4-30 溶0.1-6-4-30 | 62.5 | 61 | 0.25-6-4-30 溶0.25-6-4-30 | 47.4 | 28 | 0.5-6-4-30 溶0.5-6-4-30 | 52.9 | 32 |
| 0.1-8-2-0 0.1溶-8-2-0 | | 0 | 0.25-8-2-0 溶0.25-8-2-0 | | 0 | 0.5-8-2-0 溶0.5-8-2-0 | | 0 |
| 0.1-8-2-5 溶0.1-8-2-5 | 71 | 16 | 0.25-8-2-5 溶0.25-8-2-5 | 70.9 | 41 | 0.5-8-2-5 溶0.5-8-2-5 | 21.5 | 0 |
| 0.1-8-2-10 溶0.1-8-2-10 | 79.3 | 46 | 0.25-8-2-10 溶0.25-8-2-10 | 68.3 | 58 | 0.5-8-2-10 溶0.5-8-2-10 | 41 | 50 |
| 0.1-8-2-15 溶0.1-8-2-15 | 33.5 | 40 | 0.25-8-2-15 溶0.25-8-2-15 | 58.6 | 52 | 0.5-8-2-15 溶0.5-8-2-15 | 24.2 | 24 |
| 0.1-8-2-20 溶0.1-8-2-20 | 77.3 | 44 | 0.25-8-2-20 溶0.25-8-2-20 | 69.8 | 51 | 0.5-8-2-20 溶0.5-8-2-20 | 65 | 37 |
| 0.1-8-2-25 溶0.1-8-2-25 | 82.5 | 35 | 0.25-8-2-25 溶0.25-8-2-25 | 60.3 | 92 | 0.5-8-2-25 溶0.5-8-2-25 | 48.2 | 46 |
| 0.1-8-2-30 溶0.1-8-2-30 | 35.6 | 95 | 0.25-8-2-30 溶0.25-8-2-30 | 58.4 | 42 | 0.5-8-2-30 溶0.5-8-2-30 | 56.8 | 58 |

表(二) 不同曝光時間感光液反應結果

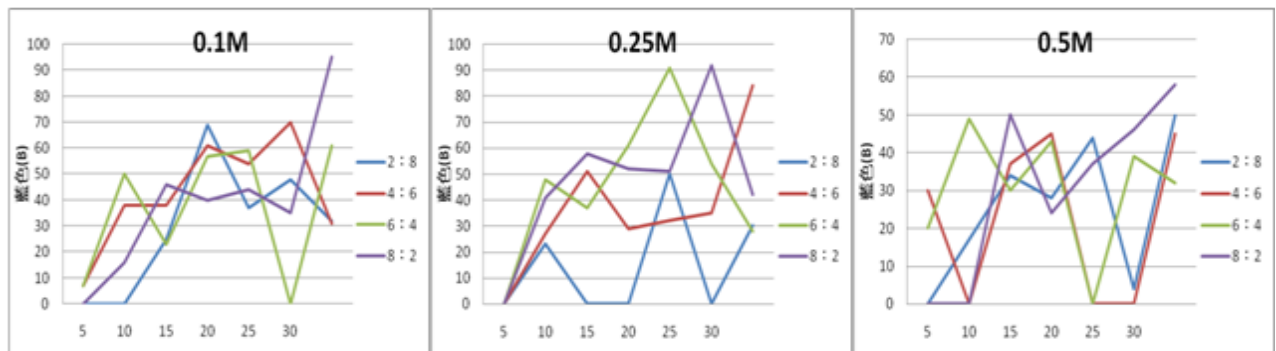


圖(三) 不同曝光時間與色差變化關係圖

由圖(三)可觀察到感光液濃度為 0.1M 時，曝光時間 25 分鐘時色差變化達到最明顯差異；而感光液濃度為 0.25M 時，色差變化與曝光時間未有明顯差異；感光液濃度為 0.5M 時，

可觀察到色差和曝光時間呈現正相關。

因此，推論本實驗的感光液濃度較低時，曝光 25 分鐘可使普魯士藍色差變化達最大值，而非隨曝光時間推移色差變化愈大；而當溶液濃度大時，色差變化與曝光時間呈現正相關。



圖(四) 不同曝光時間感光液 B 值

表(二)及圖(四)可觀察到當感光液濃度為 0.1M 時，曝光 25 分鐘、30 分鐘 B 值較大；濃度為 0.25M 時，曝光 20 分鐘、25 分鐘、30 分鐘 B 值較大；濃度為 0.5M 時，曝光 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘時 B 值較大。

當感光液濃度較低($\leq 0.25M$)時，曝光時間時間 ≥ 20 分鐘，普魯士藍的顏色(B 值)較深，而當感光液濃度高(0.5M)時，達到相近的藍色所需曝光時間較短；且感光液濃度為 0.25M 時，反應所得的藍色程度較高。

故推論：感光液濃度低，曝光時間長可以得到較多普魯士藍沉澱(B 值)；濃度高時，需要的曝光時間短。

二、感光液在濾紙上曝光後的呈色效果


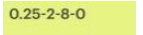





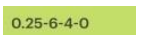

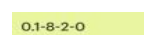
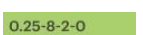

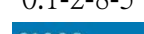


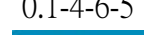
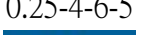
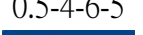
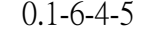
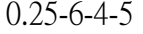
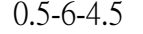
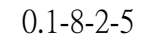
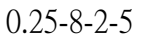
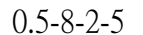
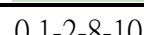
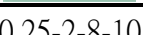
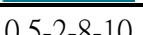









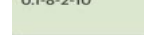
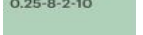

本研究利用檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液混合所形成的感光液，受到日光照射後，產生的光化學反應進行研究，為監控實驗過程中紫外線對實驗的影響，將同時利用紫外線感測器進行實驗操作過程中，陽光紫外線的統計測量。



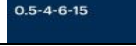






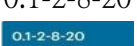
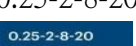
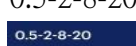
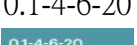
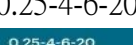
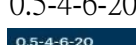

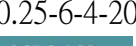
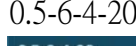
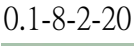
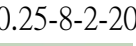
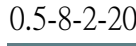
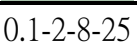
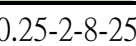
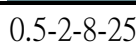
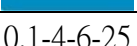
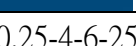
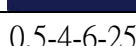




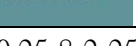


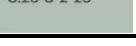


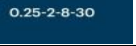





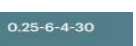

本階段將放置於培養皿中的感光液，更改為將感光液加入由透明塑膠袋盛裝的濾紙上，觀察感光液在不同組成比例、不同曝光時間下，反應後濾紙的顏色差異 (ΔE)與普魯士藍沉澱量 (B 值)。研究結果與討論如下：

1.不同比例的感光液，在濾紙上曝光後呈色效果

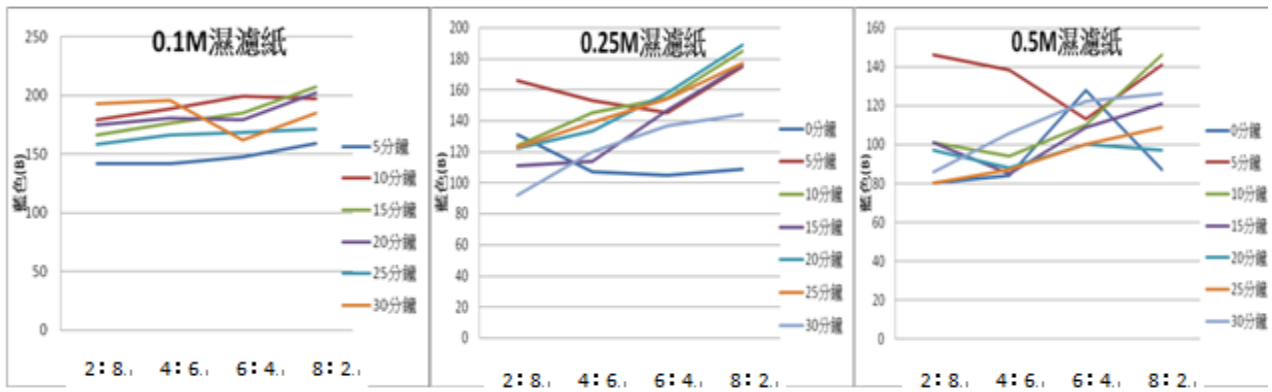
將檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液，分別配置出 0.1M、0.25M 和 0.5M 等三種濃度，並利用不同混合比例(檸檬酸鐵銨溶液：鐵氰化鉀溶液為 2：8、4：6、6：4 與 8：2)的方式，產生感光液。

實驗完利用色差儀蒐集各組 R、G、B 數據，以 excel 進行數據分析，又本實驗曝光後會產生普魯士藍沉澱，因此這部分將就 B 值進行討論。圖示中當感光液濃度為 0.1M、混合比例 2：8、曝光時間為 0 分鐘，茲簡易表示為 0.1-2-8-0，其餘類推。

| 紫外線指數<1(實驗值 120.67mV，參照附錄儀器電壓與 uv 關係) | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|
| 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B |
|  0.1-2-8-0 | 251 | 255 | 142 |  0.25-2-8-0 | 231 | 244 | 131 |  0.5-2-8-0 | 193 | 221 | 80 |
|  0.1-4-6-0 | 245 | 252 | 142 |  0.25-4-6-0 | 218 | 237 | 107 |  0.5-4-6-0 | 138 | 186 | 84 |
|  0.1-6-4-0 | 243 | 250 | 148 |  0.25-6-4-0 | 196 | 223 | 105 |  0.5-6-4-0 | 153 | 190 | 128 |
|  0.1-8-2-0 | 235 | 247 | 159 |  0.25-8-2-0 | 170 | 208 | 109 |  0.5-8-2-0 | 94 | 149 | 87 |
|  0.1-2-8-5 | 0 | 120 | 179 |  0.25-2-8-5 | 0 | 101 | 166 |  0.5-2-8-5 | 0 | 87 | 146 |
|  0.1-4-6-5 | 0 | 141 | 188 |  0.25-4-6-5 | 0 | 96 | 153 |  0.5-4-6-5 | 0 | 69 | 138 |
|  0.1-6-4-5 | 82 | 184 | 199 |  0.25-6-4-5 | 0 | 121 | 145 |  0.5-6-4-5 | 0 | 73 | 113 |
|  0.1-8-2-5 | 200 | 229 | 197 |  0.25-8-2-5 | 148 | 195 | 175 |  0.5-8-2-5 | 0 | 115 | 141 |
|  0.1-2-8-10 | 0 | 106 | 166 |  0.25-2-8-10 | 0 | 59 | 124 |  0.5-2-8-10 | 0 | 42 | 101 |
|  0.1-4-6-10 | 0 | 149 | 176 |  0.25-4-6-10 | 0 | 100 | 145 |  0.5-4-6-10 | 0 | 40 | 94 |
|  0.1-6-4-10 | 172 | 214 | 185 |  0.25-6-4-10 | 31 | 137 | 155 |  0.5-6-4-10 | 0 | 70 | 110 |
|  0.1-8-2-10 | 219 | 232 | 207 |  0.25-8-2-10 | 175 | 209 | 185 |  0.5-8-2-10 | 28 | 116 | 146 |
|  0.1-2-8-15 | 0 | 110 | 175 |  0.25-2-8-15 | 0 | 50 | 111 |  0.5-2-8-15 | 12 | 37 | 101 |

| 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B |
|--|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|---|----|----|-----|
|  0.1-4-6-15 | 48 | 151 | 181 |  0.25-4-6-15 | 0 | 83 | 114 |  0.5-4-6-15 | 0 | 44 | 85 |
|  0.1-6-4-15 | 127 | 184 | 179 |  0.25-6-4-15 | 38 | 127 | 147 |  0.5-6-4-15 | 0 | 72 | 109 |
|  0.1-8-2-15 | 182 | 213 | 202 |  0.25-8-2-15 | 194 | 214 | 176 |  0.5-8-2-15 | 54 | 99 | 121 |
|  0.1-2-8-20 | 0 | 108 | 158 |  0.25-2-8-20 | 0 | 69 | 122 |  0.5-2-8-20 | 17 | 37 | 97 |
|  0.1-4-6-20 | 80 | 152 | 166 |  0.25-4-6-20 | 0 | 106 | 133 |  0.5-4-6-20 | 0 | 51 | 88 |
|  0.1-6-4-20 | 131 | 179 | 168 |  0.25-6-4-20 | 78 | 148 | 158 |  0.5-6-4-20 | 19 | 74 | 100 |
|  0.1-8-2-20 | 168 | 194 | 171 |  0.25-8-2-20 | 196 | 213 | 189 |  0.5-8-2-20 | 17 | 37 | 97 |
|  0.1-2-8-25 | 0 | 141 | 193 |  0.25-2-8-25 | 0 | 74 | 123 |  0.5-濕紙-2-8-25 | 24 | 29 | 80 |
|  0.1-4-6-25 | 114 | 186 | 196 |  0.25-4-6-25 | 9 | 113 | 139 |  0.5-濕紙-4-6-25 | 0 | 48 | 87 |
|  0.1-6-4-25 | 133 | 176 | 162 |  0.25-6-4-25 | 97 | 148 | 154 |  0.5-濕紙-6-4-25 | 24 | 65 | 100 |
|  0.1-8-2-25 | 169 | 201 | 185 |  0.25-8-2-25 | 177 | 192 | 177 |  0.5-濕紙-8-2-25 | 49 | 75 | 109 |
|  0.1-2-8-30 | 0 | 128 | 183 |  0.25-2-8-30 | 0 | 57 | 92 |  0.5-濕紙-2-8-30 | 0 | 22 | 86 |
|  0.1-4-6-30 | 104 | 169 | 190 |  0.25-4-6-30 | 17 | 95 | 120 |  0.5-濕紙-4-6-30 | 0 | 69 | 106 |
|  0.1-6-4-30 | 120 | 169 | 171 |  0.25-6-4-30 | 81 | 126 | 137 |  0.5-濕紙-6-4-30 | 0 | 93 | 122 |
|  0.1-8-2-30 | 178 | 184 | 144 |  0.25-8-2-30 | 178 | 184 | 144 |  0.5-濕紙-8-2-30 | 57 | 98 | 126 |

表(三) 未陰乾濾紙上不同濃度感光液反應結果



圖(五) 未陰乾濾紙上不同配置比例與 B 值關係圖

由表(三)及圖(五)可觀察出當感光液濃度為 0.1M，曝光 10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘時，感光液比例為 8：2 普魯士藍沉澱(B 值)較大；而曝光 5 分鐘時，比例為 6：4 組普魯士藍沉澱(B 值)較大。但當曝光時間延長(>20 分鐘)B 值最高，卻是出現在比例為 4：6 這組。因此可以推知檸檬酸鐵銨溶液含量多，反應後所得普魯士藍(B 值)愈多；且當檸檬酸鐵銨濃度較低時，延長曝光時間可使 B 值增加。感光液濃度為 0.25M 這一組，無論曝光時間是多少，當感光液配置比例為 8：2 時，普魯士藍沉澱(B 值)都是多的。是故當感光液濃度為 0.25M 時，檸檬酸鐵銨溶液含量愈多，普魯士藍沉澱(B 值)的愈多。感光液濃度為 0.5M 這一組，除了曝光 5 分中這組是混合比例 2：8 時 B 最大，其餘組別都是混合比例為 6：4 或 8：2 時 B 值較大，可以看出普魯士藍的多寡由檸檬酸鐵銨溶液所決定。

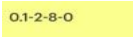



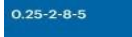
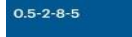




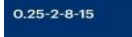
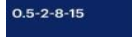




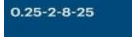


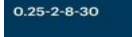
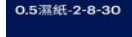




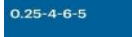











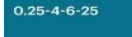

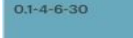


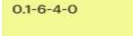



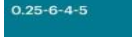
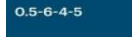
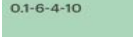
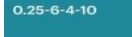
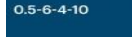









綜觀 0.1M、0.25M 與 0.5M 這三組感光液，0.1M 感光液的 B 值數據區間為 150~200 間、0.25M 感光液的 B 值數據區間為 100~180 間、0.5M 感光液的 B 值數據區間多數低於 140。所以產生的普魯士藍沉澱(B 值)，並非感光液濃度愈高效果愈好。




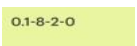



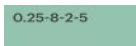



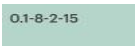









因此，推測：當檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液在未陰乾濾紙上發生反應時，檸檬酸鐵銨溶液所占有比例較多時，可使普魯士藍沉澱(B 值)出現較高的效果；且感光液並非濃度愈高，普魯士藍(B 值)愈高。

2.濾紙上不同曝光時間對感光液呈色效果的影響

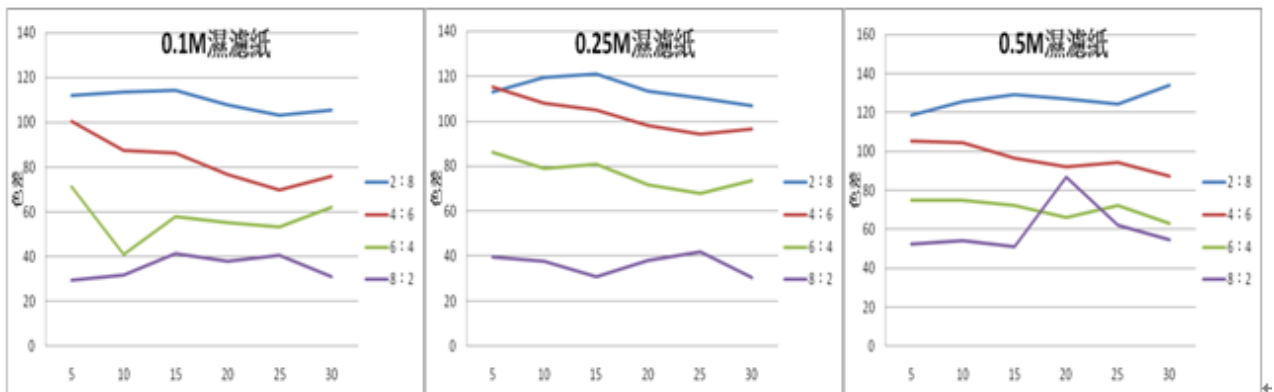
在這個階段實驗為操弄不同曝光時間(5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘、25 分鐘及 30 分鐘)，使感光液在濾紙上進行反應，為避免受主觀意識影響，利用色差儀讀取濾紙上呈色數據，以每組中初始顏色(例如：0.1-2-8-0)做為比較的基準，進行未陰乾濾紙上不同曝光時間，反應前後感光液顏色差異(ΔE)比較，與普魯士藍(B 值)討論。實驗結果如表(四)所示。

紫外線指數<1(實驗值 120.67mV，參照附錄儀器電壓與 uv 關係)

| 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B |
|---|------------|-----|--|------------|-----|---|------------|-----|
| 0.1-2-8-0  | | 142 | 0.25-2-8-0  | | 131 | 0.5-2-8-0  | | 80 |
| 0.1-2-8-5  | 112 | 179 | 0.25-2-8-5  | 113 | 166 | 0.5-2-8-5  | 119 | 146 |
| 0.1-2-8-10  | 113 | 166 | 0.25-2-8-10  | 119 | 124 | 0.5-2-8-10  | 126 | 101 |
| 0.1-2-8-15  | 114 | 175 | 0.25-2-8-15  | 121 | 111 | 0.5-2-8-15  | 129 | 101 |
| 0.1-2-8-20  | 108 | 158 | 0.25-2-8-20  | 113 | 122 | 0.5-2-8-20  | 127 | 97 |
| 0.1-2-8-25  | 103 | 193 | 0.25-2-8-25  | 110 | 123 | 0.5-2-8-25  | 124 | 80 |
| 0.1-2-8-30  | 106 | 183 | 0.25-2-8-30  | 107 | 92 | 0.5-2-8-30  | 134 | 86 |
| 0.1-4-6-0  | | 142 | 0.25-4-6-0  | | 107 | 0.5-4-6-0  | | 84 |
| 0.1-4-6-5  | 101 | 188 | 0.25-4-6-5  | 115 | 153 | 0.5-4-6-5  | 105 | 138 |
| 0.1-4-6-10  | 87.5 | 176 | 0.25-4-6-10  | 108 | 145 | 0.5-4-6-10  | 105 | 94 |
| 0.1-4-6-15  | 86.2 | 181 | 0.25-4-6-15  | 105 | 114 | 0.5-4-6-15  | 96.5 | 85 |
| 0.1-4-6-20  | 76.8 | 166 | 0.25-4-6-20  | 98.1 | 133 | 0.5-4-6-20  | 92.2 | 88 |
| 0.1-4-6-25  | 69.9 | 196 | 0.25-4-6-25  | 94.2 | 139 | 0.5-4-6-25  | 94.3 | 87 |
| 0.1-4-6-30  | 76.1 | 190 | 0.25-4-6-30  | 96.5 | 120 | 0.5-4-6-30  | 87.4 | 106 |
| 0.1-6-4-0  | | 148 | 0.25-6-4-0  | | 105 | 0.5-6-4-0  | | 128 |
| 0.1-6-4-5  | 71.5 | 199 | 0.25-6-4-5  | 86.2 | 145 | 0.5-6-4-5  | 75.1 | 113 |
| 0.1-6-4-10  | 41 | 185 | 0.25-6-4-10  | 79.1 | 155 | 0.5-6-4-10  | 74.9 | 110 |
| 0.1-6-4-15  | 57.8 | 179 | 0.25-6-4-15  | 80.9 | 147 | 0.5-6-4-15  | 72.3 | 109 |
| 0.1-6-4-20  | 55.3 | 168 | 0.25-6-4-20  | 71.7 | 158 | 0.5-6-4-20  | 66 | 100 |
| 0.1-6-4-25  | 53.5 | 162 | 0.25-6-4-25  | 67.9 | 154 | 0.5-6-4-25  | 72.6 | 100 |

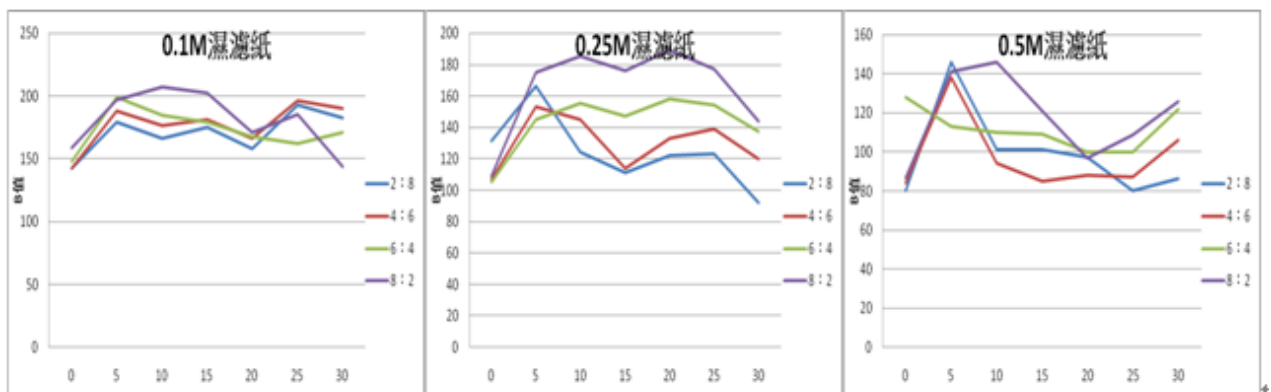
| 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B |
|---|------------|-----|--|------------|-----|---|------------|-----|
| 0.1-6-4-30  | 62.1 | 171 | 0.25-6-4-30  | 73.7 | 137 | 0.5-6-4-30  | 63.1 | 122 |
| 0.1-8-2-0  | | 159 | 0.25-8-2-0  | | 109 | 0.5-8-2-0  | | 87 |
| 0.1-8-2-5  | 29.5 | 197 | 0.25-8-2-5  | 39.6 | 175 | 0.5-8-2-5  | 52.4 | 141 |
| 0.1-8-2-10  | 31.6 | 207 | 0.25-8-2-10  | 37.6 | 185 | 0.5-8-2-10  | 53.9 | 146 |
| 0.1-8-2-15  | 41.3 | 202 | 0.25-8-2-15  | 30.8 | 176 | 0.5-8-2-15  | 51 | 121 |
| 0.1-8-2-20  | 37.9 | 171 | 0.25-8-2-20  | 38.1 | 189 | 0.5-8-2-20  | 86.9 | 97 |
| 0.1-8-2-25  | 40.6 | 185 | 0.25-8-2-25  | 42 | 177 | 0.5-8-2-25  | 62 | 109 |
| 0.1-8-2-30  | 31 | 144 | 0.25-8-2-30  | 30.4 | 144 | 0.5-8-2-30  | 54.5 | 126 |

表(四) 濾紙上不同曝光時間感光液反應結果



圖(六) 濾紙上不同曝光時間與色差變化關係圖

由圖(六)及表(四)可觀察出 0.1M、0.25M 與 0.5M 的感光液，曝光時間少於或等於(\leq)15 分鐘，色差變化量達到最大值，且色差變化隨曝光時間增加出現減緩趨勢。



圖(七) 濾紙上不同曝光時間感光液 B 值

參照圖(七)及表(四)可發現 0.1M 的感光液中，檸檬酸鐵銨溶液所占比例較少時，曝光時間愈久(>20 分鐘)，產生的普魯士藍(B 值)愈高，而檸檬酸鐵銨溶液含量多時，曝光時間少(≤10 分鐘)就可達到和曝光時間久的相似 B 值。在 0.25M 與 0.5M 的組別，可發現當感光液濃度較大(≥0.25M)，即使檸檬酸鐵銨溶液含量少，亦只需 5 分鐘就可讓產生的普魯士藍(B 值)沉澱達到該組的最大量。

感光液濃度低且檸檬酸鐵銨溶液含量少時，要達到與檸檬酸溶液比例高時相似的 B 值，需要的曝光時間較久；但感光液濃度高(≥0.25M)時，B 值與檸檬酸鐵銨溶液比例無關，和曝光時間呈負相關。綜觀這三種不同濃度的感光液所產生的普魯士藍(B 值)沉澱量，可發現感光液的濃度越高，所產生的普魯士藍(B 值)不見得越大。


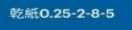




三、濾紙上感光液曝光後陰乾完的呈色效果




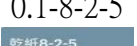
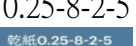
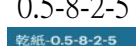
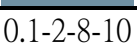
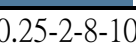
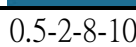
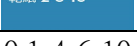






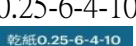
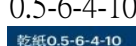
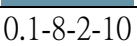
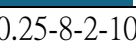
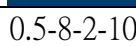







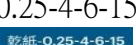
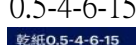
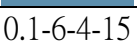
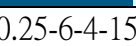
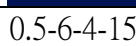
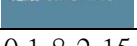
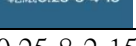




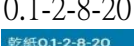
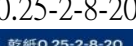
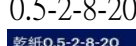

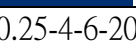
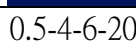
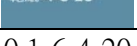





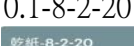
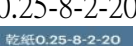
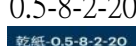
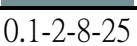
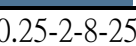
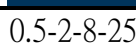


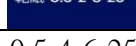



本階段研究同樣分為不同組成比例、不同曝光時間兩部分。同樣以藍晒實驗模式作為操作方式，因實驗會涉及光化學反應，故操作過程中同步蒐集紫外線指數數據。其研究結果與討論如下：

1.不同比例感光液在曝光後陰乾完的濾紙上呈色效果

配置同為 0.1M、0.25M、0.5M 的檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液，再依檸檬酸鐵銨溶液：鐵氰化鉀溶液=2：8、4：6、6：4 與 8：2 等不同比例形成感光液，並將相同曝光時間做為控制變因。圖示中的乾紙 0.1-2-8-5 是將同為 0.1M 的檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液，依 2：8 的比例形成感光液後，加入透明塑膠袋盛裝的濾紙中，待完成實驗設計的曝光時間 5 分鐘後，放入清水中漂洗，並放置於室內陰暗處陰乾，其餘圖示表示法類推。

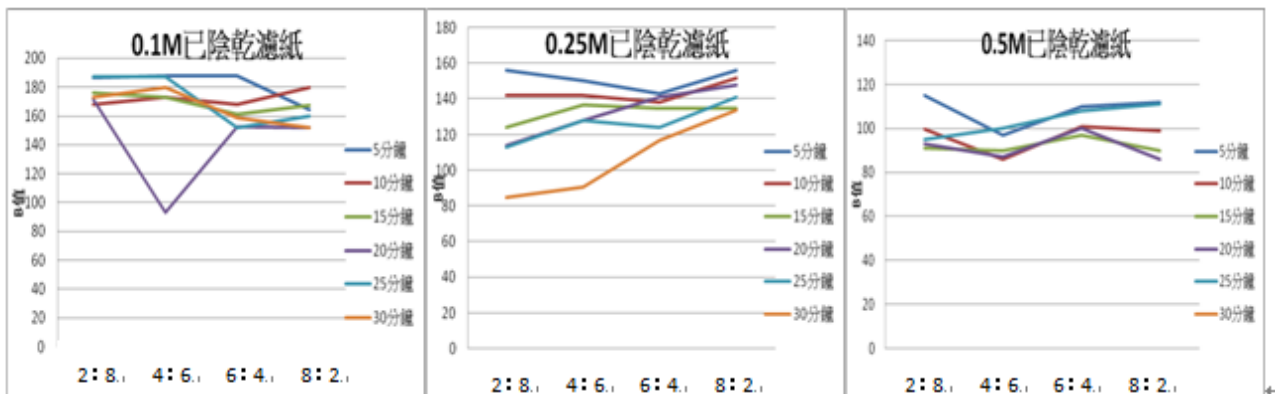
實驗完利用色差儀蒐集各組數據，並利用 excel 進行數據分析，本實驗反應後會產生普魯士藍沉澱，因此蒐集 R、G、B 數據後，以 B 值進行討論。

| 紫外線<1(實驗值 120.67mV，參照附錄儀器電壓與 uv 關係) | | | | | | | | | | | |
|--|----|-----|-----|---|---|----|-----|--|---|----|-----|
| 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B |
| 0.1-2-8-5  | 15 | 136 | 187 | 0.25-2-8-5  | 0 | 93 | 156 | 0.5-2-8-5  | 0 | 86 | 143 |
| 0.1-4-6-5  | 13 | 138 | 188 | 0.25-4-6-5  | 0 | 86 | 150 | 0.5-4-6-5  | 0 | 73 | 139 |

| 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B |
|---|-----|-----|-----|--|----|-----|-----|---|----|-----|-----|
|  乾紙0.1-6-4-5 | 110 | 160 | 188 |  乾紙0.25-6-4-5 | 0 | 101 | 143 |  乾紙0.5-6-4-5 | 0 | 62 | 117 |
|  乾紙0.1-8-2-5 | 112 | 146 | 164 |  乾紙0.25-8-2-5 | 80 | 123 | 156 |  乾紙0.5-8-2-5 | 30 | 110 | 148 |
|  乾紙0.1-2-8-10 | 0 | 112 | 168 |  乾紙0.25-2-8-10 | 0 | 68 | 142 |  乾紙0.5-2-8-10 | 0 | 49 | 115 |
|  乾紙0.1-4-6-10 | 52 | 134 | 173 |  乾紙0.25-4-6-10 | 0 | 88 | 142 |  乾紙0.5-4-6-10 | 0 | 27 | 97 |
|  乾紙0.1-6-4-10 | 101 | 147 | 168 |  乾紙0.25-6-4-10 | 19 | 101 | 138 |  乾紙0.5-6-4-10 | 0 | 60 | 110 |
|  乾紙0.1-8-2-10 | 100 | 149 | 180 |  乾紙0.25-8-2-10 | 80 | 120 | 152 |  乾紙0.5-8-2-10 | 11 | 67 | 112 |
|  乾紙0.1-2-8-15 | 0 | 122 | 176 |  乾紙0.25-2-8-15 | 0 | 57 | 124 |  乾紙0.5-2-8-15 | 0 | 24 | 100 |
|  乾紙0.1-4-6-15 | 92 | 143 | 173 |  乾紙0.25-4-6-15 | 0 | 88 | 137 |  乾紙0.5-4-6-15 | 0 | 20 | 86 |
|  乾紙0.1-6-4-15 | 89 | 136 | 161 |  乾紙0.25-6-4-15 | 43 | 100 | 135 |  乾紙0.5-6-4-15 | 0 | 61 | 101 |
|  乾紙0.1-8-2-15 | 110 | 149 | 167 |  乾紙0.25-8-2-15 | 71 | 107 | 135 |  乾紙0.5-8-2-15 | 0 | 58 | 99 |
|  乾紙0.1-2-8-20 | 0 | 122 | 172 |  乾紙0.25-2-8-20 | 0 | 48 | 114 |  乾紙0.5-2-8-20 | 0 | 20 | 91 |
|  乾紙0.1-4-6-20 | 165 | 141 | 93 |  乾紙0.25-4-6-20 | 0 | 90 | 128 |  乾紙0.5-4-6-20 | 0 | 41 | 90 |
|  乾紙0.1-6-4-20 | 94 | 137 | 153 |  乾紙0.25-6-4-20 | 44 | 110 | 141 |  乾紙0.5-6-4-20 | 0 | 60 | 97 |
|  乾紙0.1-8-2-20 | 117 | 145 | 152 |  乾紙0.25-8-2-20 | 77 | 117 | 148 |  乾紙0.5-8-2-20 | 0 | 52 | 90 |
|  乾紙0.1-2-8-25 | 0 | 136 | 187 |  乾紙0.25-2-8-25 | 0 | 56 | 113 |  乾紙0.5-2-8-25 | 0 | 16 | 93 |
|  乾紙0.1-4-6-25 | 99 | 160 | 187 |  乾紙0.25-4-6-25 | 0 | 91 | 128 |  乾紙0.5-4-6-25 | 0 | 38 | 87 |
|  乾紙0.1-6-4-25 | 97 | 135 | 152 |  乾紙0.25-6-4-25 | 12 | 88 | 124 |  乾紙0.5-6-4-25 | 0 | 61 | 100 |
|  乾紙0.1-8-2-25 | 131 | 154 | 160 |  乾紙0.25-8-2-25 | 77 | 112 | 141 |  乾紙0.5-8-2-25 | 0 | 44 | 86 |
|  乾紙0.1-2-8-30 | 0 | 125 | 173 |  乾紙0.25-2-8-30 | 0 | 17 | 85 |  乾紙0.5-2-8-30 | 0 | 16 | 95 |
|  乾紙0.1-4-6-30 | 104 | 149 | 180 |  乾紙0.25-4-6-30 | 0 | 4 | 91 |  乾紙0.5-4-6-30 | 0 | 59 | 100 |
|  乾紙0.1-6-4-30 | 100 | 138 | 159 |  乾紙0.25-6-4-30 | 22 | 81 | 117 |  乾紙0.5-6-4-30 | 0 | 73 | 108 |

| 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B | 圖示 | R | G | B |
|----------------------------|-----|-----|-----|------------------------------|----|-----|-----|----------------------------|---|----|-----|
| 0.1-8-2-30 乾紙0.1-8-2-30 | 131 | 152 | 152 | 0.25-8-2-30 乾紙0.25-8-2-30 | 71 | 106 | 134 | 0.5-8-2-30 乾紙0.5-8-2-30 | 0 | 74 | 111 |

表(五) 濾紙上不同比例感光液，曝光後陰乾完的實驗結果



圖(八) 不同配置比例的曝光後陰乾完的濾紙與 B 值關係圖

根據表(五)與圖(八)可以發現感光液濃度為 0.1M 時，已陰乾的濾紙普魯士藍(B 值)沉澱狀況，與感光液中檸檬酸鐵銨溶液、鐵氰化鉀溶液所佔比例無關。但是感光液濃度 0.25M 和 0.5M 兩組，可發現當感光液中的檸檬酸鐵銨溶液含量多時，已陰乾濾紙上會存在較多的普魯士藍沉澱(B 值)。

本階段實驗同時發現感光液濃度為 0.1M 時，B 值集中於 160~188 間；感光液濃度為 0.25M 時，B 值集中於 124~156 間；而感光液濃度為 0.5M 時，B 值集中於 95~115 間。從這個現象可以得知要產生較多普魯士藍沉澱(B 值)，感光液濃度不需要太高。


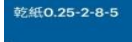



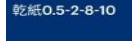

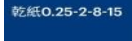
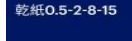


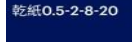


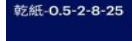

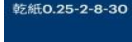
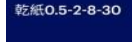





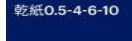


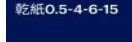

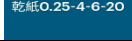
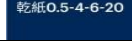


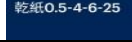


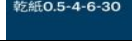

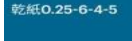
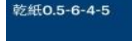

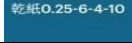
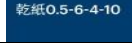


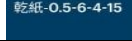


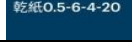

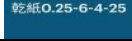
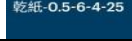

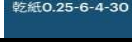
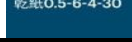
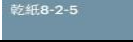


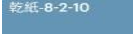

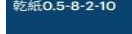
因此，推論：已陰乾的濾紙感光液的濃度低時，普魯士藍沉澱(B 值)較多，和配置比例相關性低；但濃度高($\geq 0.25M$)時，若想得到較多普魯士藍沉澱(B 值)，則須提高檸檬酸鐵銨溶液的比例。

2.不同曝光時間對曝光後陰乾完的濾紙之呈色效果

在透明塑膠袋中放入濾紙，加入配置完的感光液後，在陽光下曝光 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘、25 分鐘及 30 分鐘，再漂洗、陰乾，並利用色差儀讀取濾紙顏色，取代人為主觀判斷，量化實驗結果。

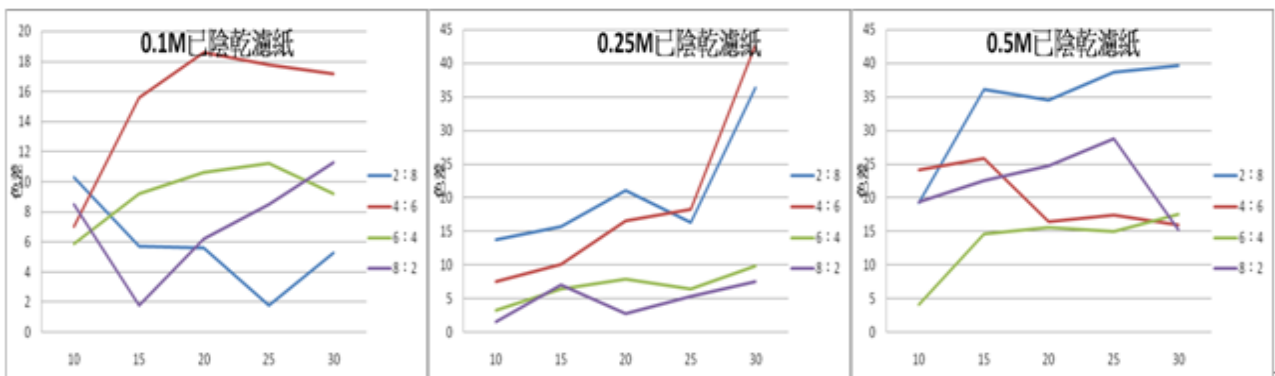
表(六)所示 0.1-2-8-5，為濾紙上加入 2：8 的 0.1M 檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液，曝光 5 分鐘漂洗再陰乾者，以此為色差(ΔE)比較基準。這個部分主要討論隨曝光時間不同濾紙上的色差變化量，與普魯士藍沉澱(B 值)。實驗結果如表(六)所示。

紫外線指數<1(實驗值 120.67mV，參照附錄儀器電壓與 uv 關係)

| 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B |
|---|------------|-----|--|------------|-----|---|------------|-----|
| 0.1-2-8-5  | | 187 | 0.25-2-8-5  | | 156 | 0.5-2-8-5  | | 143 |
| 0.1-2-8-10  | 10.3 | 168 | 0.25-2-8-10  | 13.8 | 142 | 0.5-2-8-10  | 19.2 | 115 |
| 0.1-2-8-15  | 5.7 | 176 | 0.25-2-8-15  | 15.7 | 124 | 0.5-2-8-15  | 36.1 | 100 |
| 0.1-2-8-20  | 5.6 | 172 | 0.25-2-8-20  | 21.1 | 114 | 0.5-2-8-20  | 34.5 | 91 |
| 0.1-2-8-25  | 1.8 | 187 | 0.25-2-8-25  | 16.4 | 113 | 0.5-2-8-25  | 38.6 | 93 |
| 0.1-2-8-30  | 5.3 | 173 | 0.25-2-8-30  | 36.3 | 85 | 0.5-2-8-30  | 39.6 | 95 |
| 0.1-4-6-5  | | 188 | 0.25-4-6-5  | | 150 | 0.5-4-6-5  | | 139 |
| 0.1-4-6-10  | 7 | 173 | 0.25-4-6-10  | 7.5 | 142 | 0.5-4-6-10  | 24.1 | 97 |
| 0.1-4-6-15  | 15.6 | 173 | 0.25-4-6-15  | 10.1 | 137 | 0.5-4-6-15  | 25.8 | 86 |
| 0.1-4-6-20  | 18.6 | 93 | 0.25-4-6-20  | 16.5 | 128 | 0.5-4-6-20  | 16.5 | 90 |
| 0.1-4-6-25  | 17.8 | 187 | 0.25-4-6-25  | 18.3 | 128 | 0.5-4-6-25  | 17.5 | 87 |
| 0.1-4-6-30  | 17.2 | 180 | 0.25-4-6-30  | | 91 | 0.5-4-6-30  | 16 | 100 |
| 0.1-6-4-5  | | 188 | 0.25-6-4-5  | | 143 | 0.5-6-4-5  | | 117 |
| 0.1-6-4-10  | 5.9 | 168 | 0.25-6-4-10  | 3.3 | 138 | 0.5-6-4-10  | 4.1 | 110 |
| 0.1-6-4-15  | 9.2 | 161 | 0.25-6-4-15  | 6.5 | 135 | 0.5-6-4-15  | 14.6 | 101 |
| 0.1-6-4-20  | 10.6 | 153 | 0.25-6-4-20  | 7.9 | 141 | 0.5-6-4-20  | 15.5 | 97 |
| 0.1-6-4-25  | 11.2 | 152 | 0.25-6-4-25  | 6.5 | 124 | 0.5-6-4-25  | 14.9 | 100 |
| 0.1-6-4-30  | 9.2 | 159 | 0.25-6-4-30  | 9.9 | 117 | 0.5-6-4-30  | 17.5 | 108 |
| 0.1-8-2-5  | | 164 | 0.25-8-2-5  | | 156 | 0.5-8-2-5  | | 148 |
| 0.1-8-2-10  | 8.5 | 180 | 0.25-8-2-10  | 1.5 | 152 | 0.5-8-2-10  | 19.4 | 112 |

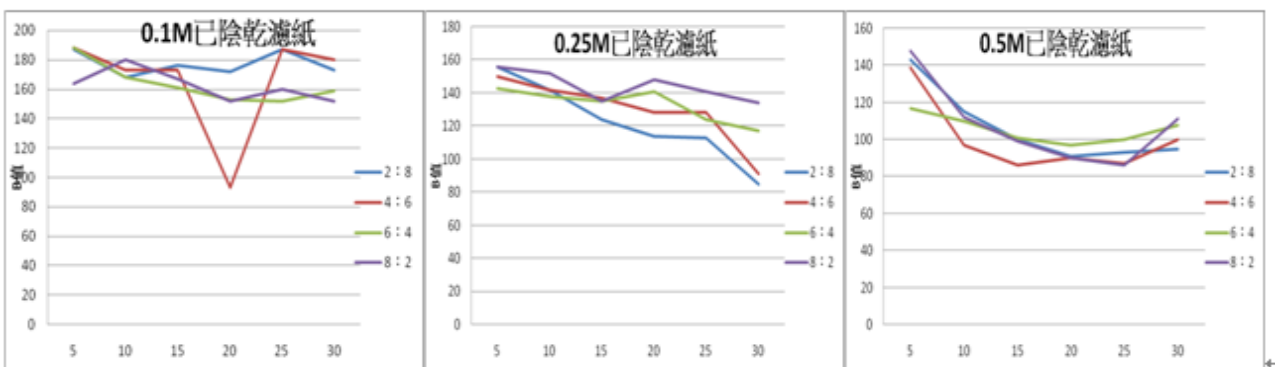
| 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B | 圖示 | ΔE | B |
|----------------------------|------------|-----|------------------------------|------------|-----|-----------------------------|------------|-----|
| 0.1-8-2-15 乾紙-8-2-15 | 1.8 | 167 | 0.25-8-2-15 乾紙0.25-8-2-15 | 7 | 135 | 0.5-8-2-15 乾紙0.5-8-2-15 | 22.5 | 99 |
| 0.1-8-2-20 乾紙-8-2-20 | 6.2 | 152 | 0.25-8-2-20 乾紙0.25-8-2-20 | 2.7 | 148 | 0.5-8-2-20 乾紙-0.5-8-2-20 | 24.7 | 90 |
| 0.1-8-2-25 乾紙-8-2-25 | 8.5 | 160 | 0.25-8-2-25 乾紙0.25-8-2-25 | 5.3 | 141 | 0.5-8-2-25 乾紙-0.5-8-2-25 | 28.8 | 86 |
| 0.1-8-2-30 乾紙0.1-8-2-30 | 11.3 | 152 | 0.25-8-2-30 乾紙0.25-8-2-30 | 7.5 | 134 | 0.5-8-2-30 乾紙0.5-8-2-30 | 15.2 | 111 |

表(六) 濾紙上不同比例感光液，曝光後陰乾完的實驗結果



圖(九) 不同曝光時間的陰乾的濾紙與色差變化關係圖

由圖(九)與表(六)可得知感光液濃度為 0.1M 與 0.5M 時，色差變化與曝光時間趨勢不明顯；而感光液濃度為 0.25M 時，陰乾後的濾紙的色差變化隨曝光時間正相關。因此，在已陰乾的濾紙上，除了 0.25M 色差變化與曝光時間存在相關性外，其餘並未出現相關性。




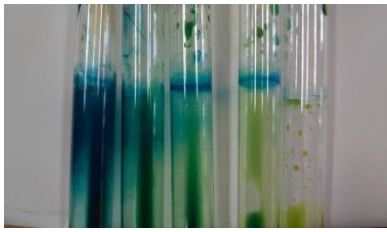

圖(十) 不同曝光時間的陰乾的濾紙與 B 值關係圖

表(六)與圖(十)可觀察出無論何種濃度、何種配置比例的感光液，曝光 5 分鐘漂洗陰乾後，就可以使乾燥的濾紙普魯士藍沉澱(B 值)達到最大值。亦即只要在濾紙上加入本實驗所設配置的感光液，無論加入的檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液比例是多少，只要在紫外線為 120.67 的陽光下曝光 5 分鐘，就可得到較多的普魯士藍沉澱。故在已陰乾濾紙中的普魯士藍沉澱量和曝光時間呈負相關。

四、感光液在培養皿、曝光後未陰乾濾紙及曝光後陰乾完濾紙上的呈色效果

在這個部分感光液將分別放在培養皿與透明塑膠袋盛裝的濾紙中進行，而濾紙又分為未陰乾與已陰乾兩部分的測量。

在預試實驗中發現將感光液，放在試管中於陽光下曝光，即使曝光時間已經過了將近一小時，感光液的顏色變化仍僅發生在溶液上層，非預估的整管試管都變色，又考慮反應速率跟表面積大小相關，所以正式實驗時，採用表面積大小相近的濾紙與蒸發皿進行實驗，以降低表面積大小對反應速率的影響。

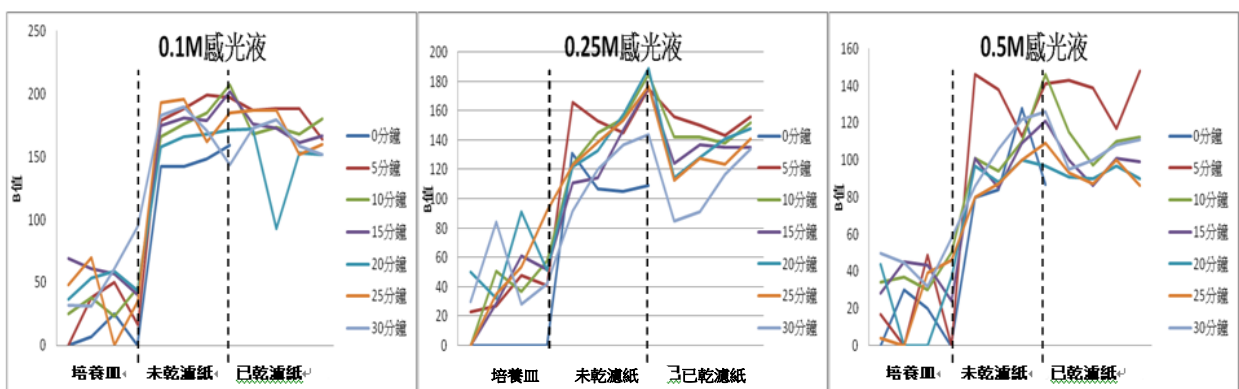
| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 預試實驗：溶液在試管中 | 預試實驗：變色集中溶液上方 | 正式實驗：蒸發皿中進行 |

為排除陽光紫外線對實驗的影響，三個實驗操作同步進行，並以色差儀蒐集各組數據，利用 excel 進行數據分析，又本實驗反應後會產生普魯士藍沉澱，因此這部分以 R、G、B 中的 B 值進行討論。

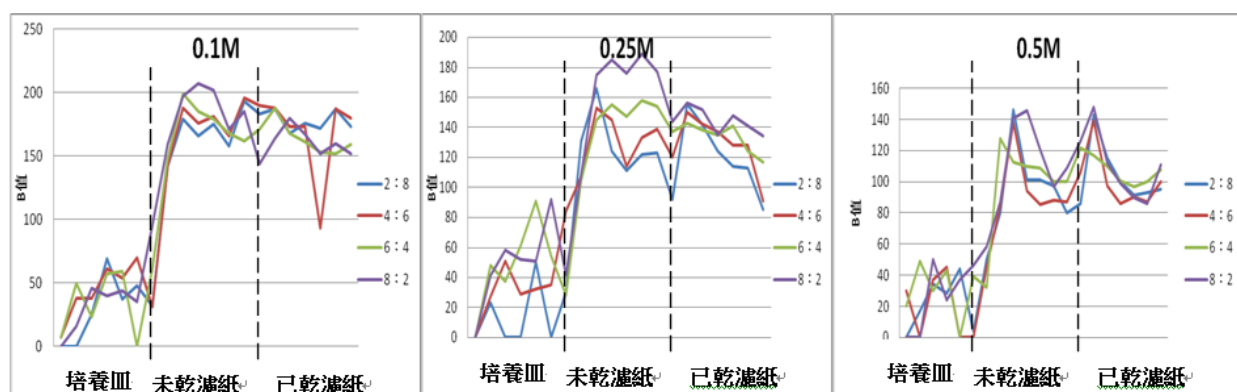
| | | 培養皿 | | | | 曝光後未陰乾濾紙 | | | | 曝光後已陰乾濾紙 | | | |
|----------------|----------|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|
| | | 2:8 | 4:6 | 6:4 | 8:2 | 2:8 | 4:6 | 6:4 | 8:2 | 2:8 | 4:6 | 6:4 | 8:2 |
| 濃度 0.1 M | 比例 時間 | | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 0 | 7 | 25 | 0 | 142 | 140 | 148 | 159 | | | | |
| | 5 | 0 | 38 | 50 | 16 | 179 | 188 | 199 | 197 | 187 | 188 | 188 | 164 |
| | 10 | 25 | 38 | 23 | 46 | 166 | 176 | 185 | 207 | 168 | 173 | 168 | 180 |
| | 15 | 69 | 61 | 57 | 40 | 175 | 181 | 179 | 202 | 176 | 173 | 161 | 167 |
| | 20 | 37 | 54 | 59 | 44 | 158 | 466 | 468 | 171 | 172 | 93 | 153 | 152 |
| | 25 | 48 | 70 | 0 | 35 | 193 | 196 | 162 | 185 | 187 | 187 | 152 | 160 |
| 30 | 32 | 31 | 61 | 95 | 183 | 190 | 171 | 144 | 173 | 180 | 159 | 152 | |

| | | 培養皿 | | | | 曝光後未陰乾濾紙 | | | | 曝光後已陰乾濾紙 | | | |
|-----------|----------|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|
| 濃度 | 比例 時間 | 2:8 | 4:6 | 6:4 | 8:2 | 2:8 | 4:6 | 6:4 | 8:2 | 2:8 | 4:6 | 6:4 | 8:2 |
| 0.25 M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 131 | 107 | 105 | 109 | | | | |
| | 5 | 23 | 27 | 48 | 41 | 166 | 153 | 145 | 175 | 156 | 150 | 143 | 156 |
| | 10 | 0 | 51 | 37 | 58 | 124 | 145 | 155 | 185 | 142 | 142 | 138 | 152 |
| | 15 | 0 | 29 | 61 | 52 | 111 | 114 | 147 | 176 | 124 | 137 | 135 | 135 |
| | 20 | 50 | 32 | 91 | 51 | 122 | 133 | 158 | 189 | 114 | 128 | 141 | 148 |
| | 25 | 0 | 35 | 54 | 92 | 123 | 139 | 154 | 177 | 113 | 128 | 124 | 141 |
| | 30 | 30 | 84 | 28 | 42 | 92 | 120 | 137 | 144 | 85 | 91 | 117 | 134 |
| 0.5 M | 5 | 0 | 30 | 20 | 0 | 80 | 84 | 128 | 87 | | | | |
| | 10 | 17 | 0 | 49 | 0 | 146 | 138 | 113 | 141 | 143 | 139 | 117 | 148 |
| | 15 | 34 | 37 | 30 | 50 | 101 | 94 | 110 | 146 | 115 | 97 | 110 | 112 |
| | 20 | 28 | 45 | 43 | 24 | 101 | 85 | 109 | 121 | 100 | 86 | 101 | 99 |
| | 25 | 4 | 0 | 39 | 46 | 80 | 87 | 100 | 109 | 93 | 87 | 100 | 86 |
| | 30 | 50 | 45 | 32 | 58 | 86 | 106 | 122 | 126 | 95 | 100 | 108 | 111 |

表(七) 感光液在培養皿、未陰乾濾紙及已陰乾濾紙上的 B 值



圖(十一) 不同比例感光液在培養皿、未陰乾濾紙、已陰乾濾紙上 B 值關係圖



圖(十二) 不同曝光時間感光液在培養皿、未陰乾濾紙及已陰乾濾紙上 B 值關係圖

由關係圖(十一)及圖(十二)可發現，感光液經過光化學反應後所產生的普魯士藍沉澱(B 值)，在濾紙上的沉澱效果最佳，與溶液濃度、配置比例、曝光時間及濾紙是否已陰乾等相關性不高。

而值得再探索的是不管是 0.1M、0.25M 或是 0.5M，未陰乾濾紙或是已陰乾濾紙上的普魯士藍沉澱，都是有經過清水漂洗再用色差儀測量，而培養皿中的普魯士藍沉澱則無經過清水漂洗步驟，結果發現：培養皿中的 B 值表現低於有漂洗過的濾紙。可見得感光液的藍晒效果，在濾紙上操作得到的藍曬效果較好。

柒、結論

一、結論

本研究使用檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液所形成的感光液，以色差儀量取反應後產生的普魯士藍沉澱(B 值) 與色差(ΔE)，並運用 excel 的統計分析技術，探討不同比例、不同曝光時間感光液的呈色效果，及不同比例、不同曝光時間感光液，在未陰乾濾紙與已陰乾濾紙上的呈色效果，並進一步探討感光液在培養皿、曝光後未陰乾濾紙，及曝光後陰乾完的濾紙上之呈色效果。根據研究動機、研究目的與相關理論，並結合研究結果分析，綜合歸納整理如下：

感光液中檸檬酸鐵銨溶液比例愈高、曝光時間愈短，普魯士藍(B 值)愈高，且濃度為 0.1M 時沉澱量最佳，而色差隨曝光時間增加而增加。在未陰乾濾紙上檸檬酸鐵銨溶液比例高，普魯士藍沉澱(B 值)多，當濃度低、檸檬酸鐵銨溶液含量少時，增加曝光時間可使魯士藍沉澱(B 值)增加，濃度高($\geq 0.25M$) B 值和曝光時間呈負相關；色差變化隨曝光時間增加出現減緩趨勢。已陰乾的濾紙感光液的濃度低、曝光時間短，普魯士藍沉澱(B 值)多，和配置比例相關性低，但濃度高($\geq 0.25M$)時，檸檬酸鐵銨溶液的比例高則 B 值高，色差相關性低。檸檬酸鐵銨溶液與鐵氰化鉀溶液的藍晒效果，在濾紙上操作較能得到較多的普魯士藍沉澱；感光液濃度低，則普魯士藍沉澱(B 值)大。

二、感想

這個實驗的起始是希望能將藍晒的結果” 量化” ，讓之後對這個實驗有興趣的人，可以比照本實驗結果，依比例、曝光時間得到想要的「藍」。在事前工作中發現要將色彩” 量化” 存在難度，所以我們使用色差儀將藍晒的結果量化分析成 R、G、B，然而進行結果分析時，又發現物質呈色是 R、G、B 的交互作用，我們無法找出最佳分析方式，只好就 B 值與色差進行討論分析，但是視覺感知的彩度與實驗 B 值存在差異，因此，實驗最終無法達成起始期望。雖是如此，在實驗的過程中，與夥伴們一起遭遇問題、面對問題，一起絞盡腦汁找解決之道，並共同解決困難的經歷將成為我們邁向科學人的最佳養分。

捌、參考資料

KONICA MINOLTA - 微妙な色の違い（色差）を伝えることも、測色計は得意です。-楽しく

学べる知恵袋 | コニカ ...。2019 年 10 月 27 日，取自

[www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/section2/...](http://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/section2/)

色の許容差の事例 | 色と光の知識（カラーストーリー） | 日本電色工業 2019 年 10 月 27

日，取自 www.nippondenshoku.co.jp/web/japanese/colorstory/08...

施建輝（2016）。藍印術的另類實驗與探討檸檬酸根的反應。台灣化學教育。2019 年 9 月 17

日，取自 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=15657>

劉佳欣、張藝馨、辛政曄(2011)日光顯影—藍晒影像製作探討。2019 年 10 月 27 日，取自

http://ilms.dtjh.ptc.edu.tw/blog/lib/read_attach.php?id=2701

玖、附錄

arduino 紫外線感測器(UVM-30A UVA/UVB)計算程式

/*

This Sample code is for testing the UV Sensor .

#Connection:

VCC-5V

GND-GND

OUT-Analog pin 0

*/

//#define UV1 A0 // UV sensor1

//#define UV2 A2 // UV sensor2

float time_s;

float UV1;

float UV2;

void setup()

{

Serial.begin(9600);// open serial port, set the baud rate to 9600 bps

Serial.println("LABEL,Time(s),UV1,UV2");

```

}
void loop()
{
  UV1 = analogRead(A0);//connect UV sensor1 to Analog 0
  UV2 = analogRead(A2);//connect UV sensor1 to Analog 2
  time_s=millis()*0.001;

  Serial.print("DATA");//傳送數據至 excel 試算軟體
  Serial.print(",");
  Serial.print(time_s);
  Serial.print(",");
  Serial.print(UV1); //print UV1 value on serial monitor
  Serial.print(",");
  Serial.println(UV2); //print UV2 value on serial monitor
  delay(599998);
}

```

