

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

佳作

080204

藍色狂想曲-藍晒變色探究

學校名稱：桃園市蘆竹區光明國民小學

作者： 小五 蔡涵芸 小五 李沄蓁 小五 蔡宇翔 小五 鍾茲涵	指導老師： 卓立梅 陳家用
---	---------------------

關鍵詞：藍晒、藍晒酸鹼、藍晒調色

摘要

藍晒圖是利用檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀調配成的感光劑，塗在紙上經過曝光、水洗、晾乾等程序，產生深藍色的影像而得名。藍晒圖的成功關鍵有四個條件：(1)適當比例的檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀混合的感光溶液比例 60:40，會曝曬出最漂亮的普魯士藍。(2)太陽光是最佳的光源，且藍光是影響藍晒感光的主要色光。(3)最佳的沖洗液是中性 1%的雙氧水溶液，顏色鮮明且艷麗。(4)藍晒圖的紙張選擇很重要，我們以紙張的吸水性、紋路、磅數來選擇最適合的紙張，日本水彩紙 300 磅就是不錯的選擇。藍晒也可以調色，用紅茶、綠茶等浸泡都有不錯的調色效果，藍晒調色也可以淡化、加深。用藍晒法可用來檢測市售抗 UV 產品的功效，也可以檢測紫外線指數。最後我們用藍晒法製作書籤和相片。

壹、研究動機

因為有次使用葉子 DIY 藍晒書籤的經驗，認為藍晒不只是傳統顯影技藝，其中也有不少有趣的科學應用，讓我們想深入探究。本實驗團隊採用更廣度和深度的實驗，以探討最適合的藍晒用紙及曝曬光源，用簡單的科學方法找出影響藍晒感光的主要色光。









在四年級自然與生活科技領域中有與光相關的課程，提及太陽光由七彩色光組成與各種不同的人造光，五年級課程中亦有酸鹼溶液的製作與實驗，而藍晒的紙張在感光之後，便會由綠色變成藍色，利用不同溶液沖洗的效果也會有所不同，因此想借此探討藍晒圖的變色原理與應用。

貳、研究目的

- 一、探討在不同比例中，檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀所調配之感光液在曝光後的呈色效果。
- 二、以紙張的吸水性、紋路、磅數等項目找出適合藍晒圖的紙張。
- 三、不同光源對藍晒感光紙曝曬後呈色效果的影響，找出最佳的光源和影響藍晒感光的主要色光。
- 四、找出藍晒的最佳沖洗液。
- 五、藍晒圖如何變成其他顏色。
- 六、利用藍晒法檢測市售抗 UV 的產品和製作藍晒藝術品。

參、研究設備及器材





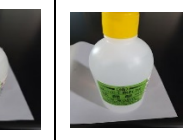


一、設備器材：

				
紫外線燈箱正面	紫外線燈箱反面	藍晒暗箱	電子秤	玻璃棒
				
紫外線測量器	碼錶	純水	載玻片	刷子
				
滴管	量筒	燒杯	投影片	廣用試紙

其他：

不透光瓶子	各色玻璃紙	手機	透明壓克力板	紅茶
綠茶	烏龍茶	咖啡	檯燈	教室 LED
日本水彩紙 200 磅	日本水彩紙 300 磅	圖畫紙	描圖紙	粉彩紙
雲彩紙	西卡紙	宣紙	影印紙	博士紙
紋路紙	花紋紙	燙金紙	蛋白紙正面	蛋白紙反面
抗 UV 雨傘	抗 UV 眼鏡	抗 UV 帽子	各式防晒乳	各式防晒噴霧
捕蚊燈	日光燈	晝白光色燈泡	黃光色燈泡	直尺

二、化學藥品：

						
檸檬酸鐵銨	赤血鹽（鐵氰化鉀）	氫氧化鈉	雙氧水	鹽酸	醋酸	單寧酸

其他：硼砂、碳酸鈉、檸檬酸、漂白水

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

(一)藍晒原理

氰顯影（Cyanotype）又稱藍晒（Blue print），日光顯影是一種古老的顯影術，其正式的名稱為藍晒法，因為必須以陽光照射，並以最終呈現深藍色影像而得名。由於成份裡頭含有「氰」，所以一般也叫它為「氰版」。所謂的日光顯影，就是利用陽光或是光線中的紫外線照射使影像顯現或複製圖案。【9】

1. 藍晒原理

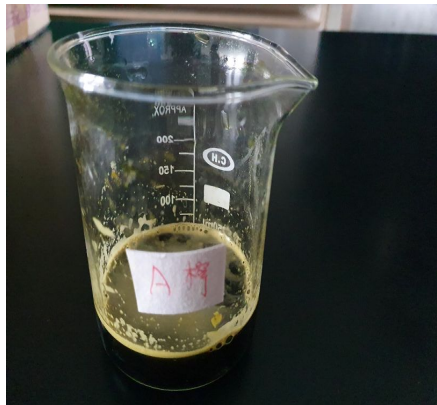
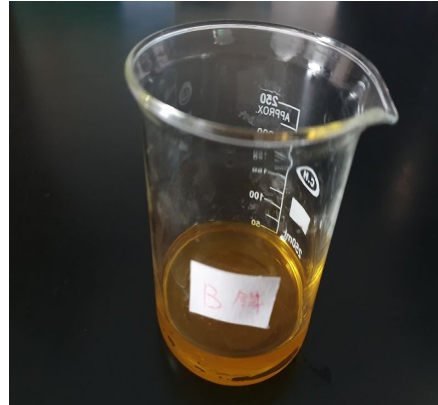
靛顯影原理是利用檸檬酸鐵銨 (Ammonium ferric citrate, $(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 的檸檬酸根 ($\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}(\text{COO}^-)_3$) 在紫外線的照射下產生光化學反應而丟出電子的特性，從三價鐵離子還原成兩價亞鐵離子，後與鐵氰化鉀 (又稱赤血鹽, Potassium ferricyanide, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) 反應後，生成難溶於水的亞鐵氰化鐵 ($\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ，普魯士藍) 附著在紙張上。曝曬在陽光之下，凡日光透過的部份，因為檸檬酸根為還原劑，則檸檬酸將鐵離子 Fe^{3+} 還原成亞鐵離子 Fe^{2+} ，和鐵氰化鉀中的成分，形成不溶於水的普魯士藍的沉澱，至於不透光部分則無變化，再以清水洗去未變化部分的藥劑，即成藍底白色的圖樣。【6】

2. 調配感光溶液：從參考文獻資料【9】得到的配方比例如下：

(1) 量取檸檬酸鐵銨 (綠色) 12.5g 置於燒杯中，加純水 50mL，攪拌均勻，即為 A 溶液，如圖 1 所示。

(2) 量取赤血鹽(鐵氰化鉀) 5g 置於燒杯中，加純水 50mL，攪拌均勻，即為 B 溶液，如圖 2 所示。

(3) 將 A 溶液及 B 溶液依照比例攪拌均勻，即為本組所配之感光溶液。

檸檬酸鐵銨 12.5 克 加 純水 50ml		鐵氰化鉀 5 克 加 純水 50ml	
圖 1 檸檬酸鐵銨溶液 (A 溶液)		圖 2 鐵氰化鉀溶液 (B 溶液)	

3. 藍晒製作步驟

(1) 製作感光紙：將感光液均勻塗刷於紙張上，塗好的感光紙應該是淡黃綠色。

(2) 陰乾：將塗好的感光紙放在不透光的暗箱內陰乾。



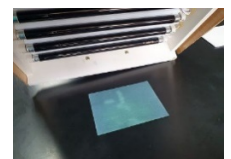


(3) 曝曬：把乾燥後的感光紙置於陽光下或紫外燈箱中，直到感光紙變為深藍色或古銅色。

(4) 沖洗：將曝光變色的感光紙，用清水沖洗掉深藍色或古銅色的部份。

(5) 晾乾：沖洗完畢後，取出至通風處晾乾。

以上步驟如表 1 所示

表 1 藍晒製作步驟

製作感光紙	陰乾	曝曬	沖洗	晾乾
				

(二)、研究過程和方法

目的一、探討在不同的比例中，檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀所調配之感光液曝曬後的呈色效果。

實驗一、不同比例的檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀感光溶液其變色時間與顏色比較。

1.實驗步驟：

此實驗配置七種不同比例的感光液，觀察不同比例感光溶液的顏色變化的時間與顏色比較。

- (1) 分別於試管中調配 A 溶液與 B 溶液體積比為 90：10、80：20、70：30、50：50、30：70、20：80、10：90 等七種不同濃度的溶液，各取 1ml 滴在載玻片上，如表 1-1 所示。
- (2) 各取 1ml 滴在載玻片上，放在陽光下曝曬，觀察並紀錄其變色所需的時間，並用本組自購之市售檢測儀器測量紫外線指數(UVI)，紀錄如表 1-2、表 1-3 所示。
- (3) 將七組不同濃度的載玻片移至陽光下曝曬，因變色為持續性且為液體，不適合以 RGB 數值呈現，故以手機拍攝溶液變色狀況，並以目視辨識。變色順序如圖 1-1~圖 1-4 所示。

表 1-1 不同比例調配的感光溶液初始顏色

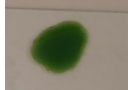




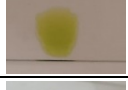

	A 溶液： 檸檬酸鐵銨溶液	B 溶液： 鐵氰化鉀溶液	圖片
濃度 1	90ml	10ml	
濃度 2	80ml	20ml	
濃度 3	70ml	30ml	
濃度 4	50ml	50ml	
濃度 5	30ml	70ml	
濃度 6	20ml	80ml	
濃度 7	10ml	90ml	

表 1-2 在紫外線指數(UVI 7)下，不同比例感光溶液顏色變化的時間記錄

	A 溶液:B 溶液	反應時間 1	反應時間 2	反應時間 3	平均	最終顏色
濃度 1	90:10	1 分 01 秒	1 分 04 秒	1 分 02 秒	1 分 02 秒	深藍色
濃度 2	80:20	1 分 18 秒	1 分 24 秒	1 分 20 秒	1 分 21 秒	深藍色
濃度 3	70:30	1 分 35 秒	1 分 40 秒	1 分 38 秒	1 分 38 秒	深藍色
濃度 4	50:50	1 分 52 秒	1 分 47 秒	1 分 50 秒	1 分 50 秒	深藍色
濃度 5	30:70	4 分 06 秒	4 分 08 秒	4 分 07 秒	4 分 07 秒	深藍色
濃度 6	20:80	4 分 17 秒	4 分 48 秒	4 分 40 秒	4 分 35 秒	深藍色
濃度 7	10:90	7 分 15 秒	7 分 42 秒	7 分 30 秒	7 分 29 秒	深藍色

表 1-3 在紫外線指數(UVI5) 下，不同比例感光溶液顏色變化的時間記錄

	A 溶液:B 溶液	反應時間 1	反應時間 2	反應時間 3	平均	最終顏色
濃度 1	90:10	2 分 19 秒	2 分 20 秒	2 分 20 秒	2 分 20 秒	深藍色
濃度 2	80:20	2 分 38 秒	2 分 40 秒	2 分 36 秒	2 分 38 秒	深藍色
濃度 3	70:30	3 分 05 秒	3 分 03 秒	3 分 10 秒	3 分 06 秒	深藍色
濃度 4	50:50	4 分 15 秒	4 分 20 秒	4 分 18 秒	4 分 53 秒	深藍色
濃度 5	30:70	6 分 33 秒	6 分 35 秒	6 分 40 秒	6 分 36 秒	深藍色
濃度 6	20:80	9 分 17 秒	9 分 20 秒	9 分 25 秒	9 分 21 秒	深藍色
濃度 7	10:90	12 分 00 秒	12 分 00 秒	12 分 00 秒	12 分 00 秒	墨綠色

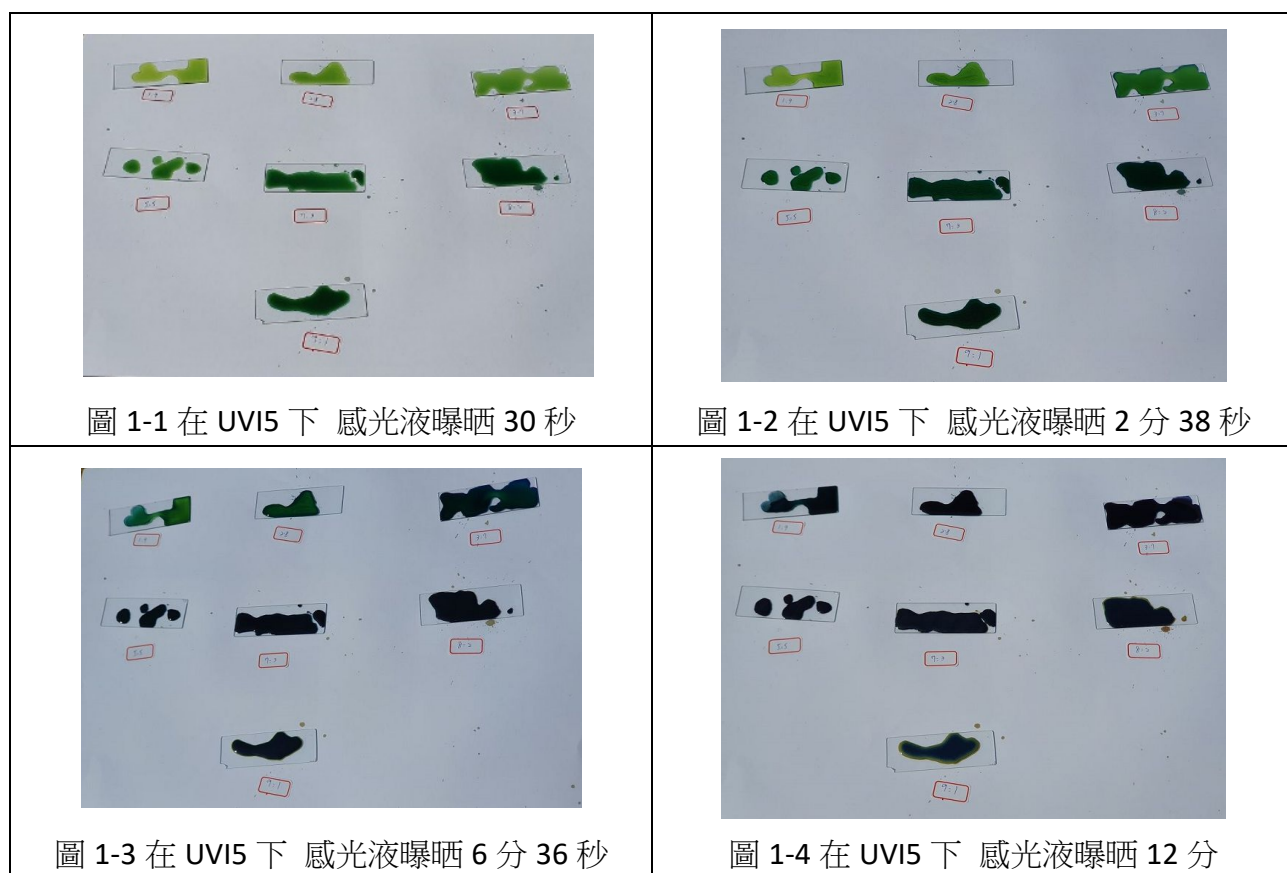


圖 1: 不同濃度的感光液在陽光下曝曬，溶液的變色狀況(紫外線指數 UVI5)

2. 實驗結果與發現：

- (1) 每片載玻片的溶液，本來是淺綠色，在不同紫外線指數(UVI)的陽光曝曬下，最先在液面出現藍色，其他部分才慢慢變色，最後變成深藍色。此實驗以目視辨識整體溶液在陽光下變為深藍色所需時間做記錄，如表 1-2、表 1-3 所示。
- (2) 感光液中，檸檬酸鐵銨比例較高變色速度較快，所需要的時間較短。A 溶液與 B 溶液配比為 10:90 在 UVI7 曝曬下 7 分 29 秒會變成深藍色，在 UVI5 曝曬下 12 分鐘還是墨綠色，無法完全變為深藍色。如表 1-2、表 1-3 所示。
- (3) 在不同紫外線指數(UVI)的陽光曝曬下，感光液中檸檬酸鐵銨比例較高，明顯變色速度較快。紫外線指數(UVI)越強，變色時間也越快。除了 10：90 比例在紫外線指數(UVI5)的陽

光曝曬下，12 分鐘依然是墨綠色之外，其他比例都有明顯變色成深藍色。檸檬酸鐵銨變色最快不能代表是最佳的比例，因為漂亮的藍晒圖是要塗在紙張上曝曬後，再水洗晾乾後才會顯色。所以接下來的實驗就是直接塗在各種紙張上，曝曬後水洗，才能觀察到藍晒感光後在各種紙張上的呈色效果。

實驗二：調配不同比例的檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀溶液，在紙張上曝曬後的顏色比較。

在日常生活中我們便能接觸到各種不同的紙張，因此本實驗選用生活中常見的粉彩紙、博士紙和影印紙操作，觀察藍晒感光液塗在紙上的感光情形，並用紫外線燈箱(UVI1)分別曝曬 6 分 30 秒、8 分鐘、10 分鐘，找出藍晒最適合的比例，並記錄顯色情形。

前置實驗

刷塗方式：剛開始塗發現無法每張紙都均勻，我們做了前置實驗，找出用刷子沾定量的感光液，左右上下來回塗均勻，刷兩層，顏色最均勻也呈現最佳深藍色的方法。

沖洗方式：剛開始時，用容器裝清水浸洗，發現藥劑殘留可能會影響到後續實驗效果，實驗改進成將曝光變藍的感光紙放在一定流量的水龍頭下沖洗，來回轉動沖洗 10 次，以減少藥劑殘留所造成的實驗變因。

1. 實驗步驟：

- (1) 配製 A、B 溶液體積比分別為 90:10、80:20、70:30、60:40、50:50、40:60、30:70、20:80、10:90 等九種不同比例的感光溶液。
- (2) 將 A4 粉彩紙裁切成八等分，用刷子將配製好的不同比例的感光溶液分別塗在不同的紙張上，左右上下塗均勻，各刷一次，共刷兩層。
- (3) 把刷塗上不同比例感光溶液之粉彩紙平放在暗箱內等待水分乾燥。
- (4) 分別把刷塗好不同比例的感光紙放置於紫外線燈箱下曝曬，曝曬時間分別為 6 分 30 秒、8 分鐘、10 分鐘。
- (5) 把晒好的紙張到水龍頭下沖洗，以目視方式，比較粉彩紙沖洗完乾燥後的感光效果，如圖 2-1~圖 2-3，整理如表 2-1 所示。
- (6) 以上重複步驟 1 到步驟 5，再用博士紙和影印紙操作一次，比較博士紙和影印紙的沖洗完乾燥後的感光效果，觀察顏色是否均勻和深藍色，實驗結果如圖 2-4~圖 2-9 所示，整理如表 2-1 所示。

表 2-1 三種紙張材質，依九種比例感光溶液，在紫外線燈箱(UVI1)中曝曬三個時段下的評比

曝曬時間 / 紙類	粉彩紙	博士紙	影印紙
6 分 30 秒	沖洗後 60:40 和 30:70、50:50 效果最好	沖洗後 60:40 效果最好	沖洗後 60:40、50:50 效果最好
8 分鐘	沖洗後 60:40、50:50、40:60、30:70 效果最好	沖洗後 60:40、50:50、40:60、30:70 效果最好	沖洗後 60:40、50:50 效果最好
10 分鐘	沖洗後 30:70 效果最好	沖洗後 60:40、50:50、40:60 效果最好	沖洗後 60:40、50:50、40:60 效果最好

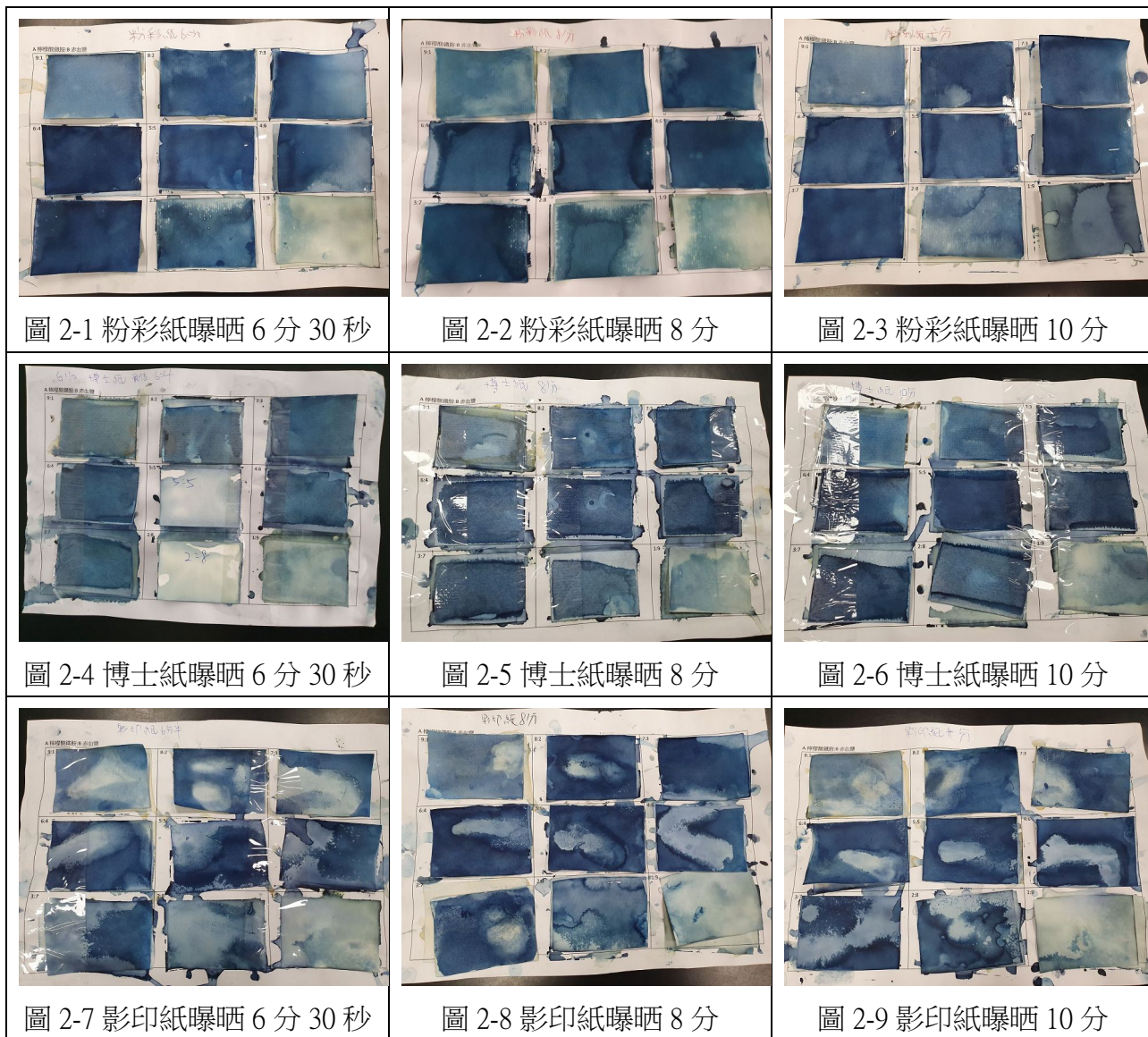


圖 2-1 粉彩紙曝曬 6 分 30 秒

圖 2-2 粉彩紙曝曬 8 分

圖 2-3 粉彩紙曝曬 10 分

圖 2-4 博士紙曝曬 6 分 30 秒

圖 2-5 博士紙曝曬 8 分

圖 2-6 博士紙曝曬 10 分

圖 2-7 影印紙曝曬 6 分 30 秒

圖 2-8 影印紙曝曬 8 分

圖 2-9 影印紙曝曬 10 分

2. 實驗結果與發現：

- (1) 由圖 2-1~圖 2-9 中發現，當感光液中鐵氰化鉀的濃度太高時 (10:90)，曝曬後僅呈現淡藍偏白色，20:80 是淡藍色，檸檬酸鐵銨濃度太高時 (90:10)，顏色是淺藍色，由此可知，當 A 溶液或 B 溶液比例偏高時，實驗所呈現的效果不佳。
- (2) 從表 2-1 發現，初步效果好的比例為 60:40、50:50、40:60、30:70，因此本實驗將 10:90、20:80、70:30、80:20、90:10 淘汰掉，留下四個比例 60:40、50:50、40:60、30:70 再設計實驗找出最適合的比例。

實驗三：不同比例檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀溶液(60:40、50:50、40:60、30:70) 在紙張上其顏色和曝曬時間的比較。

由實驗二，發現顏色效果好的感光溶液調配比例在 60:40、50:50、40:60、30:70，我們再設計一次時間找出最佳比例和曝曬時間，我們此實驗用紫外線燈箱(UVI1)曝曬。

















1. 實驗步驟

- (1) 用粉彩紙重複實驗二步驟 1 到步驟 5，感光溶液調配比例為 60:40、50:50、40:60、

30：70 四種不同比例感光溶液，將塗好的感光紙放置於紫外線燈箱分別曝曬 6 分 30 秒、 8 分鐘、 10 分鐘、15 分鐘，比較不同比例的感光效果，實驗結果如表 3-1 所示。

(2)以目視方式以及手機 APP(Color Picker)辨識色彩，拍攝照片辨識，轉換成 RGB 色彩數值，各值取該次實驗六次平均，並記錄效果最佳的深藍色 RGB 值。

表 3-1 四種不同比例感光溶液在紫外線燈箱(UVI1)曝曬不同時間，沖洗乾燥後的 RGB 平均值

曝曬 6 分 30 秒	60:40	50 : 50	40 : 60	30 : 70	曝曬 8 分鐘	60:40	50 : 50	40 : 60	30 : 70
圖片顯色					圖片顯色				
RGB 平均	29,35,71	23,27,56	26,31,57	16,21,59	RGB 平均	27,29,68	21,23,56	22,25,55	25,27,59
曝曬 10 分鐘	60:40	50 : 50	40 : 60	30 : 70	曝曬 15 分鐘	60:40	50 : 50	40 : 60	30 : 70
圖片顯色					圖片顯色				
RGB 平均	21,23,65	19,21,61	17,19,54	15,17,55	RGB 平均	29,36,73	21,23,,63	19,21,59	23,25,61

2.實驗結果:

(1) 粉彩紙 6 分 30 秒沖洗後 60:40 的效果最好，RGB29,35,71。粉彩紙 8 分 60:40 沖洗後效果最好，RGB27,29,68。粉彩紙 10 分沖洗後 60:40 的效果最好，RGB21,23,65。粉彩紙 15 分沖洗後 60:40 的效果最好，RGB29,36,73。不管曝曬時間幾分鐘，60:40 的效果最好。

(2) 綜合以上，感光溶液調配比例在 60:40 會呈現最均勻和最深的深藍色。感光紙用紫外線燈箱(UVI 1)曝曬 15 分鐘效果最好，RGB29,36,73。

目的二、以紙張的吸水性、紋路、磅數等項目找出適合藍晒圖的紙張。

實驗四：找出最適合藍晒圖的紙張。

為了找出最適合藍晒圖的紙張，由實驗三結果，我們使用 AB 感光溶液調配比例在 60:40 的濃度刷塗在不同的紙張上，並用紫外線燈箱曝曬 15 分鐘。我們以紙張的吸水性、紋路、磅數等項目選擇適合藍晒圖的紙張，準備的實驗紙張有日本水彩紙 300 磅、日本水彩紙 200 磅、西卡紙、圖畫紙、描圖紙、粉彩紙、宣紙、影印紙、雲彩紙、博士紙、紋路紙、花紋紙、燙金紙、蛋白紙亮面、蛋白紙反面等 15 種不同的紙張。

1.實驗步驟：

- (1) 準備的實驗紙張有日本水彩紙 300 磅、日本水彩紙 200 磅、西卡紙、圖畫紙、描圖紙、粉彩紙、宣紙、影印紙、雲彩紙、博士紙、紋路紙、花紋紙、燙金紙、蛋白紙亮面、蛋白紙反面 15 種不同的紙張。
- (2) 把 A4 的紙張分別裁切成八等分，再用刷子將配製好的不同比例的感光溶液分別塗在不同的紙張上，左右上下塗均勻，各刷一次，共刷兩層，刷完放在暗箱內等待水分乾燥。
- (3) 把各種不同濃度比例乾燥後的紙張，置於紫外線燈箱下曝曬 15 分鐘。
- (4) 把曝曬好的紙張到水龍頭下沖洗，比較實驗效果時，我們以紙張的吸水性、紋路、磅數來評比出最適合的紙張，實驗製作過程如圖 4-1-1~圖 4-4-3 所示，記錄整理如表 4-1 所示。

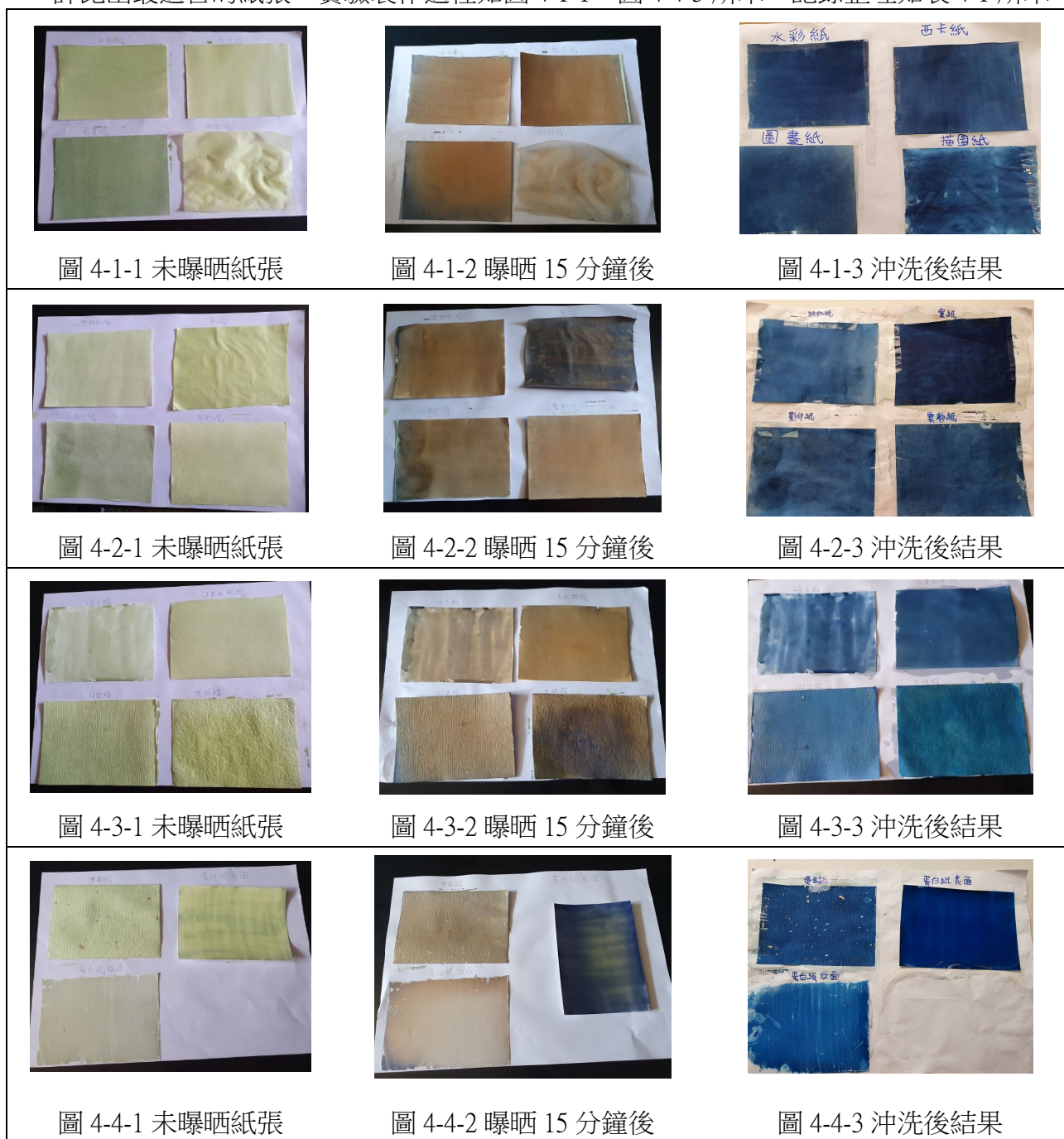
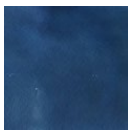
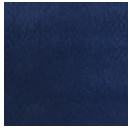
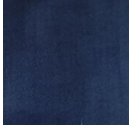
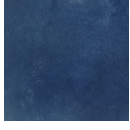
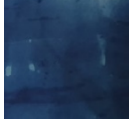
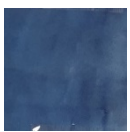

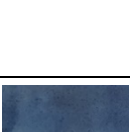

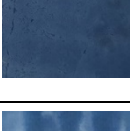

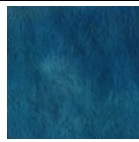

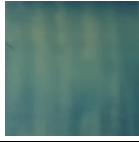
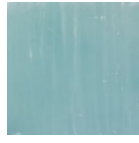


圖 4 各類不同材質紙張，曝曬前後的顏色變化圖

表 4-1 不同種類紙張，實驗結果評比記錄

紙的種類	吸水性、上色均勻度	沖洗後顏色	乾燥後顏色	照片顏色
日本水彩紙 200 磅	吸水性佳、上色均勻	顏色均勻的深藍色	顏色不均勻的深藍色	
日本水彩紙 300 磅	吸水性佳、上色均勻	顏色均勻的深藍色	顏色均勻的深藍色	
西卡紙	吸水性其次、上色均勻	顏色均勻的深藍色	顏色均勻的深藍色	
圖畫紙	吸水性其次、上色不均勻	顏色均勻其次	顏色不均勻的深藍色	
描圖紙	吸水性不佳、刷時會捲曲、描圖紙上色不佳	沖洗後會捲曲、顏色透明不均勻	比較亮和透明的藍色	
粉彩紙	吸水性其次、上色不均勻、紙張紋路均勻橫條	顏色均勻、顏色偏淡	顏色不均勻	
宣紙	吸水性極佳、上色均勻、紙張太薄	顏色均勻、沖洗前顏色偏藍黑色、沖洗後顏色均勻且較深	最深且均勻的藍色	
影印紙	吸水性極佳、上色不均勻、顏色會擴散	顏色不均勻、有點黑且顏色有擴散現象	擴散不均的藍色	
雲彩紙	吸水性其次、上色不均勻、紙張紋路不均勻	因為有紋路造成顏色不均	有紋路且顏色不均	
博士紙	藥劑附著不均勻、紙張紋路均勻	顏色不均勻且顏色偏淡	顏色偏淡又不均勻	
紋路紙	吸水性佳、上色均勻	木紋很均勻、顏色偏亮	有木紋且顏色均勻的深藍色	

花紋紙	吸水性不佳、因為紋路上色不均勻	顏色不均、顏色藍綠交雜	亮藍色、紋路接縫處偏白、顏色不均	
燙金紙	吸水性佳、上色均勻	顏色均勻有星空的感覺	顏色均勻呈現出星空的深藍色	
蛋白紙亮面	吸水性不佳、顏色均勻	顏色不均的藍綠交錯顏色	呈現亮亮的藍色、有白色的條紋	
蛋白紙反面	吸水性不佳、附著不均勻、刷起來很困難	顏色不均的淡褐色	夾雜白色且顏色不均的藍色	

2.實驗結果與發現:

在紙張種類的選擇上，本實驗比較了日本水彩紙 300 磅、日本水彩紙 200 磅、西卡紙等 15 種紙張的效果，有以下幾點結論：

- (1) 吸水效果極佳的紙張，宣紙可以馬上吸收感光液，乾燥後呈現均勻的深藍色，但紙張薄易破。影印紙感光液一接觸馬上就會暈開，要均勻塗上去較不容易，晒出的顏色擴散不均勻。沖洗的時候因為材質較薄，比較容易有破掉和顏色擴散的情形發生。
- (2) 紙張的紋路線條和粗糙會影響感光液的吸收和塗色均勻度，紋路均勻的紙吸水性佳上色也均勻，如日本水彩紙、紋路紙、燙金紙。粉彩紙、雲彩紙的紋路線條，吸水性其次，上色不均勻，花紋紙的紋路不均勻和線條排列造成吸水性不佳，上色也不佳。
- (3) 圖畫紙吸水性其次，上色不均勻，顏色不均勻的深藍色，蛋白紙亮面和反面吸水性不佳，顏色呈現非深藍色，西卡紙深藍色效果不錯，但吸水性其次。
- (4) 紙張的磅數以日本水彩紙 300 磅、日本水彩紙 200 磅來比較就有很明顯差異，紙張的磅數越高，吸水性越佳，顏色也越均勻，顏色呈現較深的藍色。
- (5) 經過實驗發現，日本水彩紙 300 磅紋路均勻、吸水性佳、顏色呈現較深的深藍色，顏色也均勻，本實驗組評選出使用日本水彩紙 300 磅製作感光紙會有比較好的效果。

目的三、不同光源對藍晒感光紙曝曬後呈色效果的影響，找出影響藍晒感光的主要色光。

實驗五、藍晒感光紙在不同光源下曝曬的感光效果與呈色探討

本實驗將延續使用實驗三的實驗結果：最佳感光溶液比例為 60:40，以及實驗四的實驗結果：最佳感光紙為日本水彩紙 300 磅，進行不同光源下曝曬的感光效果與呈色探討。




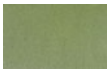
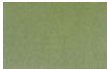

1.實驗步驟：

- (1) 配製 A、B 溶液體積比 60：40 的感光溶液。
- (2) 把 A4 日本水彩紙 300 磅裁切成八等分，用刷子將配製好的感光溶液左右上下均勻塗抹一

次，放在暗箱內等待乾燥，並在實驗前進行曝曬時間測試，記錄如表如表 5-1 所示。

- (3) 把乾燥後的感光紙，放置於戶外不同的 UVI 值下，曝曬 30 秒、1 分鐘、2 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、8 分鐘、10 分鐘、12 分鐘後，觀察直接曝曬在太陽下感光紙變色的情形，如表 5-1 所示。沖洗完觀察感光紙變色的情形，如圖 5-1-1~圖 5-1-6 所示。
- (4) 把乾燥後的感光紙，放置於紫外線燈箱下，並測量 UVI 值，曝曬 30 秒、1 分鐘、2 分鐘 3 分鐘、5 分鐘、8 分鐘、10 分鐘、12 分鐘後，沖洗完觀察變色的情形，如圖 5-2-1~圖 5-2-2 所示。
- (4) 把乾燥後的感光紙，放置於教室 LED 燈、捕蚊燈、日光燈、晝白光色燈泡 23W、黃光色燈泡 23W 曝曬 12 分鐘後，沖洗完觀察變色的情形，如表 5-2 所示。

表 5-1 感光紙曝曬在不同紫外線指數 UVI 下的變色時間

顏色	曝曬前/後顏色			
UVI 1		3 分鐘	8 分鐘	12 分鐘
UVI 4		2 分鐘	5 分鐘	10 分鐘
UVI 5		1 分鐘	3 分鐘	6 分鐘

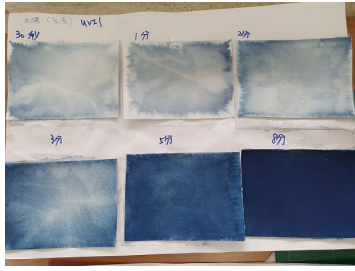
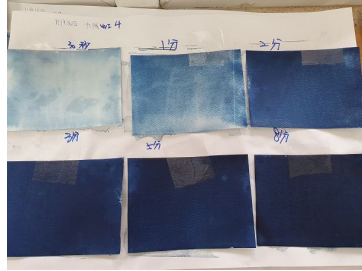

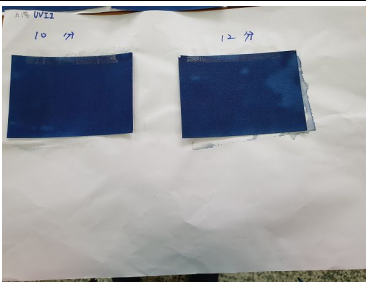
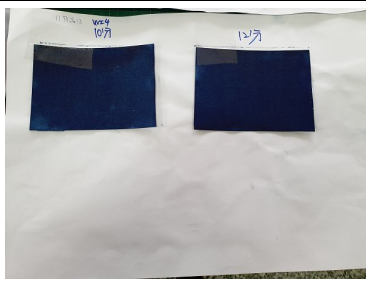
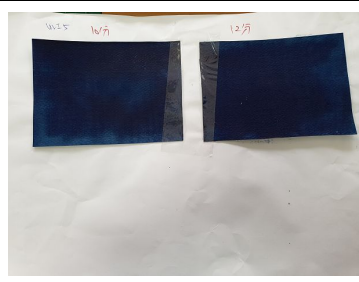
		
圖 5-1-1 光源：太陽 UVI 1 曝曬 30 秒、1 分鐘、2 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、8 分鐘	圖 5-1-2 光源：太陽 UVI 4 曝曬 30 秒、1 分鐘、2 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、8 分鐘	圖 5-1-3 光源：太陽 UVI 5 曝曬 30 秒、1 分鐘、2 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、8 分鐘
		
圖 5-1-4 光源：太陽 UVI 1 曝曬 10 分鐘、12 分鐘	圖 5-1-5 光源：太陽 UVI 4 曝曬 10 分鐘、12 分鐘	圖 5-1-6 光源：太陽 UVI 5 曝曬 10 分鐘、12 分鐘

圖 5-1 在不同紫外線指數(UVI)的陽光曝曬下，沖洗完感光紙的顏色

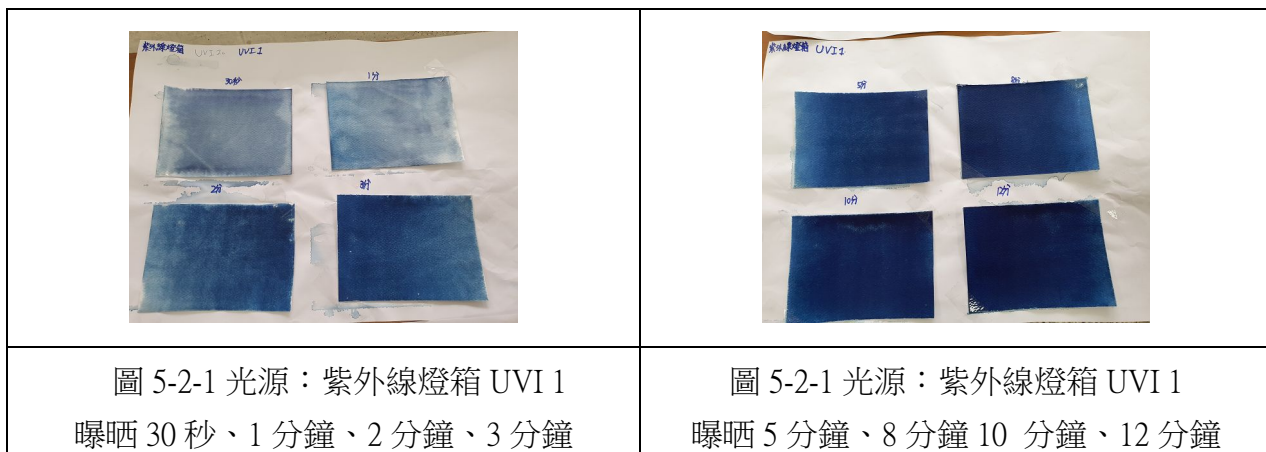


圖 5-2 在紫外線燈箱 UVI 1 曝曬下，沖洗完感光紙的顏色

表 5-2 其他不同光源曝曬後的感光紙，沖洗完感光紙的顏色

教室 LED 燈	捕蚊燈	日光燈	晝白光色燈泡 23W	黃光色燈泡 23W
				

2. 實驗結果與發現：

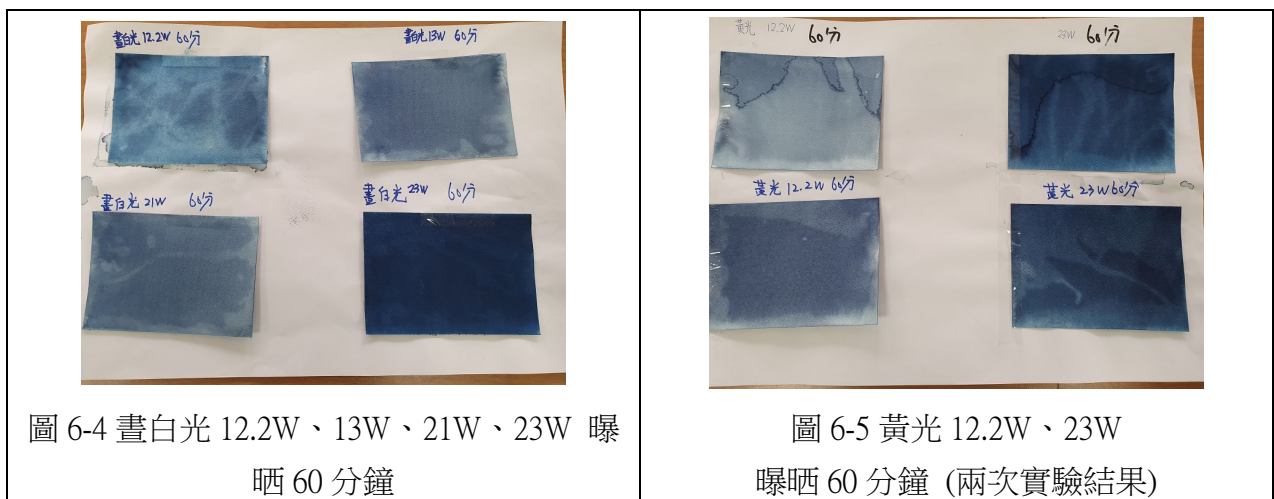
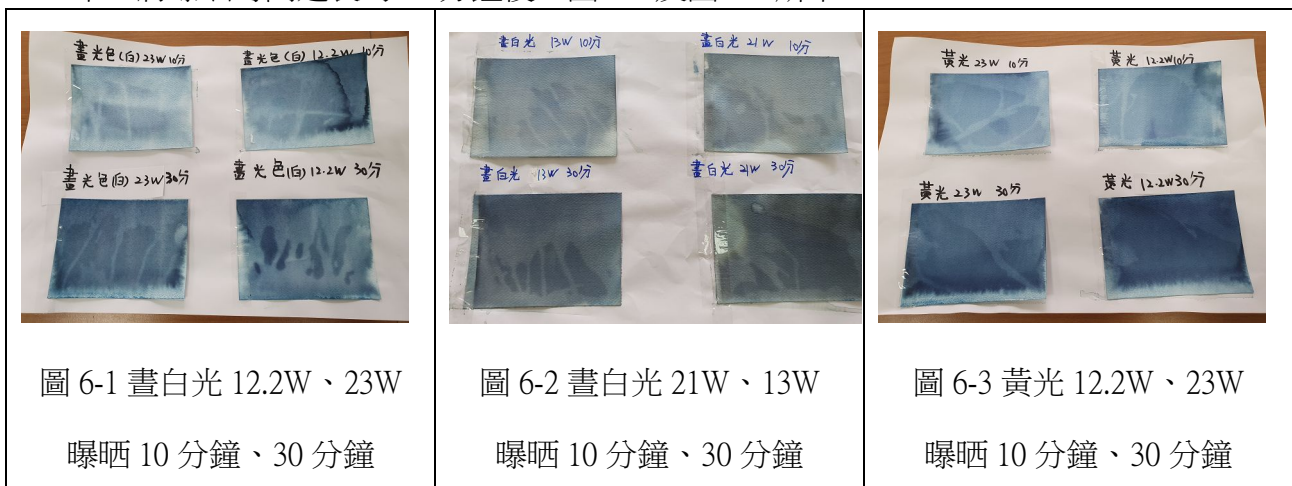
- (1)由表 5-1 得知，感光紙直接曝曬在光源為太陽 UVI 1 下，3 分鐘就會由綠色變藍色，產生感光化學變化，在 8 分鐘時變深藍色，12 分鐘時變古銅色；在 UVI 4 下，2 分鐘就會由綠色變藍色，5 分鐘時變深藍色，10 分鐘時變古銅色；在 UVI 5 下，1 分鐘就會由綠色變藍色，在 3 分鐘時變深藍色，6 分鐘時變古銅色。由此可知 UVI 值愈高，感光的化學反應時間越快，呈現深藍色的效果越好。反過來測量感光紙曝曬在太陽下的變色時間可以知道當時的紫外線指數(UVI)，所以藍晒可以檢測紫外線指數。
- (2)在紫外線燈箱下，雖然測量 UVI 值為 1，和太陽下的 UVI 值為 1 是相同的，曝曬相同時間，但是顏色都比在太陽光下淡，即使曝曬 12 分鐘顏色也無法比在太陽下顏色深，所以本實驗認為太陽光的曝曬效果較好。
- (3)由表 5-2 得知，感光紙放置於教室 LED 燈、捕蚊燈、日光燈、晝白光色燈泡 23W、黃光色燈泡 23W 曝曬 12 分鐘後，沖洗完效果呈現淡藍色或淡黃色，效果不好。
- (4)本實驗最後結果發現，太陽光是最佳的光源，其次是紫外線燈箱，其他的替代光源效果不佳。

實驗六、感光紙在晝白光色燈泡與黃光色燈泡下，曝曬不同時間的感光效果與呈色探討。

1. 實驗步驟：

- (1) 重複實驗五的步驟 1 和步驟 2。
- (2) 把乾燥後的感光紙，分別放置於晝白光色燈泡 12.2W、晝白光色燈泡 13 W、晝白光色燈泡 21 W、晝白光色燈泡 23W、黃光色燈泡 12.2W、黃光色燈泡 23W 下，距離光源 25 公

分，分別曝曬 10 分鐘、30 分鐘後，觀察感光紙沖洗完變色的情形，如圖 6-1～圖 6-3 所示，將曝曬時間延長為 60 分鐘後，圖 6-4 及圖 6-5 所示。



2. 實驗結果與發現:

- (1) 感光紙在上面 6 種燈泡照射下，曝曬 10 分鐘、30 分鐘呈現的藍色不夠深，燈泡瓦數越高顏色越深，相同瓦數的晝白光色燈泡 12.2W、黃光色燈泡 12.2W，黃光色燈泡的藍色比較深。
- (2) 感光紙在上面 6 種燈泡照射下，曝曬 60 分鐘呈現的藍色比較深，燈泡瓦數越高顏色越深，相同瓦數的晝白光色燈泡 23W、黃光色燈泡 23W，晝白光色燈泡的藍色比較深。

實驗七、藍晒感光紙覆蓋上不同顏色玻璃紙藍色、黃色、紅色、綠色，在陽光曝曬下的感光效果與呈色探討，並找出會影響藍晒的主要色光。

此實驗用太陽來曝曬，希望找出會影響藍晒的主要色光。白色可見光可以由三原色 RGB (紅綠藍) 所組成。將三種色光完全混合後會出現白色。

而玻璃紙是有色的透明體，基本原理是吸收本身所具有顏色以外的色光，而僅讓與本身顏色相同的光透過。例如:

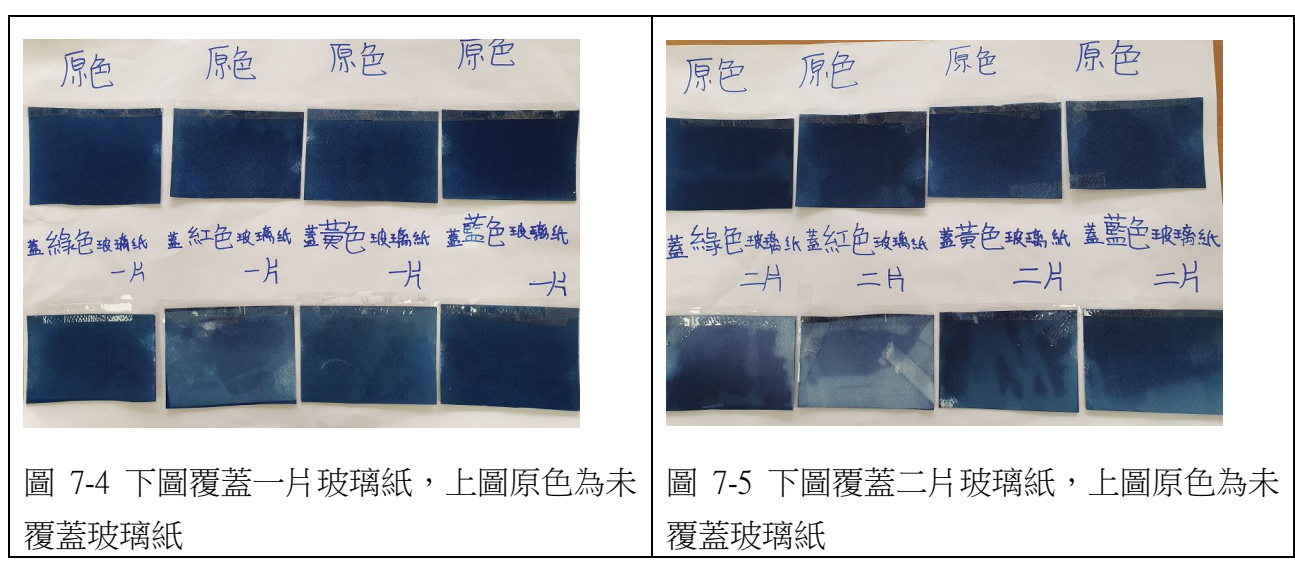
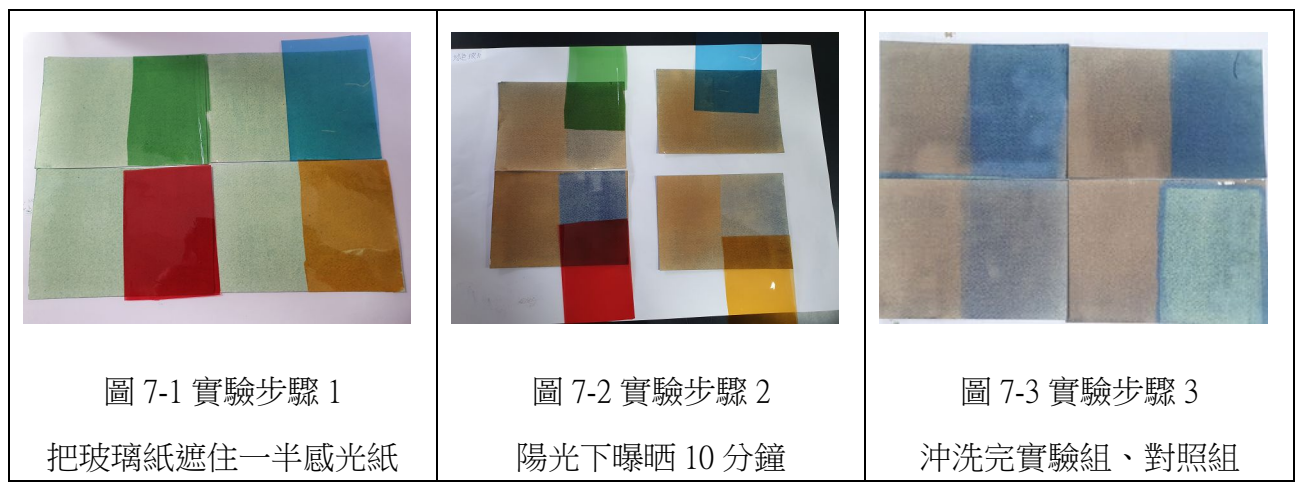
- a. 紅色玻璃紙，吸收大部分綠光與藍光，讓紅光(波長 610nm~780nm)穿透 (部份反射)。

- b. 綠色玻璃紙，吸收大部分紅光與藍光，讓綠光(波長 500nm~570nm)穿透（部份反射）。
- c. 藍色玻璃紙，吸收大部分紅光與綠光，讓藍光(波長 435nm~480nm)穿透（部份反射）。
- d. 黃光(波長 570nm~590nm)是綠光與紅光的混合，因此黃色玻璃紙讓部份的綠光與紅光通過（其餘反射）。

本實驗設計在探究哪一種顏色光會影響藍晒感光，使用太陽光曝曬，希望找出會影響藍晒的主要色光。因為每種顏色光的波長不同，波長是否和藍晒感光有關呢？

1.實驗步驟：

- (1) 重複實驗五的步驟 1 和步驟 2。
- (2) 把乾燥後的感光紙，分別用藍色、黃色、紅色、綠色玻璃紙一片，遮住一半太陽光，另外一半不遮，分別在陽光下曝曬 10 分鐘，觀察感光紙沖洗完變色的情形。實驗步驟如圖 7-1~圖 7-3 所示。
- (3) 把乾燥後的感光紙，分別將藍色、黃色、紅色、綠色玻璃紙疊加至 2 片、3 片、4 片，一半遮住太陽光，另外一半不遮，分別在陽光下曝曬 10 分鐘，觀察感光紙沖洗完變色的情形。實驗結果如圖 7-4~圖 7-7 所示。



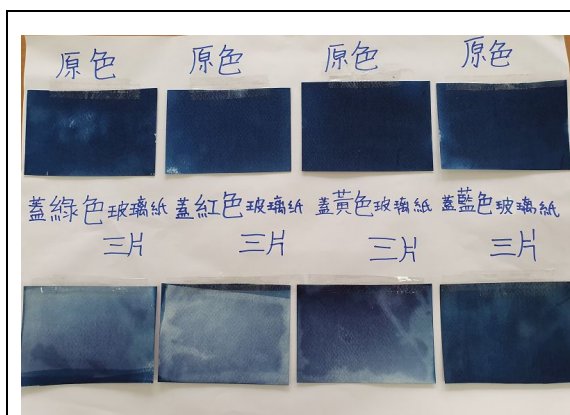


圖 7-6 下圖覆蓋三片玻璃紙，上圖未覆蓋

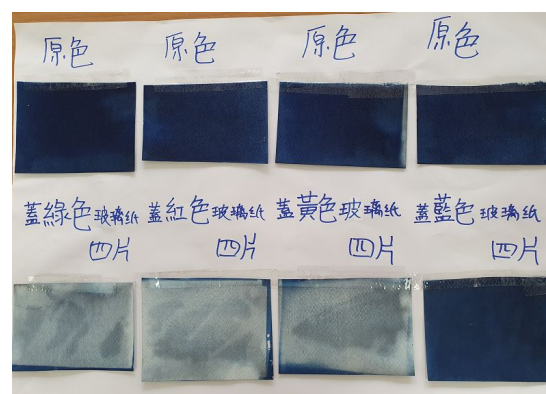


圖 7-7 下圖覆蓋四片玻璃紙，上圖未覆蓋

2. 實驗結果與發現:

- (1) 覆蓋一片各色玻璃紙雖會遮擋部分光線產生的光，在陽光下曝曬 10 分鐘，大部分的陽光還是能穿透玻璃紙，覆蓋紅色玻璃紙的顏色的紙明顯最淺，所以覆蓋一片各色玻璃紙藍晒圖案還算很漂亮，顏色由深到淺為藍、綠、黃、紅。
- (2) 覆蓋二片各色玻璃紙也會遮擋部分光線產生的光，覆蓋紅色玻璃紙的顏色呈現淡藍色，覆蓋藍色、黃色、綠色玻璃紙的紙顏色會變淡。
- (3) 覆蓋三片各色玻璃紙時，發現覆蓋紅色玻璃紙的顏色變更淡的淡白藍色，覆蓋藍色玻璃紙的顏色的紙最深，覆蓋黃色、綠色玻璃紙的紙顏色變更淡了。
- (4) 覆蓋四片各色玻璃紙時，發現只有覆蓋藍色玻璃紙的顏色的紙呈現深藍色，覆蓋紅色、黃色、綠色玻璃紙的紙顏色變更淡，接近白色了，顏色由深到淺為藍、綠、黃、紅。
- (5) 因為藍光玻璃紙吸收大部分紅光與綠光，讓藍光穿透；紅色玻璃紙吸收大部分綠光與藍光，讓紅光穿透。由以上實驗結果，藍光是影響藍晒感光的第一名，其次分別為綠光、黃光、紅光。
- (6) 我們平時見到的太陽光是白光，由七彩色光組成，白色可見光由光的三原色 RGB（紅綠藍）所組成。波長順序：紅>橙>黃>綠>藍>靛>紫，影響藍晒感光的順序分別為藍光、綠光、黃光、紅光，由此推測藍晒感光 and 光的波長有關。

目的四、找出藍晒的最佳沖洗液。

實驗八：找出可使藍晒圖最佳定影的沖洗液。(酸性溶液、鹼性溶液、中性溶液)

在此之前的實驗均用清水做為沖洗液，本實驗主要目的為找出使藍晒圖最佳定影的沖洗液，實驗中使用鹽酸、醋酸、氫氧化鈉配製不同 pH 值的酸鹼性溶液，還有中性雙氧水溶液，感光紙沖洗後顏色與清水比較顏色深淺，找出可使藍晒圖最佳定影的沖洗液。

1. 實驗步驟：

- (1) 配製 A、B 溶液體積比 60：40 的感光溶液備用。
- (2) 配製不同 pH 值的酸性溶液，準備鹽酸(HCl)水溶液 pH3、pH4、pH5，醋酸水溶液 pH5，四種酸性溶液 500 毫升備用，以廣用試紙測試溶液的酸鹼性。
- (3) 配製不同 pH 值的鹼性溶液，準備氫氧化鈉(NaOH)水溶液 pH9、pH10 兩種鹼性溶液 500 毫

升備用，以廣用試紙測試溶液的酸鹼性。

- (4) 配製兩種中性溶液，一杯 500 毫升清水，一杯 500 毫升 1%雙氧水備用，以廣用試紙測試溶液的酸鹼性。
- (5) 將同一張已經在紫外線燈箱下曝曬後的感光紙平分成八等分，一張放入 500 毫升清水中沖洗乾淨，四張分別放入鹽酸(HCl)水溶液 pH3、pH4、pH5、醋酸 pH5 四種酸性溶液浸洗，兩張分別放入氫氧化鈉(NaOH)水溶液 pH9、pH10 兩種鹼性沖洗乾淨，一張放入中性溶液雙氧水中沖洗乾淨。
- (6) 分別觀察酸性、鹼性、中性溶液與水沖洗感光紙後的顏色變化比較。
- (7) 因為顏色很接近，使用手機 APP(Color Picker)辨識色彩，拍攝照片辨識，轉換成 RGB 色彩數值，各數值取該次實驗平均值並記錄下來。如表 8-1 及表 8-2 所示。

表 8-1 以清水做為沖洗液


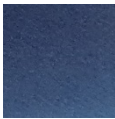
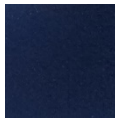
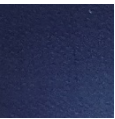
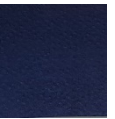
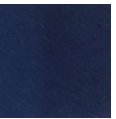
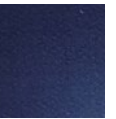
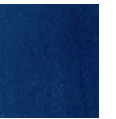
水溶液 pH 值	水 pH7
顏色	
RGB	25、33、56

表 8-2 以鹽酸、氫氧化鈉、醋酸、雙氧水做為沖洗液

水溶液 PH 值	鹽酸 pH3	鹽酸 pH4	鹽酸 pH5	氫氧化鈉 pH9	氫氧化鈉 pH10	醋酸 pH5	雙氧水 pH7
顏色							
RGB	11、15、28	19、27、49	15、23、39	27、36、75	34、46、84	15、23、39	10、25、85

2. 實驗結果與發現：

- (1) 曝曬後的感光紙在酸性溶液中沖洗後，顏色會比在水溶液 pH7 中沖洗淡，在鹼性溶液中沖洗，顏色會比在水溶液 pH7 中沖洗深，在雙氧水 pH7 中沖洗後，顏色比在水溶液 pH7 中沖洗深且顏色鮮豔明亮。
- (2) 由實驗結果分析，沖洗液的酸鹼性會影響到感光紙的顏色，在酸性溶液顏色變淺，鹼性溶液顏色變深，中性溶液雙氧水顏色變深又鮮豔，對照組清水沖洗也有不錯的深藍色。
- (3) 本實驗認為適合的沖洗液是鹼性溶液和中性溶液，因為呈現比較深的深藍色，雙氧水讓藍晒感光紙顏色變深又鮮豔，所以最佳的沖洗液是中性的雙氧水溶液。

目的五、藍晒圖如何變成其他顏色。

實驗九：藍晒調色實驗，不同濃度之紅茶(全發酵茶)、綠茶(不發酵茶)、烏龍茶(半發酵茶)、咖

啡沖洗液對藍晒感光紙後成像效果的影響。

單寧酸就是茶葉或咖啡裡面所包含的成份，含有鞣酸，可用來改變色調，這個實驗用紅茶、綠茶、烏龍茶、咖啡來調色，先用熱水浸泡紅茶、綠茶、烏龍茶、咖啡冷卻後，再把曝晒好的感光紙浸泡於不同的調色溶液中，浸泡完可以比對看看不同的色調呈現。

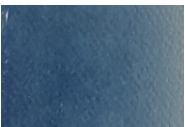
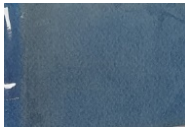

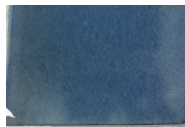

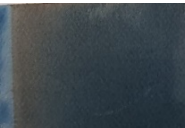
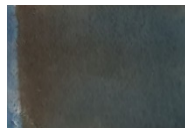
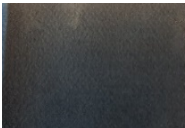

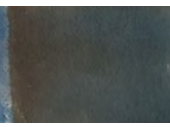
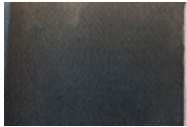
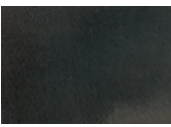
前置實驗：

我們第一次實驗用冷泡方式，發現用冷泡茶當沖洗液效果不好，要濃度五包和時間長才出現淺褐色，於是我們改用熱泡來實驗，發現藍晒調色效果不錯。

1. 實驗步驟：

- (1) 將配製 A、B 溶液體積比 60：40 的感光溶液，均勻塗抹在一樣大小的日本水彩紙 300 磅上，平放在暗箱內等待水分乾燥，再將乾燥後的感光紙張放置於紫外線燈箱下曝晒 15 分鐘備用。
- (2) 準備好 3 個 500 毫升熱水的燒杯，分別泡入 1 包、3 包、5 包的紅茶包。
- (3) 將預先曝晒完的感光紙張放入紅茶中，分別浸泡 3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘 和 12 分鐘，觀察顏色變化和深淺比較。
- (4) 將浸泡過紅茶的感光紙張取出並乾燥，顏色變化如表 9-1 所示。
- (5) 重複以上步驟 1～步驟 4，使用綠茶、烏龍茶、咖啡當沖洗液，觀察顏色變化，實驗結果如圖 9-1-1～圖 9-3-3 所示。
- (6) 為免紅茶、綠茶、烏龍茶、咖啡等沖洗液會有色素附著現象，而影響藍晒圖顯色效果之判斷，把感光紙靜置數天之後，再以清水沖洗，觀察是否有色素殘留的問題。

表 9-1 使用紅茶為沖洗液

浸泡 1 個紅茶包 3 分鐘	浸泡 1 個紅茶包 6 分鐘	浸泡 1 個紅茶包 9 分鐘	浸泡 1 個紅茶包 12 分鐘
			
浸泡 3 個紅茶包 3 分鐘	浸泡 3 個紅茶包 6 分鐘	浸泡 3 個紅茶包 9 分鐘	浸泡 3 個紅茶包 12 分鐘
			
浸泡 5 個紅茶包 3 分鐘	浸泡 5 個紅茶包 6 分鐘	浸泡 5 個紅茶包 9 分鐘	浸泡 5 個紅茶包 12 分鐘
			

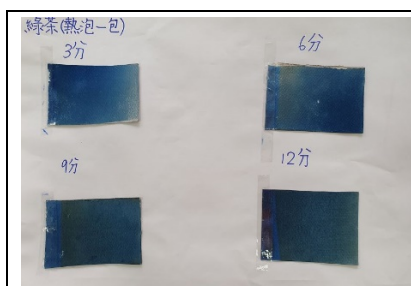


圖 9-1-1 浸泡 1 個綠茶包
3、6、9、12 分鐘

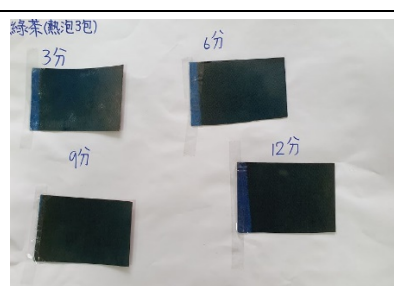


圖 9-1-2 浸泡 1 個綠茶包
3、6、9、12 分鐘

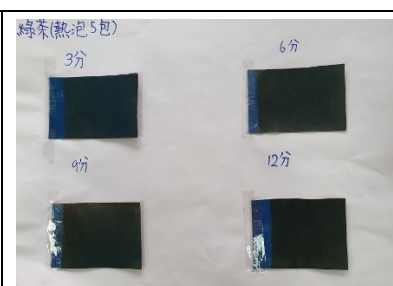


圖 9-1-3 浸泡 1 個綠茶包
3、6、9、12 分鐘

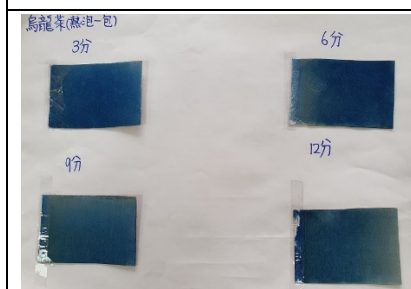


圖 9-2-1 浸泡 1 個烏龍茶包
3、6、9、12 分鐘

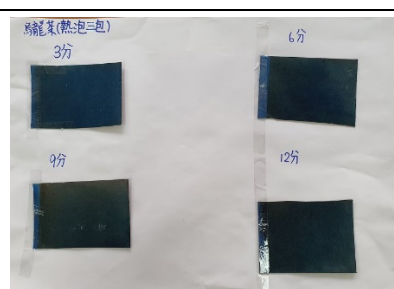


圖 9-2-2 浸泡 3 個烏龍茶包
3、6、9、12 分鐘

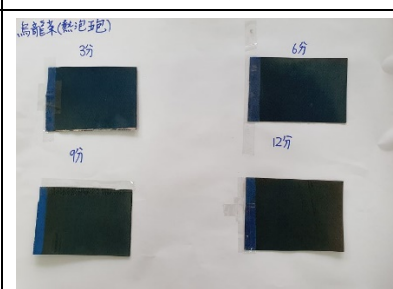


圖 9-2-3 浸泡 5 個烏龍茶包
3、6、9、12 分鐘

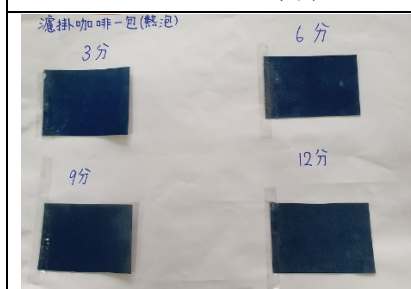


圖 9-3-1 浸泡 1 個咖啡包
3、6、9、12 分鐘

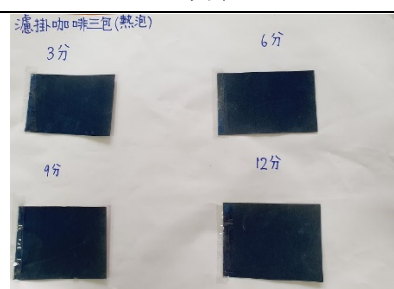


圖 9-3-2 浸泡 3 個咖啡包
3、6、9、12 分鐘

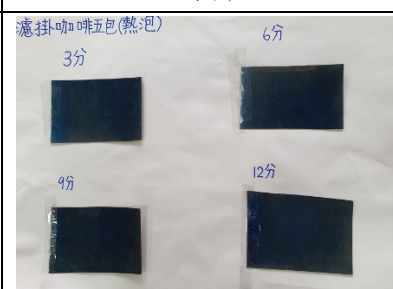


圖 9-3-3 浸泡 5 個咖啡包
3、6、9、12 分鐘

2. 實驗結果與發現:

- (1) 沖洗液中浸泡 1 個紅茶包，分別泡 3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘和 12 分鐘，感光紙張顏色變化差異不大。
- (2) 沖洗液中浸泡 3 個紅茶包，感光紙張出現褐色，浸泡時間越久顏色越深。
- (3) 沖洗液中浸泡 5 個紅茶包，感光紙張出現深褐色，浸泡時間越久顏色越深。
- (4) 浸泡紅茶包的濃度越高，感光紙張的顏色越深，同樣的濃度，泡的時間越久顏色越深。
- (5) 綠茶和烏龍茶也和紅茶的實驗結果一樣，浸泡茶葉的濃度越高，感光紙張的顏色越深，同樣的濃度，泡的時間越久顏色越深。
- (6) 調色效果變褐色烏龍茶和綠茶比紅茶效果好，剛開始是紫紅色，乾燥後感光紙會呈現深褐色。
- (7) 洗液中浸泡 1 個咖啡包，分別泡 3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘和 12 分鐘，感光紙張顏色變化差

異不大。沖洗液中浸泡 3 個咖啡包，分別泡 3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘和 12 分鐘，感光紙張出現淺褐色。浸泡 5 個咖啡包，分別泡 3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘和 12 分鐘，感光紙張出現深褐色。浸泡咖啡的濃度越高，感光紙張的顏色越深，同樣的濃度，泡的時間越久顏色越深。

- (8) 感光紙張變色的原因，是因為紅茶、綠茶、烏龍茶、咖啡所包含的鞣酸成份，其弱酸性可以用來改變色調，使感光紙張浸泡後的色調呈現褐色。濃度越高的溶液之中含有較多的鞣酸，較易使感光紙張變色，而浸泡時間越久化學作用也越完全，所以變色效果越明顯。
- (9) 將實驗後之感光紙靜置數日後，以清水沖洗，發現確實有色素殘留之現象，沖洗後之藍晒圖顏色略淡，還是呈現深褐色，故本實驗認為紅茶、綠茶、烏龍茶、咖啡浸泡可以調色。
- (10) 綠茶、烏龍茶、紅茶、咖啡實驗結果藍晒圖會呈現不同深淺的褐色，浸泡茶葉的濃度越高，感光紙張的顏色越深，同樣的濃度，泡的時間越久顏色越深，都有調色效果，但烏龍茶和綠茶的效果最好，呈現深褐色，紅茶其次，咖啡效果最差。

實驗十：藍晒調色實驗，可淡化、加深、調色的沖洗液有哪些？

1. 實驗步驟：

- (1) 將配製 A、B 溶液體積比 60：40 的感光溶液，均勻塗抹在一樣大小的日本水彩紙 300 磅上，平放在暗箱內等待水分乾燥，再將乾燥後的感光紙張放置於紫外線燈箱下曝曬 15 分鐘備用。
- (2) 準備好硼砂、單寧酸、碳酸鈉、檸檬酸、漂白水、烏龍茶、咖啡、綠茶、紅茶、雙氧水等 10 杯 500 毫升的沖洗液。
- (3) 將預先曝曬完的感光紙張放入上面 10 種溶液浸泡 3 分鐘，觀察顏色變化和深淺比較。

2. 實驗結果與發現：

- (1) 單寧酸會讓感光紙沖洗完是紫紅色，乾燥後是深褐色。烏龍茶、咖啡、綠茶、紅茶都有調色效果，讓感光紙乾燥後是褐色，而單寧酸的調色效果最好，顏色是深褐色，如圖 10-1 所示。
- (2) 硼砂、碳酸鈉、漂白水會讓藍晒感光紙顏色淡化變淺。檸檬酸、雙氧水會讓藍晒感光紙顏色變深。

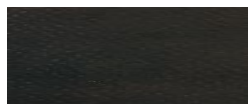


圖 10-1 單寧酸調色效果


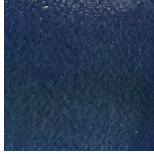
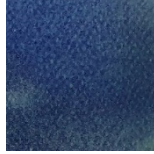
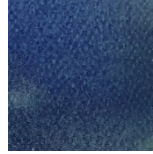
實驗十一：不同濃度之雙氧水沖洗液對藍晒紙感光後顏色的影響

由實驗八得到結果，用中性溶液雙氧水沖洗藍晒感光紙顏色變深又鮮豔，有不錯的效果，因為雙氧水會加快氧化過程讓紙張顏色變深，此實驗設計不同濃度的雙氧水和浸泡時間，觀察感光紙浸泡後乾燥的顏色變化。

1.實驗步驟:

- (1)將配製 A、B 溶液體積比 60：40 的感光溶液，均勻塗抹在一樣大小的日本水彩紙 300 磅上，平放在暗箱內等待水分乾燥，再將乾燥後的感光紙張放置於紫外線燈箱下曝曬 15 分鐘備用。
- (2)準備好 4 杯 500 毫升 1%、3%、6%、9%四種濃度雙氧水溶液，把感光紙分別浸泡 3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘 和 12 分鐘，拿起晾乾後觀察顏色變化和深淺比較，如表 11-1 所示。

表 11-1 感光紙在不同濃度雙氧水的顏色

雙氧水 1%	雙氧水 3%	雙氧水 6%	雙氧水 9%
			
RGB 10、25、85	RGB 24、36、74	RGB 21、33、71	RGB 20、31、70

2.實驗結果與發現:

- (1)感光紙浸泡雙氧水濃度在 1%時顏色最深和最豔麗，雙氧水濃度在 1%時在浸泡時間 3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘 和 12 分鐘顏色變化不大，幾乎沒影差異，浸泡時會有泡泡產生。感光紙浸泡雙氧水濃 3%、6%、9%隨著濃度越大，顏色會越淺，在不同浸泡時間 3 分鐘、6 分鐘、9 分鐘 和 12 分鐘顏色也變化不大，實驗中觀察到雙氧水濃度越高起泡越多。由實驗結果發現感光紙顏色和雙氧水濃度有關，與浸泡時間無關。
- (2)由表 11-1 中，得知感光紙浸泡在濃度 1%的雙氧水中，顏色鮮明且豔麗，可以增加作品的層次感。
- (3)在最後沖洗藍晒感光紙時，感光紙在不同濃度的雙氧水浸泡，讓漫長的氧化過程加速進行，縮短影像顯色與對比的時間，得到一張很藍很漂亮的作品。經過長時間置放後，感光紙顏色會因為與空氣中的氧氣持續接觸而緩慢進行氧化作用，而使得藍色加深。

目的六、利用藍晒法檢測市售抗 UV 的產品。

實驗十二：利用藍晒法來檢測市售抗 UV 產品（抗 UV 眼鏡、抗 UV 雨傘、抗 UV 帽子）。

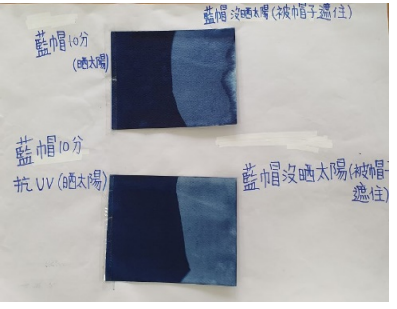
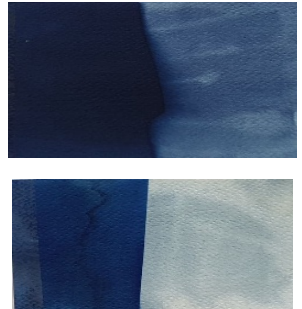
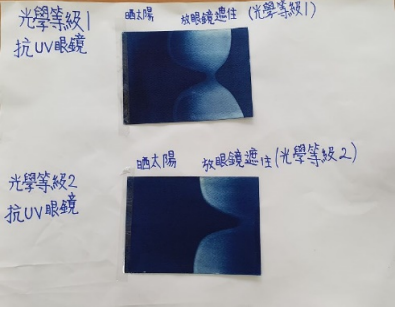
市面上販售各種標榜可抗 UV 產品不少，均宣稱能抵抗 UV 的侵害，例如抗 UV 雨傘、防晒乳液、抗 UV 眼鏡與抗 UV 帽子等等。在實驗十二、實驗十三中，將感光紙張置放在市售抗 UV 產品之下，試著以藍晒法檢測這些產品是否真的具有抗 UV 功能？

1.實驗步驟：

- (1)將配製 A、B 溶液體積比 60：40 的感光溶液，均勻塗抹在日本水彩紙 300 磅上，平放在暗箱內等待水分乾燥。
- (2)將顏色一樣的一般帽子和抗 UV 帽子兩頂，分別在下面放置一張感光紙張，一半用一般帽子和抗 UV 帽子遮住，一半不遮住。
- (3)將材質顏色相同的雨傘兩把，一把為抗 UV 雨傘，一把為普通雨傘，分別在下面放置一張

感光紙，一半用雨傘遮住，一半不遮住。

- (4)準備兩個不同光學等級的抗 UV 太陽眼鏡兩副，分別在下面放一張感光紙，一半用抗 UV 眼鏡遮住，一半不遮住。
- (5)將以上三組相同功用但不同抗 UV 係數的產品，放在太陽下曝曬 10 分鐘，比較曝曬後的顯影情形。如圖 12-1~圖 12-3 所示。

		
<p>圖 12-1 抗 UV 產品之比較 上方：一般帽子 下方：抗 UV 帽子</p>	<p>圖 12-2 抗 UV 產品之比較 上方：普通雨傘 下方：抗 UV 雨傘</p>	<p>圖 12-3 抗 UV 產品之比較 上方：光學等級 1 下方：光學等級 2</p>

2.實驗結果與發現：

- (1)因市售帽子的前沿材質較厚，透光性相對較差，確實有很好的遮光效果，藍晒圖呈現淡藍色一片，抗 UV 帽子也有很好的遮光效果，藍晒圖也呈現淡藍色一片，兩者抗 UV 功能的差異並不明顯。
- (2)本實驗選取兩把相同顏色及布料的雨傘進行實驗，避免因傘布材質及顏色之透光而造成誤差，結果發現，一般傘布下的感光紙張還是有變色現象，並未能完全有效抗 UV，所以得到淡藍色的藍晒圖，而抗 UV 雨傘是有不錯的防晒效果，呈現白色一片。
- (3)眼鏡的光學等級不同，抗 UV 效果也不同，本實驗所選取的兩款不同光學等級的眼鏡明顯都具有抗 UV 的功能，光學等級 1 的眼鏡比光學等級 2 效果好。

實驗十三:用藍晒法來檢測市售抗 UV 產品（不同 SPF 系數之防晒乳和防晒噴霧）。

1.實驗步驟：

- (1) 本實驗所準備之防晒乳及防晒噴霧，共分成 SPF30、SPF40、SPF50 三種。
- (2) 把不同 SPF 系數的防晒乳、防晒噴霧，滴或噴在一片載玻片上，再蓋上另一片載玻片均勻輕壓，讓乳液均勻分布在載玻片之間。
- (3) 在兩片為一組的載玻片放置在感光紙張之上，放在紫外線燈箱下曝曬 15 分鐘，比較曝曬後顯影的情形。如圖 13-1~圖 13-5 所示。

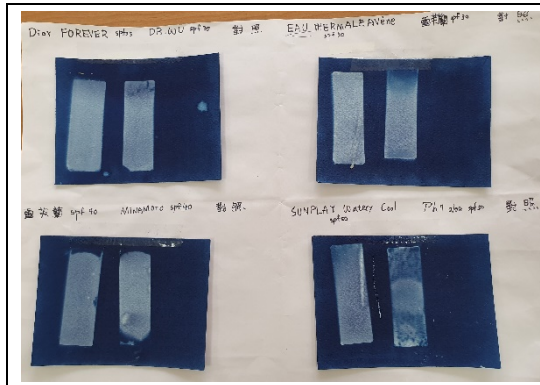


圖 13-1 防曬乳防晒測試
不同品牌、SPF(30、40、50)



圖 13-2 防曬乳防晒測試
不同品牌、不同 SPF(30、40、50)

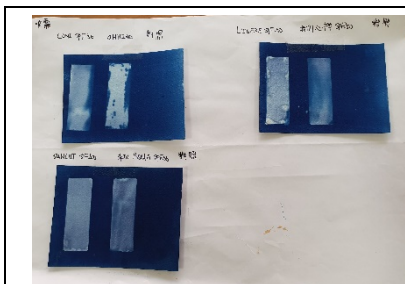


圖 13-3 防曬噴霧防晒測試
不同品牌、相同 SPF50

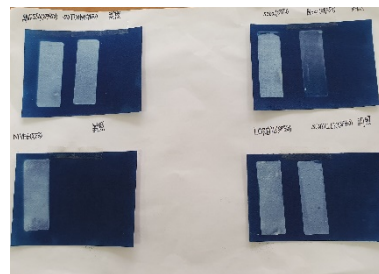


圖 13-4 防曬乳防晒測試
不同品牌、相同 SPF50

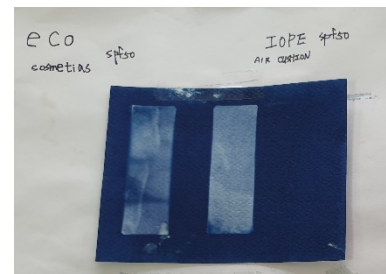


圖 13-5 防曬乳防晒測試
不同品牌、相同 SPF50

2. 實驗結果與發現：

- (1) 本實驗已經盡量使防晒乳液均勻呈現在載玻片之間，但是各防晒系數之防晒乳在感光紙張上面所呈現出來的白點較為明顯，雖然顯示防晒乳確實具有抗 UV 效果，但需要注意的是否塗抹均勻，否則防晒效果將會產生差異。
- (2) 防晒噴霧這一組的感光紙張上面，抗 UV 效果的呈現雖然較為均勻，沒有明顯的白點出現，但抗 UV 的效果也明顯較防晒乳差一些，可能是因為防晒乳未塗均勻使實驗時出現遮避效果，使實驗出現預期之外的結果。
- (3) 雖然防晒乳液與噴霧均有防晒效果，但是否塗抹均勻及厚度，均會影響紫外線之穿透性，至於 SPF 後方所呈現的數字，僅為此類防晒產品在陽光下所能持續的時間，並不影響本次防晒實驗的結果。
- (4) 為避免因防晒乳液塗抹不均而產生的遮避效果，本實驗組以普通乳液再次進行對照實驗，發現普通乳液也有防晒效果，但效果比防晒乳液差，證明實驗過程確實有遮避現象出現，兩者有明顯差異，但同時也證明防晒乳液確實抗紫外線的功能。

實驗十四、製作藍晒書籤和相片

1. 實驗步驟:

- (1) 利用實驗二、三、四、五、八、十一所得之結果，製作藍晒書籤，感光紙用陽光曝曬 10

分鐘，感光液 AB 混合溶液比例 60:40，以及用日本水彩紙 300 磅和 1%的雙氧水溶液沖洗，製作藍晒書籤。

- (2) 把感光紙上放樹葉，用透明壓克力板壓住感光紙，放在陽光下曝曬後，用雙氧水溶液沖洗、晾乾後就變成漂亮的藍晒書籤。步驟和結果如圖 14-1-1～圖 14-1-4 所示。
- (3) 製作藍晒相片，先用電腦使用投影片製作底片，把感光紙上放底片，用透明壓克力板壓住感光紙和底片，在陽光下曝曬後，用雙氧水溶液沖洗、晾乾後就變成漂亮的藍晒照片。步驟和結果如圖 14-2-1～圖 14-2-3 所示。

	
<p>圖 14-1-1 製作藍晒書籤 1 把感光紙上放樹葉</p>	<p>圖 14-1-2 製作藍晒書籤 2 用透明壓克力板壓住在陽光下曝曬</p>
	
<p>圖 14-1-3 製作藍晒書籤 3 曝曬十分鐘</p>	<p>圖 14-1-4 製作藍晒書籤 4 沖洗、晾乾後，藍晒書籤完成</p>

		
<p>圖 14-2-1 製作藍晒相片 1 製作底片</p>	<p>圖 14-2-2 製作藍晒相片 2 把感光紙上放底片 在太陽下曝曬</p>	<p>圖 14-2-3 製作藍晒相片 3 沖洗、晾乾後 藍晒相片完成</p>

伍、研究結果

實驗一、不同比例的檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀感光溶液其變色時間快慢與顏色比較。

在不同的紫外線指數的陽光曝曬下，在紫外線指數(UVI7)和紫外線指數(UVI5)時感光液中檸檬酸鐵銨比例較高，變色較快。紫外線指數越強，感光液變色越快，變色時間越少。除了在紫外線指數強(UVI5)時 10:90 比例照光 12 分鐘感光液依然沒變藍色之外，其他藍晒液都有明顯變化，呈現深藍色。

實驗二、實驗三：不同比例檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀溶液在紙張上曝曬後的顏色比較。

感光紙顏色效果好的 AB 混合溶液比在 60:40、50:50、40:60、30:70 時所得到的藍晒圖的普魯士藍非常漂亮，而 AB 混合溶液比在 60:40 會呈現最均勻和最深的深藍色。

實驗四：找出最適合藍晒圖的紙張

1.經過實驗發現，日本水彩紙 300 磅紋路均勻、吸水性佳、顏色呈現較深的深藍色，顏色也均勻，本實驗組評選出使用日本水彩紙 300 磅製作感光紙會有比較好的效果。

實驗五、藍晒感光紙在不同光源下曝曬的感光效果與呈色探討

- 1.紫外線指數越強，感光的化學反應時間越快，呈現深藍色的效果越好。
- 2.在相同紫外線指數 UVI1 的紫外線燈箱和太陽光比較，曝曬相同時間，太陽光的效果較好。
- 3.由實驗得知，感光紙放置於教室 LED 燈、捕蚊燈、日光燈、晝白光色燈泡 23W、黃光色燈泡 23W 曝曬 12 分鐘後，沖洗完效果呈現淡藍色或淡黃色，效果不好。
- 4.實驗發現，太陽光是最佳的光源，其次是紫外線燈箱，其他的替代光源效果不好，所以藍晒感光與紫外線有關，藍晒的感光時間也可以檢測紫外線指數。

實驗六、感光紙在晝白光色燈泡與黃光色燈泡下，曝曬 60 分鐘的感光效果與呈色探討。

1. 感光紙在上面 6 種燈泡照射下，曝曬 10 分鐘、30 分鐘呈現的藍色不夠深，燈泡瓦數越高顏色越深，相同瓦數的晝白光色燈泡 12.2W、黃光色燈泡 12.2W，黃光色燈泡的藍色比較深。
2. 感光紙在上面 6 種燈泡照射下，曝曬 60 分鐘呈現的藍色比較深，燈泡瓦數越高顏色越深，相同瓦數的晝白光色燈泡 23W、黃光色燈泡 23W，晝白光色燈泡的藍色比較深。

實驗七、藍晒感光紙覆蓋上不同顏色玻璃紙藍色、黃色、紅色、綠色，在紫外線燈箱曝曬下的感光效果與呈色探討，並找出會影響藍晒的主要色光。

因為藍光玻璃紙吸收大部分紅光與綠光，讓藍光穿透；紅色玻璃紙吸收大部分綠光與藍光，讓紅光穿透。由以上實驗結果分析，藍光是影響藍晒感光的主要色光，其次分別為綠光、

黃光、紅光。因為每種顏色光的波長不同，我們平時見到的太陽光是白光，由七彩色光組成，白色可見光可以由光的三原色 RGB（紅綠藍）所組成。可見光的波長順序：紅>橙>黃>綠>藍>靛>紫，影響藍晒感光的順序分別為藍光、綠光、黃光、紅光，由此推測藍晒感光光的波長有關。

實驗八：找出可使藍晒圖最佳定影的沖洗液。(酸性溶液、鹼性溶液、中性溶液)

由實驗結果分析，沖洗液的酸鹼性會影響到感光紙的顏色，在酸性溶液顏色變淺，鹼性溶液顏色變深，中性溶液雙氧水顏色變深又鮮豔，水也有不錯的深藍色，適合的沖洗液是鹼性溶液和中性溶液，因為呈現深藍色，雙氧水讓藍晒感光紙顏色變深又鮮豔，所以最佳的沖洗液是中性的雙氧水。

實驗九：藍晒調色實驗，不同濃度之紅茶(全發酵茶)、綠茶(不發酵茶)、烏龍茶(半發酵茶)、咖啡沖洗液對藍晒感光紙後成像效果的影響。

1. 綠茶、烏龍茶、紅茶、咖啡實驗結果藍晒圖會呈現不同深淺的褐色，浸泡茶葉的濃度越高，感光紙張的顏色越深，同樣的濃度，泡的時間越久顏色越深，都有調色效果，但烏龍茶和綠茶的效果最好，紅茶其次，咖啡效果最差。
2. 以上實驗發現感光紙張變色的原因，是因為紅茶、綠茶、烏龍茶、咖啡所包含的鞣酸成份，其弱酸性可以用來改變色調，使感光紙張浸泡後的色調呈現褐色。濃度越高的溶液中含有較多的鞣酸，較易使感光紙張變色，而浸泡時間越久化學作用也越完全，所以變色效果越明顯。

實驗十：藍晒調色實驗，可淡化、加深、調色的沖洗液有哪些？

1. 單寧酸會讓感光紙沖洗完是紫色，乾燥後是深褐色。烏龍茶、咖啡、綠茶、紅茶都有調色效果，讓感光紙乾燥後是褐色，而單寧酸的調色效果最好，呈現深褐色。
2. 硼砂、碳酸鈉、漂白水會讓藍晒感光紙顏色淡化變淺。檸檬酸、雙氧水會讓藍晒感光紙顏色變深。

實驗十一：不同濃度之雙氧水沖洗液對藍晒感光後成像效果的影響。

雙氧水沖洗液隨著濃度越大，顏色會越淺，在不同浸泡時間顏色也變化不大，實驗中觀察到雙氧水濃度越高起泡越多。感光紙浸泡在濃度低 1% 的雙氧水中，顏色鮮明且艷麗，可以增加作品的層次感。

實驗十二：利用藍晒法來檢測市售抗 UV 產品（抗 UV 眼鏡、抗 UV 雨傘、抗 UV 帽子）

市售抗 UV 帽子，抗 UV 雨傘用藍晒法檢測確實時有防晒效果。不同光學等級的眼鏡明顯都具有抗 UV 的功能。

實驗十三：用藍晒法來檢測市售抗 UV 產品（不同 SPF 系數之防晒乳和防晒噴霧）。

雖然防晒乳液與噴霧均有防晒效果，但是否塗抹均勻及厚度，均會影響紫外線之穿透性，為避免因防晒乳液塗抹不均而產生的遮避效果，本實驗組以普通乳液再次進行對照實驗，發現普通乳液也有防晒效果，但效果比防晒乳液差，證明實驗過程確實有遮避現象出現，但同時也證明藍晒確實可以做為檢測防晒的工具。

陸、討論

在藍晒實驗過程中，本實驗團隊從中學習良多，但也在實驗中發現問題，對原訂的實驗思路進行修正與設計，在此提出本實驗團隊之淺見，以期提供後續研究團隊參考與拓展思路之用。

問題一、不同比例的檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀溶液會影響變色速率與顏色嗎？

問題討論：在本實驗中，感光液中檸檬酸鐵銨比例越高，變色速度越快，但是檸檬酸鐵銨變色最快就是最佳比例嗎？

修正 & 設計：誠然感光液變色速度快，有利於觀察實驗前後的變化差異，可以節省實驗時間，但好的藍晒圖是要塗在紙張上曝曬後水洗晾乾後才會產生，感光液在不同光源下的反應也有可能不同，因此本實驗團隊採用多種紙張及光源進行更廣度的實驗，以探討最適合的藍晒用紙及曝曬光源。

研究待續：若能更有系統的且更詳細調配出不同比例之感光液，試驗更多不同感光紙張，以及曝曬於更多不同光源之下，期望能獲得獲得更完美之藍晒圖製作工藝。

問題二、感光液如何在紙上刷塗得更均勻？

問題討論：剛開始時，因為紙質、表面光滑度與紋路不同，會讓感光液在紙張上的附著力造成差異，而無法獲得刷塗品質一致的張紙。

修正 & 設計：經本實驗團隊討論並進行了前置實驗，採用刷子沾取定量的感光液，左右上下均勻刷塗均勻，共刷塗兩層，是顏色最均勻也呈現最深深藍色的方法。為減少實驗變因，必須固定同一個人操作刷塗感光液動作且規定刷塗順序，雖然感光紙四周仍會有感光溶液殘留可能，因此本實驗組只能採用中間部分的顏色變化及數據資料，以減少實驗誤差的機會。

研究待續：若是在材料資源許可下調配足量的感光液，利用毛細現象讓選用的紙張吸收感光液，感光紙張上面的感光液是否會更均勻呢？充份吸收感光液之後的感光紙，在感光後的效果是否也會更加顯著呢？

問題三、感光紙如何沖洗，才能減少藥劑殘留？

問題討論：實驗初期，本實驗組使用容器裝定量清水浸洗，發現容器內的沖洗液經過連續浸洗，藥劑殘留極可能會影響到後續實驗結果。

修正&設計：經本實驗團隊修正，將曝光變藍的感光紙放在一定流量的水龍頭下沖洗，並且由同一人操作，固定來回轉動沖洗 10 次。在固定同一人操作，控制一定水流量，以及固定沖洗頻率狀況下，期望能避免不必要之實驗變因干擾。

研究待續：本實驗組進行清水沖洗時，是使用固定流量的水龍頭，水柱瞬間沖洗在感光紙上的力道並非完全均勻，若是改用蓮蓬頭進行沖洗，是否因為分散清水沖洗的力道，使得沖洗後的效果更佳呢？

問題四、在不同光源下，藍晒感光紙經過曝曬後的效果都一樣嗎？

問題討論：在學校課程中，人類生活中充斥著各種人造色光，所代表的含意也不盡相同，不同人造色光與太陽光對藍晒是否也會有所不同呢？

修正&設計：因為戶外天氣變化不定，以陽光曝曬感光紙變得沒有保障且 UVI 值難以控制，因此本實驗雖然大量採用紫外線燈箱固定曝曬品質及時間，仍利用太陽光做出對照組實驗，另外為探討不同色光對藍晒可能造成的影響，採用不同顏色玻璃紙及生活常用光源進行曝曬實驗，發現太陽光是最佳的光源，且藍光是影響藍晒感光的主要色光，其次分別為綠光、黃光、紅光。因為每種顏色光的波長不同，我們平時見到的太陽光是白光。可見光的波長順序：紅>橙>黃>綠>藍>靛>紫，影響藍晒感光的順序分別為藍光、綠光、黃光、紅光，由此推測藍晒感光 and 光的波長有關。

研究待續：本實驗所使用的不同色光是利用玻璃紙的透光性所形成，若是使用更專業的紅外線或是紫外線燈具進行曝曬實驗呢？所得到的藍晒圖是否會有更顯著的變化或是更具說服力的結果呢？我們推測藍晒感光 and 光的波長有關，日後也可以更深入的研究。

問題五、傳統的藍晒工藝是否能應用在生活之中，還是只能做為傳統工藝欣賞呢？

問題討論：藍晒法是一種古老的日光顯影術，必須以陽光照射最終呈現深藍色影像而得名，此項工藝已被現代的顯像科技所取代，似乎只存在於傳統技藝學習之中，在現代的生活之中，藍晒法是否還有用武之地呢？

修正 & 設計：在探討藍晒製作所需的感光液，使用紙張及曝曬光源之後，本實驗企圖將藍晒應用於生活之中，借由藍晒法乃是利用陽光或是光線中的紫外線照射使影像顯現或複製圖案原理，檢測市售防晒產品是否真實有用，例如不同 SPF 係數的防晒乳及抗 UV 眼鏡等產品。

研究待續：經本實驗證實，藍晒法確實可以檢測市售防晒產品效用，但卻難以做出如石蕊試紙檢測酸鹼性那般的可信度，若是能找出更具指標性的變色差異，以及更便於攜帶的檢測工具或模式，藍晒是否就有機會再現風光呢？

柒、結論

- 1.在陽光曝曬下，不同比例的檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀感光溶液其變色時間快慢為感光液中檸檬酸鐵銨比例較高，變色較快。紫外線指數越強，感光液變色越快，時間越少。不同比例檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀溶液在紙張上曝曬後，檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀的混合溶液比在 60:40 會呈現最均勻和最深的深藍色。
- 2.在紙張材質選擇上，經實驗結果我們發現紙的吸水性、紋路、磅數會影響藍晒感光紙曝曬後的顏色，因為日本水彩紙 300 磅紋路均勻、吸水性佳、顏色呈現較深的深藍色，且顏色也均勻，所以藍晒圖用日本水彩紙 300 磅製作會有比較好的效果。
- 3.太陽光是最佳的光源，其次是紫外線燈箱，其他的替代光源效果不好。這個實驗結果我們發現，藍光是影響藍晒感光的主要色光，其次分別為綠光、黃光、紅光。測量感光紙曝曬在太陽下的變色時間可以知道當時的紫外線指數(UVI)，所以藍晒可以檢測紫外線指數
- 4.藍晒圖適合的沖洗液是鹼性溶液和中性溶液，因為呈現較深的深藍色，雙氧水讓藍晒感光紙顏色變深又鮮豔，所以最佳的沖洗液是中性的雙氧水溶液。感光紙浸泡在濃度低 1%的雙氧水中，顏色鮮明且艷麗，可以增加作品的層次感。
- 5.藍晒調色：綠茶、烏龍茶、紅茶、咖啡、單寧酸，都有調色效果，而單寧酸的調色效果最好，呈現深褐色。硼砂、碳酸鈉、漂白水會讓藍晒感光紙顏色淡化變淺。檸檬酸、雙氧水會讓藍晒感光紙顏色變深。
- 6.用藍晒法可以用來檢測市售抗 UV 產品，確實有抗 UV 的效果。也可製作藍晒書籤和相片。

捌、參考文獻資料

- 1.施建輝(2019年3月27日)·台灣化學教育:藍印術的另類實驗與探討檸檬酸根的反應·取自 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=15657>
- 2.沈永嘉(譯)(2000)·有趣的化學實驗 100·台北縣:世茂出版社。
- 3.陳偉民(2010)·如何學好高中化學(下)·台北市:天下文化。
- 4.全國中小學科展第 57 屆化學科國小組·"藍"住陽光,"晒"出幸福 - 藍晒關鍵揭迷(2018 年)·取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080212.pdf>
- 5.高雄市立第 54 屆中小學科學展覽會·生活與應用科學組高中組·藍色狂想·(2014 年)·取自 <http://sites.ccv.s.kh.edu.tw/sysdata/81/81/doc/ac6b09dbaa331145/attach/17695.pdf>
6. 陳孟男(2014 年 9 月)·藍印術-光化學反應與普魯士藍·臺灣化學教育·取自 http://mdl.mdhs.tc.edu.tw/tp/teacher/TE1124/%E7%8F%AD%E7%B4%9A%E7%B6%93%E7%87%9F/%E8%97%8D%E5%8D%B0%E8%A1%93_%E5%AF%A6%E9%A9%97%E6%93%8D%E4%BD%9C%E5%8F%8A%E7%B4%80%E9%8C%84.pdf
7. 全國中小學科展第 60 屆化學科國小組·科學「化」面:古典顯影的秘密(2020 年)·取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/elementary.html>
8. 周芳妃、李盈萱、陳靜瑋(2016 年)·微量化學實驗:小綠綠晶體與藍印術微量實驗(上)·臺灣化學教育·取自·<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17802>
9. 氰版攝影 藍曬 工藝:自製藥劑與 相紙(上)(2011 年)·取自 <https://digiphoto.techbang.com/posts/1101-cool-qingbanlanshai-process-cyanotype>

【評語】 080204

歷年科展已有多篇關於藍晒的研究，理解前人智慧，作品主題有趣，值得鼓勵。本作品文獻蒐集完備，實驗構想及數據完整，研究內容豐富，可惜未能說明本作品與過往研究不同之處。此外，關於顏色的分析，主要採用目視以及 RGB 色光模式，應加強對 RGB 的數據做客觀且有意義的分析。

作品簡報

藍色狂想曲-藍晒變色探究

國小組
化學科

研究動機、歷屆科展分析

• 研究動機：

有次使用葉子DIY藍晒書籤的經驗，發現藍晒有不少有趣的科學應用。自然課有提及太陽光組成與人造色光，和酸鹼溶液的實驗，藍晒的紙張在感光之後，便會由綠色變成藍色，利用不同溶液沖洗的效果也會有所不同，因此想借此探討藍晒圖的變色原理與應用。

• 歷屆科展分析：

	找出藥品比例和顏色	紙張	光源	沖洗液	調色	生活應用
57屆科展	*五種比例 *目視	*五種紙張 *吸水性、粗細	*太陽光	*只有三種溶液	X	*檢測防曬產品
本科展	*九種比例 *目視加RGB	*十五種紙張 *吸水性、紋路、磅數	*太陽光(不同紫外線指數) *找出主要色光藍光 *紫外線燈箱控制變因	實驗組 pH3~pH5 pH9、pH10 雙氧水 對照組:水	*用茶葉、咖啡、單寧酸調色	*檢測紫外線指數強弱、防曬產品 *書籤相片

藍色狂想曲-藍晒變色探究

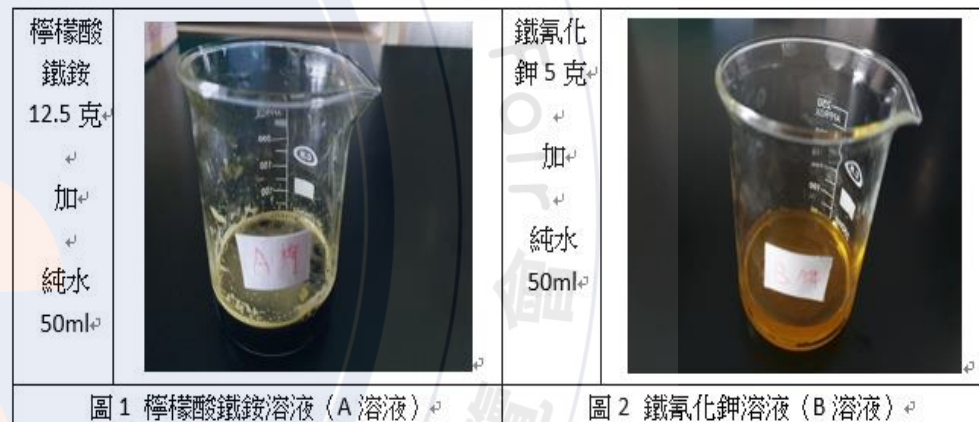


研究方法和結果

- 藍晒原理：藍晒（Blue print）又稱氰顯影（Cyanotype），是一種古老的顯影術，利用陽光或是光線中的紫外線照射使影像顯現或複製圖案，最終呈現深藍色影像。

調配比例

- A 溶液：檸檬酸鐵銨 12.5g 加純水 50ml。
 - B 溶液：赤血鹽（鐵氰化鉀）5g 加純水 50ml。
- A、B 溶液依照比例攪拌均勻。



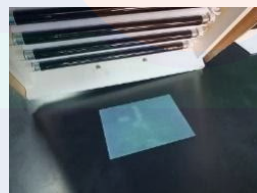
製作步驟：



製作感光紙



陰乾



曝曬



沖洗



晾乾

目的一、探討不同的比例中，檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀所調配之感光液曝曬後的呈色效果。

實驗一、不同比例的檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀感光溶液其變色時間與顏色比較。

以7種濃度的溶液進行調配，各取1ml滴在載玻片上，放在陽光下曝曬，觀察並紀錄其變色所需的時間。

表 1-3 在紫外線指數(UVIS) 下，不同比例感光溶液顏色變化的時間記錄

	A 溶液:B 溶液	反應時間 1	反應時間 2	反應時間 3	平均	最終顏色
濃度 1	90:10	2 分 19 秒	2 分 20 秒	2 分 20 秒	2 分 20 秒	深藍色
濃度 2	80:20	2 分 38 秒	2 分 40 秒	2 分 36 秒	2 分 38 秒	深藍色
濃度 3	70:30	3 分 05 秒	3 分 03 秒	3 分 10 秒	3 分 06 秒	深藍色
濃度 4	50:50	4 分 15 秒	4 分 20 秒	4 分 18 秒	4 分 53 秒	深藍色
濃度 5	30:70	6 分 33 秒	6 分 35 秒	6 分 40 秒	6 分 36 秒	深藍色
濃度 6	20:80	9 分 17 秒	9 分 20 秒	9 分 25 秒	9 分 21 秒	深藍色
濃度 7	10:90	12 分 00 秒	12 分 00 秒	12 分 00 秒	12 分 00 秒	墨綠色

結果與發現：

1. 紫外線指數越高，變色速度越快。
2. 檸檬酸鐵銨比例越高，變色速度越快。

實驗二：調配不同比例的檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀溶液，在紙張上曝曬後的顏色比較。

將9種比例的感光溶液塗在三種紙張上，使用紫外線燈(UVI1)曝曬，目視找出效果好的深藍色。

結果與發現：

將 10:90、20:80、70:30、80:20、90:10 淘汰，把 60:40、50:50、40:60、30:70 四個比例留下，再設計實驗找出最適合的比例。

實驗三：不同比例檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀溶液 在紙張上其顏色和曝曬時間的比較。

接續實驗二，

以留下的四個比例塗在紙張上，
在紫外線燈箱下曝曬，

6分30秒、8分鐘、10分鐘、15分鐘。

以手機APP及目視方式找出最佳的深藍色。

結果與發現：

1. 四個曝曬時間中，**60:40**的RGB數值都是最佳。
2. 紫外線燈箱曝曬**15分鐘**，
感光液比例**60:40**的效果最好，
會呈現最佳的深藍色(**RGB:29, 36, 73**)。

表 3-1 四種不同比例感光溶液在紫外線燈箱(UV1)曝曬不同時間，沖洗乾燥後的 RGB 平均值

曝曬 6 分 30 秒	60:40	50:50	40:60	30:70	曝曬 8分 鐘	60:40	50:50	40:60	30:70
圖片 顯色					圖片 顯色				
RGB 平均	29,35,71	23,27,56	26,31,57	16,21,59	RGB 平均	27,29,68	21,23,56	22,25,55	25,27,59
曝曬 10 分鐘	60:40	50:50	40:60	30:70	曝曬 15 分鐘	60:40	50:50	40:60	30:70
圖片 顯色					圖片 顯色				
RGB 平均	21,23,65	19,21,61	17,19,54	15,17,55	RGB 平均	29,36,73	21,23,63	19,21,59	23,25,61

目的二、以紙張的吸水性、紋路、磅數等項目找出適合藍晒圖的紙張。

實驗四：找出最適合藍晒圖的紙張

延續實驗三，

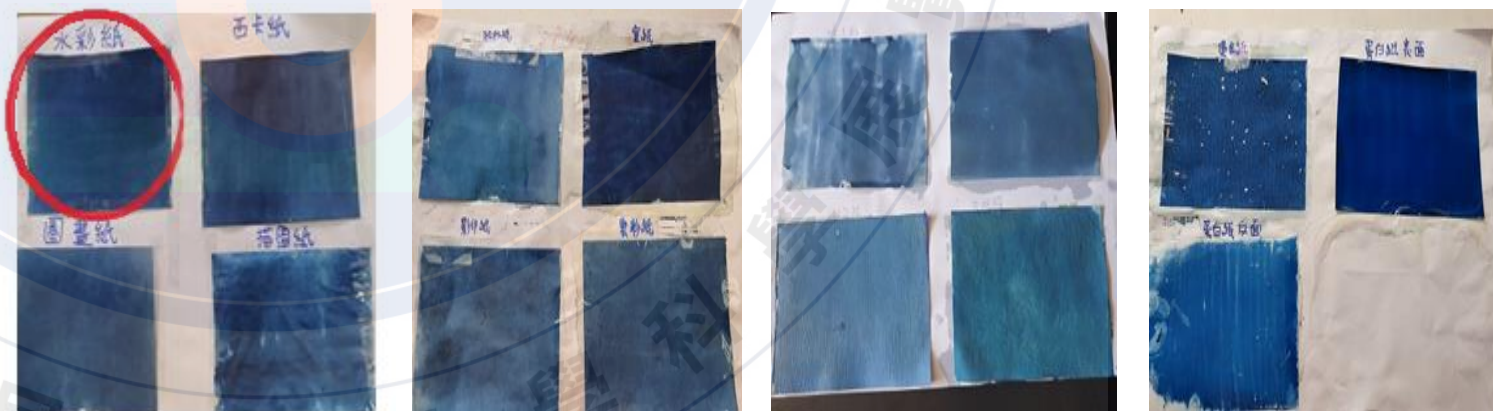
挑選15種紙張實驗，

以**吸水性**、**紋路**、**磅數**等條件，

找出最適合的紙張。

結果與發現：

日本水彩紙300磅最佳。



目的三、不同光源對藍晒感光紙曝曬後呈色效果的影響，找出影響藍晒感光的主要色光。

實驗五、藍晒感光紙在不同光源下曝曬的感光效果與呈色探討

延續實驗三、四，
不同光源不同時間曝曬下，
觀察感光紙曝曬的感光效果，
與沖洗完觀察變色的情形。

結果與發現：

1. 藍晒可以檢測紫外線指數強弱。
2. 太陽光是最佳的光源，其次是紫外線燈箱，其他的替代光源效果不佳。

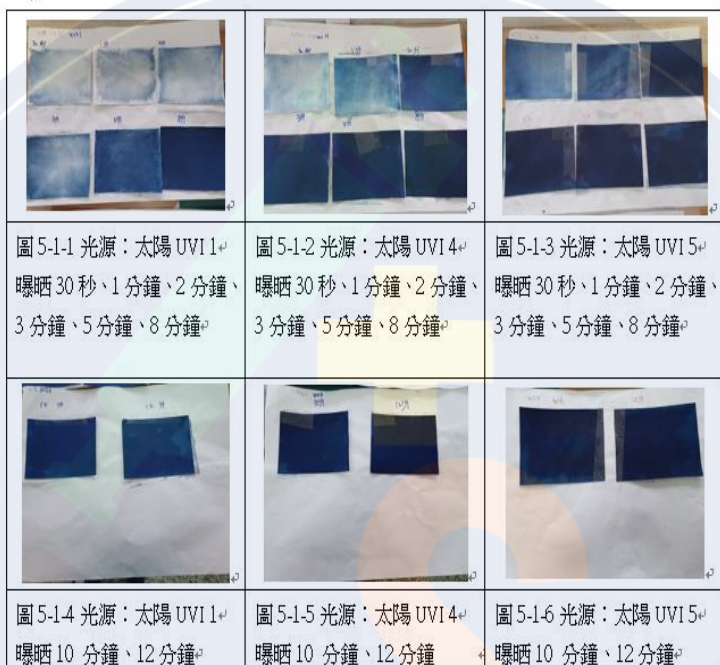


圖 5-1 在不同紫外線指數(UVI)的陽光曝曬下，沖洗完感光紙的顏色

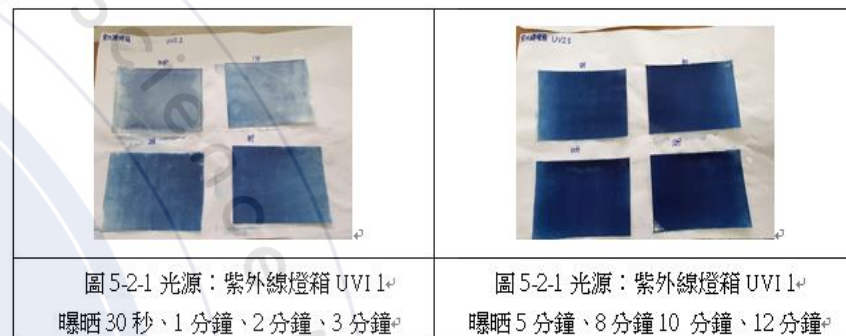








圖 5-2 在紫外線燈箱 UVI1 曝曬下，沖洗完感光紙的顏色

表 5-1 感光紙曝曬在不同紫外線指數 UVI 下的變色時間

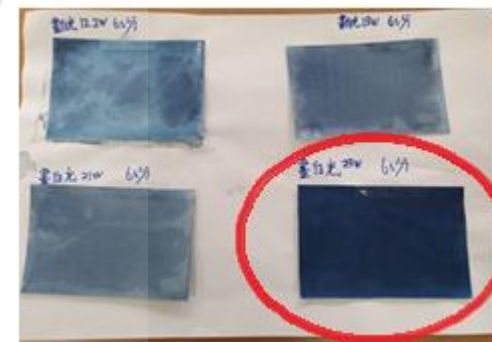
顏色	曝曬前/後顏色			
UVI 1		3 分鐘	8 分鐘	12 分鐘
UVI 4		2 分鐘	5 分鐘	10 分鐘
UVI 5		1 分鐘	3 分鐘	6 分鐘

實驗六：感光紙在晝白光色燈泡與黃光色燈泡下，曝曬60分鐘的感光效果與呈色探討

以晝白光色、黃光色燈泡曝曬，檢視不同瓦數與顯色效果是否有正比傾向。

結果與發現：

瓦數越高，感光紙顏色越深，曝曬60分鐘之後，則是晝白光色燈泡的藍色變化較深。



實驗七、藍晒感光紙覆蓋上不同顏色玻璃紙藍色、黃色、紅色、綠色，在陽光曝曬下的感光效果與呈色探討， 找出會影響藍晒的主要色光。

玻璃紙是有色透明體，
吸收本身顏色以外的光，
讓與本身顏色相同的色光穿透。
例如：藍色玻璃紙吸收大部分紅光與綠光，
讓藍光穿透（部份反射）。

結果與發現：

當覆蓋片數增多，
只有覆蓋**藍色玻璃紙**的感光紙**呈現深藍色**，而**紅色玻璃紙顏色最淺**。
由結果分析，
藍、綠、黃、紅四種色光的波長，
順序：紅 > 黃 > 綠 > 藍，
推測藍晒感光 and 色光的波長有關，
藍光是影響感光最主要的色光。



圖 7-1 實驗步驟 1
把玻璃紙遮住一半感光紙



圖 7-2 實驗步驟 2
陽光下曝曬 10 分鐘

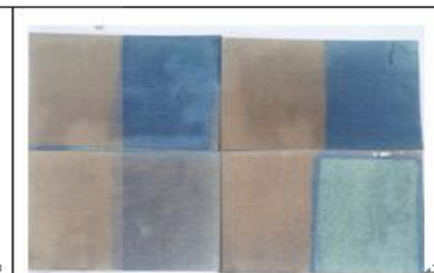
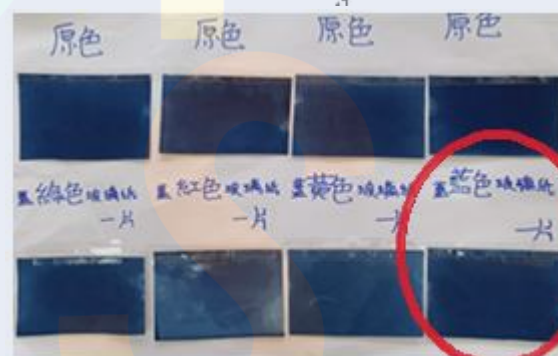


圖 7-3 實驗步驟 3
沖洗完實驗組、對照組



覆蓋
一片
玻璃紙

覆蓋
二片
玻璃紙



覆蓋
三片
玻璃紙

覆蓋
四片
玻璃紙



目的四、找出藍晒的最佳沖洗液

實驗八：找出可使藍晒圖最佳定影的沖洗液。(酸、鹼、中性溶液)

用不同pH值的酸、鹼、中性溶液，
找出藍晒圖最佳定影的沖洗液。

結果與發現：




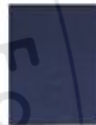



適合的沖洗液是鹼性和中性溶液，
因為呈現比較深的深藍色。

雙氧水讓感光紙顏色變深又鮮豔，
中性雙氧水溶液是最佳的沖洗液。

表 8-1 以清水做為沖洗液

水溶液 pH 值	水 pH7
顏色	
RGB	25、33、56

表 8-2 以鹽酸、氫氧化鈉、醋酸、雙氧水做為沖洗液

水溶液	鹽酸	鹽酸	鹽酸	氫氧化鈉	氫氧化鈉	醋酸	雙氧水
PH 值	pH3	pH4	pH5	pH9	pH10	pH5	pH7
顏色							
RGB	11、15、28	19、27、49	15、23、39	27、36、75	34、46、84	15、23、39	10、25、85

實驗十一：不同濃度之雙氧水沖洗液對藍晒紙感光後顏色的影響

接續實驗八，

以不同濃度（1、3、6、9%）的雙氧水和浸泡時間（3、6、9、12分鐘），
觀察感光紙浸泡後乾燥的顏色變化。





發現與結果：

浸泡1%雙氧水的感光紙顏色最深且最豔麗，

感光紙顏色和雙氧水濃度有關，與浸泡時間無關。

長時間放置在陽光下，感光紙顏色因為持續與空氣接觸還原，
使得顏色加深。（報告誤植）

表 11-1 感光紙在不同濃度雙氧水的顏色

雙氧水 1%	雙氧水 3%	雙氧水 6%	雙氧水 9%
			
RGB 10、25、85	RGB 24、36、74	RGB 21、33、71	RGB 20、31、70

目的五、藍晒圖如何變成其他顏色

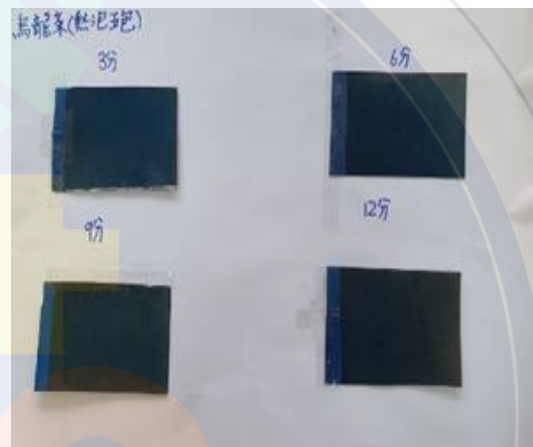
實驗九：藍晒調色實驗，不同濃度之紅茶、綠茶、烏龍茶、咖啡沖洗液對藍晒感光紙後成像效果的影响

以紅茶、綠茶、烏龍茶、咖啡四種溶液，依不同濃度（1包、3包、5包）浸泡，及不同時間（3、6、9、12分鐘）進行調色。

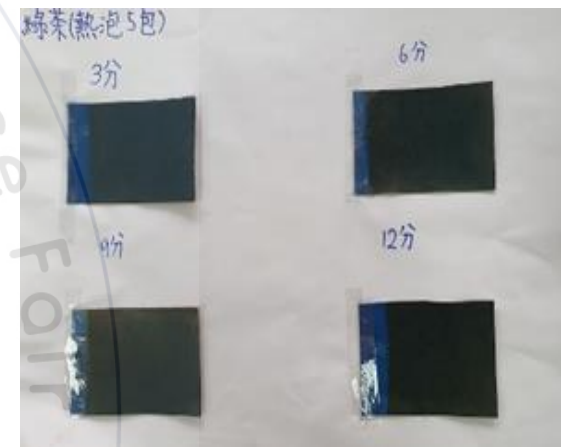
結果與發現：

濃度越高和浸泡時間越久顏色越深，藍晒圖會呈現不同深淺的褐色，且都有調色效果，烏龍茶和綠茶的效果最好，呈現深褐色，紅茶其次，咖啡效果最差。

烏龍茶



綠茶



實驗十：藍晒調色實驗，可淡化、加深、調色的沖洗液有哪些？

以硼砂、單寧酸、碳酸鈉等10種沖洗液進行實驗，將預先曝晒好的感光紙張浸泡3分鐘，觀察顏色變化和深淺比較。

結果與發現：

單寧酸調色後是深褐色，效果最好。

硼砂、碳酸鈉、漂白水會讓藍晒感光紙顏色淡化變淺。

檸檬酸、雙氧水會讓藍晒感光紙顏色變深。

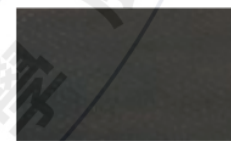
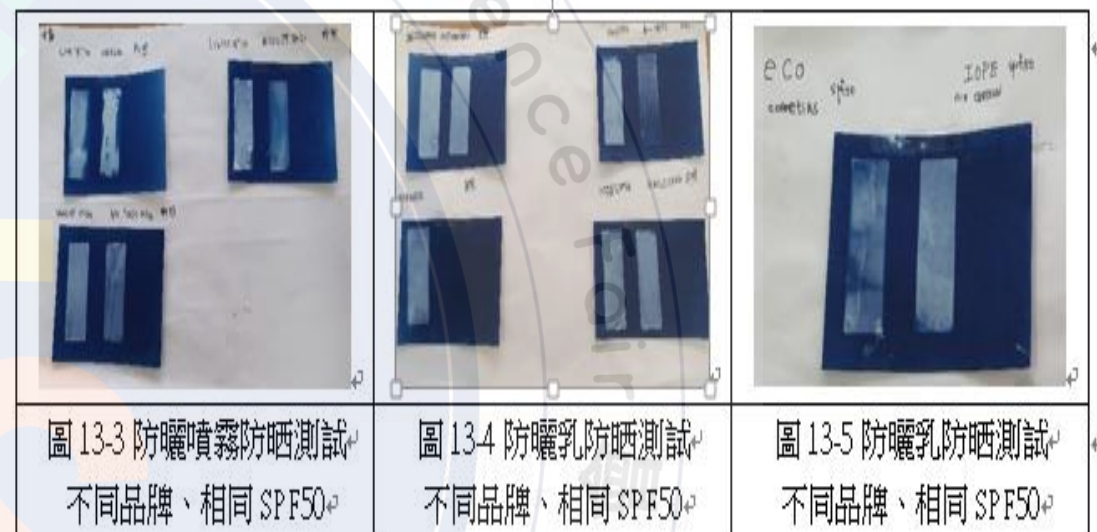


圖10-1 單寧酸調色效果

目的六、利用藍晒法檢測市售抗UV的產品和製作藍晒藝術品

實驗十二、十三：利用藍晒法檢測市售抗UV產品

(抗 UV 眼鏡、雨傘、 帽子、不同SPF系數的防晒乳、噴霧)



實驗十四：利用藍晒法製作書籤及相片

使用感光溶液比例 60 : 40，300 磅的日本水彩紙製作，以陽光曝曬 10 分鐘，並用 1% 的雙氧水溶液沖洗。



結論

- 變色速度、最佳溶液比例：**1.** 檸檬酸鐵銨比例越高變色越快。**2.** 紫外線指數越強變色越快。**3.** 感光溶液比例**60：40**會呈現最均勻且最深的藍色。
- **日本水彩紙300磅**是最佳紙張。
- 最佳光源：**1.** 太陽光是最佳的光源。**2.** 藍光是影響藍晒感光的主要色光。
- **1%雙氧水**是最佳沖洗液。
- 藍晒調色：綠茶、烏龍茶、紅茶、咖啡、單寧酸，都有調色效果，而**單寧酸**的效果最好，呈現**深褐色**。藍晒調色也可以淡化、加深。
- 用藍晒法可用來檢測市售抗UV產品的功效，也可以檢測紫外線指數，製作藍晒書籤和相片。