

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

第三名

080212

"藍"住陽光,"晒"出幸福 - 藍晒關鍵揭迷

學校名稱：雲林縣斗六市石榴國民小學

作者： 小五 黃蒼恩 小五 張采甯 小五 李昕怡 小五 張鈺泓	指導老師： 李佳倫 陳奕蓁
---	-----------------------------

關鍵詞：藍晒圖、檸檬酸鐵銨、赤血鹽

摘要

藍晒圖是檸檬酸鐵銨和赤血鹽混合後化學反應，以陽光中的紫外線照射水洗後而成的美麗圖案。好的藍晒圖需要有三個要件：(1)適當比例的檸檬酸鐵銨與赤血鹽混合^2充分的陽光(應該說是紫外光)(3)合宜的沖洗液。選擇適量比例的感光液，藍晒後才是最漂亮的普魯士藍。藍晒圖沖洗過程，紙張的選擇也很重要，素描紙是最佳的選擇。光線選擇以自然界充足的太陽光為最佳的選擇，沖洗液的選擇選用中性或是弱酸性，水龍頭的水就是最好的沖洗液。鹼性沖洗液是無法得到美麗的藍色的圖案的。經過這個實驗，我們無意間發現偏光片兩片成 90 度可以完全阻止光線通過的特性，用藍晒法檢測市售防晒乳液、抗 UV 雨傘有很棒的功效。

壹、研究動機


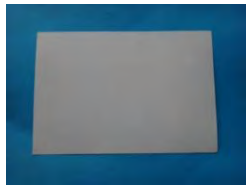
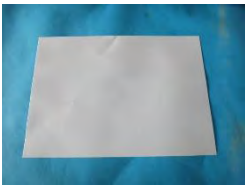


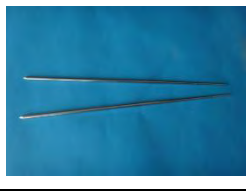








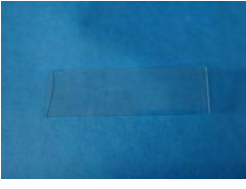






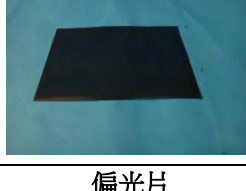






在台南藍晒圖創意園區看到那麼多藝術家的文創商品，我跟同學們突然對”藍晒圖”這個園區名字的由來很感興趣。這麼大的藍晒圖房子原來是藝術家利用藍晒的概念設計而成的巧思。到底怎樣才能晒出漂亮的圖案呢?讓我們來揭開藍晒的神秘面紗吧!

貳、研究目的

- 一、不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液其沉澱速率與沉澱物的顏色比較。
- 二、不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液在紙張上其沉澱速率與沉澱物顏色比較。
- 三、找出最適合藍晒圖的紙張。
- 四、找出可以使藍晒圖案更加藍白分明的光源有那些?
- 五、找出可使藍晒圖更豔麗，圖像更清晰的沖洗液。
- 六、利用藍晒法來檢測有關抗 UV 的產品。
- 七、利用各種設計做出藍晒圖漸層感。

參、研究設備及器材

一、設備器材：

			
博士水彩紙	白條紋素描紙	影印紙	圖畫紙
			
刷子	攪拌棒	滴管	電子秤
			
燒杯	量筒	試管試管架	廣用試紙
			
相機	手機	載玻片	壓克力板
			
捕蚊紫外燈管	螢光燈檯燈	LED 燈檯燈	藍晒箱
			
手工藝用紫外線燈箱	偏光片	防晒乳	晚霜乳液
			
一般傘布	抗 UV 傘布	各種玻璃紙	半透明花紋紙

二、藥品：

外觀圖示					
藥名	檸檬酸鐵銨 ^[3]	赤血鹽 ^[4]	市售純水	氫氧化鈉 ^[5]	鹽酸 ^[6]
分子量	488.2	(鐵氰化鉀) 329.2	18.0	40.0	36.5
化學式	$(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	H_2O	NaOH	HCl

肆、研究過程或方法

一、研究過程

(一)、實驗原理：【老師提供的化學式如附錄所示】

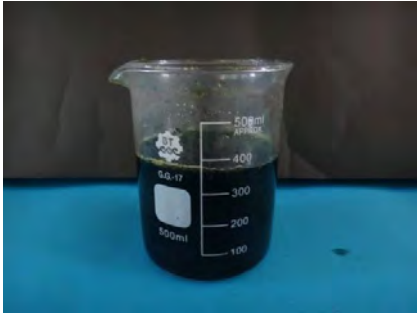

在光的作用下，檸檬酸鐵銨被還原成檸檬酸亞鐵銨，與赤血鹽（鐵氰化鉀）反應生成不溶於水的藍色鐵氰化亞鐵銨鹽沉澱於紙上，而沒有被日光照射沒有反應的部分，則溶於水而被洗去。^[9]

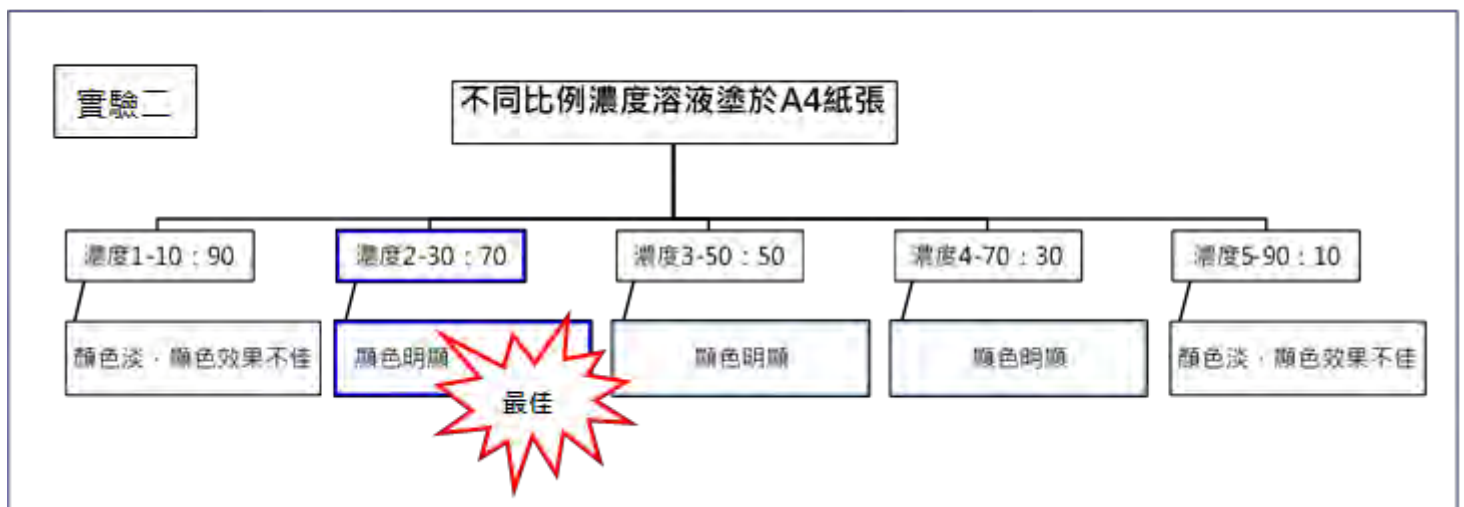
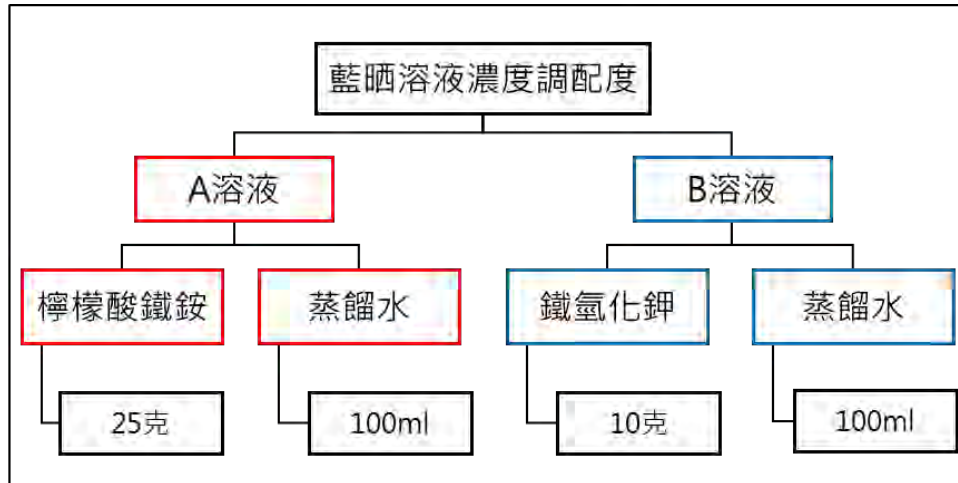
1.藍晒法原理：

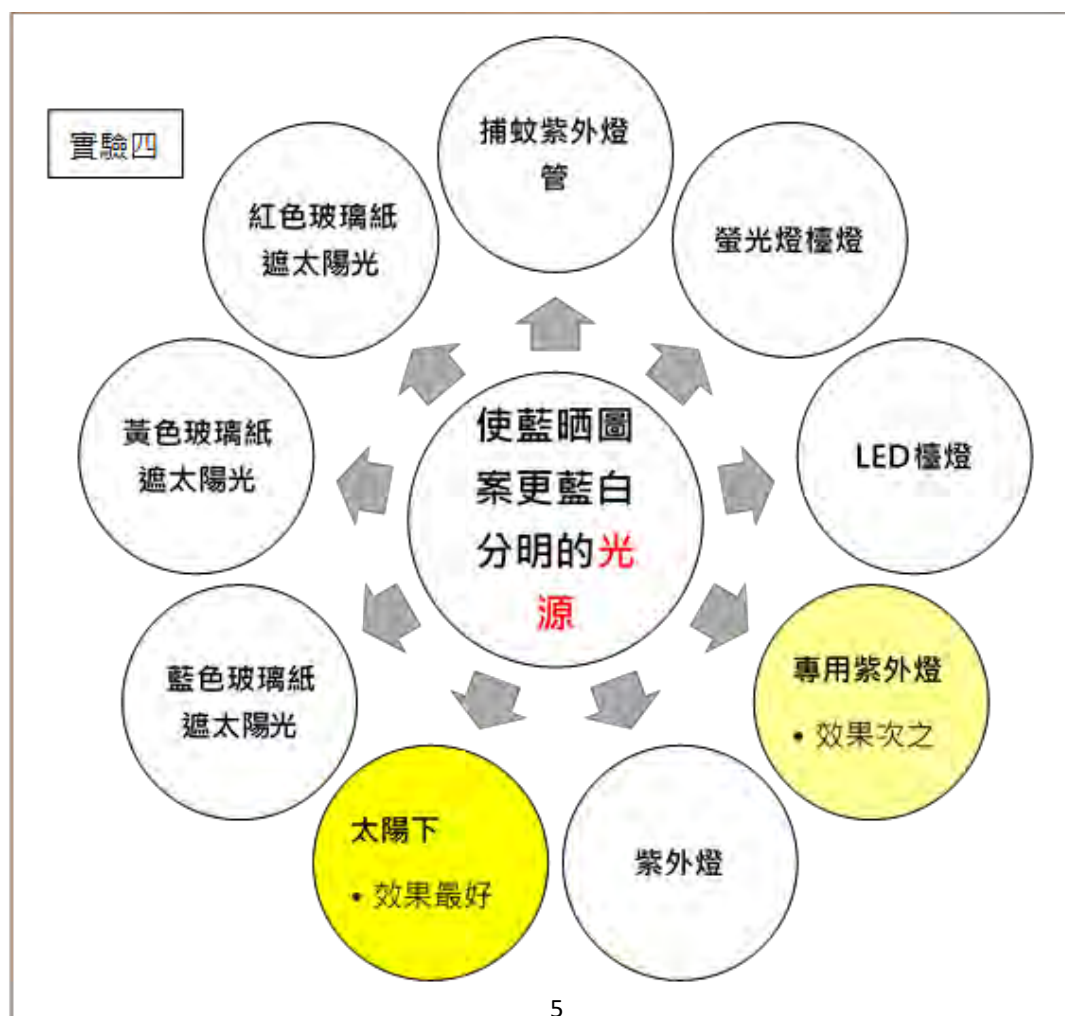
日光顯影是一種古老的顯影術，它正式的名稱叫做藍晒法，因為它必須以陽光照射，並以最終呈現藍色影像而得名。由於成份裡頭含有「氰」，所以一般也叫它為「氰版」。而所謂的日光顯影就是利用陽光或是光線中的紫外線照射來使影像顯現或複製。^[7]

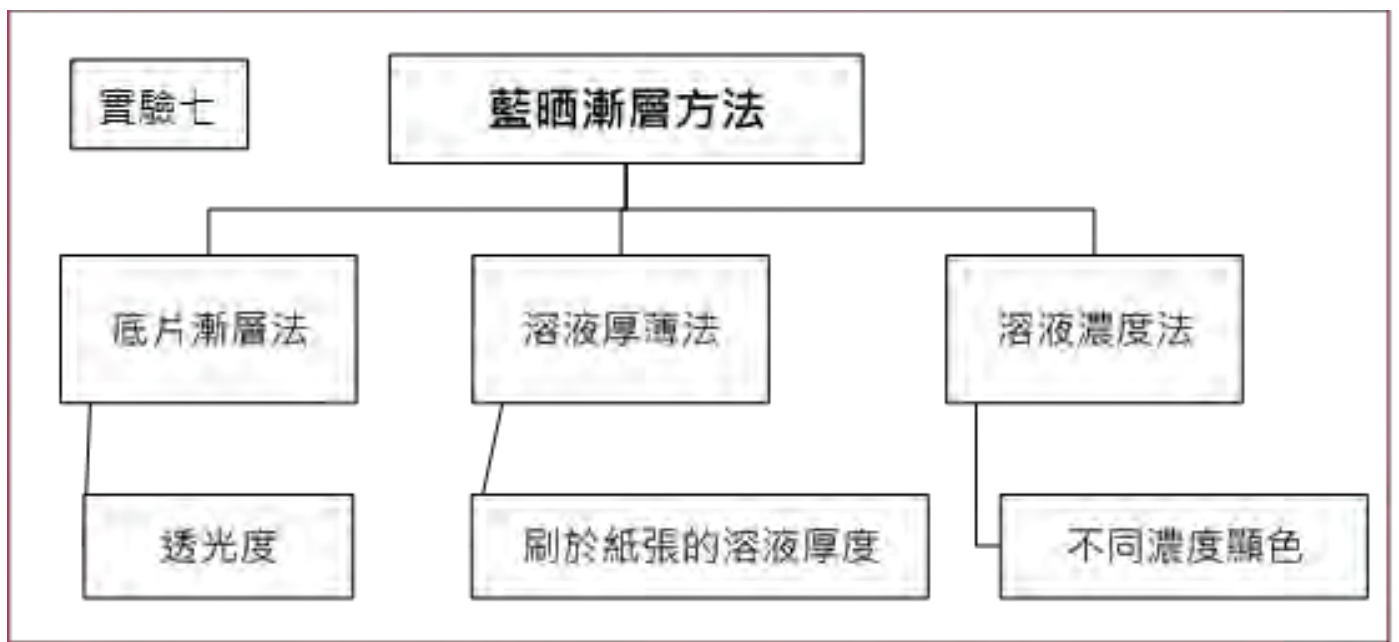
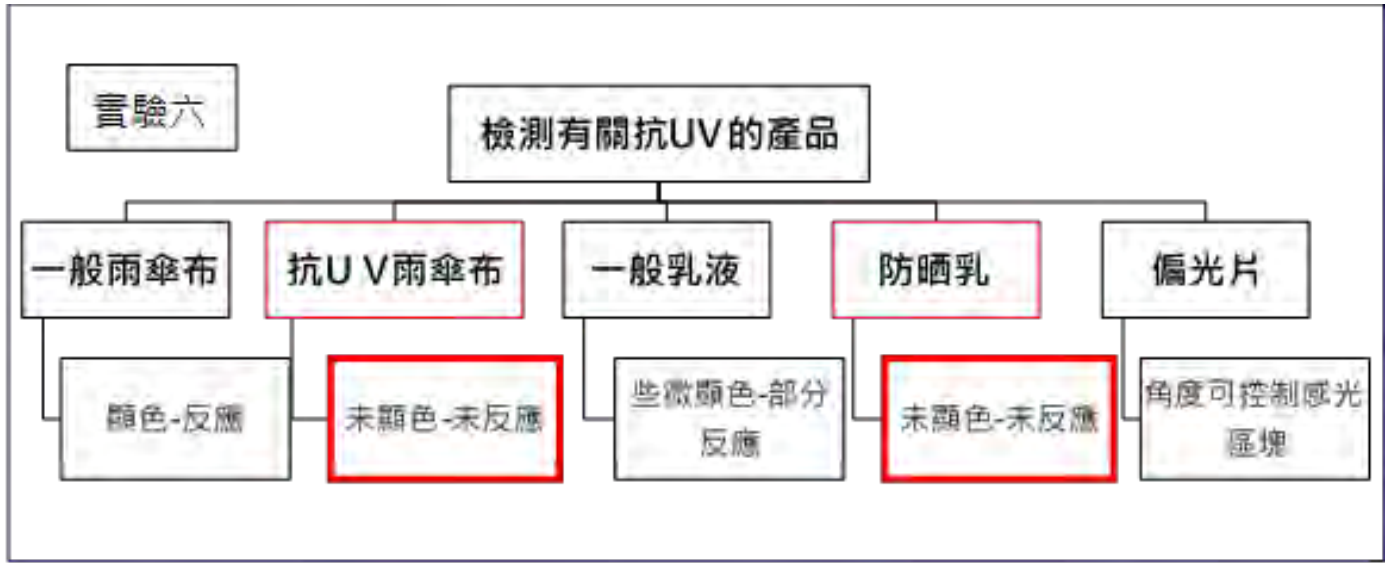
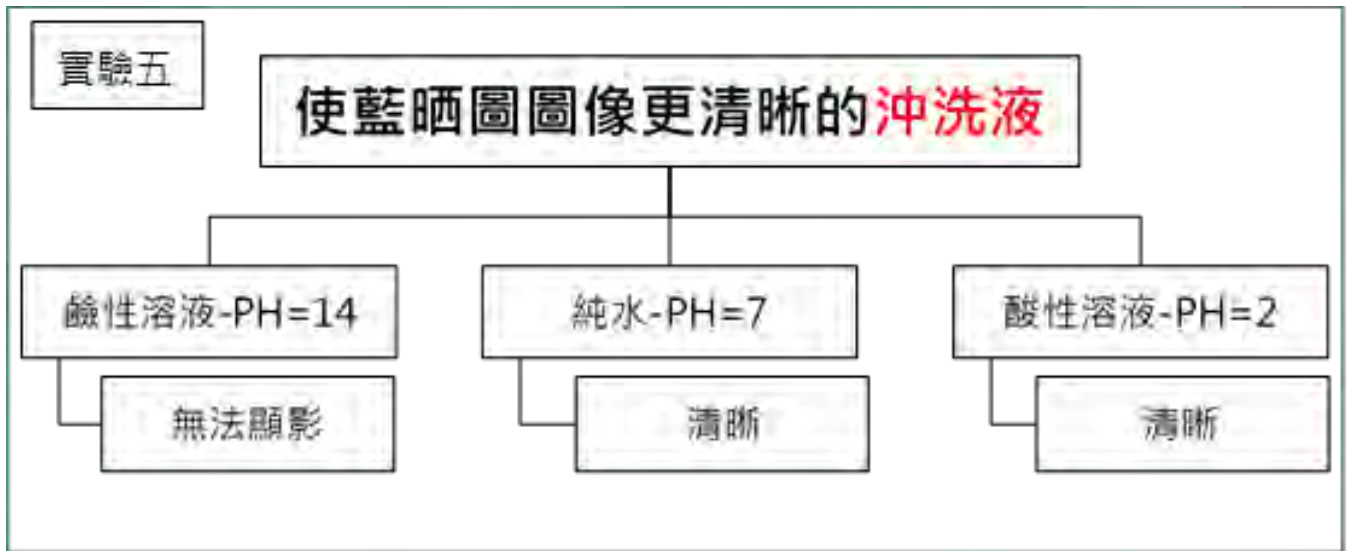
2.調配感光溶液：從參考資料^{[7][8]}上普遍得到的配比如下：

- (1) 量取檸檬酸鐵銨（綠色）25g 置於燒杯中，加蒸餾水 100mL，攪拌均勻，即為 A 溶液。
- (2) 量取赤血鹽 10g 置於燒杯中，加蒸餾水 100mL，攪拌均勻，即為 B 溶液。
- (3) A 溶液及 B 溶液攪拌均勻，如表 1、圖 1、2 所示。

檸檬酸鐵銨	蒸餾水		鐵氰化鉀	蒸餾水	
25 克	100 ml		10 克	100 ml	
圖 1 A 溶液 檸檬酸鐵銨溶液			圖 2 B 溶液 鐵氰化鉀溶液		







(二)、實驗設計：

實驗 1：不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液其沉澱速率與沉澱物的顏色比較。

一開始我們不知道 A 溶液與 B 溶液的最佳比例是多少?所以先初步以五種不同體積比來調配:

實驗步驟：

- (1) 分別於試管中配置 A、B 溶液體積比①10：90、②30：70、③50：50、④70：30、⑤90：10 等不同濃度。如表 2 所示。
- (2) 各取 1ml 置於試管中，高度約 1 公分，觀察並紀錄其變色所需的時間。
- (3) 把五組不同濃度的試管移至陽光下曝曬，並以攝影機拍攝溶液變色狀況。如圖 3、4、5 所示。

	A 溶液： 檸檬酸鐵銨溶液	B 溶液： 鐵氰化鉀溶液
①	10 mL	90mL
②	30 mL	70mL
③	50 mL	50mL
④	70 mL	30mL
⑤	90 mL	10mL



表 2 不同濃度比例

實驗結果：

- (1) 在陽光曝曬下，每隻試管都會先在液面出現藍色，然後其他部分才慢慢變色，這個實驗我們用眼睛辨識整體溶液變為藍色所需時間做記錄，如表 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。①配比最終好像只有墨綠，無法完全變為藍色。如表 3 所示。

	檸檬酸鐵銨溶液：鐵氰化鉀溶液	反應時間	最終顏色
濃度 ①	10：90	12 分 43 秒	墨綠色
濃度 ②	30：70	8 分 05 秒	藍色
濃度 ③	50：50	6 分 01 秒	藍色
濃度 ④	70：30	5 分 11 秒	藍色
濃度 ⑤	90：10	3 分 37 秒	藍色

表 3 反應時間紀錄

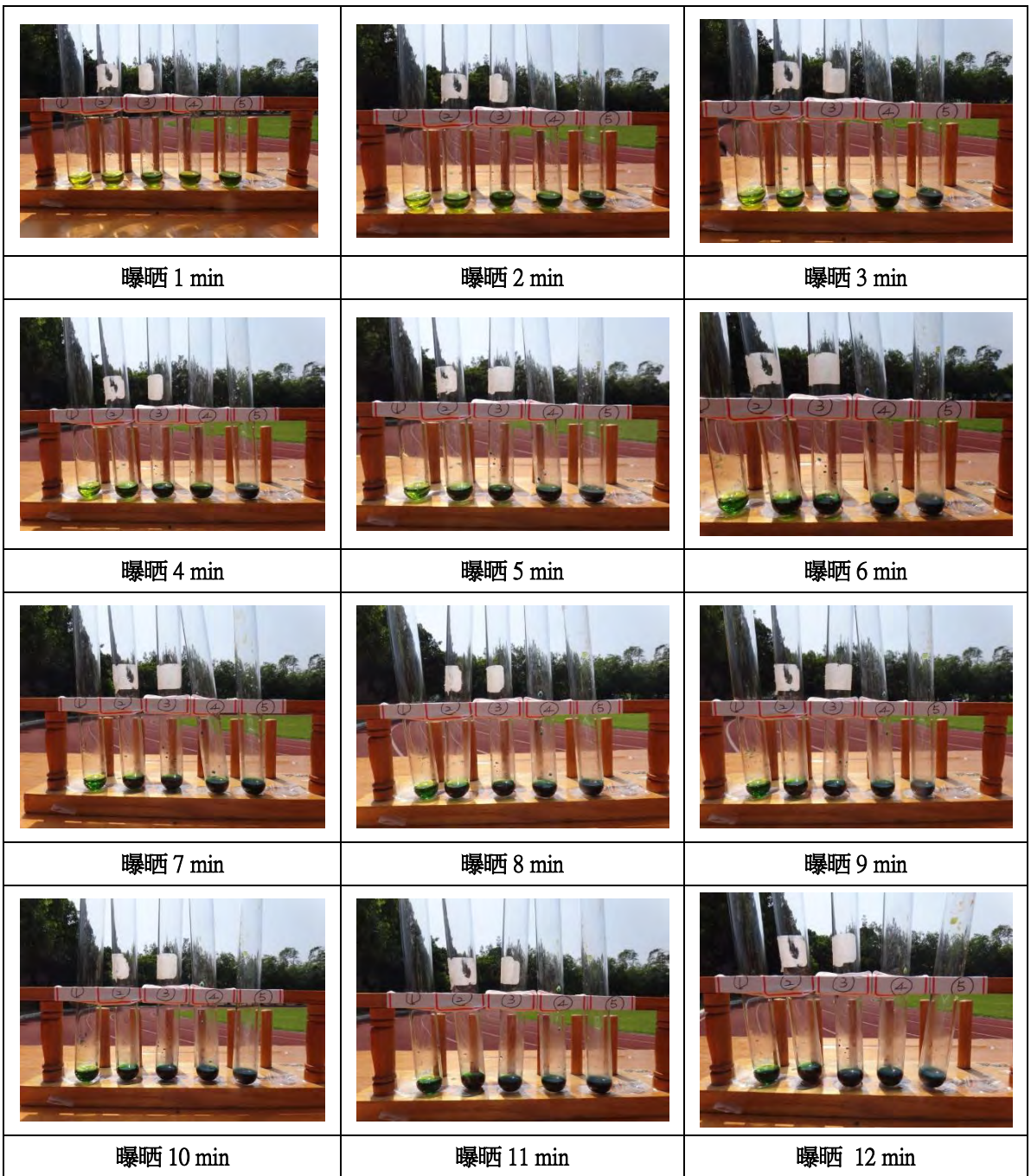


圖 3 在太陽光下曝曬 1~12 分鐘



圖 4 反應前在室內未照光前顏色

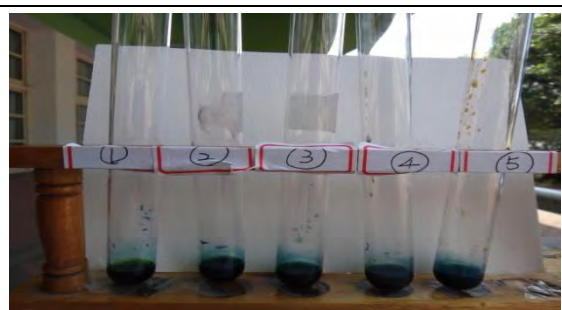
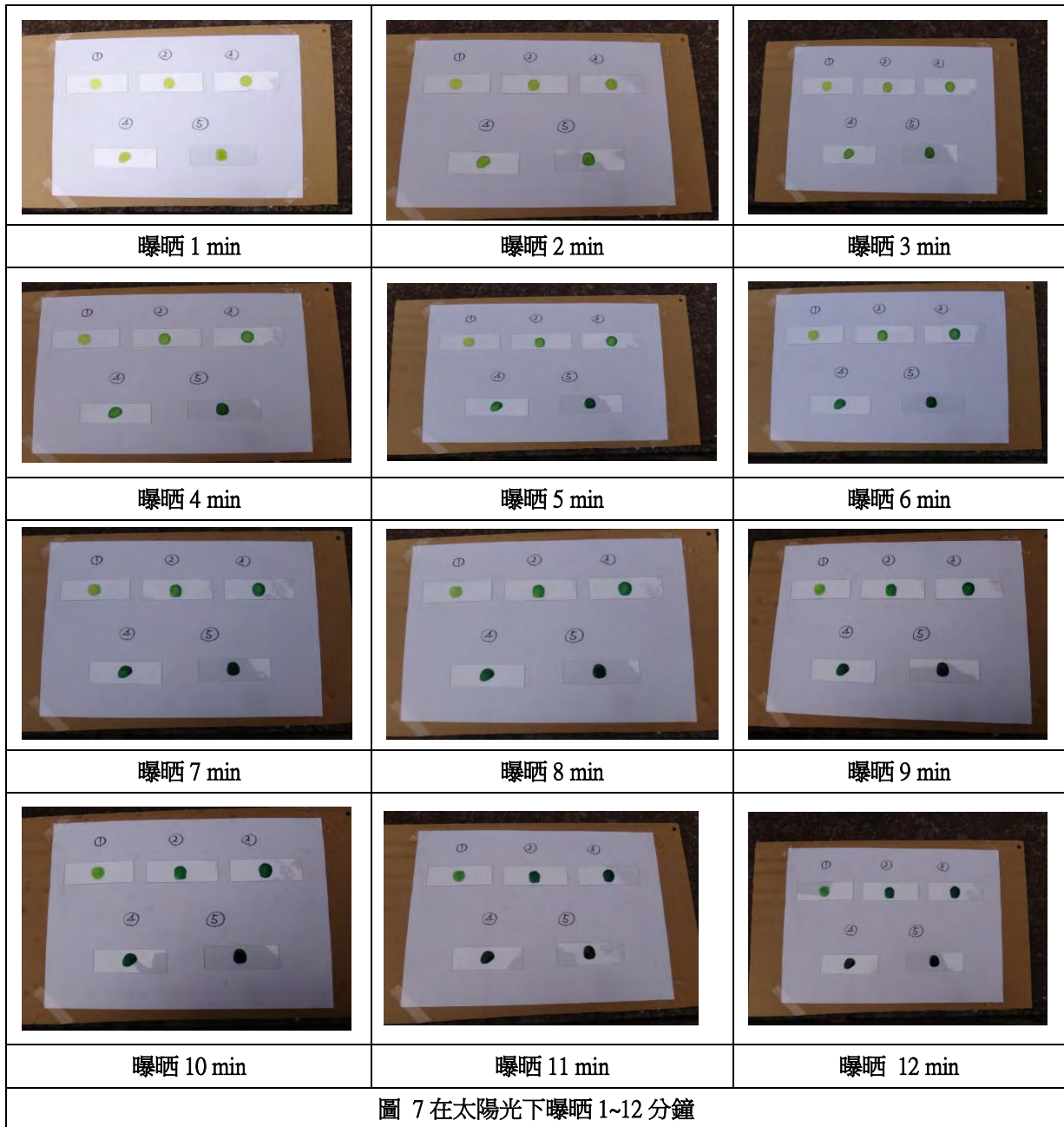
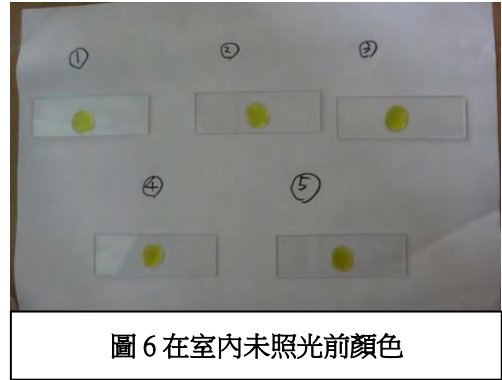


圖 5 於陽光下曝曬反應後顏色 (13 分鐘)

實驗討論：

這個實驗我們發現，若由目測法觀察試管液面會有誤差，因為不確定到底怎樣的藍才是要記錄的時間，所以我們又想了一個實驗，分別取 3 滴五種不同比例濃度的溶液①10：90、②30：70、③50：50、④70：30、⑤90：10 在載玻片上，移到陽光下曝曬，每一分鐘拍照一次，再做一次實驗對照。如圖 6、圖 7 所示。



由以上實驗再次證明，在陽光曝曬下，很明顯地感光液中**檸檬酸鐵銨比例較高，變色速度較快**。除了①10：90 比例照光 12 分鐘依然沒變藍色之外，其他都有明顯變化。但是檸檬酸鐵銨變色最快就是最佳比例嗎？我們不能貿然下這個結論，漂亮的藍晒圖是要塗在紙張上曝曬後水洗晾乾後才會產生。所以接下來的實驗就是直接塗在紙上照光水洗來觀察真正的藍晒情形。

實驗 2：不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液在紙張上其沉澱速率與沉澱物的顏色比較。

實驗步驟：

- (1) 分別配製 A、B 溶液體積比①10：90、②30：70、③50：50、④70：30、⑤90：10 等五種不同比例感光溶液。
- (2) 把 A4 影印紙裁成二分之一，用刷子將配製好的感光溶液左右塗均勻，只刷一層。
- (3) 把塗上不同比例感光溶液之影印紙平放在桌面上等待水分乾燥，如圖 8 所示。
- (4) 分別把不同比例感光溶液影印紙放上一片葉子再置於陽光下曝曬 10 分鐘。
- (5) 把晒好的紙張到水龍頭下沖洗，比較感光效果。如圖 9 所示。

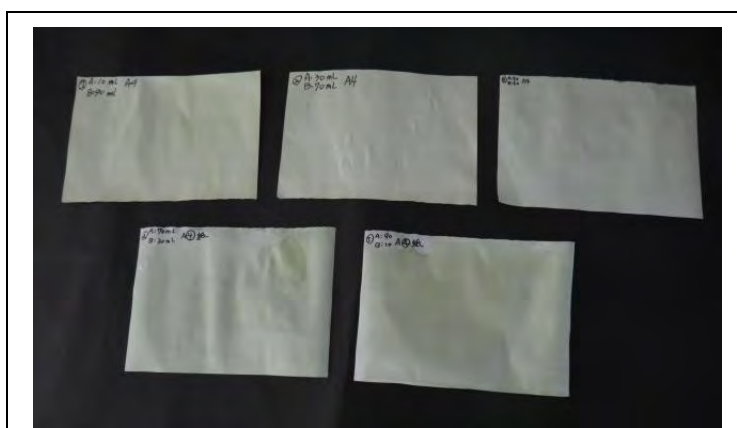


圖 8 塗上完不同比例之影印紙 照光前

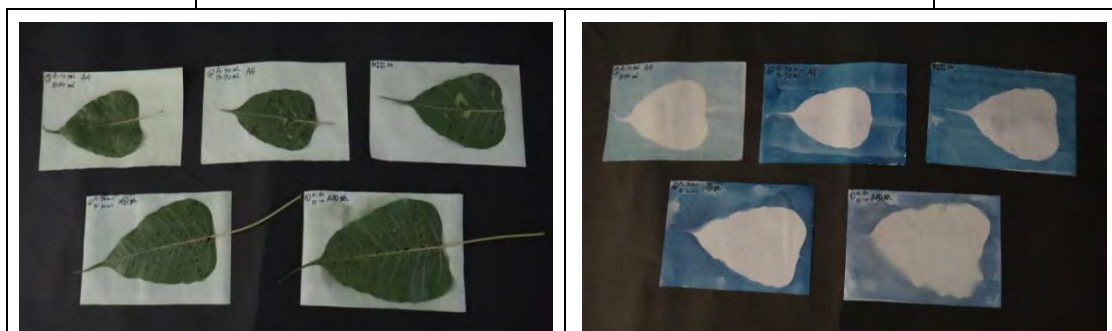


圖 9 不同比例 A、B 溶液曝曬後感光效果：上排濃度①、②、③；下排濃度④、⑤

實驗結果：

- (1) 我們發現②30：70的紙張藍色最亮，③50：50及④70：30的紙張藍色顯色也不錯，也就是我們把①10：90和⑤90：10先淘汰掉，留下三個比例②30：70③50：50④70：30。
- (2) 在紙張上反應時，變藍色的時間比在試管中快，均在1分鐘內就會明顯變色，推測可能塗在紙張上薄薄一層，光線照射反應表面積較大，所以變色較快。
- (3) 由圖9中的紙片上可發現，當感光液中檸檬酸鐵銨的濃度太低時(10：90)，曝曬後僅呈現青綠色而沒有變藍色，檸檬酸鐵銨濃度太高時(90：10)，也不是變藍色。初步認定AB混合溶液比在30：70時所得到的藍晒圖非常漂亮。

實驗討論：


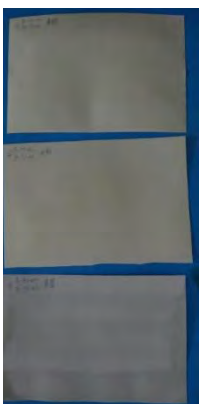




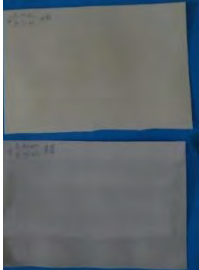

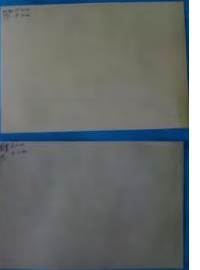

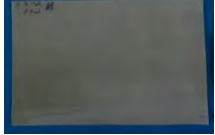
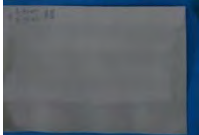

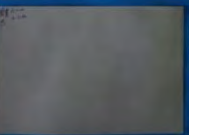

將感光溶液利用刷子塗在影印紙上的時候，如何保持塗得均勻是有些難度的。經過多次的試驗，我們覺得刷的時候由同一個人刷，而且刷的方向以及力道要盡量一致，比較容易均勻，而兩側的感光溶液通常會殘留較多，所以我們只採中間的部分觀察。

實驗3：找出最適合藍晒圖的紙張

實驗設計：為了找出最適合藍晒圖的紙張及再次確認藍晒溶液的最佳比例，我們一樣把五種不同比例的濃度再刷一次在不同的紙上。

實驗步驟：

- (1) 準備的實驗紙張有水彩紙、素描紙、圖畫紙、影印紙四種不同的紙張。
- (2) 把八開的紙張分別裁成四分之一，再用刷子將配製好的不同比例感光溶液以左右塗均勻，只刷一層等待乾燥，如圖10所示。
- (3) 將乾燥後紙張放上一些葉子再壓上壓克力板，如圖11所示。
- (4) 把各種不同濃度比例的紙張置於陽光下曝曬10分鐘，比較感光效果。如圖12

	濃度 ①	濃度 ②	濃度 ③	濃度 ④	濃度 ⑤
素描紙					
水彩紙					
圖畫紙					

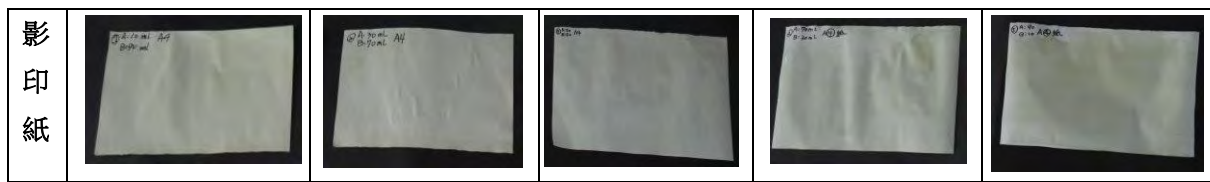


圖 10 塗上不同濃度感光液的素描紙、水彩紙、圖畫紙、影印紙

	水彩紙	素描紙	圖畫紙	影印紙
濃度 ①				
濃度 ②				
濃度 ③				
濃度 ④				
濃度 ⑤				

圖 11 曝曬前葉子、花瓣在不同紙張和不同濃度的擺放位置



圖 12 於陽光下曝曬的紙張

實驗結果：

在紙張種類的選擇上，我們比較了素描紙、影印紙、圖畫紙、影印紙等四種紙的效果，

有以下幾點結論：

- (1) 吸水效果較佳的紙張，例如影印紙，感光液一接觸紙張馬上就會暈開，要均勻塗佈上去較不容易，晒出的圖形上藍色深淺相差比較大。沖洗的時候因為材質關係，比較容易有破掉或是紙張剝落的情形發生。
- (2) 紙張表面較粗糙的紙張，如圖畫紙，晒出的圖案經過水洗、乾燥後，容易起白色斑點，有可能是產生反應後的化學藥品不容易均勻地在圖畫紙表面的關係。
- (3) 我們認為影印紙及圖畫紙比較不適合用來做實驗。經過實驗發現，我們覺得用**素描紙或是水彩紙**製作會有比較好的效果，
- (4) 以上的討論後，我們覺得用**素描紙或是水彩紙**製作會有比較好的效果。
- (5) 我們發現在經過水沖洗曬乾後的結果，各種紙張在濃度②、③、④時的顯色效果都很好，跟實驗 2 做的實驗有一致性的結果。如圖 13 所示。



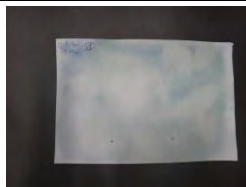
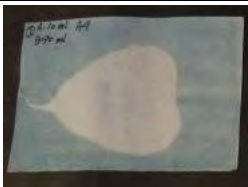







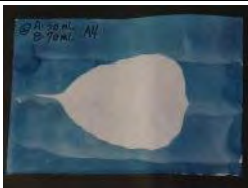








	水彩紙	素描紙	圖畫紙	影印紙
濃度 ①				
濃度 ②				
濃度 ③				
濃度 ④				
濃度 ⑤				

圖 13 不同濃度的感光液在不同紙張上曝曬三分鐘後的顯影效果。

由以上的實驗得知，正確比例應該就在濃度②、③、④之中。為了確認真正最佳感光液的比例，我們從濃度②、③、④之中再次細分配置成九種不同濃度：(A)30:70；(B)35：65；(C)40：60；(D)45：55；(E)50：50；(F)55：45；(G)60：40；(H)65：35；(I)70：30，如圖 14 表 4 所示。

我們分別把素描紙及水彩紙劃分成 10 等分，塗上 9 種不同配比濃度的感光液，最底部留下一等分未塗的白色，再次做了一次實驗，得到更正確的比例大概是落在**(B) 35：65**，也就是檸檬酸鐵銨 A 溶液：鐵氰化鉀 B 溶液=35ml：65ml，所看到的藍色是最漂亮的。不管素描紙或是水彩紙，都有一致性的結果。如圖 15 所示。

	A 溶液： 檸檬酸鐵銨溶液	B 溶液： 鐵氰化鉀溶液
(A)	30 mL	70mL
(B)	35 mL	65mL
(C)	40 mL	60mL
(D)	45 mL	55mL
(E)	50 mL	50mL
(F)	55 mL	45mL
(G)	60 mL	40mL
(H)	65 mL	35mL
(I)	70 mL	30mL



表 4、圖 14 各種不同濃度比例




紙張 比例	素描紙 最佳紙張		水彩紙	
	(A) 30：70			
(B) 35：65				
(C) 40：60				
(D) 45：55				
(E) 50：50				
(F) 55：45				
(G) 60：40				
(H) 65：35				
(I) 70：30				
白區未塗				
狀況	剛洗好(濕)	完全晾乾	剛洗好(濕)	完全晾乾

圖 15 各種不同濃度的藍晒圖

溶液名稱	A 檸檬酸鐵銨溶液	B 鐵氰化鉀溶液
配製	25 克的檸檬酸鐵銨 加入純水 100ml	10 克鐵氰化鉀 加入純水 100ml
最佳比例 (B)	35ml	65ml
表 5 藍晒感光液最佳濃度比例		

實驗 4：找出可以使藍晒圖案更藍白分明的光源有哪些。

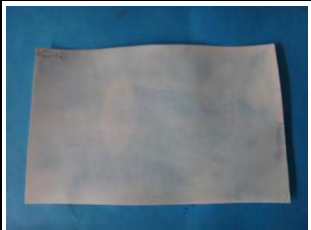

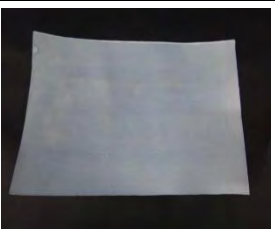





實驗步驟：

- (1) 配製 A、B 溶液體積比 35：65 的(B)感光溶液。
- (2) 把素描紙用刷子將配製好的感光溶液左右均勻塗抹一次。
- (3) 把塗有感光溶液的紙張上，放置於捕蚊紫外燈管下曝曬 10 分鐘後，觀察變色的情形，如圖 16 所示。
- (4) 重複步驟(2)~(3)，但改用螢光燈、LED 檯燈、手工藝品專用紫外線燈等，分別曝曬 10 分鐘後，觀察變色情形，如圖 17、圖 18、圖 19 所示。
- (5) 重複步驟(2)~(3)，但改用藍色、黃色、紅色玻璃紙遮住太陽光，再分別曝曬 10 分鐘，觀察變色的情形。如圖 20、21 所示。



補充說明：

我們是不是可以尋找生活中有紫外線的燈光來取太陽光，剛好因為防治小黑蚊的燈管是紫外線燈管，所以我們想試試看不同燈管藍晒結果如何，所以準備各種不同燈源來做實驗，又有同學的媽媽做手工杯墊代工，所使用的紫外線燈箱，剛好可拿來實驗看看。

			
圖 22 捕蚊紫外燈管	圖 23 螢光燈檯燈	圖 24 LED 檯燈	圖 25 工藝品專用紫外燈
			
圖 26 太陽下	圖 27 藍色玻璃紙	圖 28 黃色玻璃紙	圖 29 紅色玻璃紙

所得到的實驗結果如下：

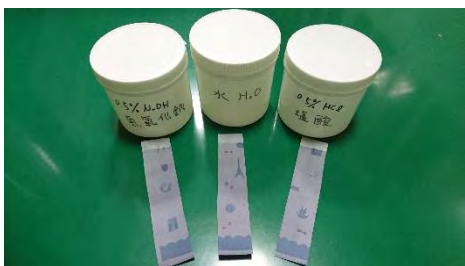




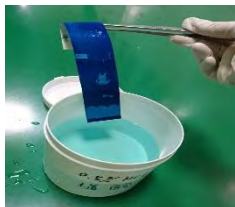


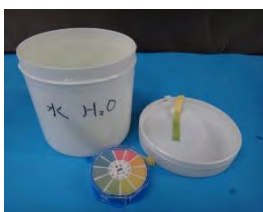

- (1) 家用照明燈具產生的光，捕蚊燈、螢光燈、LED 檯燈皆無法產生漂亮的藍晒圖，我們認為應該能量不足，就算有微弱的紫外光也無法讓化學反應進行。應該是化學反應所需的能階沒有達到。如圖 22、23、24 所示。
- (2) 各色玻璃紙雖會遮擋部分光線產生的光，在太陽下曝曬 10 分鐘，大部分的紫外光還是能穿透玻璃紙，所以藍晒圖案還算很漂亮。如圖 27、28、29 所示。
- (3) 手工藝品專用紫外燈，機器說明書寫的是 UVA 波長 365nm，也可以得到成功的藍晒圖。如圖 25 所示。
- (4) 由以上實驗得知藍晒最佳光源首推太陽光。如圖 26 所示。

實驗 5：找出可使藍晒圖更豔麗，圖像更清晰的沖洗液。(酸性溶液?鹼性溶液?清水溶液?)

實驗步驟：

- (1) 配製 A、B 溶液體積比 35：65 之編號(B)感光溶液備用。
- (2) 配製重量百分率 0.5%的鹽酸 500 克備用。如圖 30 所示。

- (3) 配製重量百分率 0.5% 的氫氧化鈉 500 克備用。如圖 30 所示。
- (4) 配製一杯 500 克水備用。如圖 30 所示。
- (5) 將同一張已經藍晒後的圖案剪三等份，分別丟入 0.5% 鹽酸、0.5% 氫氧化鈉、水三種溶液中。
- (6) 觀察分別浸泡酸性、鹼性、中性溶液顯影後的情形。如圖 33、34、35 所示。
- (7) 請以廣用試紙(圖 31)測試(B)感光溶液、0.5% 鹽酸、0.5% 氫氧化鈉的酸鹼性。如圖 36、37、38、39 所示。

			
圖 30 三種不同酸鹼性沖洗液		圖 31 廣用試紙	
			
圖 32 藍晒圖原圖	圖 33 浸泡 5% 氫氧化鈉溶液	圖 34 浸泡水溶液	圖 35 浸泡 5% 鹽酸溶液
			
圖 36 PH=6 偏弱酸	圖 37 PH=14 鹼性	圖 38 PH=7 中性	圖 39 PH=2 酸性

實驗結果：

由實驗結果得知，沖洗液的酸鹼性會影響藍晒圖的品質，其中在鹼性溶液中根本無法洗出漂亮的藍晒圖。







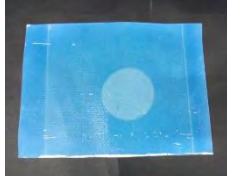
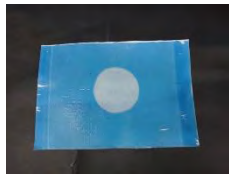
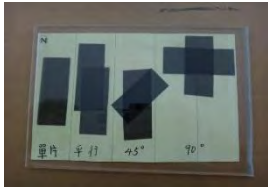
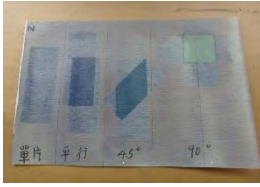
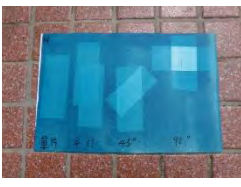
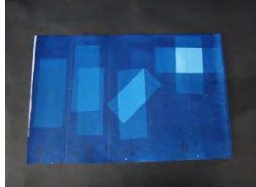
實驗 6：利用藍晒法來檢測有關抗 UV 的產品。(洋傘、防曬乳、偏光片等)

市面上標榜完全抗 UV 洋傘、防晒乳液、太陽眼鏡等等，我們是不是可以**利用藍晒法來檢測這些產品是否有很好的抗 UV 功能**？於是準備了一些材料來進行檢測。

實驗步驟：

- (1) 配製 A、B 溶液體積比 35：65 之編號(B)感光溶液備用。
- (2) 把八開的紙張分別裁成四分之一，再用刷子將配製好的編號(B)比例感光溶液以**左右塗均勻**，只刷一層等待乾燥。
- (3) 準備一片抗 UV 雨傘布及一片一般的雨傘布，分別在下面放一張藍晒圖，比較照光曝曬後顯影的情形。如圖 40 所示。
- (4) 準備一瓶白色防晒乳液及一瓶白色乳液，分別滴在壓克力板上蓋上另一片壓克力片，下面放一張藍晒圖，比較照光曝曬後顯影的情形。如圖 44 所示。
- (5) 準備一些長條形偏光片，分別排出單片、兩片平行、兩片 45 度角、兩片垂直於一張藍晒圖上，蓋上壓克力片，到太陽光下進行曝曬，比較偏光片不同角度曝曬顯影的情形。如圖 48 所示。

實驗結果：

			
圖 40 日光下曝曬	圖 41 未遮蔽傘布	圖 42 遮蔽一般雨傘布	圖 43 遮蔽 抗 UV 雨傘布
			
圖 44 日光下曝曬	圖 45 防晒乳、一般乳液	圖 46 一般乳液	圖 47 防晒乳
			
圖 48 偏光片 日光下曝曬	圖 49 曝曬後	圖 50 水洗後	圖 51 晾乾後

偏光片的排列對藍晒圖的影響：

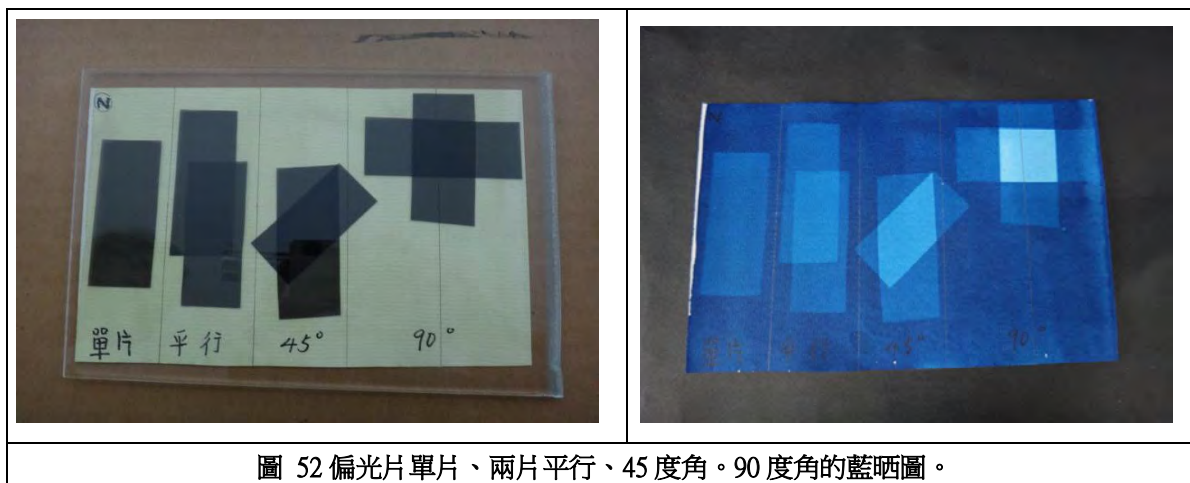
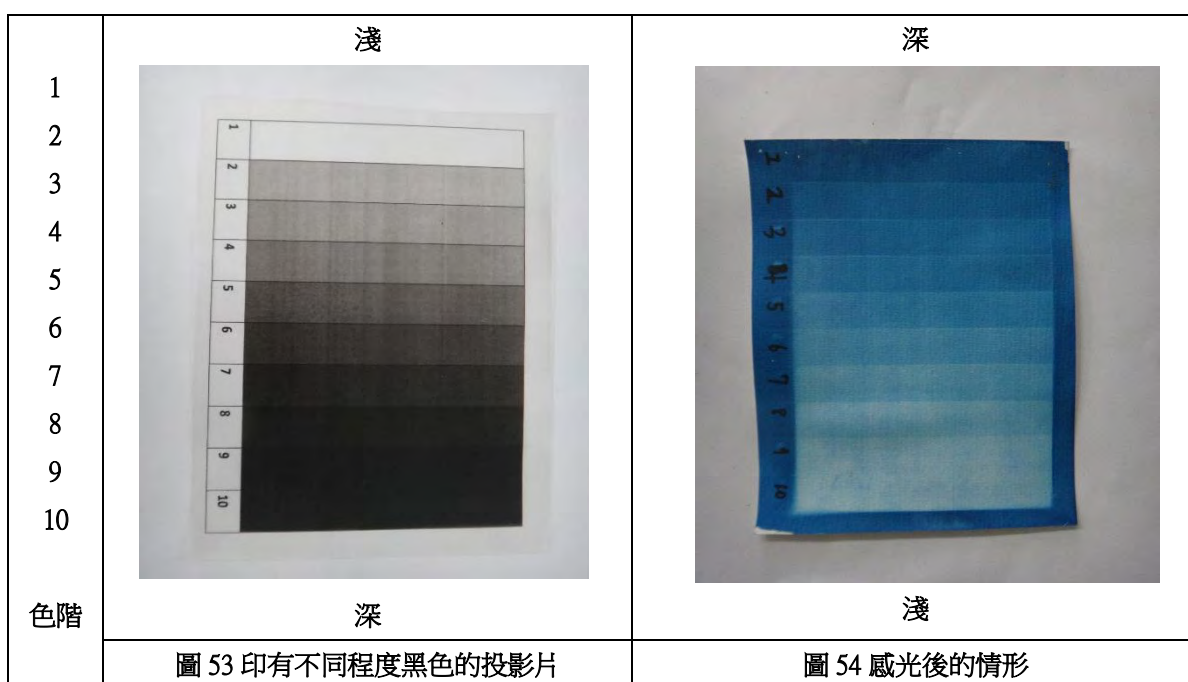


圖 52 偏光片單片、兩片平行、45 度角、90 度角的藍晒圖。

實驗 7：如何做出藍晒圖漸層感？

方法 1：底片漸層法

- (1) 利用電腦將顏色由白到黑分成 10 個不同色階的表格，並列印在透明投影片上，即成一張自製底片，如圖 53 所示。
- (2) 把水彩紙用刷子將配製好的(B)感光溶液左右均勻塗抹一次。
- (3) 把印有圖案之投影片放在塗有感光溶液的紙張上，並再蓋上玻璃片，置於陽光下曝曬 10 分鐘。
- (4) 取下投影片後，把紙張沖洗，洗去沒有感光部分的溶液，觀察藍晒圖效果及顏色。



方法 2：溶液厚薄法

實驗步驟：

(1) 將同一濃度溶液故意在某一處過量，待乾燥後再去太陽光下曝曬，進行水洗後會得到有漸層感的圖案。如圖 55 所示。

(2) 素描紙以(B)配比濃度刷 1-5 次，**注意每一次刷好之後都要等待乾燥後才可再刷第二次**。觀察不同次數藍晒顯影情形。如圖 56 所示。



圖 55 濃度過量漸層感

刷 1 次				
刷 2 次				
刷 3 次				
刷 4 次				
刷 5 次				
	陽光下曝曬	曝曬後	沖洗後	乾燥後

圖 56 刷不同次數的藍晒結果

延伸實驗 1：利用不同材質的透光性呈現出的效果

我們到文具店找到一些半透明材質的紙膠帶、包裝紙、透明布、傘布材質等做出下面的藍晒圖。如圖 57 所示。

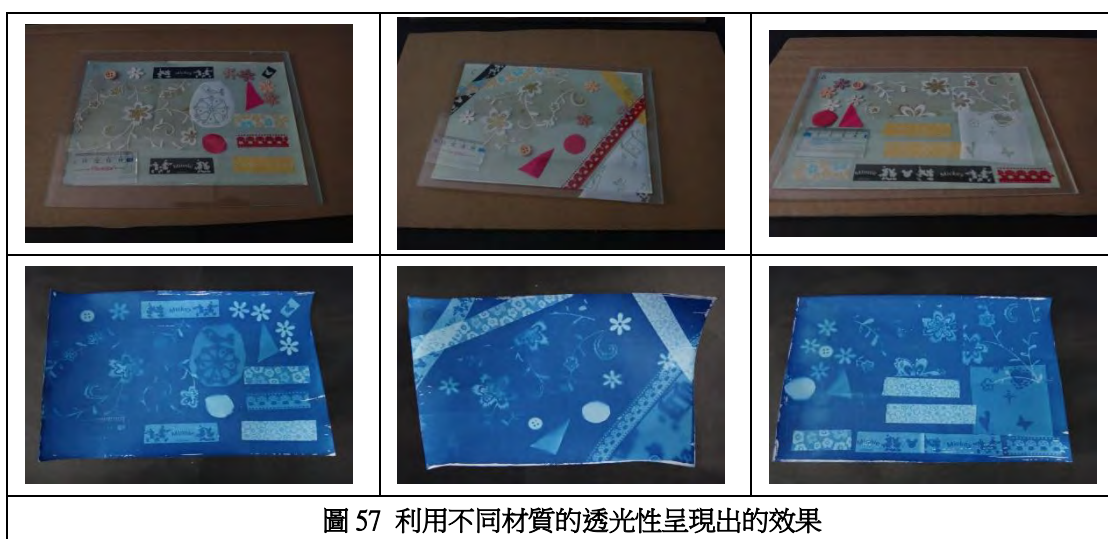


圖 57 利用不同材質的透光性呈現出的效果

實驗結果：

我們看到藍晒大部分都是用黑白底片的方式來晒出影像，我們就地取材使用葉子來製作，我們發現有的花瓣比較薄會透光，所以沖洗過後的影像就有深淺不同的地方，如圖 58 所示。感光液因為光線穿透程度不同，可以創造出深淺不同的藍色。

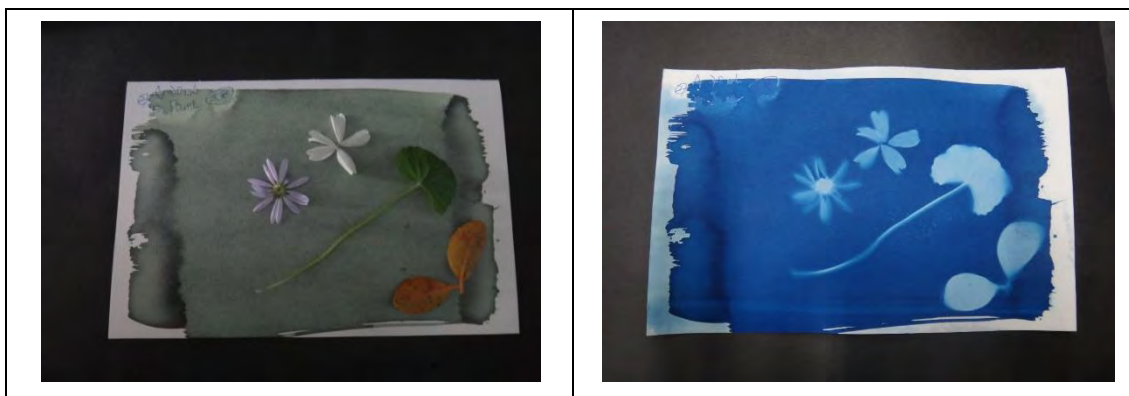


圖 58 不同透光性花草葉子的藍晒

延伸實驗 2：自行 DIY 做出個性化商品



圖 59 個性化商品



圖 60 利用光線穿透程度不同創造出深淺不同的藍色，印於方巾上

延伸實驗 3-方法 3：不同濃度法

我們分別把最佳濃度(B) 35：65 保留，再繼提高加鐵氫化鉀的比例(如表 6)，製造出更淺色的漸層。如圖 61 所示。


	A 溶液： 檸檬酸鐵銨溶液	B 溶液： 鐵氰化鉀溶液	
(a)	10 mL	90mL	
(b)	15 mL	85mL	
(c)	20 mL	80mL	
(d)	25 mL	75mL	
(e)	30 mL	70mL	
(f)	35 mL	65mL	

表 6、圖 61 各種不同濃度比例

實驗結果：

利用更高比例的鐵氰化鉀溶液我們畫出更淺色的藍，如圖 62 所示。感光液因為檸檬酸鐵銨減少以及鐵氰化鉀增加的程度不同，可以創造出深淺不同的藍色。

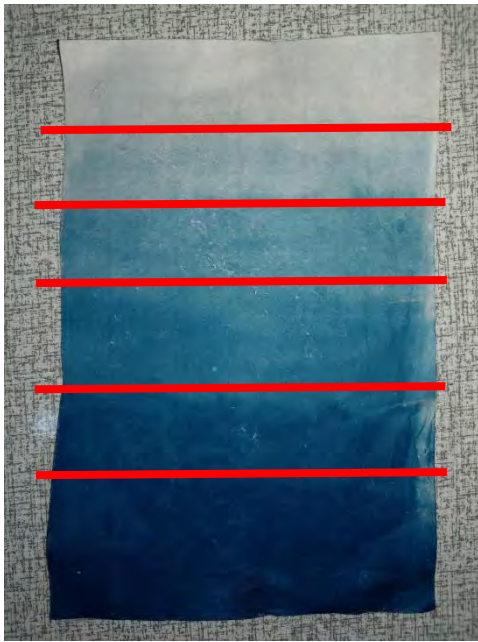
紙張 比例	宣紙
(a) 10 : 90	
(b) 15 : 85	
(c) 20 : 80	
(d) 25 : 75	
(e) 30 : 70	
(f) 35 : 65	

圖 62 各種不同濃度的藍晒圖

因此我們利用不同濃度的感光溶液畫出更多具有明顯深淺的客製化作品如圖 63 所示。

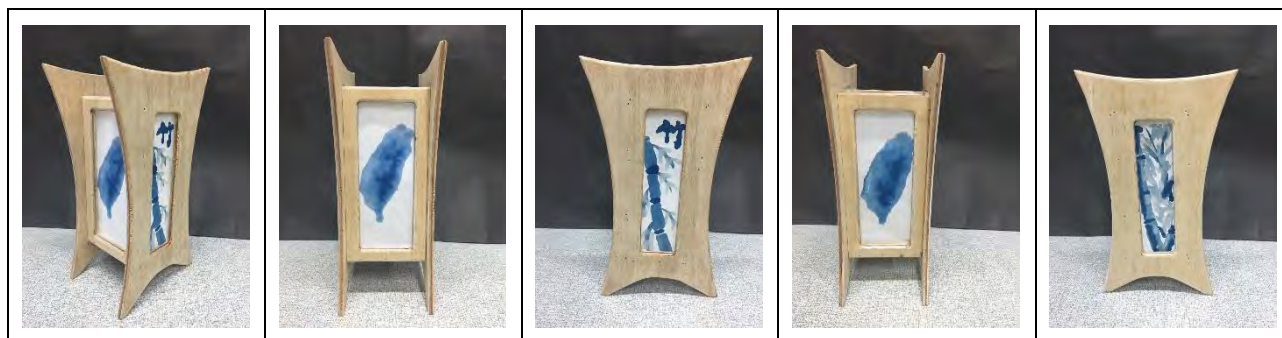


圖 63 利用濃度不同自製客製化的燈罩

伍、研究結果與討論

實驗 1：不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液其沉澱速率與沉澱物的顏色比較。

感光液中檸檬酸鐵銨比例較高，變色速度較快，在試管中跟在載玻片上有一致性的結果。

實驗 2：不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液在紙張上其沉澱速率與沉澱物顏色比較。

初期實驗中，網路建議檸檬酸鐵銨取 25 克與 10 赤血鹽^[7]以各以 100m 的水來調配，各取等量的溶液則會造成檸檬酸鐵銨過量。

實驗發現 A、B 溶液體積比 35：65 時，檸檬酸鐵銨與赤血鹽質量最佳比例 25*35：10*65=875:650=1.3:1.0，與新竹科學園區實驗中學施建輝老師^[10]建議的 40 克的檸檬酸鐵銨與 30 克的赤血鹽各以 100mL 的水來調配其配方。當 A、B 溶液體積比 50:50 時，檸檬酸鐵銨與赤血鹽質量比也是 1.3:1.0。與我們實驗結果找到的最佳藍晒效果的比例完全一致。

實驗 3：找出最適合藍晒圖的紙張。

由實驗 3 的結果發現水彩紙跟素描紙都很適合做藍晒實驗，尤其是素描紙他的紙張特性做出的藍晒圖非常漂亮。

實驗 4：找出可以使藍晒圖案更加藍白分明的光源有那些？

光源也是決定藍晒成敗的重要關鍵，能量低的捕蚊燈雖含有紫外線，卻無法啟動檸檬酸鐵銨被還原成檸檬酸亞鐵銨，與赤血鹽（鐵氰化鉀）反應，所以無法生成不溶於水的藍色鐵氰化亞鐵銨鹽沉澱於紙上，藍晒圖無法成功。

實驗 5：找出可使藍晒圖更豔麗，圖像更清晰的沖洗液。

沖洗液的選擇也是一大關鍵，我們用廣用試紙得知藍晒感光液(B)濃度是偏酸性的 PH=6，若沖洗液選擇濃度 5%鹼性氫氧化鈉 PH=14，則無法形成普魯士藍沉澱。但在 5%酸性鹽酸溶液之下 PH=2，藍晒結果還算不錯。至於水中 PH=7 則是最安全又是成功的沖洗液，其

實不需要再調配複雜的沖洗液。

實驗 6：利用藍晒法來檢測有關抗 UV 的產品。

其實坊間流行的抗 UV 雨傘確實有很好的遮光效果，藍晒圖成為白色一片，如圖 43 所示。為了擔心是雨傘布的顏色造成，我們特地選兩組桃紅色的雨傘做實驗，避開傘布本身的透光誤差。一般傘布還是有感光效果，所以得到淡藍色的藍晒圖。如圖 42 所示。防晒乳液跟一般乳液同樣也做出明顯差異，防晒乳的藍晒圖的白點明顯，一般乳液的白點則還是有一些些微微藍色產生，證明防晒乳液確實有抗紫外線的功能。如圖 46、47 所示。值得一提的是我們找到做太陽眼鏡的偏光片，偏光片是有方向性的，若兩片完成呈垂直 90 度角，則光線完全沒有透過，無法形成藍色圖樣。兩片平行還是又大量光線通過。如圖 52 所示。

實驗 7：利用各種設計做出藍晒圖漸層感。

要做出有漸層感的藍晒圖除了用有深淺色差的底片感光外，也可以選擇不用底片或遮蔽物感光，我們可以藉由塗刷在紙張的感光液次數來控制深淺，也可以用液體的量的多寡來控制顏色變化，不用蓋上遮蔽物即可做出個性化的產品。如圖 55 所示。



圖 55 濃度過量漸層感

也可以利用濃度比例不同來做出有漸層感的藍晒圖，其中檸檬酸鐵銨的多寡是影響藍色顯影很重要的關鍵。

陸、結論

在這幾個月的實驗過程中，我們好像真正當了照相館老闆一樣，更像是文創商品的館長一般，藍晒的關鍵揭謎就是要選擇適量比例的感光液，以本實驗的藥品，要配置(B)溶液比例 35：65 藍晒後才是最漂亮的普魯士藍。因為藍晒圖有沖洗的過程，所以紙張的選擇也很重要，不容易破又適合水洗，吸水性又飽和的素描紙是最佳的選擇，當然水彩紙也不錯，但素描紙更勝一籌。再來就是光線的選擇，自然界充足的太陽光還是最佳的選擇，能量不夠的

捕蚊燈雖然有紫外光，但是驅動進行化學變化的能量不足，是無法讓化學變化順利進行產生普魯士藍沉澱物的。沖洗液的選擇要是中性或是弱酸性，鹼性的環境是無法得到美麗的藍色的圖案的。最後發現水龍頭的水就是最好的沖洗液。經過這個實驗我們無意間發現偏光片兩片成 90 度可以完全阻止光線通過的特性，市售防晒乳液、抗 UV 雨傘有很棒的功效。

柒、參考資料及其他

1. 劉國滄藍曬圖，點亮國美館。
<http://blog.udn.com/taichungnews/3402548>
2. 2014 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
<http://sites.ccvs.kh.edu.tw/sysdata/81/81/doc/ac6b09dbaa331145/attach/17695.pdf>
3. 檸檬酸鐵銨 http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_CN_CB9729858.htm
4. 鐵氰化鉀
https://www.google.com.tw/?gfe_rd=cr&ei=SjFWNiFPOb88we6raKQAQ&gws_rd=ssl#q=%E9%90%B5%E6%B0%B0%E5%8C%96%E9%89%80%*
5. 氫氧化鈉
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A2%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%92%A0>
6. 鹽酸
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9B%90%E9%85%B8>
7. 管億華 氰版攝影 藍晒工藝：自製藥液與相紙
<http://t17.techbang.com/topics/5832-blue-sun-cyanide-edition-photographic-process-self-made-pharmaceutical-and-paper-on?mode=print&page=1>
8. 張志聰 屏東縣立大同高級中學 日光顯影—藍晒影像製作探討
https://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjf-Mm76dPSAhUKE5QKHd22DNYQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Ffilms.dti.hptc.edu.tw%2Fblog%2Flib%2Fread_attach.php%3Fid%3D2701&usg=AFQjCNHx9Atpo7xmbB0JMOtmx0UIVgZ4Bw

9. 陳孟男 國立大甲高級中學 人像藍印術

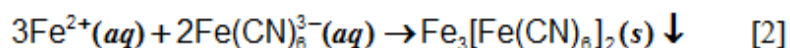
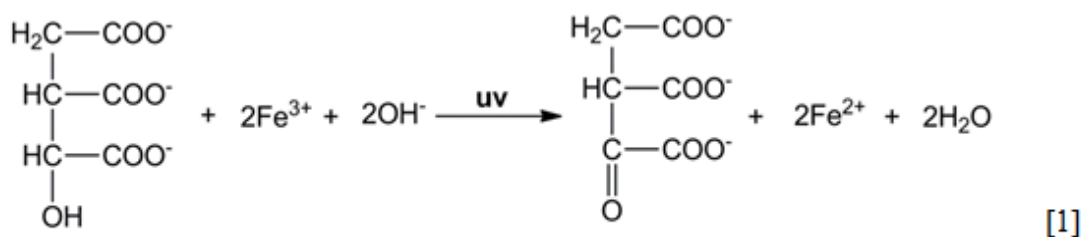
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=2830>

10. 施建輝 藍印術的另類實驗與探討檸檬酸根的反應

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

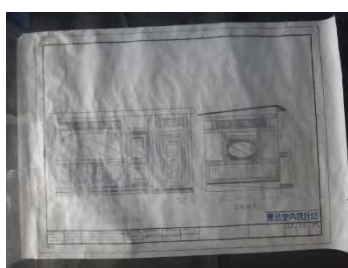
【附錄一】

本實驗係利用光化學原理：檸檬酸（citrate, $C_3H_4OH(COO^-)_3$ ）根為還原劑，在紫外光的存在下，透光的部分可將檸檬酸鐵銨的鐵離子（ Fe^{3+} ）還原成亞鐵離子（ Fe^{2+} ）， Fe^{2+} 迅速與赤血鹽作用產生難溶於水的普魯士藍（Prussian blue, $Fe_3[Fe(CN)_6]_2(s)$ ）；不透光的部分，在感光紙上則無變化，可以清水洗去未變化部分的藥劑，隨即形成藍底白色的圖像。檸檬酸鐵銨中三價鐵離子與檸檬酸根的反應，產生亞鐵離子，如式[1]所示。亞鐵離子與赤血鹽反應，生成普魯士藍，如式[2]所示。^[7]



【附錄二】

[本文作者之一張同學提共室內設計師爸爸的藍晒圖。](#)



原稿



藍晒圖

【評語】 080212

本研究探討檸檬酸鐵銨和赤血鹽混合後在紫外線照射後的化學反應，製成藍晒圖，找出最佳的反應條件，並設計出各種漸層感的藍晒圖，內容具科學性與趣味性。因在地性創意園區而獲得研究題材，具地方性。其探討不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液之沈澱速率與沈澱物顏色比較，可由實驗一二看出其發現問題及解決問題的轉化能力。最後利用藍晒法來檢測抗 UV 產品，具生活應用性。

作品海報

摘要

藍晒圖是檸檬酸鐵銨和赤血鹽混合後化學反應，以陽光中的紫外線照射水洗後而成的美麗圖案。好的藍晒圖需要有三個要件：(1)適當比例的檸檬酸鐵銨與赤血鹽混合(2)充分的陽光(紫外光)(3)合宜的沖洗液。

壹、研究動機

在台南藍晒圖創意園區看到那麼多藝術家的文創商品，我跟同學們對藍晒圖很感興趣。到底怎樣才能晒出漂亮的圖案呢?讓我們來揭開藍晒的神秘面紗吧!

貳、研究目的

- 一、不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液其沉澱速率與沉澱物的顏色比較。
- 二、不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液在紙張上其沉澱速率與沉澱物顏色比較。
- 三、找出最適合藍晒圖的紙張。
- 四、找出可以使藍晒圖案更加藍白分明的光源有那些?
- 五、找出可使藍晒圖更豔麗，圖像更清晰的沖洗液。
- 六、利用藍晒法來檢測有關抗UV的產品。
- 七、利用各種設計做出藍晒圖漸層感。

參、原理

在光的作用下，檸檬酸鐵銨被還原成檸檬酸亞鐵銨，與赤血鹽（鐵氰化鉀）反應生成不溶於水的藍色鐵氰化亞鐵銨鹽沉澱於紙上，而沒有被日光照射沒有反應的部分，在感光紙上則無變化，可以清水洗去未變化部分的藥劑，隨即形成藍底白色的圖像。

肆、研究設備及器材

- 一、藥品：
檸檬酸鐵銨、赤血鹽(鐵氰化鉀)、氫氧化鈉、鹽酸
- 二、設備器材：
四種紙張、刷子、電子秤、試管、廣用試紙、載玻片、壓克力板、各種燈源、藍晒箱、各種抗UV產品

伍、研究過程或方法

實驗1：不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液其沉澱速率與沉澱物的顏色比較。如表1、圖1、2、3、4所示。

不同比例A溶液與B溶液比較				
濃度1- 10 : 90	濃度2- 30 : 70	濃度3- 50 : 50	濃度4- 70 : 30	濃度5- 90 : 10
反應時間： 12分43秒 顏色：墨綠色	反應時間： 8分5秒 顏色：藍色	反應時間： 6分1秒 顏色：藍色	反應時間： 5分11秒 顏色：藍色	反應時間： 3分37秒 顏色：藍色
延伸實驗- 將溶液滴於載玻片上， 移到陽光下曝曬		實驗結果： 陽光曝曬下，很明顯地感 光液中檸檬酸鐵銨比例較 高，變色速度較快。		

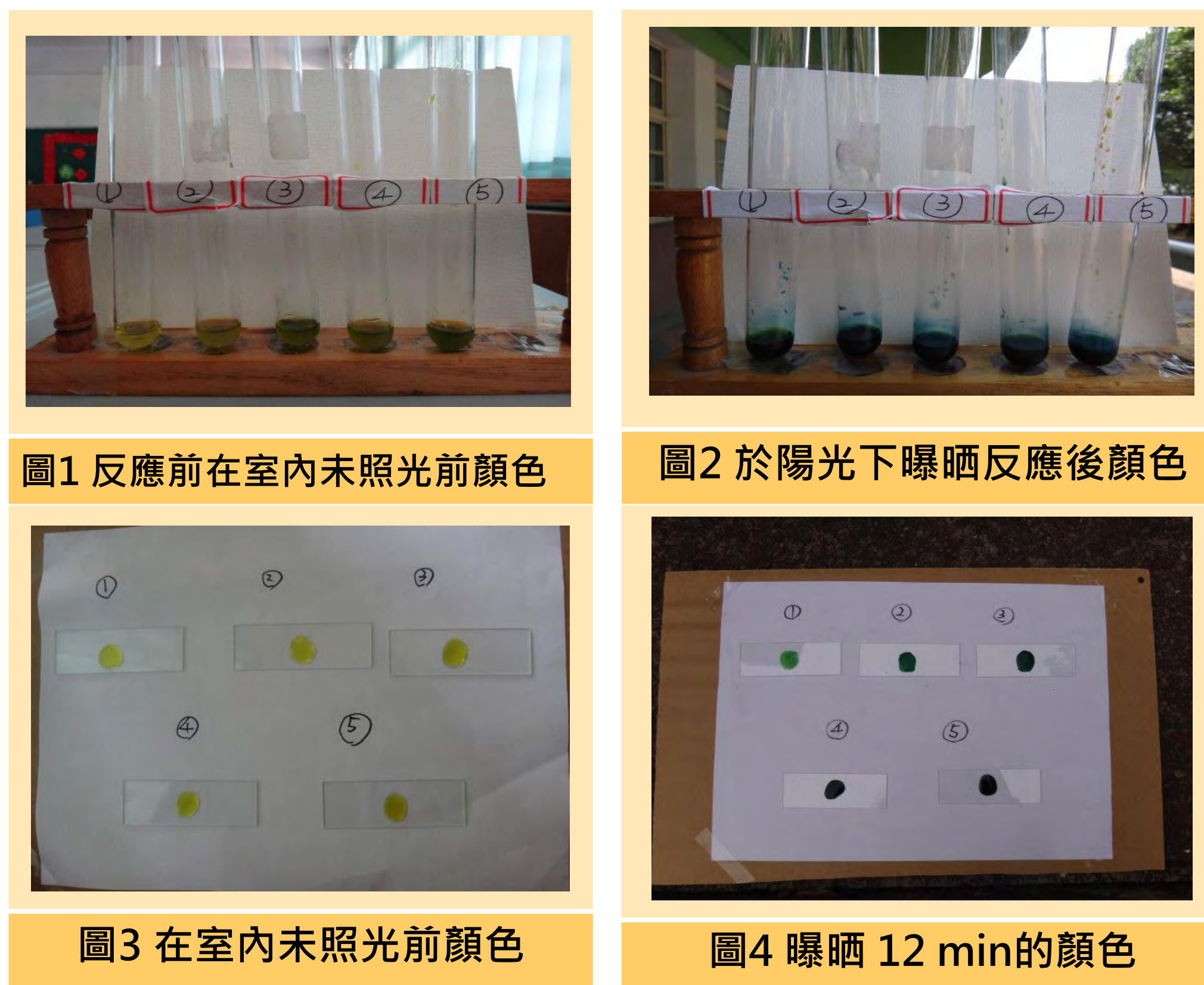


表1-不同比例濃度

實驗2：不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液在紙張上其沉澱速率與沉澱物的顏色比較。如圖5、表2所示。

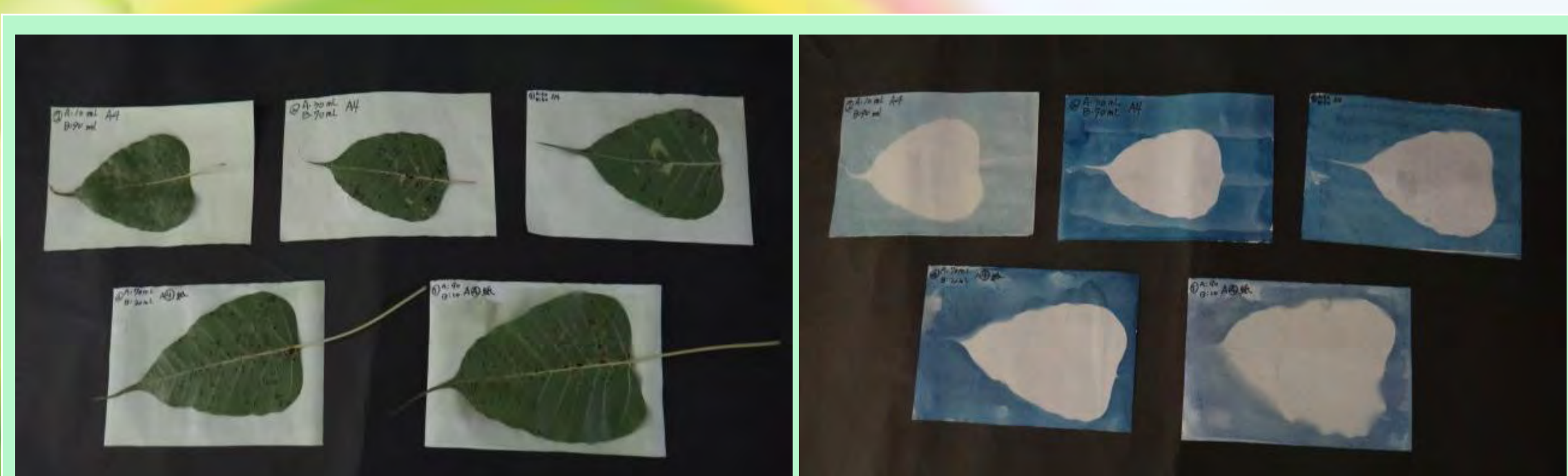
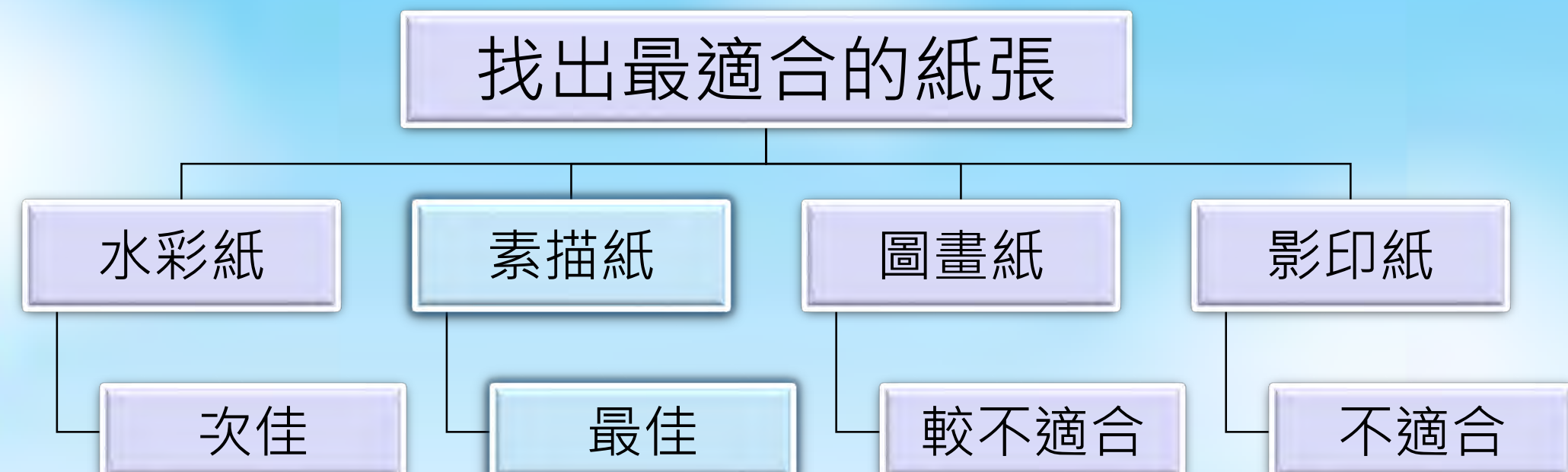


圖5 不同比例 A、B 溶液曝曬後感光效果：
上排濃度1、2、3；下排濃度4、5

不同比例濃度溶液塗於A4紙張				
濃度1- 10 : 90	濃度2- 30 : 70	濃度3- 50 : 50	濃度4- 70 : 30	濃度5- 90 : 10
顏色淡，顯 色效果不佳	顯色明顯 最佳	顯色明顯	顯色明顯	顏色淡，顯 色效果不佳

表2-不同比例濃度溶液塗於A4紙張

實驗3：找出最適合藍晒圖的紙張。如圖6、表3所示。



實驗結果：

表3-找出最適合的紙張

素描紙或是水彩紙製作會有比較好的效果。各種紙張在濃度2、3、4時的顯色效果都很好，跟實驗2做的實驗有一致性的結果。

延伸實驗

確認最佳感光液比例

從濃度2、3、4中細分



- (A) 30 : 70
- (B) 35 : 65
- (C) 40 : 60
- (D) 45 : 55
- (E) 50 : 50
- (F) 55 : 45
- (G) 60 : 40
- (H) 65 : 35
- (I) 70 : 30

藍晒感光液最佳濃度比例

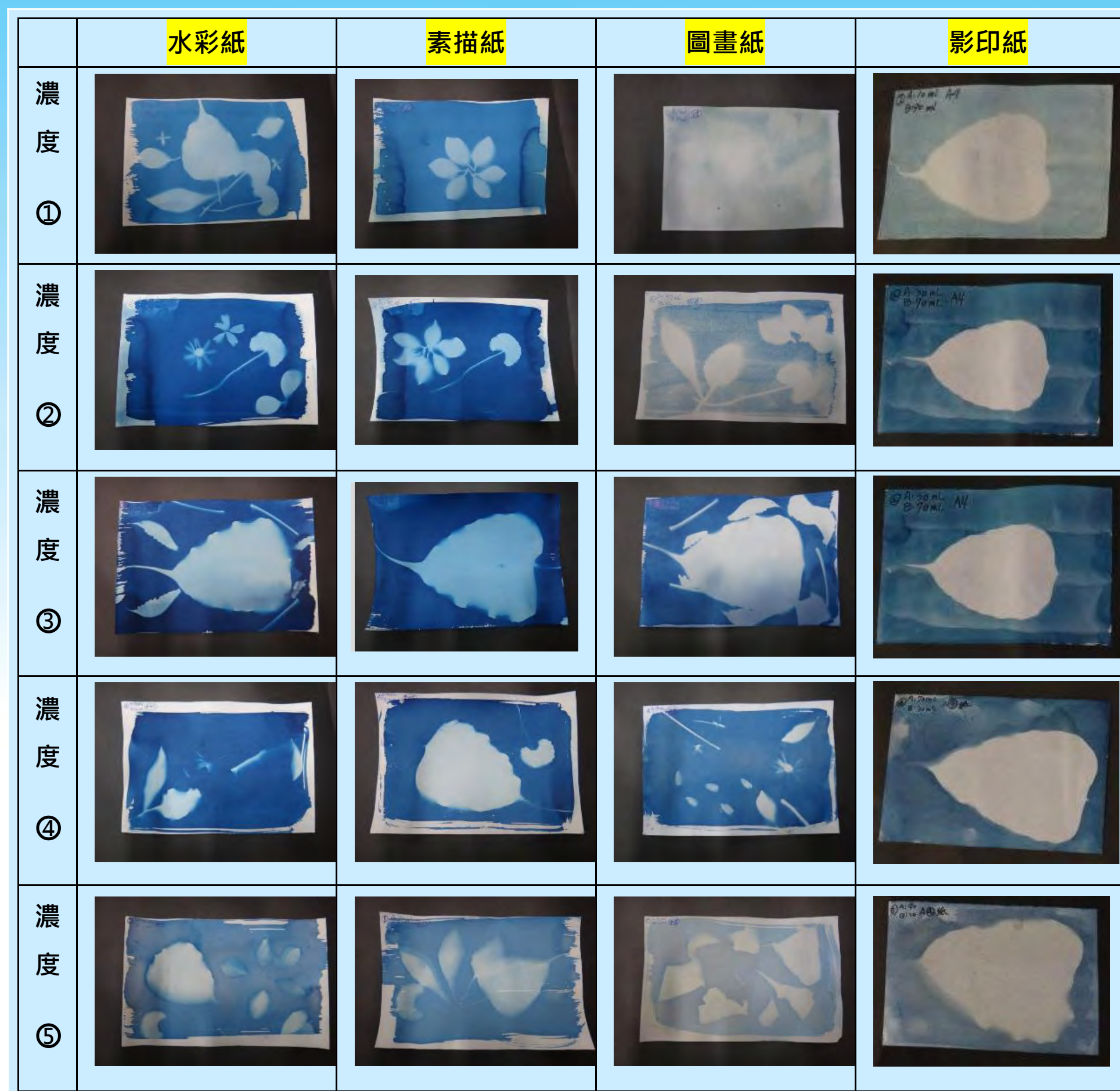


圖6 不同濃度感光液在不同紙張上曝曬三分鐘後的顯影效果。

表4-確認最佳感光液比例

紙張比例	素描紙 最佳紙張	水彩紙
(A) 30 : 70		
(B) 35 : 65		
(C) 40 : 60		
(D) 45 : 55		
(E) 50 : 50		
(F) 55 : 45		
(G) 60 : 40		
(H) 65 : 35		
(I) 70 : 30		
白區未塗		
狀況	剛洗好(濕)	完全晾乾

圖7 各種不同濃度的藍晒圖

溶液名稱	A 檸檬酸鐵銨溶液	B 鐵氰化鉀溶液
配製	25克的檸檬酸鐵銨加入純水100ml	10克鐵氰化鉀加入純水100ml
最佳比例(B)	35ml	65ml

表5 藍晒感光液最佳濃度比例

◎為了確認真正最佳感光液的比例，我們從濃度2、3、4之中再次細分配置成九種不同濃度。

◎實驗結果：如圖7、表4、5所示。

實驗4：找出可以使藍晒圖案更藍白分明的光源有哪些。如圖8所示

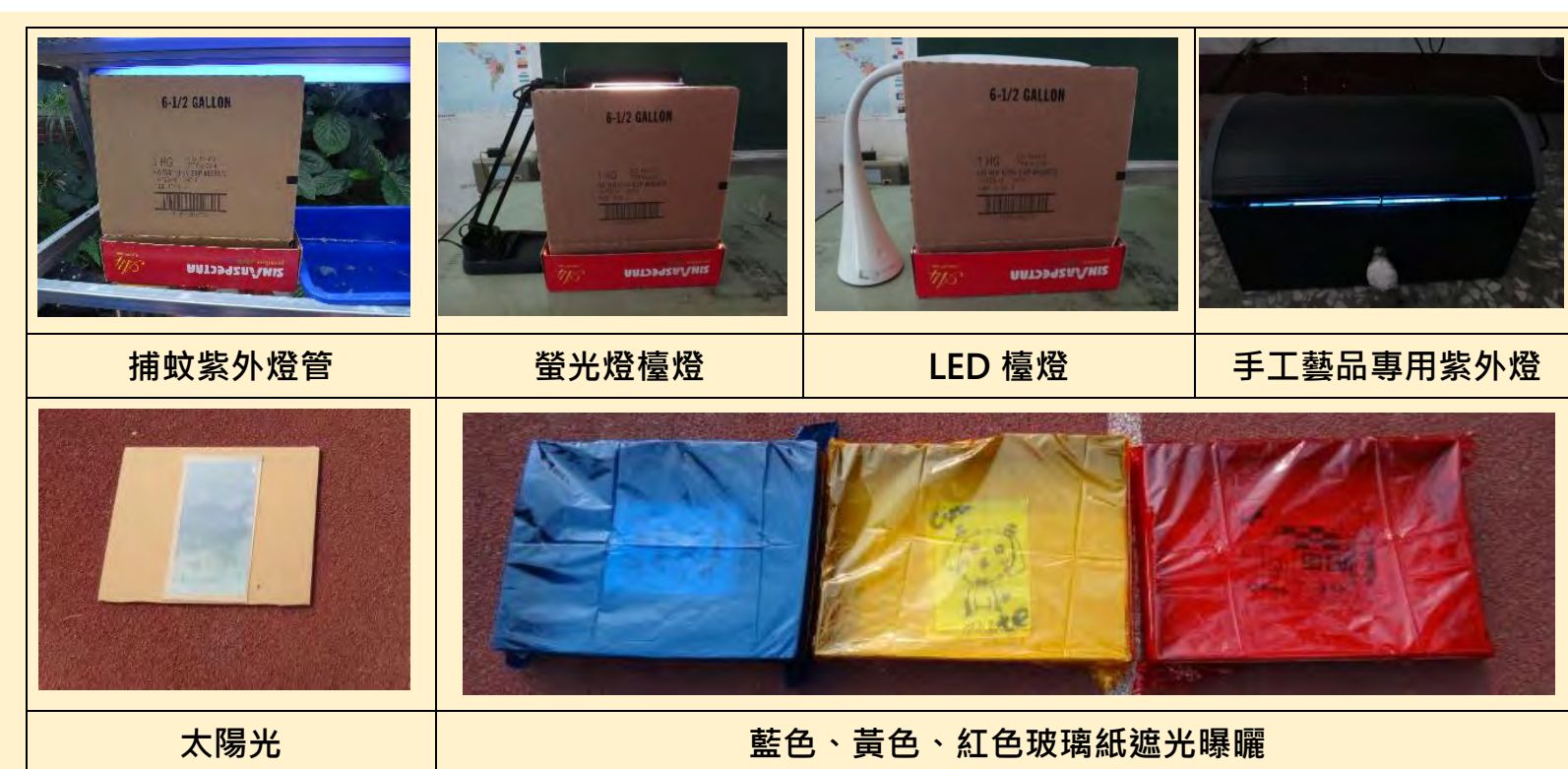


圖8 在不同光源下曝曬

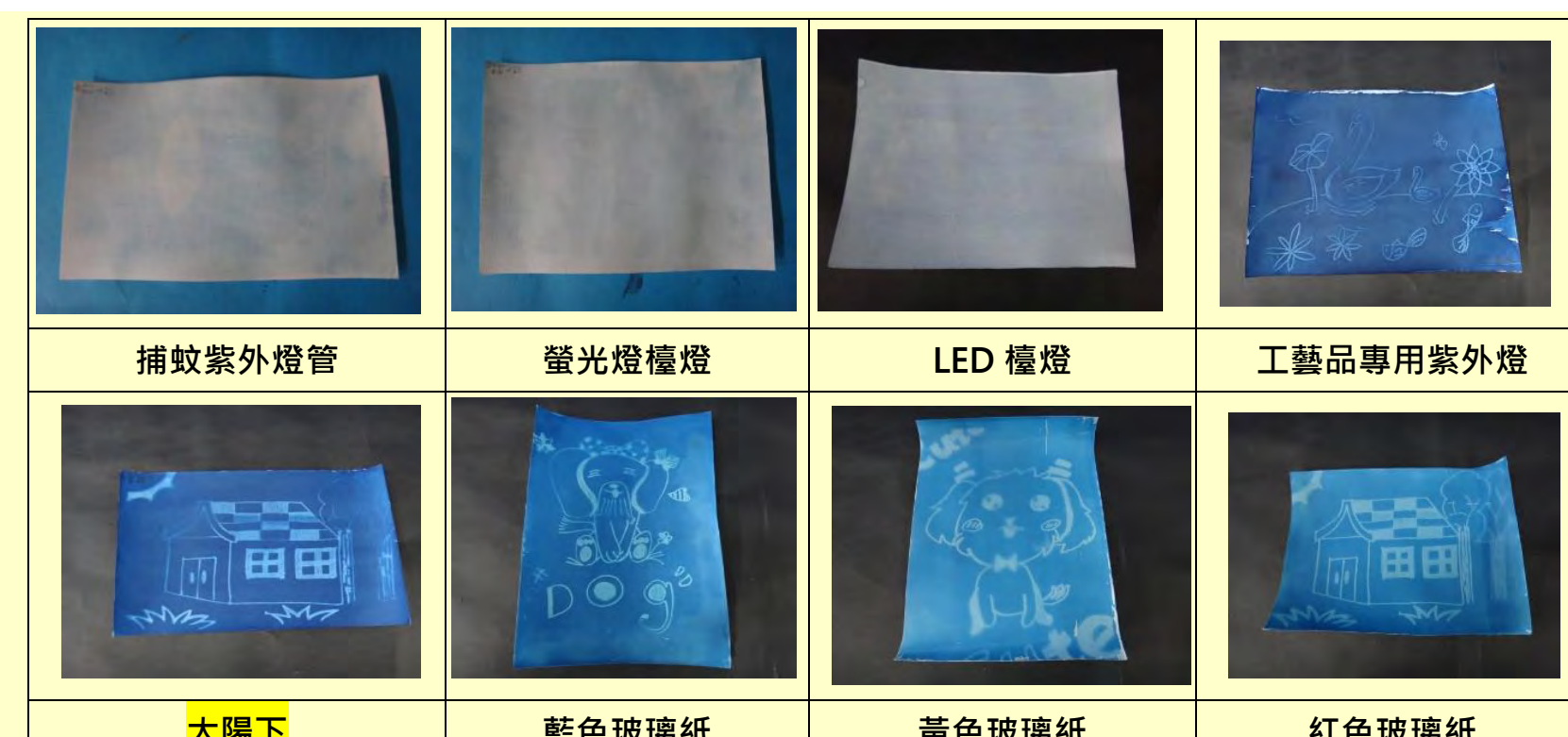


圖9 曝曬後的藍晒圖

實驗結果：如圖9所示

捕蚊燈、螢光燈、LED檯燈皆無法產生漂亮的藍晒圖。大部分的紫外光還是能穿透玻璃紙，所以藍晒圖案還算很漂亮。由以上實驗得知藍晒最佳光源首推太陽光。

實驗5：找出可使藍晒圖更豔麗，圖像更清晰的沖洗液。(酸性溶液?鹼性溶液?清水溶液?)

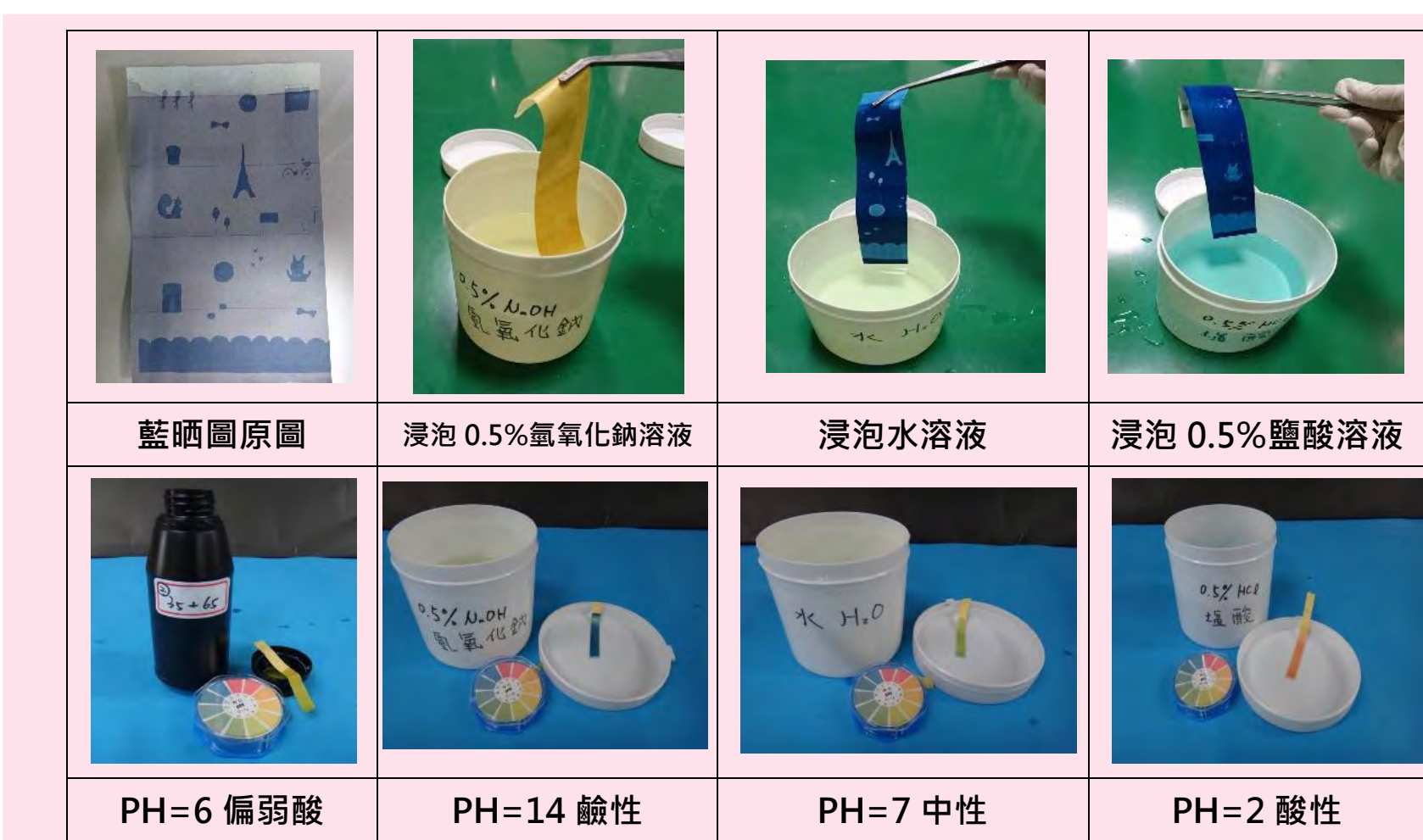


圖10將藍晒圖原圖剪成3等分放入沖洗液沖洗

實驗結果：如圖10所示

沖洗液的酸鹼性會影響藍晒圖的品質，其中在鹼性溶液中根本無法洗出漂亮的藍晒圖。水則是最安全又是成功的沖洗液。

實驗6：利用藍晒法來檢測有關抗UV的產品。(洋傘、防曬乳、偏光片等)

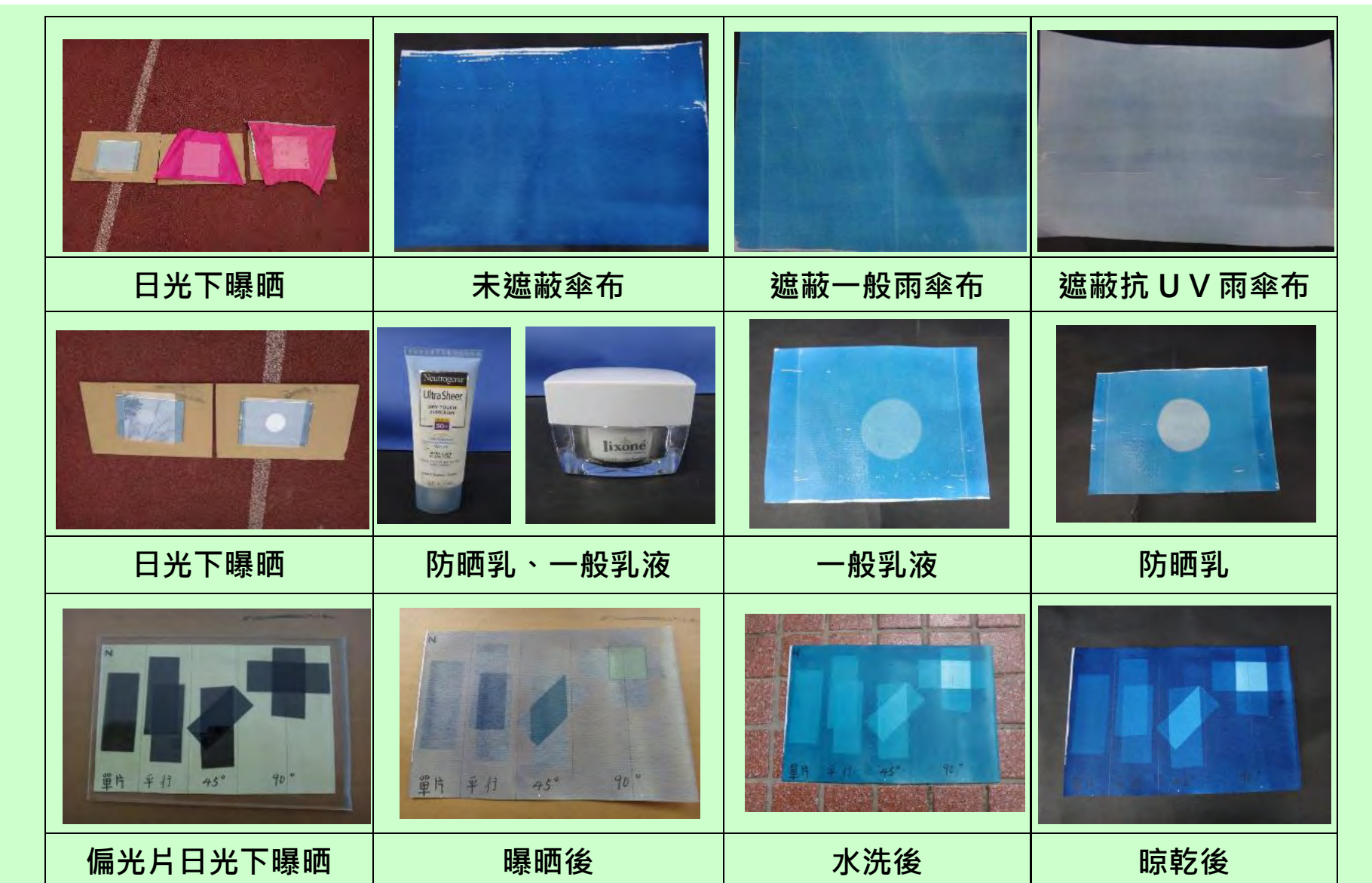


圖11 利用藍晒法檢測抗UV產品

實驗結果：如圖11所示

坊間流行的抗UV雨傘確實有很好的遮光效果，藍晒圖成為白色一片。防曬乳液跟一般乳液同樣也做出明顯差異，防曬乳的藍晒圖的白點明顯，一般乳液的白點則還是有一些些微微藍色產生。太陽眼鏡的偏光片，偏光片是有方向性的，若兩片完成呈垂直90度角，則光線完全沒有透過，無法形成藍色圖樣。

實驗7：如何做出藍晒圖漸層感?

藍晒漸層方法

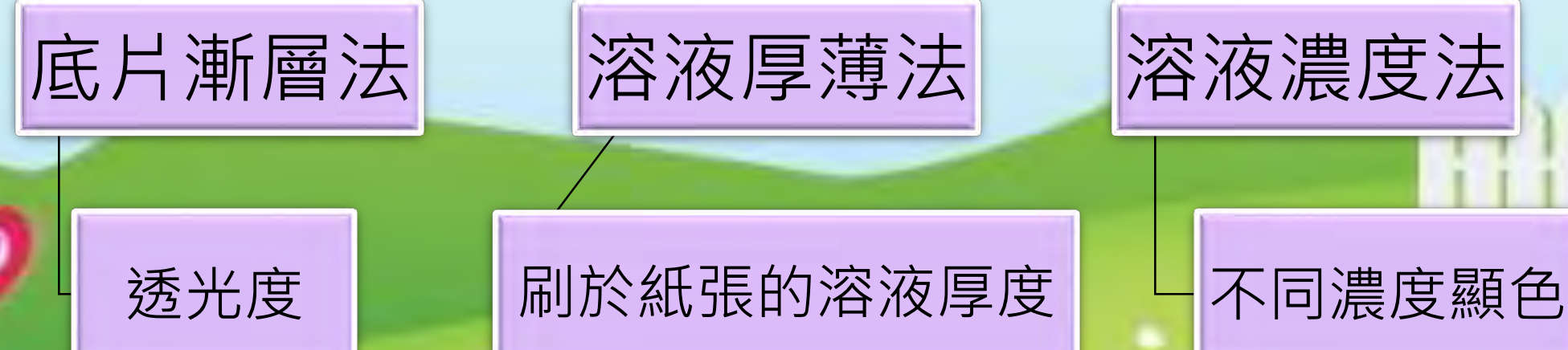


表6-藍晒漸層方法

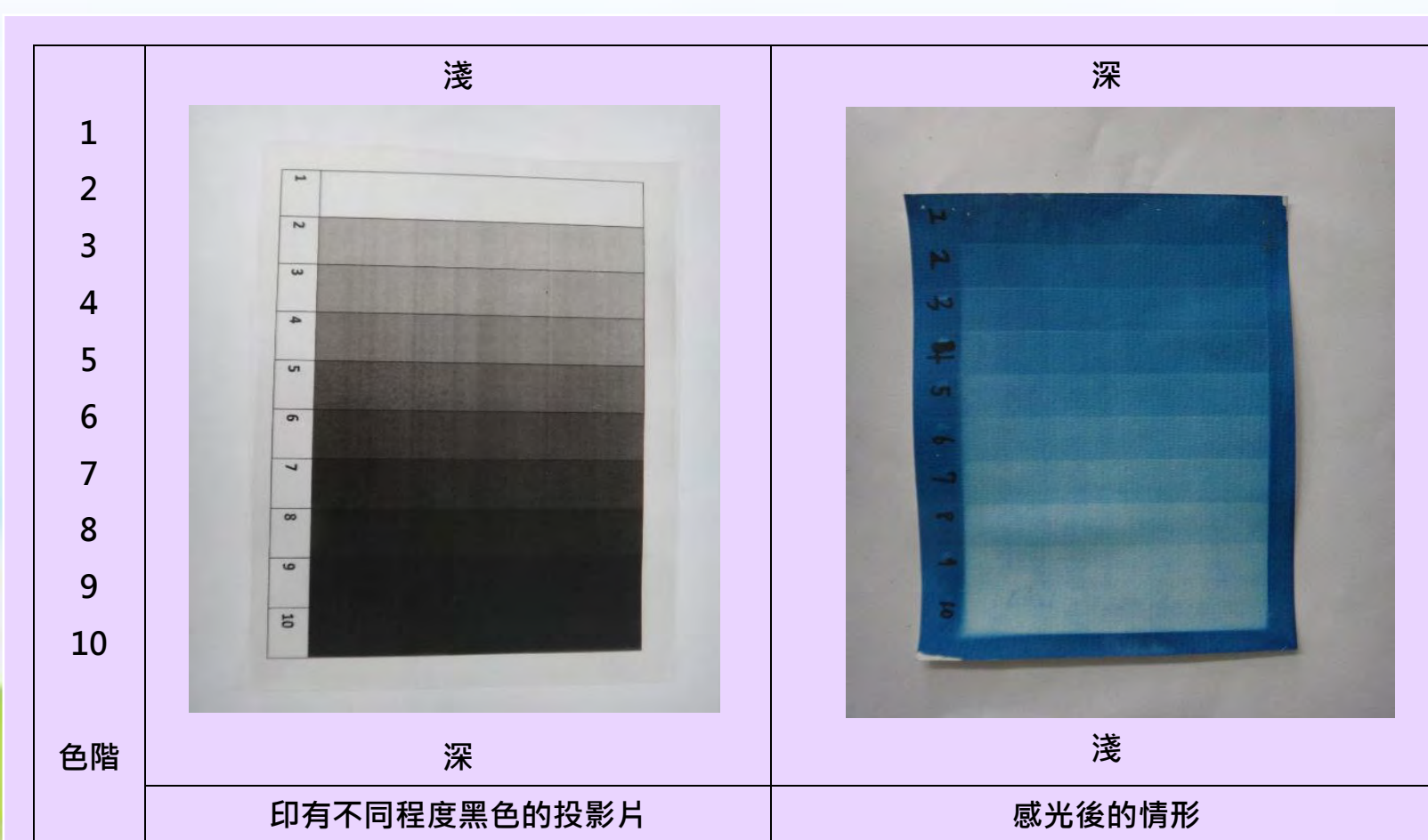


圖12 不同色階的投影片感光情形

方法1：底片漸層法。利用透光度不同，控制紫外光通過的量，以顯現出不同層次的藍。實驗結果：感光液因為光線穿透程度不同，可以創造出深淺不同的藍色。如圖12所示。

方法2：溶液厚薄法。如圖13所示。

延伸實驗1：利用不同材質的透光性呈現的效果。如圖14所示。

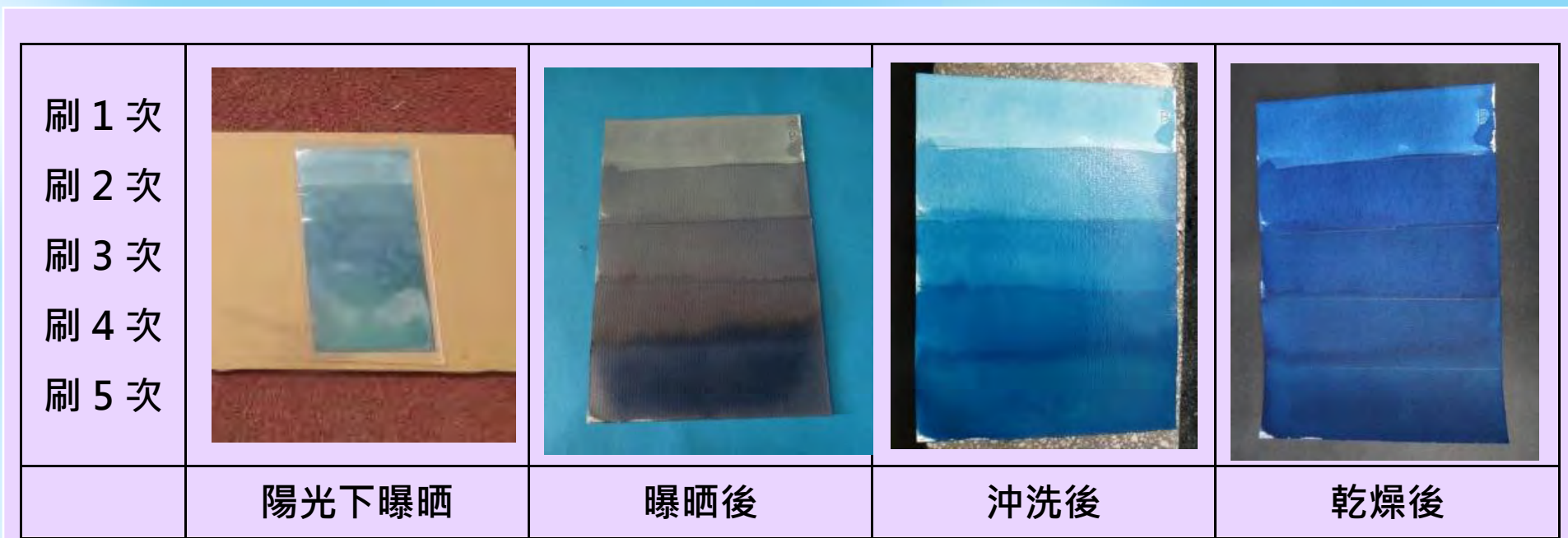


圖13 刷不同次數的藍晒結果

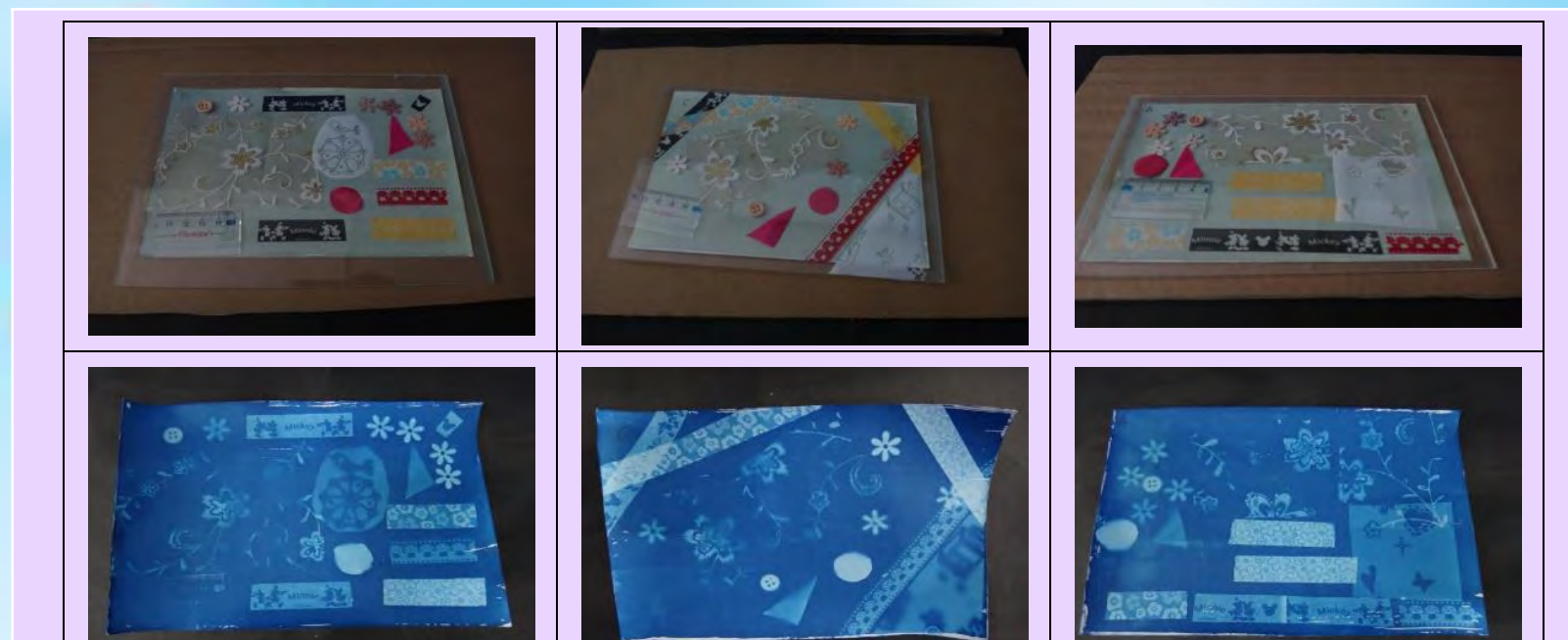


圖14 利用不同材質的透光性呈現出的效果

方法3：不同濃度法。



實驗結果：

利用更高比例的鐵氫化鉀溶液我們畫出更淺色的藍，如圖15所示。感光液因為檸檬酸鐵銨減少以及鐵氫化鉀增加的程度不同，可以創造出深淺不同的藍色。

延伸實驗2：利用不同濃度的感光溶液畫出更多具有明顯深淺的客製化作品，如圖16 台灣山脈地圖。

紙張比例	宣紙
(a) 10 : 90	
(b) 15 : 85	
(c) 20 : 80	
(d) 25 : 75	
(e) 30 : 70	
(f) 35 : 65	

圖15 各種不同濃度的藍晒圖

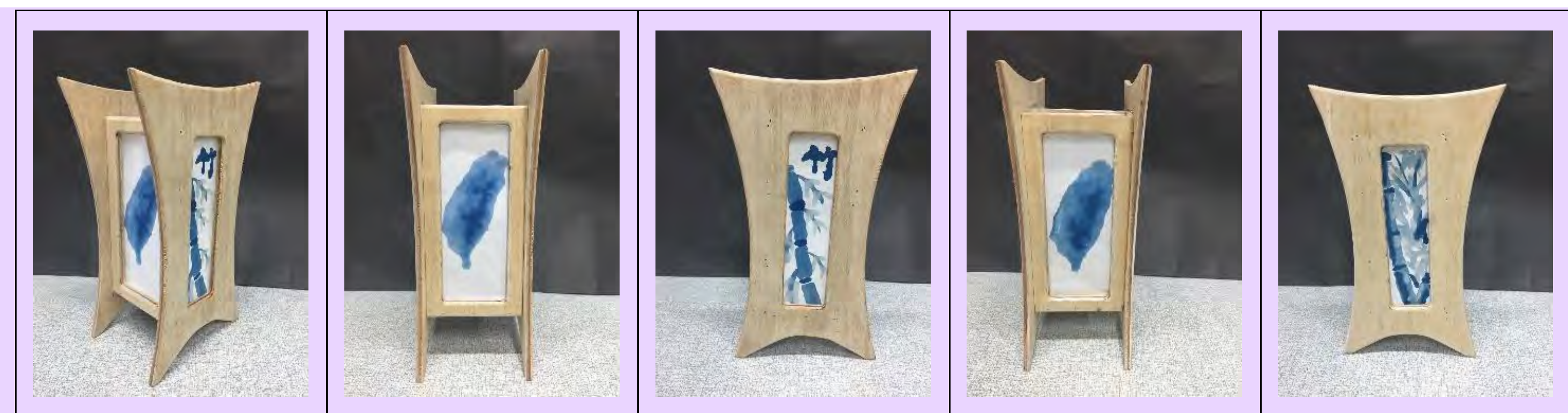


圖16 利用濃度不同自製客製化的燈罩

陸、研究結果與討論

實驗1：不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液其沉澱速率與沉澱物的顏色比較。

感光液中檸檬酸鐵銨比例較高，變色速度較快，在試管中跟在載玻片上有一致性的結果。

實驗2：不同比例檸檬酸鐵銨與赤血鹽溶液在紙張上其沉澱速率與沉澱物顏色比較。

實驗發現A、B 溶液體積比35：65時，換算檸檬酸鐵銨與赤血鹽質量最佳比例與新竹科學園區實驗中學施建輝老師建議的配方A、B質量比一樣為1.3：1。實驗結果找到最佳藍晒效果的比例兩者完全一致。



實驗3：找出最適合藍晒圖的紙張。

結果發現水彩紙和素描紙都適合做藍晒實驗，其中以素描紙最為適合。



實驗4：找出可以使藍晒圖案更加藍白分明的光源有那些？

民生用的補蚊燈、螢光燈、LED檯燈因為沒有藍晒需要的紫外光波長，藍晒圖無法成功。各種玻璃紙覆蓋下，陽光紫外線還是可以穿過，藍晒圖可以成功，但最佳藍晒圖光源首推太陽光。

實驗5：找出可使藍晒圖更豔麗，圖像更清晰的沖洗液。

用廣用試紙得知藍晒感光液(B)濃度是偏酸性的PH=6，若沖洗液選擇濃度0.5%鹼性氫氧化鈉PH=14，則無法形成普魯士藍沉澱。但在0.5%酸性鹽酸溶液之下PH=2，藍晒結果還算不錯。水中PH=7則是最安全又是成功的沖洗液，其實不需要再調配複雜的沖洗液。

實驗6：利用藍晒法來檢測有關抗UV的產品。

抗UV雨傘確實有很好的遮光效果，藍晒圖成為白色一片，防晒乳的藍晒圖的白點明顯，證明防晒乳液確實有抗紫外線的功能。做太陽眼鏡的偏光片，偏光片是有方向性的，若兩片完成呈垂直90度角，則光線完全沒有透過，無法形成藍色圖樣。



實驗7：利用各種設計做出藍晒圖漸層感。

我們可以藉由塗刷在紙張的感光液次數來控制深淺，也可以用液體的量的多寡來控制顏色變化。如圖17所示。

利用濃度比例不同來做出有漸層感的藍晒圖，成品如圖18。其中35:65可以做出藍色最深的中央山脈。

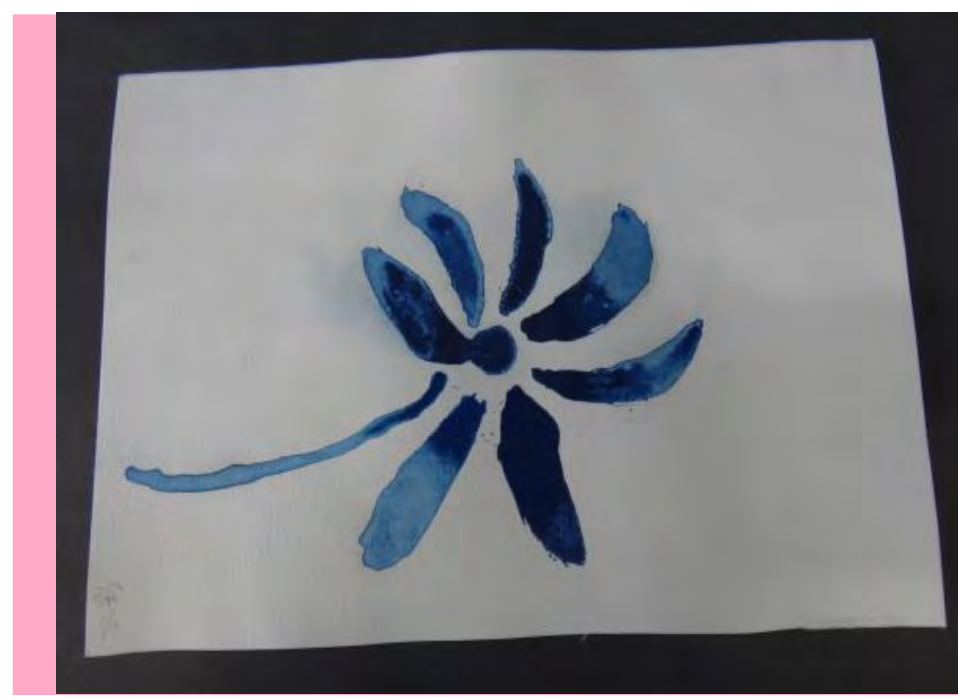


圖17 濃度過量漸層感

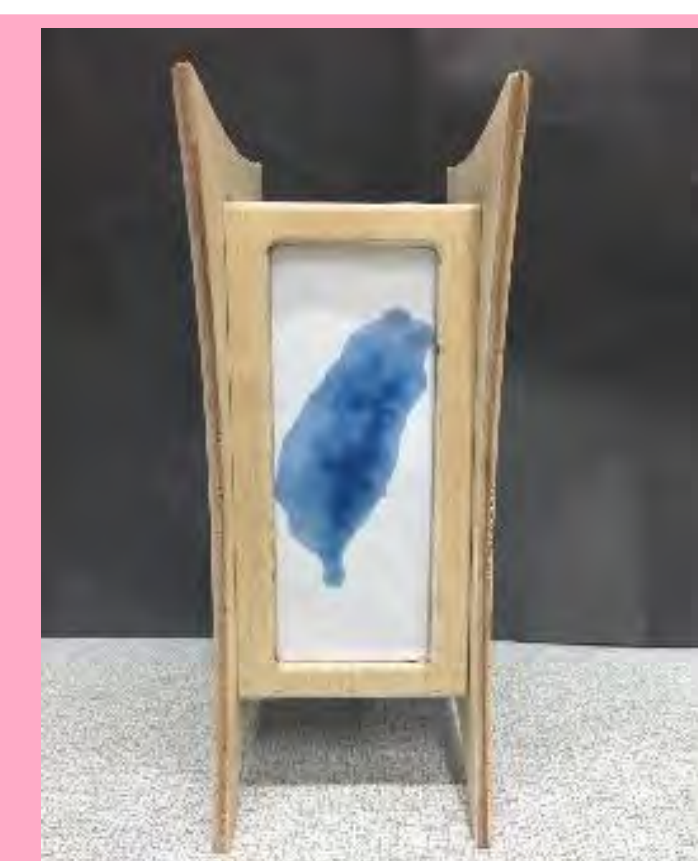


圖18濃度比例不同來做出有漸層感

柒、結論



藍晒的關鍵揭謎就是要選擇適量比例的感光液，以本實驗的藥品，要配置溶液比例35：65藍晒後才是最漂亮的普魯士藍。紙張的選擇也很重要，不容易破又適合水洗，吸水性又飽和的素描紙是最佳的選擇。光線的選擇首推自然界的太陽光。沖洗液的選擇要中性或是弱酸性，鹼性的環境是無法得到美麗的藍色的圖案的。水龍頭的水就是最好的沖洗液。我們重大發現~藍晒要成功一定要有充足的紫外線，藍晒實驗間接證明市售防晒乳液、抗UV雨傘有很棒的功效。我們把台灣的地形用藍晒法做出文創商品檯燈、杯墊，是這次實驗過程中最大的收穫。