

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

080218

藍到非晒不可—光雕顯影術，以投影機為例

學校名稱：嘉義縣朴子市大同國民小學

作者： 小五 彭勻霖 小五 侯禹彤 小五 吳芮昕 小五 彭勻霆 小五 楊立丞	指導老師： 吳竣淵 吳柔安
---	-------------------------

關鍵詞：藍晒、光雕、定色

摘要

藍晒的基本原理是檸檬酸鐵銨加赤血鹽的水溶液，日照後形成普魯士藍的沉澱。本實驗則透過穩定可控的光源—單槍投影機，來做為主要的光源，除了可避免天氣因素的影響外，也可投射出各種圖案，我們透過操作感光液的比例、照射時間的長短、投影的顏色，試圖找出光雕投影的最佳模式，此外，也嘗試找出適合藍晒的定色液，以延續產品的壽命。由於開放場域的環境光可能影響結果，我們設計了”迷你電影院”以提升成功率。

結果發現，以比例 5:4(赤血鹽溶液:檸檬酸鐵銨溶液)的感光液表現最好，投影的時間則是 50 分鐘就可以讓感光液充分反應顯色，而利用顏色的操作便可同時完成深淺不同的藍色，最後，以食用醋做為定色液的效果最好，作品既顯色又耐洗。

壹、研究動機

暑假在網路上看科學影片時，無意間看到一個讓我感興趣的影片—自製光雕潮 T，影片中混合了綠色粉末(檸檬酸鐵銨)及紅色晶體(赤血鹽)加水調製成感光藥劑，塗刷於衣服上並使用投影機照射 90 分鐘後，出現了好看的藍白圖案，讓我覺得很厲害、很神奇，也很好奇它背後所隱藏的科學原理，開學後與自然老師討論影片中的內容後，我們決定試做一次，但卻發現圖案並不清晰，顏色也不像影片中那麼好看，而且顏色只能呈現未染色的白色或被染色的深藍色，似乎有點單調，不知是否可以做出不同的藍色，就讓我們透過實驗來一探究竟吧!

貳、研究目的

- 一、探討不同比例的檸檬酸鐵銨及赤血鹽溶液是否影響顏色的呈現。
- 二、探討光照時間的長短是否影響顏色的呈現。
- 三、探討圖片的顏色是否影響顏色的呈現。
- 四、不同材質或不同顏色的布是否影響顏色的呈現。
- 五、透過不同洗劑的洗滌次數探討成品的耐洗度。
- 六、尋找是否有合適的定色液。

參、研究設備及器材

本次實驗所需之電子設備、化學藥劑及器材，如下所列：

- 一、電子設備：筆記型電腦、單槍投影機(ViewSonic PJ506D)、電子秤
- 二、化學藥劑：檸檬酸鐵銨、赤血鹽、雙氧水、食用醋
- 三、一般器材：量筒、燒杯、攪拌棒、PVC 手套、護目鏡、秤量紙、長尾夾、壓克力板、吹風機、布、刷子、水盆、紙箱(迷你電影院)、晾乾架



肆、研究過程及方法

一、名詞解釋

(一)光雕投影術—藍晒

1842年 John Herschel 發明，混合檸檬酸鐵銨、鐵氰化鉀(赤血鹽)為感光劑，又稱氰版印刷。過程需要透過日曬，而最後的影像呈現深藍色，所以也稱藍晒。後來許多建築工程施工圖需要拷貝圖像，就會使用「氰版印刷」去做備份！因此建築圖又可稱為「藍圖」。

(二)檸檬酸鐵銨

有棕色和綠色兩種，具有無臭、有鹹味及鐵腥味，極易吸潮，因光可還原成亞鐵鹽，溶液狀態下更不穩定，易溶於水，不溶於乙醇、乙醚等有機溶劑，水溶液呈中性，綠色較棕色更易遇光被還原。檸檬酸鐵銨為光化學敏感物質，綠色品較棕色品更易感光。

(三)赤血鹽

赤血鹽也叫鐵氰化鉀，深紅色或紅色單斜晶系柱狀結晶或粉末。溶於水、丙酮，不溶於乙醇、醋酸甲酯及液氨中。無毒，但灼熱分解或遇酸產生劇毒氰化物，使用上需特別注意。

二、藍晒原理

將檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀溶液混合作用之後的鐵離子，將其曝曬於紫外線中進行，曝曬到的部份產生了有階調性的普魯士藍，未曝曬的部份則無變化，用清水可以洗去無變化部份的藥劑，進而反轉了底片上的影像於相紙中。

藍晒操作流程—調製感光液→上色→乾燥→曝光→清洗→晾乾→成品

- 1.調配感光液：檸檬酸鐵銨溶液與赤血鹽溶液，依比例混合兩液體製成感光液。
- 2.上色：將感光液以刷子沾溼後，均勻塗刷於衣服或紙張上。
- 3.乾燥：上色後，需等待衣服上的感光液完全乾燥，可使用吹風機吹乾或放置暗處晾乾。
- 4.曝光：照光反應階段，照光處即為藍色顯影部分，未照光處即不會顯色反應。
- 5.清洗：曝光反應後，以清水洗去未反應的多餘感光液。
- 6.晾乾：將衣服或紙張吊掛晾乾後，即可完成作品。

三、研究設計

進行實驗前，我們搜尋了許多相關的文獻資料，發現不同的商家使用著不同的溶液比例，因此我們想先找出本次實驗所需要的溶液比例；而在第一次的投影機仿作實驗中，我們的實驗結果是失敗的，探討其原因可能和光照強度、光照時間等相關，所以將光照時間視為一項可能的變因，並進行操作及討論；熟悉藍晒流程及操作後，我們利用圖片來進行投影，發現照片的色彩也會影響顏色的呈現，於是，我們進行光照顏色的確認；以下將針對個別變因進一步說明其實驗設計。

(一)A、B 溶液的比例

我們將赤血鹽(A 溶液)及檸檬酸鐵銨(B 溶液)依不同比例混合，分別為 0:10、1:9、2:8、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3、8:2、9:1、10:0 等 11 種比例，以探討受光照射後其顏色的呈現，藉此找出最佳的溶液比例。

A 溶液 : B 溶液					
0:10	1:9	2:8	3:7	4:6	5:5
5:5	6:4	7:3	8:2	9:1	10:0

找出呈現較為飽和顏色的溶液比例後，我們再細分如下溶液比例來進行確認。

A 溶液 : B 溶液		
4:6	4:5	4:4(原 5:5)
6:4	5:4	

(二)光照時間的長短

一般藍晒的實驗中，太陽照射的時間長短會影響顏色的呈現，而投影機的照射應該也是如此，所以我們設計了下面的圖檔，試圖利用圖片的切換來控制個別區域的光照時間。

5	10	15	20
40	35	30	25
45	50	55	60

(三)光照顏色的影響

確定溶液比例及光照時間後，我們嘗試卡通圖片的投影，發現不同的顏色在相同的時間下會有深淺不同的呈現，因此，我們利用色卡的投射，來確認投射的顏色及其反應。



(四)不同的布料材質及不同顏色的布

布的材質有許多種，除了常見的棉質 T 恤外，我們也找出幾種容易取得的布料來進行實驗，包含有吸濕排汗布、手作品常用的純棉胚布、不織布、抹布等，希望找出上色容易且能夠成功反應顯色的布料。

確認布的材質後，我們進一步找出同款布料但不同顏色的布，希望能夠讓藍晒作品有更出色的呈現，經過討論我們選擇了黃色布以及粉色布來進行實驗。

(五) 耐洗度的測試

耐洗度的測試我們分為兩個區塊來討論，分別為清水洗滌的次數，以及不同洗衣精的洗滌次數，希望能找出較為適合的洗滌方式，讓自製潮 T 更有推廣的價值。

(六) 合適的定色液

為了增加耐洗度，我們找了坊間針對植物染定色的方法來為藍晒作品定色，分別是食用醋、雙氧水、以及熱水。

伍、研究結果

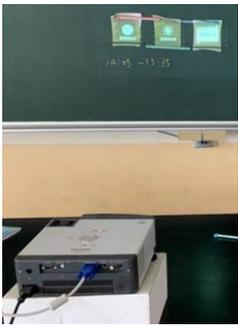
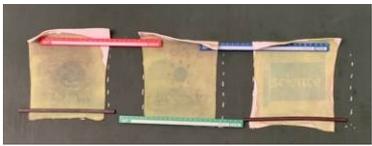
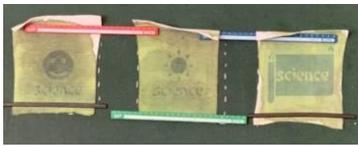
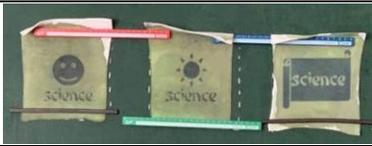
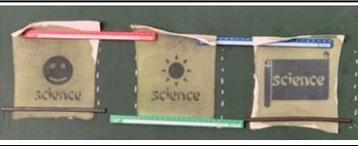
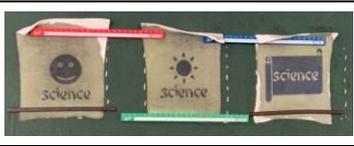
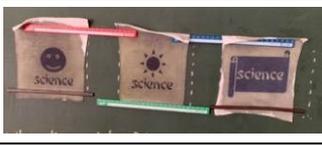
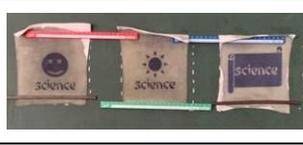
一、實驗 1 — 投影機仿作實驗

(一)赤血鹽與水採 1:10 混合為 A 溶液；檸檬酸鐵銨與水採 1:4 混合為 B 溶液；最後，A、B 溶液取 1:1 混合作為實驗 1 之感光溶液。

(二)投影機投射距離約 150 公分，照射時間為 90 分鐘，現場屬於半暗狀態(關燈拉下窗簾)

(三)洗淨方式分別採水龍頭直接沖洗、淺盆漂洗、水桶浸洗

(四)每 10 分鐘遮住投影機的光線，直接紀錄布面照光後的顯色狀態。

		
實驗器材配置	當天洗淨後狀態	一天後晾乾狀態
		
投影 10 分鐘	投影 20 分鐘	投影 30 分鐘
		
投影 40 分鐘	投影 50 分鐘	投影 60 分鐘
		
投影 70 分鐘	投影 80 分鐘	投影 90 分鐘

實驗 1 的結果發現：

- 1.照射白光處，結果呈現藍色；照射黑光處，結果呈現白色。
- 2.照射時間越久，圖片輪廓越清楚；但約在 70 分鐘後，沒有太大的差異。
- 3.被磁鐵條壓住的部位洗淨後完全呈現白色，代表此處未受光照所以不會顯色。
- 4.利用投影機照射確實能呈現圖片效果，但是一天後顏色的呈現並不如網路影片中飽和。
- 5.不同的洗淨方式其成品差異不大，其中水桶浸洗的結果較為模糊。

實驗 1 的討論及修正：

1. 本實驗失敗的可能原因：

(1)溶液的調製：不同的溶液比例可能造成不一樣的結果，應再進一步確認最佳的比例。

(2)照射的距離：投影機與布的距離過大，光線強度不夠集中，應將距離再縮短。

(3)周圍的光源：開放的空間易受環境其他光源的影響，應在較為封閉的空間進行實驗。

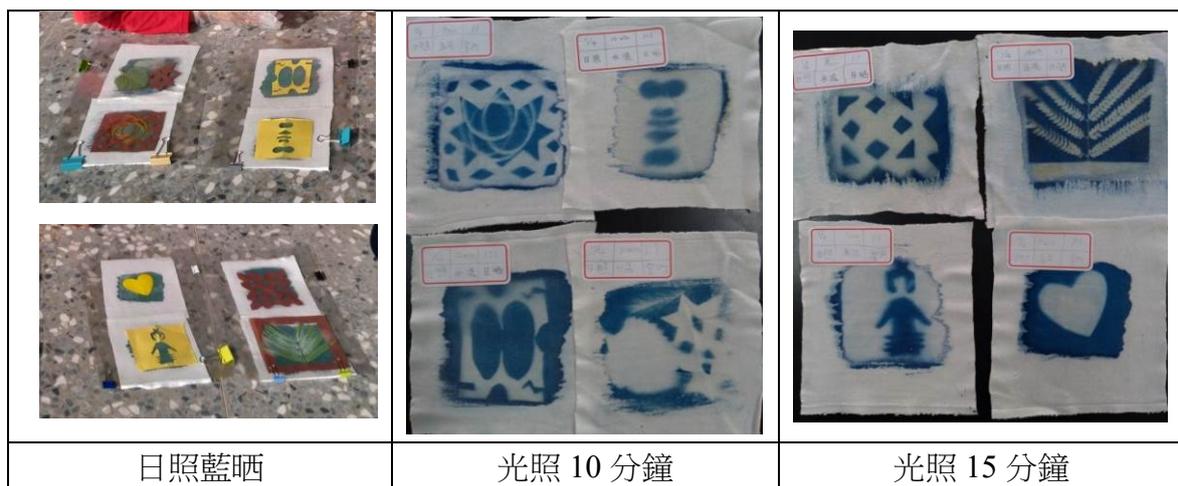
2. 水桶浸洗較為模糊，研判可能和洗淨時用力搓洗有關，建議同一人浸洗較能比較其差異。

二、實驗 2：傳統藍晒-太陽光源

(一)赤血鹽溶液與檸檬酸鐵銨溶液取 1:1 混和，作為實驗 2 之感光溶液。

(二)有別於實驗 1 的投影機光源，為了確認感光溶液的反應是正常無誤，我們以太陽光作為本次實驗的光源，光照時間為 10 分鐘及 15 分鐘，天氣狀況為晴朗無雲。

(三)在實驗 1 我們發現水盆浸洗和淺盆漂洗的操作過程並無差異，因此在本次實驗直接採用水盆浸洗及流動水洗來做比較，試圖在本次實驗中找出後續研究較適當的水洗方式。



實驗 2 的結果發現：

1. 溶液的調製可以讓藍晒作品顯色，表示藥劑本身沒有問題。
2. 照射時間 10 分鐘的顏色較淡，照射 15 分鐘的顏色較為飽和。
3. 浸洗後在室外以太陽光晾乾的作品，會出現黃黃的顏色，在室內陰乾則不會。
4. 以流動水洗淨感光液的成品邊界較為模糊，盆洗的則效果比較好。
5. 部分作品晾乾後聞起來有牛排血腥味。

實驗 2 的討論及修正：

1. 時間確實會影響成色的效果，可進一步討論照射時間對於顏色的影響
2. 盆洗效果優於流動水的效果，建議後續實驗的洗滌方式統一改為盆洗。

3.室內陰乾的作品其底色不會出現黃色，建議後續實驗的晾乾方式統一為室內陰乾。

三、實驗 3—實驗場域環境的確定

實驗 3-1—改變實驗的場域

由實驗 2 可以發現所購買的檸檬酸鐵銨及赤血鹽，照光後確實可以反應出藍色，但若是使用投影機照射，時間及距離似乎還要再確認，於是我們這一次將研究位置從較為開放的黑板區移到了較為昏暗的辦公桌底下，希望在沒有其他光源影響的情況下，有較為成功的實驗結果。

因此，我們比照實驗 2 的溶液比例，並請一位同學專責塗抹感光液，將布固定於辦公桌底下，並於每 10 分鐘拍照確認布面的變化。

			
場域移到辦公桌下	距離縮短為 45 公分	(上圖)照射 5 分鐘 (下圖)照射 10 分鐘	(上圖)照射 20 分鐘 (下圖)照射 30 分鐘
			
照射 40 分鐘	洗淨後的顏色	晾乾後的顏色	

實驗 3-1 的結果發現：

- 1.辦公桌下的環境光線較暗，投影機距離近光線較為集中。
- 2.照射 5 分鐘布面即出現明顯變化，照射 20 分鐘布面受光處明顯出現咖啡色。
- 3.洗淨後，照射範圍外的布留有些許藍色邊框痕跡。

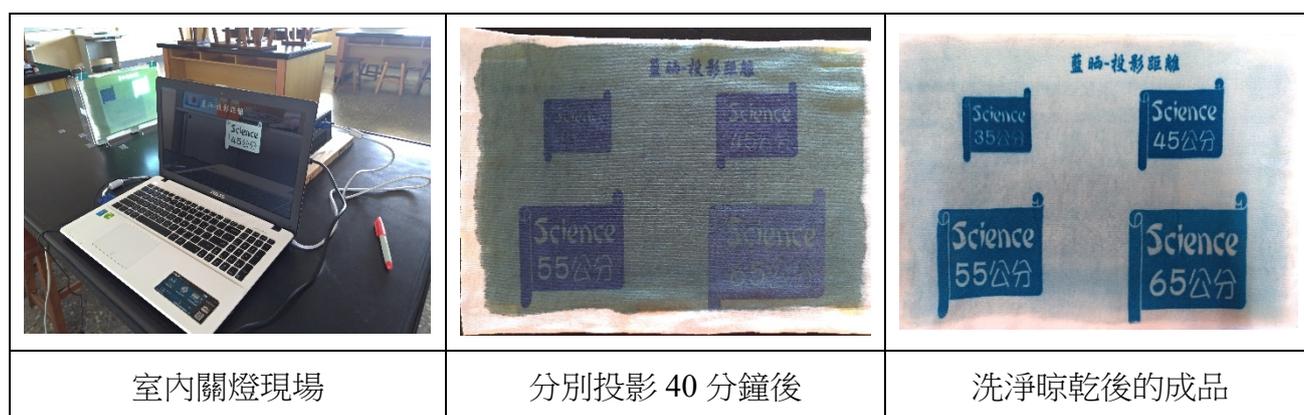
4.成品的圖案可以像投影片上的線條細緻呈現，文字也清晰可見。

實驗 3-1 的討論及修正：

- 1.本次實驗有了令人開心的發現，但也改變了兩個變因，分別為縮短投影的距離(由 150 公分縮短為 45 公分)以及環境光的控制(降低其他光源的干擾)，因此，必須再確認是哪項變因造成實驗結果的呈現。
- 2.當受光處的顏色出現咖啡色，似乎代表著感光反應已完成，因為這次沒有照到 90 分鐘，但呈現的效果顯著。是否縮短距離(光照強度增強)後，時間可以縮短？
- 3.盆洗時，無法確認布面上未感光的染液是否已完全洗淨，建議改為三盆水，依序洗清以確保感光液完全清除。

實驗 3-2 投影的距離

利用投影距離的變化，進一步確認投影距離是否會影響成品的呈現，我們從投影機的最短工作距離 35 公分開始，每隔 10 公分實驗一次，分別為 35、45、55、65 公分，照射時間統一為 40 分鐘，結果如下：



實驗 3-2 的結果發現：

- 1.距離為 35 公分時，顏色呈現較深，文字不宜太小字，容易看不清楚。
- 2.距離為 45、55 公分時，顏色飽和，文字清楚。
- 3.距離為 65 公分時，顏色較 45 公分的淺，但差異不大，文字也清楚。

實驗 3-2 的討論：

1. 投影的距離長短會影響顏色的深淺呈現，也會影響圖形的清晰度，操作時距離不宜過短。

實驗 3-3 環境光源的控制

環境光源的控制，我們比較了兩種狀態，(一)開燈(明亮)狀態—室內環境、日光燈全開、百葉窗全開；(二)關燈(暗室)狀態—室內環境、日光燈全關、百葉窗全關。結果如下：

	
開燈狀態	關燈狀態

實驗 3-3 的結果發現：

1. 開燈狀態，圖案顏色稍淺，留白區塊些微變藍。
2. 關燈狀態，圖案顏色較飽和，留白區塊較不受影響，藍白色的對比較為明顯。

實驗 3-3 的討論：

1. 環境光源對於實驗結果似乎會造成影響，建議操作藍晒時，盡可能降低環境其他光源的影響，以提升作品的成功率。
2. 這個實驗的操作需要昏暗不受其他光源干擾的環境，但關燈又會影響其他在現場操作的人，而每次蹲在桌下操作也不方便，可否有更好的方法可以取代？有同學提出利用紙箱來做出類似電影院的感覺，因為電影院內燈光昏暗，只有投影機投射出畫面，和這個實驗很像。

四、實驗 4—投射時間的操作

由實驗 3 可以發現照射的時間可能因距離的縮短而隨著減少，因此，這次我們透過投射時間的操作，來確認使用迷你電影院後，距離固定的情況下，照射時間可以如何調整。

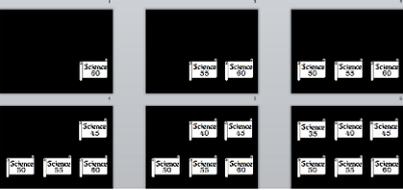
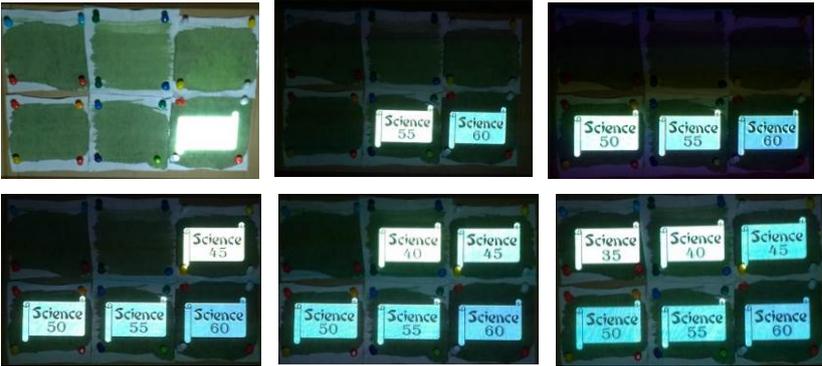
(一) 赤血鹽溶液與檸檬酸鐵銨溶液取 1:1 混合，作為實驗 4 之感光溶液。

(二) 實驗場域經討論後，改為”迷你電影院”的方式，利用紙箱作為實驗場域，其照射距離約為

68 公分(畫面範圍約為 A4 紙張的大小)，投影的布則以圖釘固定在紙箱上。

(三)照射時間的操作，原設定為時間一到就撤下該張布，但考量撤布動作可能會移動到箱子，而影響其他影像照射的位置，於是利用簡報檔切換的方式來控制圖片光線的照射時間。

(四)洗淨方式則採盆洗方式進行，並改以 3 盆水依序清洗，確保感光液的清除。

			
<p>迷你電影院的配置(側面)</p>	<p>迷你電影院的配置(正面)</p>	<p>用圖釘將布固定在紙箱上</p>	
			
<p>簡報檔的設計圖示</p>	<p>實際操作之過程(0 分→5 分→10 分→15 分→20 分→25 分)</p>		
			
<p>照射 30 分鐘</p>	<p>照射 35 分鐘</p>	<p>照射 40 分鐘</p>	<p>照射 45 分鐘</p>
			
<p>照射 50 分鐘</p>	<p>照射 55 分鐘</p>	<p>照射 60 分鐘</p>	

		
盆洗過程	一次使用 3 盆水	晾乾後的成品

實驗 4 的結果發現：

1. 布面每 5 分鐘的照射後都會有變化，約 15 分後布面的顏色慢慢出現一致的藍色。
2. 在 30 分鐘後，發現照越久的布面藍色越明顯；但此時 60 的布面文字已漸漸消失。
3. 在 45 分鐘後，布面上 55 及 60 的文字幾乎消失。
4. 利用三個透明容器裝水來洗淨未反應的感光液，可以清楚看出第一盆的水明顯變黃綠色，表示未反應的感光液已溶在水中，第二盆水則再次確認是否有第一盆未被洗出的感光液，到了第三盆明顯可以看到水是乾淨的，表示未反應的感光液已幾乎完全洗掉。
5. 晾乾後，發現原本好像消失的 55 及 60 等字並沒有消失，而是相當明顯。
6. 只有 40 這塊布的背景沒有明顯藍色輪廓，其餘 5 片都有。

實驗 4 的討論及修正：

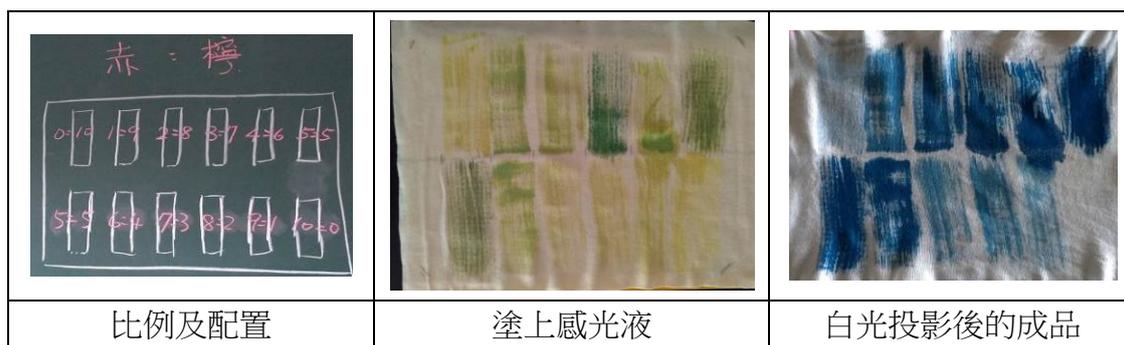
1. 初步可以確認時間越長，顏色越深，但好像過了 45 分鐘後，顏色差異性不大。
2. 照射 40 分鐘的成品顏色感覺最漂亮，下次可以以 40 分鐘為照射時間即可。
3. 照在不同的布面上其呈現可能會有落差，建議下次可以在同一張布面來操作時間的變化。
4. 用圖釘來固定棉布好像會刺傷衣服，留下圖釘的記號，是否可以固定在一片活動的板子上。
5. 塗刷感光液時，不要塗得太多太濕，才不會造成多餘的藍色沉澱。

五、實驗 5—溶液比例的操作

實驗 5-1—A、B 溶液比例的確認

尋找文獻時，發現不同的店家或研究者針對藍晒實驗的溶液都有不同的比例配方，於是，我們想進一步探討檸檬酸鐵銨及赤血鹽兩溶液在本實驗中的最佳混合比例。因此，將赤

血鹽與檸檬酸鐵銨依下圖比例調製。



實驗 5-1 的結果發現：

- 1.比例 0:10(純檸檬酸鐵銨)的塗色區域照光洗淨後有顯色(淡藍色)，而比例 10:0(純赤血鹽)的塗色區域照光洗淨後完全沒有顯色。
- 2.比例為 7:3、8:2、9:1 的顏色較比例 0:10 的淡藍色還要深色；而比例 1:9 及 2:8 的顏色差不多，也比 7:3 等三組的顏色還要再深；而比例為 3:7、4:6、5:5、6:4 則最深。

實驗 5-1 的討論及修正：

- 1.各杯感光液調製時，僅用滴管來確認 A、B 溶液的比例可能會有些出入，建議下次要用量筒來量測各溶液的量，才能讓結果較為精準。
- 2.每個比例塗色的區塊不夠大，且較不均勻，比較起來較為吃力，下次塗色的區域可以再擴大，才能更容易比較色塊間的差異性。
- 3.比例為 3:7、4:6、5:5、6:4 在本次實驗中顯色最深，而比例 7:3 的顯色效果雖不如其他區塊，但在過去其他研究者的實驗結果卻是表現最佳，因此，下次可以再針對此比例重做一次。

實驗 5-2—比例再確認

由實驗 5-1 可以發現比例為 3:7、4:6、5:5、6:4 等四種感光溶液顯色較為飽和，為了進一步確認比例之效果，我們再次驗證 3:7、4:6、5:5、6:4、7:3 等五種比例，各比例溶液的量測也改為量筒量測，其結果如下：

<table border="1"> <tr> <td>3:7</td> <td>4:6</td> <td rowspan="2">5:5</td> </tr> <tr> <td>7:3</td> <td>6:4</td> </tr> </table> 	3:7	4:6	5:5	7:3	6:4	 	 	
3:7	4:6	5:5						
7:3	6:4							
比例配置 塗完感光液的布	(上圖)投影 10 分鐘 (下圖)投影 20 分鐘	(上圖)投影 30 分鐘 (下圖)投影 40 分鐘	完成品					

實驗 5-2 的結果發現：

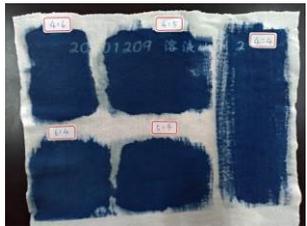
- 1.改成這樣的塗色區域，不用擔心 5:5 轉錯邊，而導致比例的誤判。
- 2.比例 4:6、5:5、6:4 的表現較為不錯，顯色結果優於 3:7 及 7:3，其中比例 7:3 也較上次的結果好，顯示量筒量測確實會影響實驗的結果。

實驗 5-2 的討論及修正：

- 1.比例為 4:6、5:5、6:4 在本次實驗中表現不分上下，可以再進行下一輪的比較。
- 2.由於 5:5 相當於 4:4，若視為 4:6、4:4、6:4，則可再細分為 4:6、4:5、4:4、5:4、6:4 等五種比例做確認。

實驗 5-3—確定最佳比例

由實驗 5-1 及實驗 5-2 可以發現比例為 4:6、5:5、6:4 等三種感光溶液顯色較為飽和，為了進一步確認比例之效果，我們這次將比例調整為 4:6、4:5、4:4(原 5:5)、5:4、6:4 等五種比例，結果如下：

<table border="1"> <tr> <td>4:6</td> <td>4:5</td> <td rowspan="2">4:4</td> </tr> <tr> <td>6:4</td> <td>5:4</td> </tr> </table>	4:6	4:5	4:4	6:4	5:4	
4:6	4:5	4:4				
6:4	5:4					

比例配置	完成品
------	-----

實驗 5-3 的結果發現：

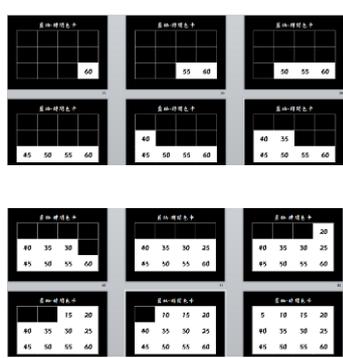
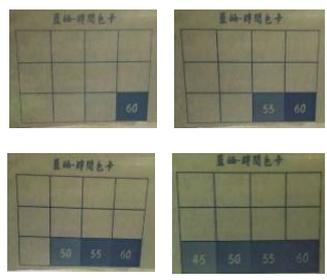
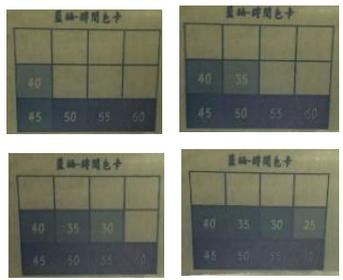
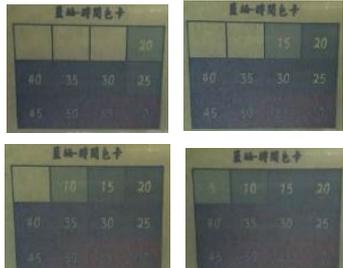
1.照射 40 分鐘後，比例為 5:4 的顏色最飽和，其次為 4:4，而 4:5 的顏色較暗，4:6 及 6:4 較淡。

實驗 5-3 的討論及修正：

- 1.塗抹時，第一下不要太大力，可減少周圍暈開的範圍。
- 2.市售材料包多為 1:1 的調配，有可能是為了讓消費者方便調配；但我們一致認為比例 5:4 的效果應該是最好的。後續實驗將以 5:4 作為感光液的黃金比例。

六、實驗 6—重新確認投影時間

因為實驗 5 的幾次實驗中，我們找到了適合投影機進行光雕的感光液比例為 5:4 (赤血鹽溶液:檸檬酸鐵銨溶液)，因此，我們認為有必要利用新的感光液來重新確認最佳的光照時間，因此，針對實驗 4 的實驗設計再次修正，我們認為可以利用同一片布進行分區投射，數字 60 表示將照光 60 分鐘，數字 55 表示將照光 55 分鐘，以此類推，相關設計如下圖所示：

		
<p>PPT 圖卡</p>	<p>(左上)5 分 (右上)10 分 (左下)15 分(右下)20 分</p>	<p>(左上)25 分 (右下)30 分 (左上)35 分 (右下)40 分</p>
		

(左上)45 分 (右上)50 分 (左下)55 分 (右下)60 分	完成品
--	-----

實驗 6 的結果發現：

- 1.照射過程中，當區塊照了 30 分鐘以上的光後，布面會出現類似紫色或咖啡色。
- 2.過了 30 分鐘後，60 的字樣漸漸模糊，和上一次的時間實驗差不多的感覺。
- 3.我們最後發現只照 5 分鐘的區塊幾乎沒有反應出藍色，接下來的數字區塊顏色由淺入深，而 30 和 35 的顏色很像，數字 40 和 45 的顏色很像，數字 50~60 的顏色幾乎一樣深。

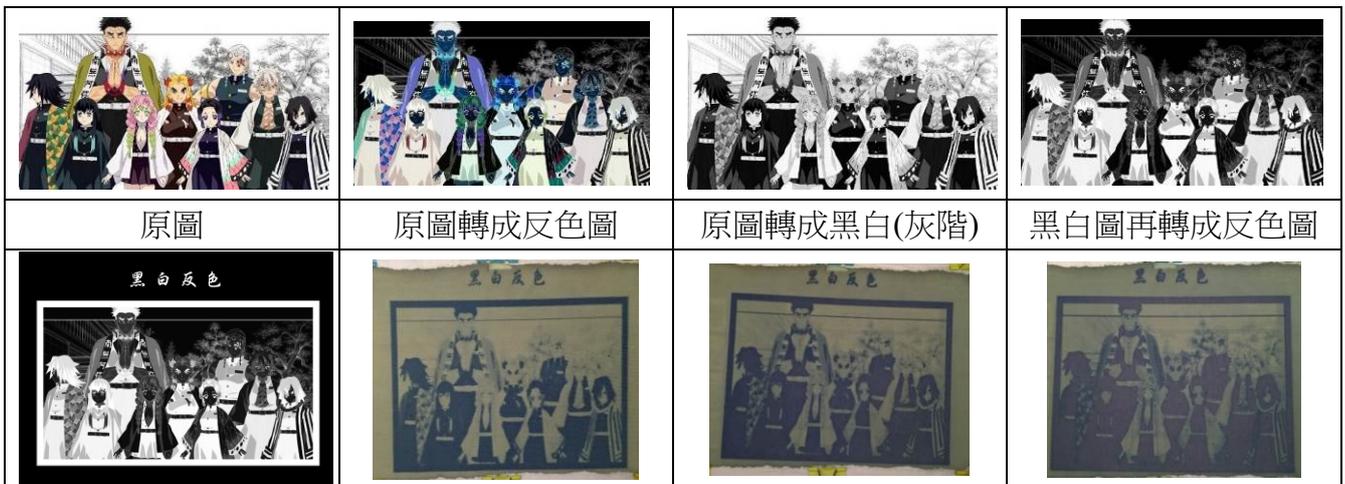
實驗 6 的討論及修正：

- 1.照射時間確實影響顯色的深淺；照射時間越短，顏色越淡；照射時間長，顏色的呈現則較深。
- 2.我們發現最深的顏色大概就落在 50 以後的區塊，表示照射 50 分鐘即可以讓感光液充分反應。
- 3.透過這次的實驗，我們爾後的實驗投影照射時間訂為 50 分鐘。

七、實驗 7—圖片投影

前面實驗確認感光液的比例、投射的距離及時間後，接下來我們找了一張卡通圖片，看看透過藍晒後會出現甚麼結果，因為投射時顏色的深淺會顛倒呈現，所以我們利用圖片編輯軟體—光影魔術手來轉換圖片的顏色。

我們將彩色圖片轉換成黑白照片，並將原圖及黑白圖片皆轉成反色圖片，如下所示：



			
黑白反色的投射圖檔	(上圖)10 分鐘 (下圖)20 分鐘	(上圖)30 分鐘 (下圖)40 分鐘	(上圖)50 分鐘 (下圖)完成品
	 	 	 
	上圖)10 分鐘 下圖)20 分鐘	上圖)30 分鐘 下圖)40 分鐘	上圖)50 分鐘 下圖)完成品

實驗 7 的結果發現

1. 投影的結果和圖片很像，部分比較淡或細微的線條沒有呈現出來。
2. 成品和 10 分鐘的投影結果很相像。
3. 黑白反色的投影對比較為明顯，但有些細節在圖檔已消失；原圖反色的圖檔對比鮮明，但在投影的成品上對比不強烈，如格子披風處對比較不明顯。
4. 灰階顏色可以造成深淺，而多彩的颜色也可以造成深淺不同的藍。

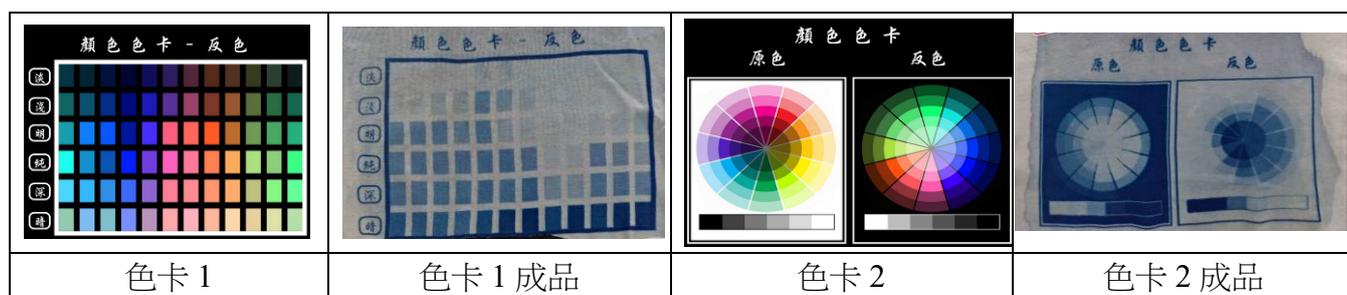
實驗 7 的討論與修正

1. 不同的顏色可以造成深淺，但在披風上原本看似對比強烈的色彩，投影完之後卻沒有很明顯，究竟那些顏色可以清楚的呈現深淺，值得一探究竟。
2. 哪些才是生活中常見(或常用)的顏色？於是，我們找了不同的色卡來試試看。

八、實驗 8-投影顏色的比較

實驗 8-1—色卡投影

透過實驗 7 原圖反色及黑白反色的結果，我們發現投影不僅限於黑白灰等灰階色彩，透過其他顏色的照射也能出現深淺不同的藍色，因此，讓我們對於投影的顏色有了多一層的想法，希望能找出更多不同的顏色來完成。



實驗 8-1 的結果發現

- 1.越淡的顏色，投影後的顏色也較淡；深色的顏色，投影後的顏色呈現較為飽和。
- 2.綠色的投影後差異性較大；藍色的則差異性較小。
- 3.黃色及橘色色調偏暖偏亮，原色投影後的顏色較淺，反色投影後的顏色較深。

實驗 8-1 的討論與修正

- 1.其中，綠色的深淺調整最容易反應出藍晒的顏色深淺；對人眼而言，最敏感的波長為 555 nm，剛好屬於綠光波長 495 - 570 nm 區間。
- 2.不同的顏色所造成的深淺，也許和顏色本身的調性有關，也可能和這些顏色的波長有關。

實驗 8-2—自製圖片投影(以色卡調整深淺)



實驗 8-2 的結果發現

- 1.草地因為不同顏色的搭配，而有深淺不同的藍色呈現。
- 2.樹的層次也因為不同顏色搭配，而有漸層的效果。

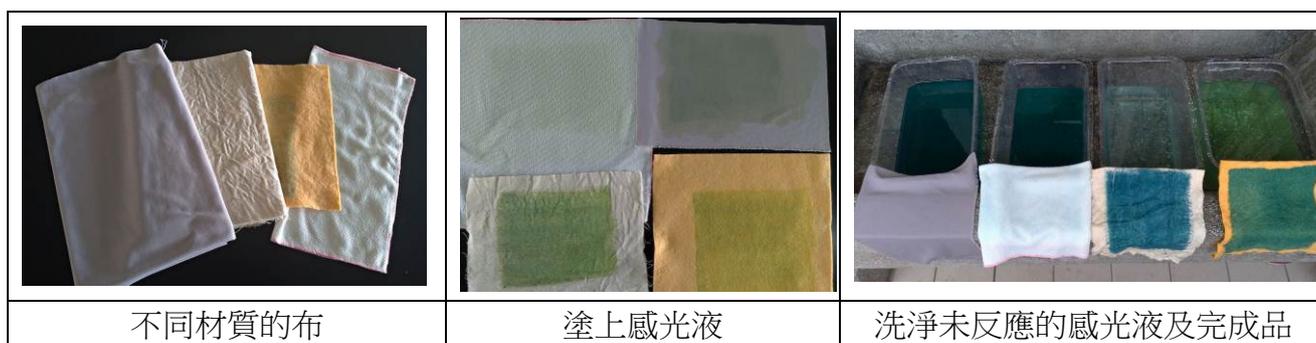
實驗 8-2 的討論與修正

- 1.利用顏色的投影來製作深淺不同的藍色，順利完成一幅圖畫，實驗成功。

九、實驗 9—不同布料材質及不同顏色的布

想要把圖片投影在衣服上，除了純棉布料外，其他常見的布是否也可以順利投影，於是，我們找了排汗衣的吸濕排汗布、製作帆布袋的胚布、以及容易吸水的兩款抹布，希望透過實驗 9-1 來了解我們的顯影術還可以在那些布料上順利呈現；而在衣服的颜色上，則希望能讓藍色更清楚呈現，因次我們也找了與白色棉布同材質的粉紅色及黃色來進行實驗，希望透過實驗 9-2 進一步確認哪種顏色的布有最好的呈現。

實驗 9-1 不同材質的布



實驗 9-1 的結果發現

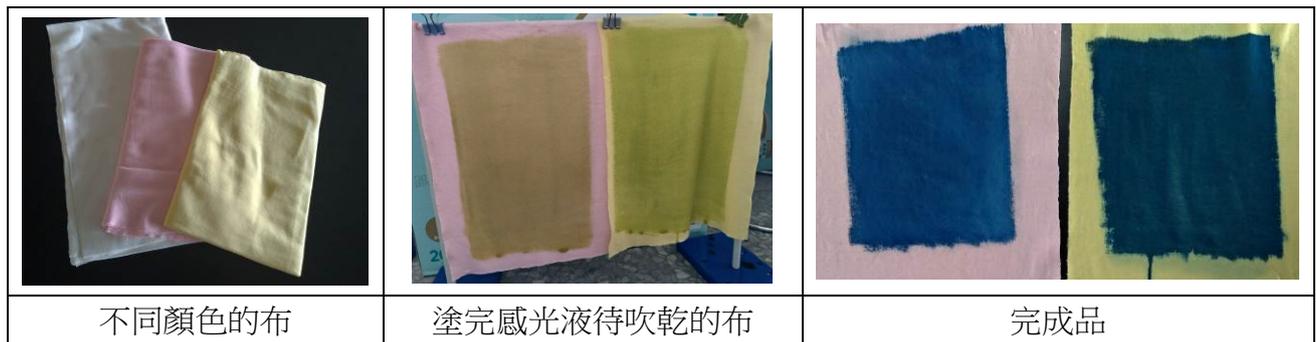
- 1.塗刷感光液時，吸濕排汗布擴散最快，胚布最好塗抹，白色抹布擴散快，橘色抹布纖毛多易塗色。
- 2.光照洗滌後，吸濕排汗布及白色抹布幾乎沒有藍色沉澱，胚布及橘色抹布出現漂亮的藍色。
- 3.觀察個別的洗淨水盆，其中未成功上色的排汗布與白色抹布的兩水盆顏色最深，幾乎所有

的感光液都被洗掉未殘留。

實驗 9-1 的討論與修正

- 1.吸濕排汗布可能排水性佳，所以不能留下任何感光液；白色抹布亦同。
- 2.胚布上色容易，顯色效果好，所以多數手工藝品常以胚布作為素材原料。

9-2 不同顏色的布



實驗 9-2 的結果發現

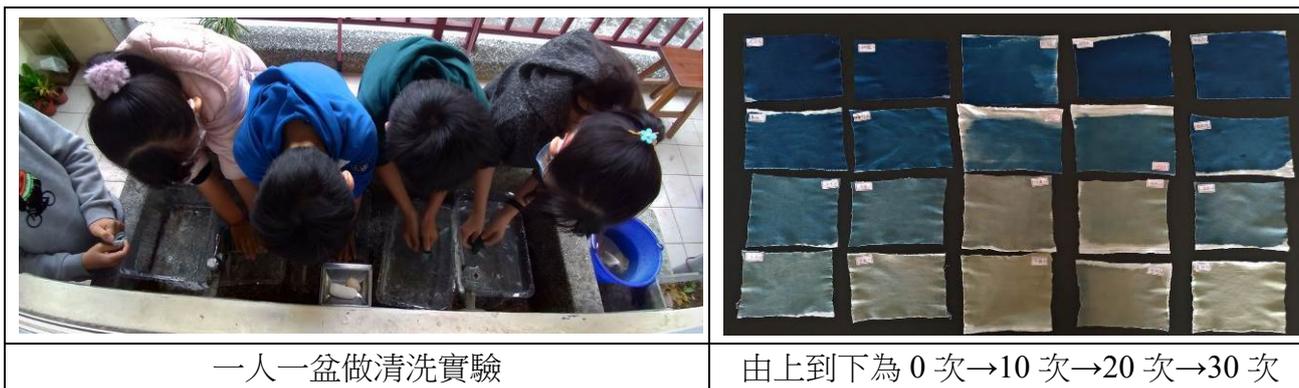
- 1.塗刷感光液時，都比同型號的白色棉布容易上色；但是吸水性比白棉布差，因為布面垂直吊掛時，有感色液滴出來。
- 2.兩片不同顏色的布都可以呈現出鮮豔的藍色。

實驗 9-2 的討論與修正

- 1.染色的棉布吸水性較不好，所以塗刷感光液較不容易，日後若要以此種布來創作，建議塗刷後可用吹風機吹乾，避免吊掛風乾時讓感光液滴了出來。

十、實驗 10—耐洗度的測試

衣服穿了之後勢必要經過洗滌的程序，但在過去的實驗中，大多只是單純完成作品，鮮少有研究針對藍晒作品做洗滌的測試，因此我們希望透過實驗 10-1 來瞭解由光雕顯影術所染上的藍色，是否經得起清水搓揉洗滌；除了清水洗滌外，大多數的家庭還是以洗衣精來做為洗衣的洗劑，因此我們針對不同的洗劑進行了實驗 10-2，希望了解藍晒作品是否經得起不同洗劑的洗滌。



實驗 10-1 的結果發現

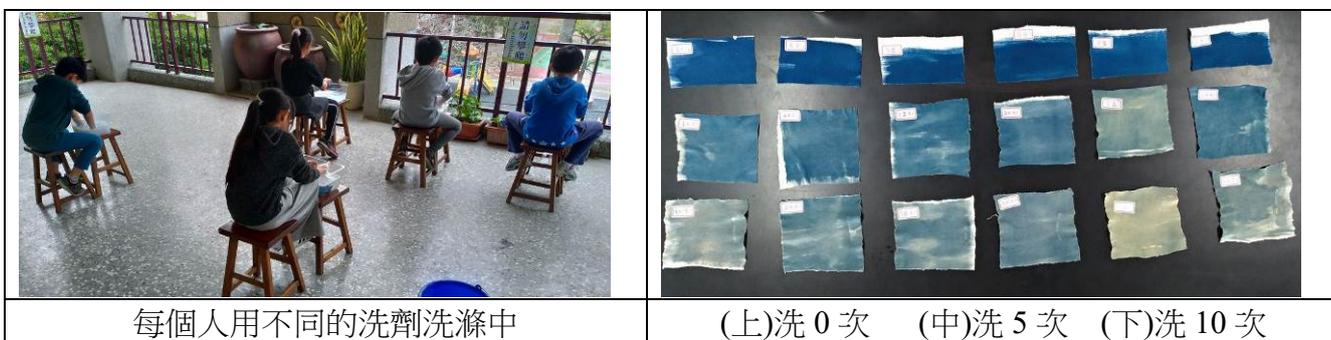
- 1.不同的人用清水洗滌 10 次的結果差異性不大，但都有明顯變淡的現象。
- 2.洗了 20 次後，已有 2 塊布呈現咖啡色，其餘 3 塊的顏色也明顯變淡。
- 3.洗了 30 次後，共有 4 塊布呈現咖啡色，僅剩 1 塊布留下微微的藍色。

實驗 10-1 的討論與修正

- 1.成品用清水洗了 10 次後的顏色尚可接受，但到了 20 次、30 次簡直慘不忍睹，代表藍晒作品可能不耐洗。
- 2.如果用洗衣精來清潔，是否會有相同的結果呢？

實驗 10-2—耐洗度的測試(洗衣精)

以清水測試的結果顯示藍晒布似乎不耐洗，於是大家紛紛提供家裡的洗衣精，希望藉此進一步了解藍晒作品對於洗衣精的耐洗程度。



實驗 10-2 的結果發現

- 1.洗了 5 次時，顏色有變淡的現象；洗了 10 次後，用肥皂水洗的的布已出現黃色，其餘 5 片

也都明顯變淡，效果比清水洗還要慘。

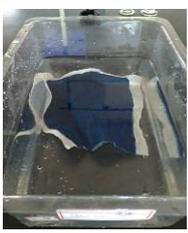
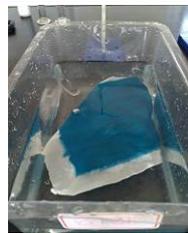
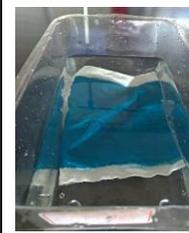
實驗 10-2 的討論與修正

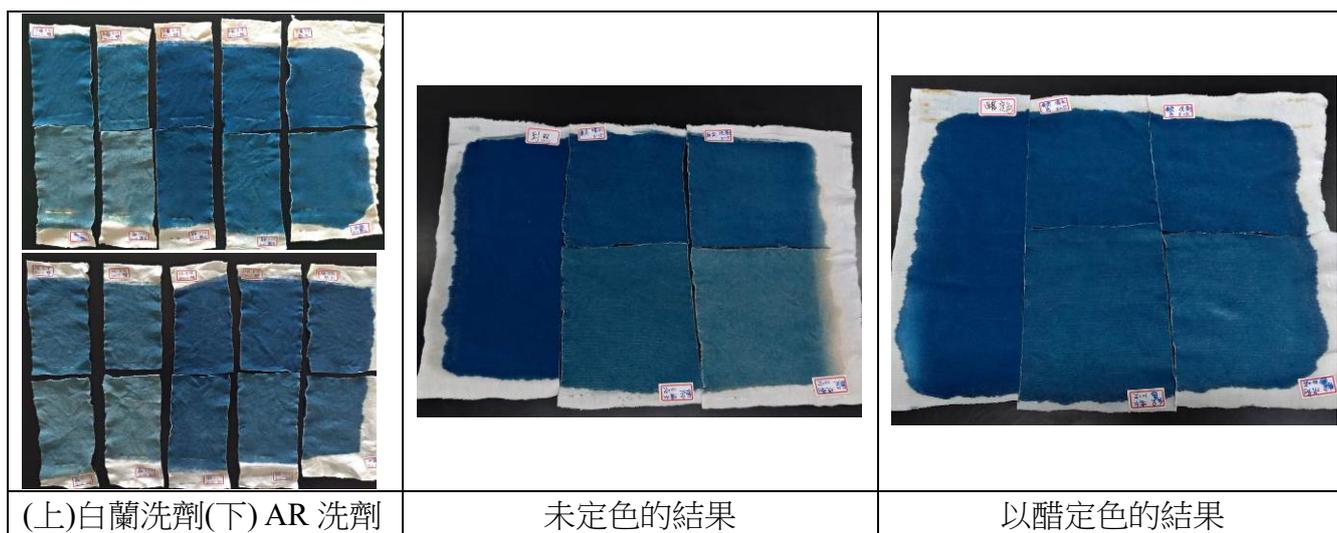
1.不論清水或洗衣精，對於藍晒作品都不耐洗

實驗 10-3—藍晒定色

由實驗 10-1 及 10-2 的結果中，我們發現藍晒作品不甚耐洗，用清水洗了 10 次後作品的藍色已明顯變淡，因此，為了要延續作品的壽命，我們開始搜尋定色的方法，不過，關於藍晒定色的方法似乎沒有相關研究提及，只有提到雙氧水具有顯色效果，我們只好轉向植物染的定色方法，發現可以用醋或是熱水來定色，接下來我們將針對雙氧水、醋及熱水等三個方法進行實驗比較。

實驗操作：定色液的水量為 3000C.C.，分別加入 30C.C.和 60C.C 的醋，以及 30C.C.和 60C.C 的雙氧水，另準備一桶 100°C 的熱水

					
30C.C 雙氧水	60C.C 雙氧水	30C.C 醋	60C.C 醋		
					
30C.C 雙氧水	60C.C 雙氧水	30C.C 醋	60C.C 醋	熱水	



實驗 10-3 的結果發現

1. 浸泡雙氧水時，無論濃度高低都立刻顯現出鮮豔藍色；浸泡熱水和不同濃度的醋，顏色沒有特別的反應。
2. 經過一天晾乾後，顏色沒有太大差異，都呈現飽和的藍色。
3. 以清水洗滌 10、20、30 次的結果，以雙氧水的表現較差，熱水次之，醋的效果較好。
4. 以不同洗劑洗滌後，和清水洗滌差不多，雙氧水的表現較差，熱水次之，醋的效果較好。

實驗 10-3 的討論與修正

1. 以醋做為定色液，能讓藍晒作品更加耐洗。

陸、討論

一、檸檬酸鐵銨及赤血鹽溶液的混合比例

- (一) 實驗結果發現感光液混合的比例以 5:4(赤血鹽溶液:檸檬酸鐵銨溶液)的效果最好。
- (二) 市面上多以 1:1 為作為感光液的混合比例，可能考量使用者方便調配使用。

二、光照時間的長短

- (一) 距離遠近可能會影響光照時間的長短，以”迷你電影院”可以有效控制其距離及光的強度。
- (二) 以投影機作為光源，距離為 68 公分左右時，照射 50 分鐘即可達讓感光液完全反應。

三、圖片的顏色

(一) 投影的顏色確實能讓成品產生深淺不同的藍色，其中，綠色光的深淺層次最明顯。

(二) 透過投影顏色的控制，在固定時間內即可完成一件深淺不同的藍晒作品。

四、不同材質及不同顏色的布

(一) 吸水性較佳的布不一定利於藍晒操作，能夠留住藍色沉澱才是重點，如吸濕排汗布不適合藍晒，而胚布則相當適合。

(二) 本身已染色的布吸水性較差，但可能布纖維的特性已有所改變，在操作上意外地好處理。

五、成品的耐洗度

(一) 以清水洗滌約 10 次後，藍晒顏色出現明顯退色，不耐洗。

(二) 以市售洗衣精洗滌約 5 次後，藍晒顏色也開始出現明顯退色，不耐洗。

六、合適的定色液

(一) 雙氧水只適合作為顯色劑，但以清水或洗衣精洗約 10 次後，仍出現明顯退色，不耐洗。

(二) 食用醋可有效為藍晒作品定色，以清水或洗衣精洗約 10 次後，未出現明顯退色，耐洗。

柒、結論

藍晒原是以太陽作為曝光的主要光源，但容易受到天氣的影響，若遇到陰天或雨天即無法順利完成作品。本實驗以投影機作為主要光源，可避免天氣因素的影響，為相對穩定的光源。

經本研究發現，可利用投影距離來控制光的強度，其中若要創作 A4 大小之作品，其投影距離約 68 公分，照射時間 50 分鐘即可讓感光液完成反應，而感光液的調製以 5:4(赤血鹽溶液:檸檬酸鐵銨溶液)為最佳比例，洗淨方式以採用三盆水的盆洗能確實洗去未反應的感光液，而洗淨後再以食用醋做為定色液，即能增加作品的耐洗度。

捌、參考資料

1. 化學反應-投影機自製光雕潮 T(民 107 年 9 月 11 日)，LIS 線上教學平台，取自：
<https://lis.org.tw/post/00000222>
2. 什麼是藍曬?，取自：<https://www.lifechem.tw/what-is-cyanotype.html>
3. 藍曬化學藥劑的使用方法與安全須知(民 108 年 7 月 18 日)，凡思若藝，取自：
https://tovisionary.blogspot.com/2019/07/blog-post_18.html
4. 第 57 屆中小學科學展覽會 國小組化學科，"藍"住陽光,"晒"出幸福-藍曬關鍵揭迷，取自：
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=13812>
5. 日光顯影-魅惑的藍：影響藍曬成像效果的因素探究，取自：
http://science.hsjh.chc.edu.tw/upload_works/106/ba5934ecec206c09d6d1d3cbc9bbdb72.pdf
6. [生活]衣物預防褪色：用醋定色，取自：<https://mikaoy.pixnet.net/blog/post/13884717>
7. 藍染作品定色方式，取自：<https://blog.xuite.net/bookarts/dye/class/180679861>

【評語】 080218

1. 研究光雕顯影術，主題有趣。
2. 器材應標明規格型號。
3. 設備器材不要只 PO 相片，應有名稱對應。
4. 說明書應標上頁數。
5. 變因的設計應說明。
6. 自製量測器材，很好。但應經過認證。
7. 參考資料如取自網站，應標明上網日期。
8. 應有文獻探討。
9. 針對古老沖印術做研究，探究其中奧秘，理解前人智慧，作品主題有趣且具特色。
10. 變因探討完整詳細，但在實際操作宜建立標準化流程，實驗資料蒐集分析亦須選擇客觀有效的工具與方法。
11. 本研究需要做大量的顏色分析探討，僅用目視進行，欠缺客觀有效的工具，分析時也欠缺量化的資料佐證。
12. 藍晒原理曾在第六十屆科展化學科（佳作）有報導，但學生有用心進行研究，仔細尋找藍晒反應條件，成品有用心製作。

作品簡報

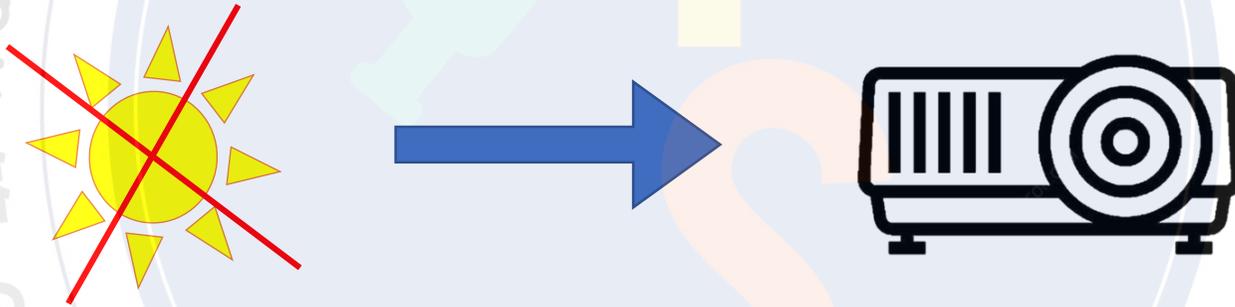


藍到非晒不可-
光雕顯影術，以投影機為例

國小組 化學科

研究動機

- 傳統藍晒是檸檬酸鐵銨加赤血鹽的水溶液，日照後形成普魯士藍的沉澱。
- 本實驗則試圖透過穩定可控的光源—單槍投影機，取代傳統的太陽光源，除了可避免天氣因素的影響外，也希望可以投射出各種圖案。



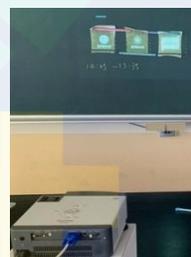
研究目的

- 探討感光液的比例、光照的時間、圖片的顏色是否影響藍晒顏色呈現
- 探討成品的耐洗度及尋找合適的定色液

研究方法及設計

實驗步驟：

調製感光液 → 上色 → 乾燥 → 曝光 → 清洗 → 晾乾 → 成品



感光液的比例

A(赤血鹽溶液) : B(檸檬酸鐵銨溶液)					
0:10	1:9	2:8	3:7	4:6	5:5
5:5	6:4	7:3	8:2	9:1	10:0



A(赤血鹽溶液) : B(檸檬酸鐵銨溶液)		
4:6	4:5	4:4(原5:5)
6:4	5:4	

光照的時間

5(分鐘)	10	15	20
40	35	30	25
45	50	55	60

圖片的顏色

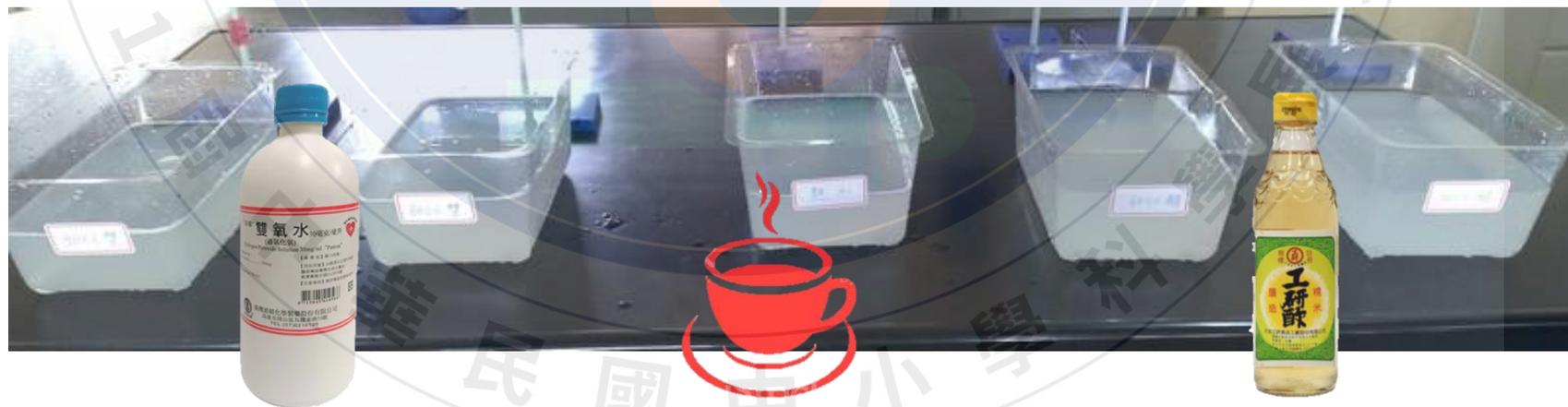


研究方法及設計

- 耐洗度的測試
 - 清水洗滌的次數—5次、10次、20次、30次
 - 不同的洗劑—白蘭洗衣精、茶樹莊園、諾淨洗衣精、手工皂、ARIEL洗衣精



- 尋找合適的定色液 — 雙氧水、熱水、食用醋

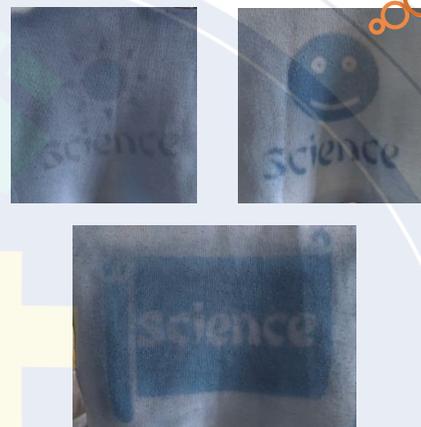
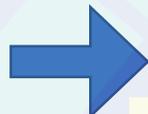


研究結果-實驗初探階段

這樣算成功嗎?

實驗初始設定

- A:B為1:1
- 距離150公分
- 室內、關燈
- 照射70分鐘



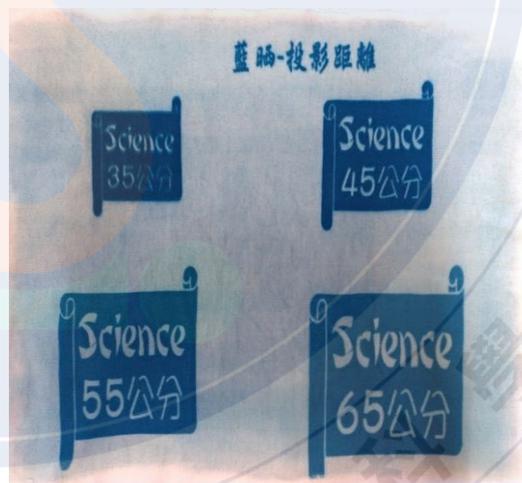
可能失敗的原因

- 感光液有問題嗎?
- 投影距離太遠嗎?
- 周圍燈光太亮嗎?
- 光照時間不夠嗎?

• 關於感光液 → 藥劑沒問題!



• 關於投影距離 → 距離會影響!



◎距離近-顏色深

◎距離遠-顏色淺

• 關於環境光 → 關燈效果好!



註：投影距離在此已縮為45公分

註：投影時間在此次實驗為50分鐘

研究結果-合適的投影環境

- 距離會影響-縮短距離
- 環境光會影響-越暗越好
- 所以我們選擇.....老師的辦公桌下
- 但是 有沒有更好的選擇.....
- 要關燈 + 投影機 + 近距離 = 電影院

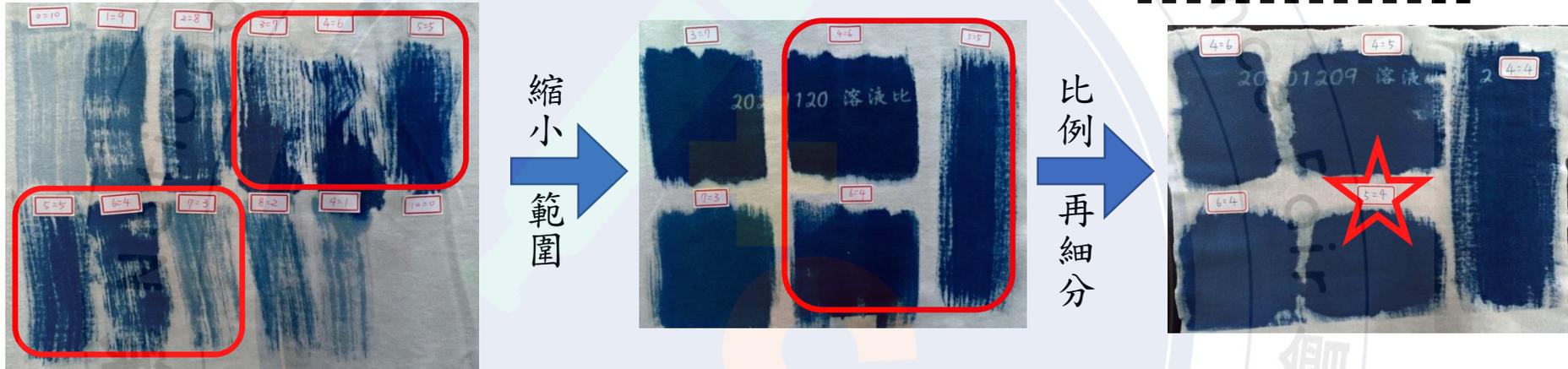


迷你電影院
誕生了!!!

研究結果-最佳比例與光照時間

- 我們發現感光液比例不同會呈現不同的藍

經過不斷的討論，一再地確認，比例再細分後，我們一致認為最佳比例為 **5:4**



- 光照時間的長短似乎也會影響顏色的呈現
- 為了避免其他因素的影響，我們使用同一塊布
- 利用簡報的轉換，依序增加每一區塊的照射時間

- 從時間色卡的成品中可以發現…
 - 不同照射時間可以產生不同深淺的藍
 - 照射50分鐘後，感光液反應完全

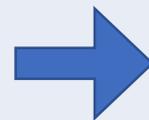
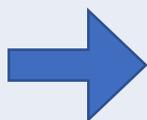
最佳照射時間為**50**分鐘



研究結果-不同顏色呈現的「藍」

多彩的颜色可以造成深淺不同的藍

- 如果用彩色的圖片來投影會有什麼效果呢？



- 利用色卡做進一步的確認……

於是我們利用颜色的特性，自製了一幅藍晒圖~



◎綠色的深淺最容易反應出藍晒的颜色深淺

◎其中，綠光波長約為495 - 570nm

研究結果-成品經得起考驗嗎？

藍晒作品都不耐洗，怎麼辦？

展開尋找定色液之旅~~

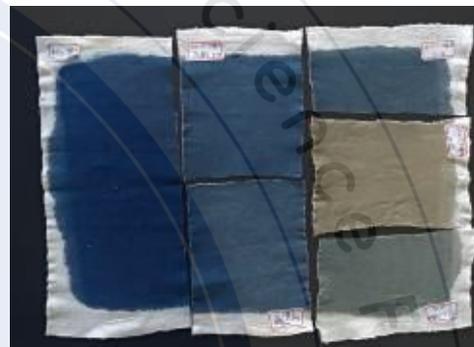
- 用清水來洗它…10次、20次、30次



- 用洗衣精來洗它…5次、10次



皆不耐洗!!!

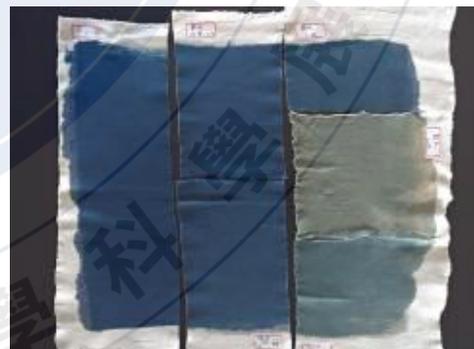


← 浸泡雙氧水

→ 浸泡食用醋



← 浸泡熱水



研究結果-”光雕顯影術”可應用在不同的布料材質上



俗話說.....給你一點顏色，你就開起染坊來啦～
而我們不只開染坊，還開了一家服飾店...



討論

- 為什麼市售藍晒DIY組的感光液比例大部分都是1:1呢？
- 業者們的考量可能顧及到顧客操作的便利性，而且1:1的成品也會出現飽和的藍色，只是我們所找到的最佳比例5:4，讓布面藍色的呈現可以更為鮮艷飽和。
- 使用哪一種顏色的光效果最好？
- 還是以白光的反應最為明顯；而其他顏色的光，則以綠光所產生的層次感最為明顯，或許和波長相關，但比較可惜的是，受限於小學現場的設備不足，無法準確找出此綠光的實際波長。

- 怎麼樣的環境可以讓我們安心的操作藍晒實驗呢？
- 考量檸檬酸鐵銨照光會產生反應，使用”迷你電影院“會有最好的效果，然而如果沒有這個裝置，建議關燈操作，這樣比較不會留下淺藍色的背景印子。
- 如何增加作品的耐洗度？
- 耐洗度確實是藍晒作品的大考驗，雖然泡過同屬酸性溶液的食用醋可以增加耐洗度，但建議比照植物染的作品，於陰暗處放置三個月後再使用，可以讓作品的耐洗度增加。

結 論

- 感光液最佳比例→ 5:4
- 照射最佳時間→ 50分鐘
- 不受氣候影響的穩定光源→ 投影機
- 不受場地影響，有效控制環境光→ 迷你電影院
- 影像約為A4大小的投影距離→ 68公分
- 增加耐洗度的定色液→ 食用醋



參考資料

- 化學反應-投影機自製光雕潮T(民107年9月11日)，LIS線上教學平台，取自：
<https://lis.org.tw/post/00000222>
- 第57屆中小學科學展覽會 國小組化學科，"藍"住陽光,"晒"出幸福-藍晒關鍵揭迷
- 生活衣物預防褪色：用醋定色，取自：<https://mikaoy.pixnet.net/blog/post/13884717>
- 藍染作品定色方式，取自：<https://blog.xuite.net/bookarts/dye/class/180679861>