

藍晒圖

學習單
下載



繪圖世界總是令人充滿想像，你喜歡畫畫嗎？我們擁有多種美術表現方式，繪畫、雕塑、攝影及多媒體等，你最喜歡的方式是哪一種呢？

這次我們要介紹一種傳統的工程製圖方式——藍晒圖，透過繪製、曝曬、水洗、晾乾等步驟，完成一張穩定不易褪色的複製圖，就讓我們透過實驗創作出屬於你的藍晒圖吧！



原理

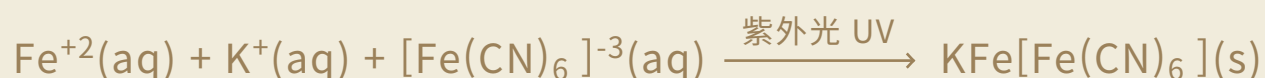
本次實驗使用檸檬酸鐵銨 (Ammonium ferric citrate) 與鐵氰化鉀 (又稱赤血鹽, Potassium ferricyanide) 調配成感光劑。感光劑照射紫外光後會產生化學反應，產生難溶於水的藍色化合物——普魯士藍 (Prussian Blue)。反應過程中，牽扯到電子的轉移以及廣義的氧化還原反應。

檸檬酸鐵銨溶解後，解離成檸檬酸根、三價鐵離子以及銨根。

檸檬酸根釋出電子，稱作「氧化」。而三價鐵離子 (Fe^{+3}) 得到電子變成正二價的亞鐵離子 (Fe^{+2})，氧化數從 +3 下降到 +2，因氧化數減少，故稱作「還原」。以下為還原半反應式：



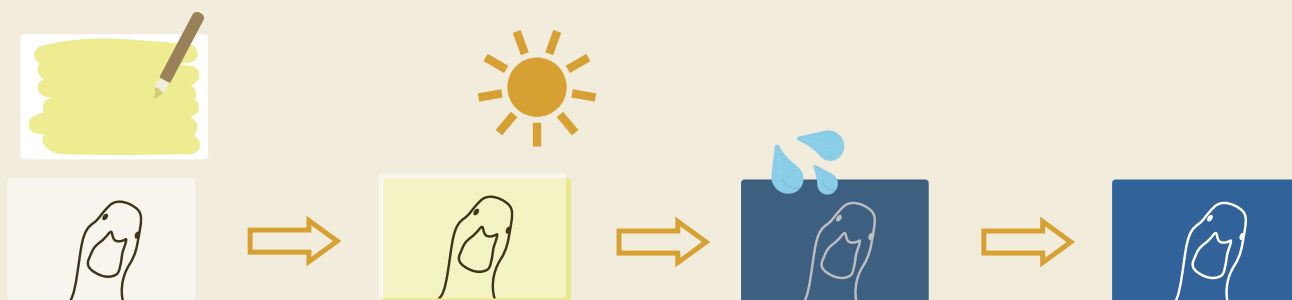
接下來， Fe^{+2} 會再和鐵氰化鉀 (又稱赤血鹽) 解離出來的陰離子反應 ($[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-3}$ ，六氰錯鐵離子)，產生普魯士藍 ($\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)。



在此次實驗中，需要將水彩紙塗滿感光劑，並且覆蓋上用黑色麥克筆畫好圖案的投影片。

麥克筆未塗黑處會透光，下方的感光劑照射到紫外光，產生化學變化（普魯士藍）；塗黑的地方不透光，則不會變化。

再來拿去水洗，照光產生的普魯士藍沉澱在紙上；其餘未反應的感光劑則因溶於水而被洗掉。最後，便能將透明片的圖案複製到紙上。



材料清單

■ 每組材料（4人一組） ■ 全班共用

手套 4 雙

小瓶子 1 個

畫筆 2 支

麥克筆 2 支

A4 資料夾 2 個

水彩紙 4 張

透明投影片 4 張

A4 標示架（影片內稱板架）1 個

檸檬酸鐵銨

鐵氰化鉀

大瓶子 1 個

攪拌棒 5 支

紙杯 5 個

藥勺 2 支

漏斗 1 個

磅秤 1 台

水盆 2 個

抹布 2 條

吹風機（校自備）

衛生紙（校自備）

⚠ 實驗前安全注意事項

1. 實驗中用的化合物對眼睛與皮膚有輕微刺激性，建議戴手套操作。若皮膚不小心接觸，請立刻用肥皂搓洗。
2. 請勿吞食實驗使用的化合物，實驗結束後，也請務必洗手。
3. 鐵氰化鉀不可與強酸混合，否則會產生劇毒的氰化氫氣體。

操作步驟

STEP 01

- 製作感光劑 (教師配製) -

- 戴上手套，配製檸檬酸鐵銨水溶液。
- 檸檬酸鐵銨與自來水的比例是 1：4。
- 秤取 6 克檸檬酸鐵銨以及 24 克自來水，進行混合。
- 配製鐵氰化鉀水溶液。
- 鐵氰化鉀與自來水的比例是 1：10。
- 秤取 3 克鐵氰化鉀以及 30 克自來水，進行混合。

將檸檬酸鐵銨水溶液與鐵氰化鉀水溶液混合，兩種水溶液的比例是 30 克：33 克，大概接近 1：1。可以依照自己的需求，照比例增減要配置的量。

(目前配置的量估計可在本次實驗中繪製超過 60 張水彩紙。)

！ 注意

配置完的感光劑需盡快使用完。因感光劑照射紫外光便會開始發生化學反應，故不可置於陽光下，也不建議長時間照射日光燈。感光劑可以暫時倒到小瓶子裡存放，學生要使用時再分裝到小瓶子裡。建議選用黑色或棕色的瓶子，抑或使用不透光的材料（如鋁箔紙）把瓶子包起來，隔絕紫外光。

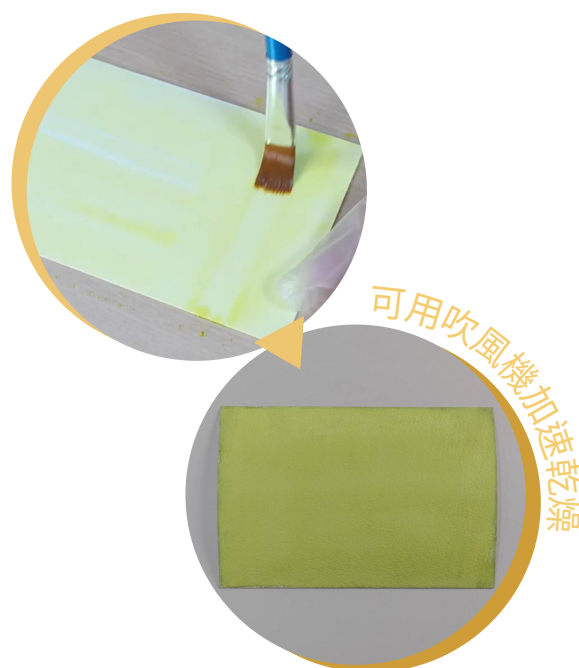
STEP 02

- 水彩紙上塗感光劑 -

將裁切成 15 cm x 10 cm 大小的水彩紙放到 A4 資料夾上，用以避免塗抹感光劑時汙損桌面。

接著用畫筆沾感光劑，先橫向刷一次水彩紙，過程中若感光劑不夠可隨時補充。橫向刷完再縱向整個刷一遍，但此時畫筆不能再沾新的感光劑，請盡量刷均勻。

完成後請等待水彩紙完全乾燥，以免汙染後續步驟的器材。



STEP
03

- 透明片上畫圖案 -

將 A4 透明片的長、寬都對切，變成符合水彩紙的 A6 大小。

用麥克筆在透明片上繪製圖案。請注意，最後的成品中，有畫線的部分會變白色；沒畫線的部分則會變藍色。

STEP
04

- 水彩紙、透明片夾入板架 -

將畫好的透明片疊在水彩紙塗有感光劑的那一面。接著一起放入板架中夾緊。過程中請不要大力硬扳板架，以免使其破裂。

STEP
05

- 曝曬藍晒圖 -

將板架拿到陽光下曝曬，觀察藍晒圖顏色的變化（水彩紙塗有感光劑的那面需朝上）。曝曬過程中不要觸碰板架，以免透明片與水彩紙有相對位移而影響成品。（夏天中午陽光下約曝曬 5 分鐘。若擔心失敗，可延長曝曬時間。）

STEP
06

- 漂洗藍晒圖 -

拿出板架中的水彩紙與透明片，將取下透明片的水彩紙放入水盆內漂洗，洗掉未反應的感光劑。洗完後可放在衛生紙上輕壓，吸收部分水分後再拿去晾乾。

！ 注意

透明片取下後，就不能再放回去重新曝曬！因每次透明片疊放位置會有些微差異，將使成品變模糊。



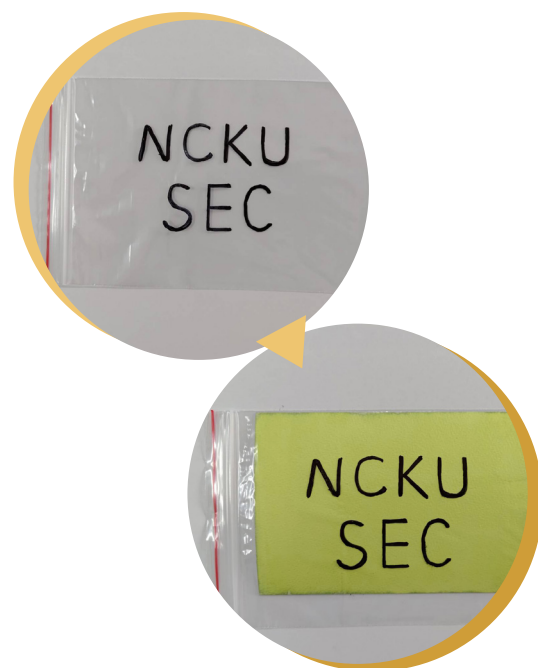
想想看...

1. 在日光燈或陽光下，若水彩紙塗完感光劑後放置太久才蓋上畫好的透明片，可能對最後的成品有什麼影響？
2. 為何我們會說照射太多紫外光有害健康，卻不會這樣說可見光或紅外光？

操作步驟補充說明

實驗中使用的板架可以夾鏈袋或塑膠套代替。將夾鏈袋其中一面用黑色麥克筆畫上圖案，再將水彩紙放到其中，即可拿去曝曬。這種做法的優點是器材取得較簡便、容易，缺點則是曝曬過程容易受到風吹影響，水彩紙容易位移且難以貼合夾鏈袋，導致成品模糊。

另外，若不想依靠陽光做實驗，也可考慮購買 UV 固化燈、美甲燈…等會發出紫外光的光源代替陽光。



參考資料

- [1] 國立成功大學《應用化學與實驗》，作者：黃守仁、謝慕道
- [2] 國立陽明交通大學《化學實驗(一)(二)》，作者：Li-Shing Huang，CC BY-NC-SA 4.0，<https://pressbooks.pub/gchemlab1/chapter/chemlab1-6/>
- [3] 吳事勲老師，《藍印術：實驗操作及紀錄》，https://md1.mdhs.tc.edu.tw/tp/teacher/TE1124/班級經營/藍印術_實驗操作及紀錄.pdf
- [4] “Natural Chemistry Outdoors.” Green Teacher，www.greenteacher.com/natural-chemistry-outdoors/
- [5] Ware, Mike. (2008). Prussian Blue: Artists' Pigment and Chemists' Sponge. Journal of Chemical Education - J CHEM EDUC. 85. 10.1021/ed085p612.
- [6] Lawrence, G., & Fishelson, S. (1999). Blueprint Photography by the Cyanotype Process. Journal of Chemical Education, 76(9), 1216A.