

探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係

Investigating how sunlight exposure time affects the shade of blue of cyanotype prints

Description

This project integrates science and art by allowing students to create cyanotypes using sunlight. Students conduct a hands-on investigation to observe how UV light causes a chemical reaction.

Production

Chan Hong Yin Alan
Chan Yin Ming
BEd & BSc Undergraduate, Faculty of Education, HKU

Consultant

Dr Leung Kin Yi Promail
Principal Lecturer,
Faculty of Education, HKU

This project is supported by Quality Education Fund (Project No. 2023/0515)

The Trustee of the Quality Education fund is the owner of the copyright of this product. Any reproduction of this product for commercial purposes is strictly prohibited unless prior written consent has been obtained from the Trustee of the Quality Education Fund.

簡介

本活動結合科學與藝術，引導學生利用陽光進行藍曬創作。透過親身操作實驗，學生不僅能觀察光化學反應的過程，還能比較不同曝曬時間如何影響成品的藍度（色深）。

製作

陳康彥
陳彥銘
香港大學 教育學院
教育學士及理學士 (雙學位課程) 本科生

顧問

梁健儀 博士
香港大學教育學院
首席講師

**此計劃由優質教育基金贊助
(計劃編號 2023/0515)**

此計劃產品版權屬優質教育基金擁有，未經許可，不得翻印以作商業用途。

小學科學科探究活動

學生版本
Student Version

探究陽光曝曬時間與藍曬成品深淺的關係

一 引言

藍曬是一種利用陽光創造出獨特藍色影像的技術，它讓我們能夠以簡單且經濟的方式探索攝影。這種特殊的印刷工藝發展於 19 世紀，擁有引人入勝的歷史。安娜·阿特金斯 (Anna Atkins) 是早期的先驅之一，她是一位英國植物學家和攝影師 (Horniman Museum and Gardens, 2017)。因為手繪藻類的影像既困難又不夠準確，她因而運用藍曬來研究和展示他們。



圖 1a 來源: [Wiki 安娜·阿特金斯](#)

這項技術是由安娜·阿特金斯家族的密友——約翰·赫歇爾爵士 (Sir John Herschel) 發明。藍曬的原理如下：

- 在紙張上塗抹兩種鐵化合物：檸檬酸鐵銨 (ammonium ferric citrate) 和鐵氰化鉀（又稱赤血鹽；Potassium hexacyanoferrate(III)）。
- 將物件（如葉子或藻類）放在紙上。
- 將紙張暴露在陽光下。陽光會引發化學反應，生成一種名為普魯士藍的不溶於水的藍色物質。
- 將紙張在水中沖洗。暴露在陽光下的部分會變成藍色，而被物件遮蓋的部分（如莖和葉）則保持白色（見圖 1b）。





圖 1b

來源: <https://cyanotypestore.com/product/11-x-14-cyanotype-paper-white/>

安娜·阿特金斯運用藍曬製作了第一本以照片為插圖的書：《*Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*》（Smithsonian Ocean, 2021）。書中的照片呈現了深淺不一的藍色調——有些較深（見圖 1c），有些較淺（見圖 1d）。為甚麼會這樣呢？是否與曝曬時間的差異有關？



圖 1c *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*
(呈現較深的藍色調)

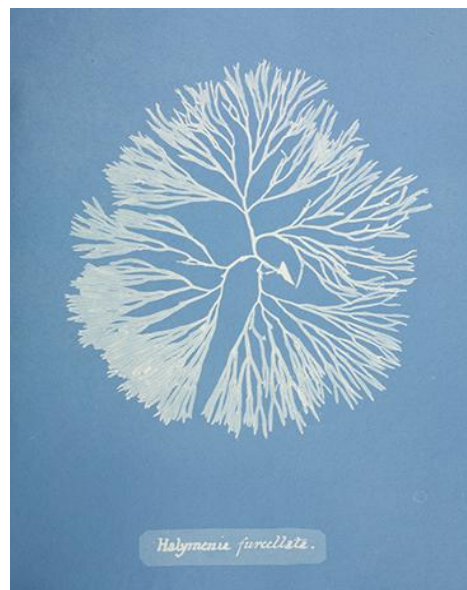


圖 1d *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*
(呈現較淺的藍色調)

來源: <https://www.nhm.ac.uk/discover/anna-atkins-cyanotypes-the-first-book-of-photographs.html>

二 探究問題

我們在探究甚麼？寫下探究的問題。

三 假說

根據探究問題寫出一個假說。

四 材料

4.1. 藍曬紙預備材料 (教師)

製作溶液 A 和溶液 B 的材料：

材料	數量
粉末 A：檸檬酸鐵銨 (Ammonium ferric citrate), $C_{12}H_{22}FeN_3O_4$	20 g
粉末 B：鐵氰化鉀 (Potassium hexacyanoferrate(III)), $K_3[Fe(CN)_6]$	10 g
玻璃棒	2
棕色試劑瓶(>100 mL)	2
量筒 (≥ 100 mL)	2
燒杯 (≥ 100 mL)	2
自來水	200 mL

製作塗上感光液紙張 (藍曬紙) 的材料：

材料	數量
溶液 A	10 mL
溶液 B	10 mL
水彩紙 (8K 尺寸，約 38 cm × 26 cm，每組使用 1/4 張)	3

量筒 (>10 mL)	2
燒杯 (>20 mL)	1
滴管	2
玻璃棒	1
畫刷	1
鋸刀和鋸板	
報紙/紙板	

4.2. 每兩組學生所需材料（可參考下圖）

材料	數量
已塗感光液的藍曬紙（ ¹ 曬紙）（由教師準備，長×寬：約 26 cm × 9.5 cm）	2（每組 1 張）
黑色卡紙（略大於藍曬紙張）	2（每組 1 張）
玻璃板（長×寬×厚：25 cm × 20 cm × 0.5 cm，大於紙張的尺寸均可） [參考步驟 6.2 中提及的玻璃安全注意事項]	1
計時器	1
膠盤（大於紙張的尺寸均可）	1
廚房紙	8 張
自來水 ²	/
剪刀	2（每組 1 把）
「I」字樣（學生從工作紙上剪下）	8（每組 4 個）
報紙/硬卡紙	



¹ 原始尺寸為 8K，約 38 cm × 26 cm，每組學生使用 1/4 張，最終尺寸約為 26 cm × 9.5 cm。

² 注入足夠的水至膠盤，使水深約達 1 cm（足以蓋過藍曬紙）

4.3 變量

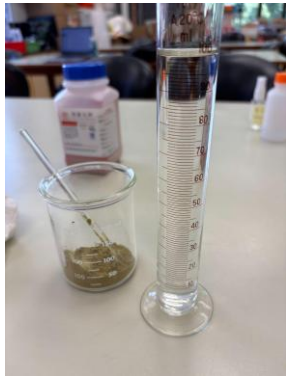
在這個探究活動中，我們需要考慮很多變量。將字母與正確的變量類型配對：

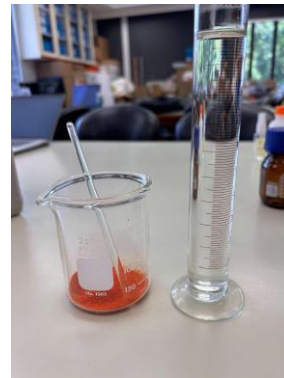
- A. 藍曬紙在曝曬過程中的擺放位置和方向
- B. 陽光曝曬時間
- C. 沖洗方法
- D. 乾燥時間
- E. 曝曬區域的藍色深淺
- F. 紙張類型

因變量（我們測量的條件）：	
自變量（我們改變的條件）：	
控制變量（我們保持不變的條件）：	

五 步驟

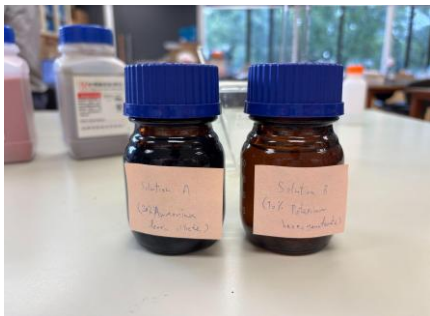
5.1. 藍曬紙預備（教師）

1. 溶液 A 的製作：	
	
<p>i) 將燒杯放在電子天平上，使用「歸零」功能將天平設為 0.0 g。將粉末 A 小心地加入燒杯，直到天平顯示 20.0 g。</p>	<p>ii) 用量筒量取 100 mL 自來水。將量取的水小心地倒入裝有粉末 A 的燒杯中。用玻璃棒徹底攪拌混合物，直到粉末完全溶解。</p>
2. 溶液 B 的製作：	



i) 將另一個燒杯放在天平上，使用「歸零」功能將天平設為 0.0 g。小心地加入粉末 B，直到天平顯示 10.0 克。

ii) 用量筒量取 100 mL 自來水。將量取的水小心地倒入裝有粉末 B 的燒杯中。用玻璃棒徹底攪拌混合物，直到粉末完全溶解。



iii) 將溶液 A 和 B 分別轉移至棕色試劑瓶中。在每個瓶子上貼上清晰標籤，標明溶液名稱和濃度。

3. 藍曬紙：



i) 取一張 8K 尺寸水彩紙 - 38 cm × 26 cm，使用鋸刀及鋸板將紙張分成 4 等份，每份尺寸約為 26 cm × 9.5 cm。



ii) 使用兩組量筒和滴管，量取同等體積的溶液 A 和溶液 B。
(建議：10 mL 溶液 A + 10 mL 溶液 B 足以塗抹約 12 張裁剪後的藍曬紙。)

將量取好的兩種溶液倒入一個小燒杯中。用玻璃棒輕輕攪拌，直到溶液完全混合。

重要注意事項：

- 避免化學品接觸眼睛和口腔；處理後請洗手。
- 混合後的溶液會對光敏感。混合後請立即進行步驟 (iii)。

iii) 在昏暗光線下，使用柔軟的筆刷將混合溶液（藍曬液）均勻地塗抹在每張準備好的水彩紙上。筆刷移動要穩定，避免條紋、積液或塗抹不均。確保整個表面都被塗抹，盡量不漏掉邊緣或角落。

重要注意事項：

- 在塗抹過程中或之後，切勿將塗抹後的紙張暴露於直射光或強光下。
- 在報紙或紙板上塗抹紙張，以保護桌面。

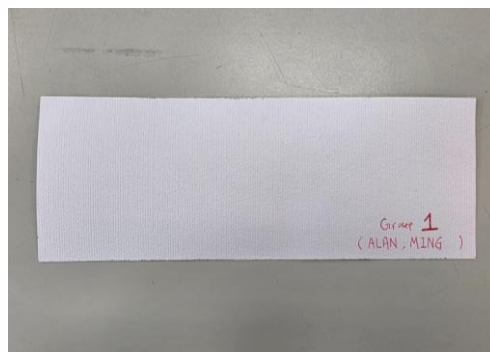
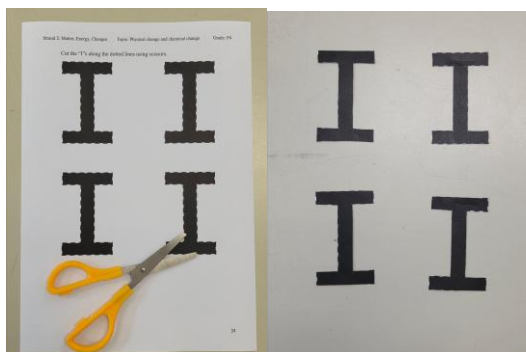


iv) 將剛塗抹好的紙張放在陰暗、有遮蓋的區域，盡量減少光線照射。讓紙張變成完全乾燥（根據濕度，約需 1 小時）。在乾燥過程中，紙張的顏色會逐漸從黃綠色變為灰藍色。乾燥後，請盡快使用塗抹好的紙張，以盡量避免紙張吸收周圍環境的紫外線。

5.2. 學生實驗設置

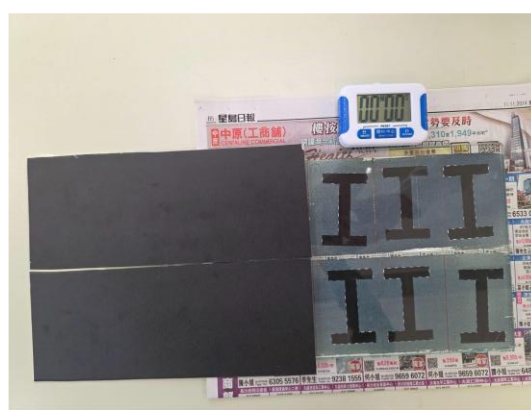
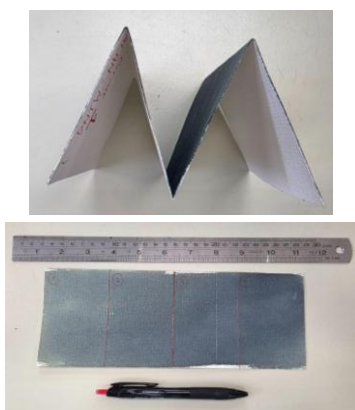
注意事項

- 操作玻璃板時，必須**緊握並輕放**，避免撞擊。
- 如玻璃板破裂，**切勿觸摸碎片**，應立即通知老師。



i) 用剪刀沿學生工作紙的虛線剪下四個字母“**I**”。

ii) 老師會分發**藍曬紙**，請學生在紙背寫上**組別**以作識別。



iii) 將藍曬紙**平均摺成四份**，再以**鉛筆或記號筆**沿摺線畫上界線，並依次標示為**區域 1 至區域 4**。

iv) 將藍曬紙放在作為底墊的**報紙或硬卡紙**上。依示意圖，在藍曬紙的每個區域上放置一個“**I**”字樣，然後將**玻璃板**輕放在藍曬紙上方固定字樣。使用**黑色卡紙**遮蓋**區域 1**，作為**對照組**。



提示：建議在避免紫外線照射的環境下完成此步及下一步。老師可安排學生使用雨傘遮光，或移至有上蓋的操場進行。

請為每個區域**預先規劃並記錄**曝曬時間。

區域	1	2	3	4
變項（曝曬時間）				

5.3. 學生實驗操作（曝曬與沖洗）

	
<p>i) 將整個裝置放在陽光下曝曬，同時啟動計時器。</p>	<p>ii) 1 分鐘後，滑動黑色卡紙以遮蓋區域 1 及 2；再經過 1 分鐘後，再次滑動以遮蓋區域 1 至 3。</p> <p>各區域曝曬時間：</p> <ul style="list-style-type: none"> 區域 1：0 分鐘（對照） 區域 2：1 分鐘 區域 3：2 分鐘 區域 4：5 分鐘

	
<p>iii) 曝曬 5 分鐘後，立即將裝置移離陽光直射區域，以免繼續發生反應。</p>	<p>iv) 將作品在清水中輕輕沖洗約 20 秒，以除去未反應的藍曬液。為免水變得混濁，最多重複使用三次（沖洗三張作品）後更換乾淨水。</p>
	
<p>v) 將作品平放在廚房紙上，置於陰涼處乾燥。避免陽光直射。</p>	

六 觀察與記錄

1. 記錄藍曬紙上各區域的曝曬時間。
2. 分別在沖洗後及乾燥 30 分鐘後，記錄每個區域藍色部分的色深變化。

結果記錄表

區域	1 (對照)	2	3	4
曝曬時間	_____ 分鐘	_____ 分鐘	_____ 分鐘	_____ 分鐘
沖洗後顏色 (照片/繪畫)				
乾燥 30 分鐘後顏色 (照片/繪畫)				

七 結果

i) 比較三個（或四個）區域之間的色深。

曝曬時間與結果的關係：

- 區域 1：未曝曬（對照）
- 區域 2：最短曝曬時間
- 區域 3：中等曝曬時間
- 區域 4：最長曝曬時間

依由淺至深排列各區的藍度：

_____（最淺）→ _____ → _____ → _____（最深）

延伸探究：

- 各區之間的差異程度如何？

無 輕微 中等 明顯

- 實驗過程中有否出現問題？

白色區域出現「再變藍」現象：有/沒有;

塗層出現條紋或不均勻現象：有/沒有;

- 紫外線讀數或紫外線指數（如有）：_____

- 備註（如雲層覆蓋、太陽角度等）：

提示：

- 若紫外線強度高，區域 3 與區域 4 的藍度可能因飽和現象而顯得相似；
- 若紫外線較弱或陽光被雲層遮擋，則各區之間的藍度差異可能減少。

ii) 小組比較與討論

經過今天的曝曬、沖洗及乾燥後，我將本組的結果與其他同學的結果進行比較，發現如下：

同學姓名：_____

- 他們的排列（由淺至深）：_____ → _____ → _____ → _____

同學姓名：_____

- 他們的排列（由淺至深）：_____ → _____ → _____ → _____

我和同學的結果相同 / 不同。

八 結論

實驗結果 支持 / 不支持 我們

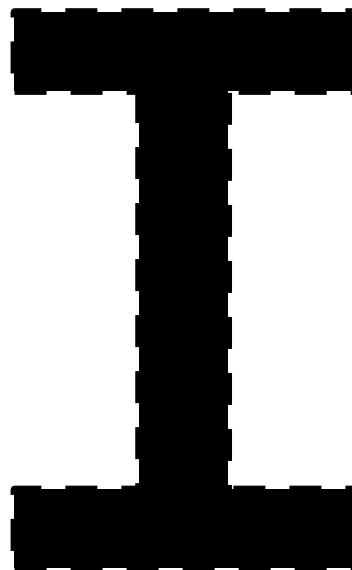
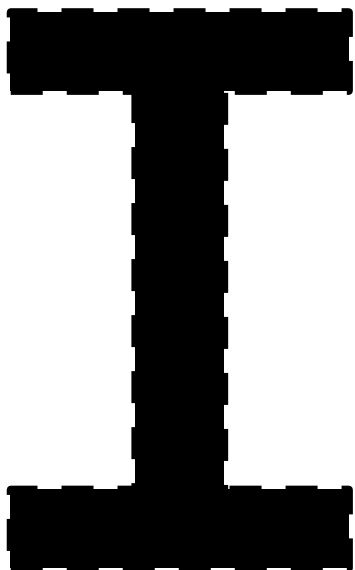
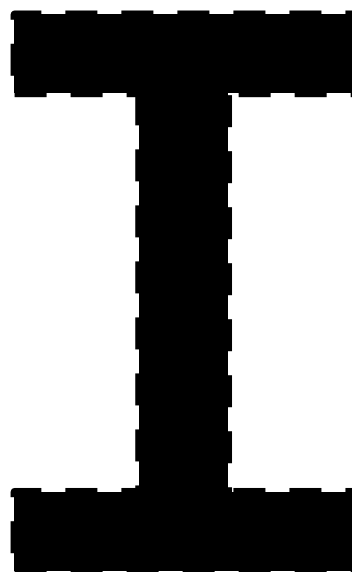
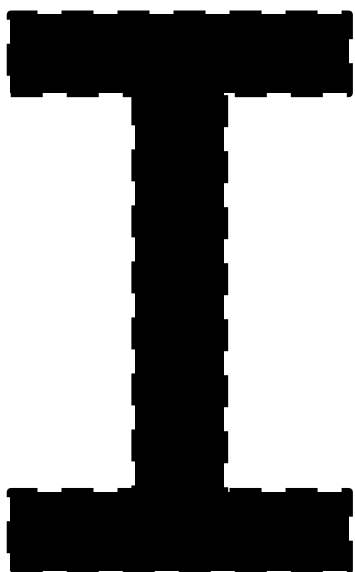
「_____」的假說。

若結果未能支持假說，請嘗試找出可能的原因。

提示：想一想，是假說本身不正確？還是實驗過程出現問題？可與同學一起討論。

- 四個字母 “I”

用剪刀沿虛線剪下「I」字樣，作為實驗中遮光用的圖樣。



~~~~ 完 ~~~~

## 小學科學科探究活動

老師版本  
Teacher Version

## 主題：探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 範疇   | 物質、能量和變化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 課題   | 物理變化與化學變化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 年級   | 四年級                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 學習重點 | 探究不同 <b>陽光曝曬</b> 時間對藍曬成品色深的 <b>影響</b> 。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 學習目標 | <p><b>知識：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 辨識藍曬屬於化學變化。</li> <li>2. 解釋在藍曬中紫外線（UV）會觸發化學反應，生成不溶於水的普魯士藍。</li> <li>3. 描述不同曝曬時間如何影響藍曬成品的藍色深淺。</li> </ol> <p><b>過程技能：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在控制其他變量的前提下，進行藍曬實驗，觀察不同條件對結果的影響。</li> <li>2. 分析實驗結果，說明曝曬時間和藍曬成品外觀之間的關係。</li> <li>3. 運用適當的科學詞彙，並結合視覺化方式（如表格、照片、示意圖），清晰呈現發現與結論。</li> <li>4. 在實驗過程中應用 PDAR (Plan – Do – Analyse – Review<sup>1</sup>) 科學探究框架</li> </ol> <p><b>態度與價值觀：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在探索光化學反應的過程中，展現好奇心與主動探究的精神，勇於提問並尋求解答。</li> <li>2. 主動參與跨學科創作。</li> <li>3. 欣賞 安娜·阿特金斯（Anna Atkins）開創性地運用藍曬技術，及其對科學記錄與藝術的重大貢獻。</li> </ol> |

<sup>1</sup>「提問和規劃」（Plan）、「實施和記錄」（Do）、「整理和分析」（Analyse）和「表達和反思」（Review）四個步驟（PDAR）

**活動的特徵與獨  
特性**

本活動結合科學與藝術，引導學生利用陽光進行藍曬創作。透過親身操作實驗，學生不僅能觀察光化學反應的過程，還能比較不同曝曬時間如何影響成品的藍度（色深）。此具吸引力的實作活動，有助於學生理解攝影背後的科學原理，同時激發創意思維。

**學生已有知識：**

- 2MA6 知道有些物質能夠溶解於水中（例如：鹽、糖），有些不能溶解於水中（例如：沙、石）
- 3SA1 知道科學探究的過程和步驟
- 4MA5 辨識一些會生成新物質的可見變化（化學變化）（例如：鐵生鏽、燃燒、食物腐爛）

## 一 引言

藍曬是一種利用陽光創造出獨特藍色影像的技術，它讓我們能夠以簡單且經濟的方式探索攝影。這種特殊的印刷工藝發展於 19 世紀，擁有引人入勝的歷史。安娜·阿特金斯 (Anna Atkins) 是早期的先驅之一，她是一位英國植物學家和攝影師 (Horniman Museum and Gardens, 2017)。因為手繪藻類的影像既困難又不夠準確，她因而運用藍曬來研究和展示他們。



圖 1a 來源: [Wiki 安娜·阿特金斯](#)

這項技術是由安娜·阿特金斯家族的密友——約翰·赫歇爾爵士 (Sir John Herschel) 發明。藍曬的原理如下：

- 在紙張上塗抹兩種鐵化合物：檸檬酸鐵銨 (ammonium ferric citrate) 和鐵氰化鉀（又稱赤血鹽；Potassium hexacyanoferrate(III)）。
- 將物件（如葉子或藻類）放在紙上。
- 將紙張暴露在陽光下。陽光會引發化學反應，生成一種名為普魯士藍的不溶於水的藍色物質。
- 將紙張在水中沖洗。暴露在陽光下的部分會變成藍色，而被物件遮蓋的部分（如莖和葉）則保持白色（見圖 1b）。





圖 1b

來源: <https://cyanotypestore.com/product/11-x-14-cyanotype-paper-white/>

安娜·阿特金斯運用藍曬製作了第一本以照片為插圖的書：《*Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*》(Smithsonian Ocean, 2021)。書中的照片呈現了深淺不一的藍色調——有些較深（見圖 1c），有些較淺（見圖 1d）。為甚麼會這樣呢？是否與曝曬時間的差異有關？



圖 1c *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*  
(呈現較深的藍色調)

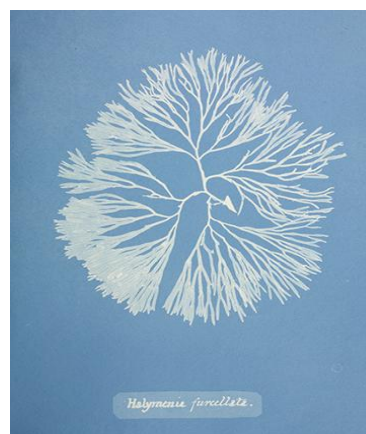


圖 1d *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*  
(呈現較淺的藍色調)

來源: <https://www.nhm.ac.uk/discover/anna-atkins-cyanotypes-the-first-book-of-photographs.html>

介紹影片：

[https://youtu.be/uzP\\_JNh1xUA](https://youtu.be/uzP_JNh1xUA)



## 二 探究問題

我們在探究甚麼？寫下探究的問題。

不同陽光曝曬時間如何影響藍曬成品的色深？

建議教師與學生討論：

- 藍曬屬於物理變化還是化學變化？

答：這是一種化學變化。紫外線會觸發光化學反應，在紙張上生成一種不溶於水的色素（普魯士藍）。

- 為甚麼需要紫外線或陽光？

答：陽光中的紫外線提供了化學反應所需的能量

## 三 假說

根據探究問題寫出一個假說。

陽光曝曬時間越長，藍曬成品顏色越深。

建議教師與學生討論：

- 根據假說，我們需要多少裝置？每個裝置應提供甚麼條件？

答案：我們需要四個裝置：三個在相同陽光條件下具有不同的曝曬時間（例如 1 分鐘、2 分鐘和 5 分鐘），以及一組對照裝置（不暴露於陽光下）。所有其他條件必須保持一致（相同的紙張、相同的沖洗方法、相同的紙張擺法、紙張類型等）。

為了方便且保持條件一致，我們將一張紙分為四個區域。為了保持一致性和清晰度，本工作紙中將使用「區域」一詞代替「裝置」。

## 四 材料

### 4.1. 藍曬紙預備材料 (教師)

製作溶液 A 和溶液 B 的材料 (圖片見附錄)：

| 材料                                                              | 數量     |
|-----------------------------------------------------------------|--------|
| 粉末 A：檸檬酸鐵銨 (Ammonium ferric citrate), $C_{12}H_{22}FeN_3O_{14}$ | 20 g   |
| 粉末 B：鐵氰化鉀 (Potassium hexacyanoferrate(III)), $K_3[Fe(CN)_6]$    | 10 g   |
| 玻璃棒                                                             | 2      |
| 棕色試劑瓶(>100 mL)                                                  | 2      |
| 量筒 ( $\geq 100$ mL)                                             | 2      |
| 燒杯 ( $\geq 100$ mL)                                             | 2      |
| 自來水                                                             | 200 mL |

製作塗上感光液紙張 (藍曬紙) 的材料 (圖片見附錄)

| 材料                                       | 數量    |
|------------------------------------------|-------|
| 溶液 A                                     | 10 mL |
| 溶液 B                                     | 10 mL |
| 水彩紙 (8K 尺寸, 約 38 cm × 26 cm, 每組使用 1/4 張) | 3     |
| 量筒 (>10 mL)                              | 2     |
| 燒杯 (>20 mL)                              | 1     |
| 滴管                                       | 2     |
| 玻璃棒                                      | 1     |
| 畫刷                                       | 1     |
| 銼刀和銼板                                    |       |
| 報紙/紙板                                    |       |

## 4.2. 每兩組學生所需材料（可參考下圖）

| 材料                                                                 | 數量        |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 已塗上感光液紙張（藍曬紙） <sup>2</sup> （由教師準備，長×寬：約 26 cm×9.5 cm）              | 2（每組 1 張） |
| 黑色卡紙（略大於藍曬紙）                                                       | 2（每組 1 張） |
| 玻璃板（長×寬×厚：25 cm×20 cm×0.5 cm，大於紙張的尺寸均可）<br>[參考步驟 6.2 中提及的玻璃安全注意事項] | 1         |
| 計時器                                                                | 1         |
| 膠盤（大於紙張的尺寸均可）                                                      | 1         |
| 廚房紙                                                                | 8 張       |
| 自來水 <sup>3</sup>                                                   | /         |
| 剪刀                                                                 | 2（每組 1 把） |
| 「I」字樣（學生從工作紙上剪下）                                                   | 8（每組 4 個） |
| 報紙/硬卡紙                                                             |           |



<sup>2</sup> 原始尺寸為 8K，約 38 cm×26 cm，每組學生使用 1/4 張，最終尺寸約為 26 cm×9.5 cm。

<sup>3</sup> 注入足夠的水至膠盤，使水深約達 1 cm（足以蓋過藍曬紙）

## 4.3. 變量

在這個探究活動中，我們需要考慮很多變量。將字母與正確的變量類型配對：

- A. 藍曬紙在曝曬過程中的擺放位置和方向
- B. 陽光曝曬時間
- C. 沖洗方法
- D. 乾燥時間
- E. 曝曬區域的藍色深淺
- F. 紙張類型

|                  |            |
|------------------|------------|
| 因變量（我們測量的條件）：    | E          |
| 自變量（我們改變的條件）：    | B          |
| 控制變量（我們保持不變的條件）： | A, C, D, F |

## 教師備註：

教師可以使用網站 [https://poe.com/Variables\\_match\\_Chi](https://poe.com/Variables_match_Chi)，並投影屏幕，讓學生進行遊戲。

## 參考：輸入指令 (bot：GPT-5 via POE)

請製作一個配對遊戲。畫面上有三個方框，分別標示為：

- 因變量（我們測量的條件）
- 自變量（我們改變的條件）
- 控制變量（我們保持不變的條件）

學生需要將下列項目拖放到正確的方框中：

1. 曝曬區域的藍色深淺
2. 陽光曝曬時間
3. 紙張類型
4. 藍曬紙在曝曬過程中的擺放位置和方向
5. 沖洗方法
6. 乾燥時間

## 配對答案參考：

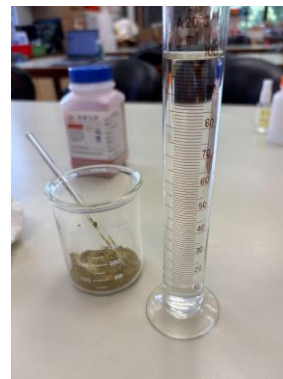
- **因變量**：曝曬區域的藍色深淺
- **自變量**：陽光曝曬時間
- **控制變量**：紙張類型、藍曬紙在曝曬過程中的擺放位置和方向、沖洗方法、乾燥時間



## 五 步驟

### 5.1. 藍曬紙預備（教師）

#### 1. 溶液 A 的製作：



i) 將燒杯放在電子天平上，使用「歸零」功能將天平設為 0.0 g。將粉末 A 小心地加入燒杯，直到天平顯示 20.0 g。

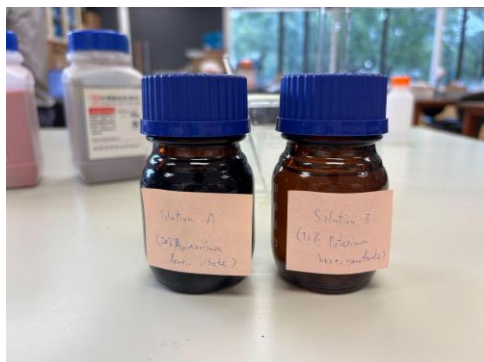
ii) 用量筒量取 100 mL 自來水。將量取的水小心地倒入裝有粉末 A 的燒杯中。用玻璃棒徹底攪拌混合物，直到粉末完全溶解。

#### 2. 溶液 B 的製作：



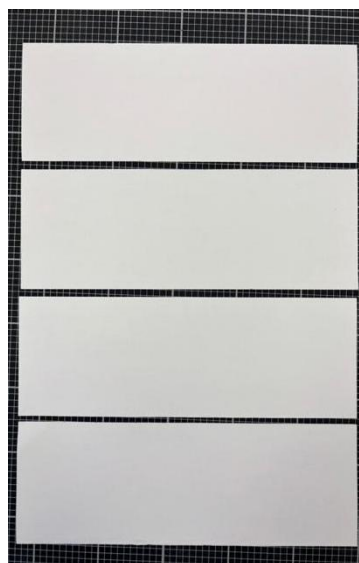
i) 將另一個燒杯放在天平上，使用「歸零」功能將天平設為 0.0 g。小心地加入粉末 B，直到天平顯示 10.0 克。

ii) 用量筒量取 100 mL 自來水。將量取的水小心地倒入裝有粉末 B 的燒杯中。用玻璃棒徹底攪拌混合物，直到粉末完全溶解。



iii) 將溶液 A 和 B 分別轉移至棕色試劑瓶中。在每個瓶子上貼上清晰標籤，標明溶液名稱和濃度。

### 3. 藍曬紙：



i) 取一張 8K 尺寸水彩紙 - 38 cm × 26 cm，使用鋸刀及鋸板將紙張分成 4 等份，每份尺寸約為 26 cm × 9.5 cm。



ii) 使用兩組量筒和滴管，量取同等體積的溶液 A 和溶液 B。

(建議：10 mL 溶液 A + 10 mL 溶液 B 足以塗抹約 12 張裁剪後的藍曬紙。)

將量取好的兩種溶液倒入一個小燒杯中。用玻璃棒輕輕攪拌，直到溶液完全混合。

重要注意事項：

- 避免化學品接觸眼睛和口腔；處理後請洗手。
- 混合後的溶液會對光敏感。混合後請立即進行步驟 (iii)。



iii) 在昏暗光線下，使用柔軟的筆刷將混合溶液（藍曬液）均勻地塗抹在每張準備好的水彩紙上。筆刷移動要穩定，避免條紋、積液或塗抹不均。確保整個表面都被塗抹，盡量不漏掉邊緣或角落。

重要注意事項：

- 在塗抹過程中或之後，切勿將塗抹後的紙張暴露於直射光或強光下。
- 在報紙或紙板上塗抹紙張，以保護桌面。



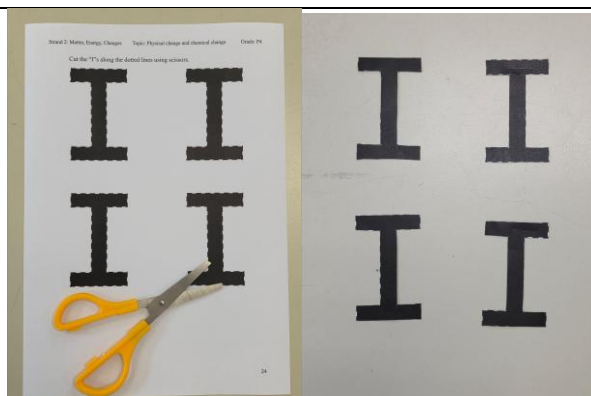
iv) 將剛塗抹好的紙張放在陰暗、有遮蓋的區域，盡量減少光線照射，讓紙張變成完全乾燥（根據濕度，約需 1 小時）。在乾燥過程中，紙張的顏色會逐漸從黃綠色變為灰藍色。乾燥後，請盡快使用塗抹好的紙張，以盡量避免紙張吸收周圍環境的紫外線。



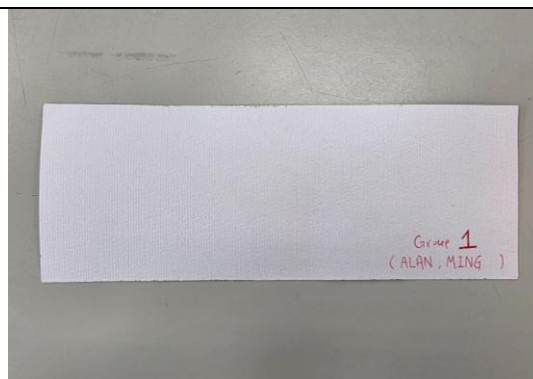
5.2. 學生實驗設置 (影片) : <https://youtu.be/nyigqnQ2svY>

**注意事項**

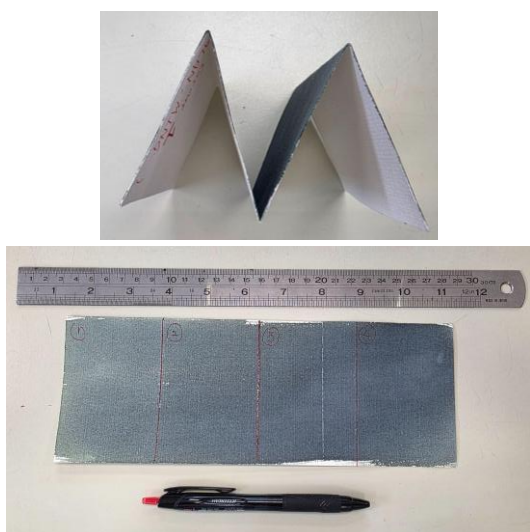
- 操作玻璃板時，必須**緊握並輕放**，避免撞擊。
- 如玻璃板破裂，**切勿觸摸碎片**，應立即通知老師。
- (老師) 應使用**適當工具** (如毛掃及垃圾鏟) 安全清理碎片。



i) 用剪刀沿學生工作紙的虛線剪下四個字母“**I**”。

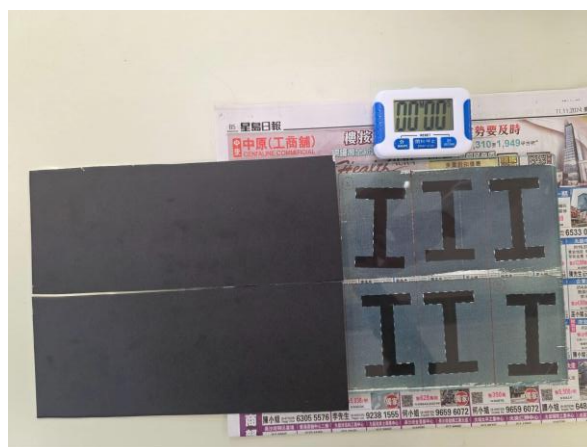


ii) 老師會分發**藍曬紙**，請學生在紙背寫上組別以作識別。



iii) 將藍曬紙**平均摺成四份**，再以**鉛筆或記號筆**沿摺線畫上界線，並依次標示為區域 1 至區域 4。

**提示：**建議在**避免紫外線照射**的環境下完成此步及下一步。老師可安排學生使用**雨傘遮光**，或移至有上蓋的操場進行。



iv) 將藍曬紙放在作為底墊的**報紙或硬卡紙**上。依示意圖，在藍曬紙的每個區域上放置一個“**I**”字樣，然後將**玻璃板**輕放在藍曬紙上方固定字樣。使用**黑色卡紙**遮蓋**區域 1**，作為**對照組**。

請為每個區域預先規劃並記錄曝曬時間。

| 區域                    | 1            | 2             | 3             | 4             |
|-----------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 變項（曝曬時間） <sup>4</sup> | 0 分鐘<br>（對照） | 1 分鐘／<br>2 分鐘 | 2 分鐘／<br>4 分鐘 | 5 分鐘／<br>6 分鐘 |

#### 教師備註

- 在天氣晴朗的情況下（見圖 2a），使用 0、1、2 及 5 分鐘的曝曬時間通常已足以觀察各區域之間的差異。若曝曬時間過長，可能會出現飽和現象，令藍度（色深）差異不明顯。若陽光減弱，或因雲層移動導致照射不穩定（見圖 2b），可考慮採用較長的曝曬時間，例如 0、2、4 及 6 分鐘。可參閱 [香港天文台紫外線指數網頁](#) 以查閱當日的紫外線指數（UV Index）。
- 請於實驗前查閱天氣預報及紫外線指數，選擇陽光充足穩定的時段進行活動。
- 請注意，藍曬紙實際接收到的紫外線強度會因時間、方位、地點及周圍環境條件而有所不同。

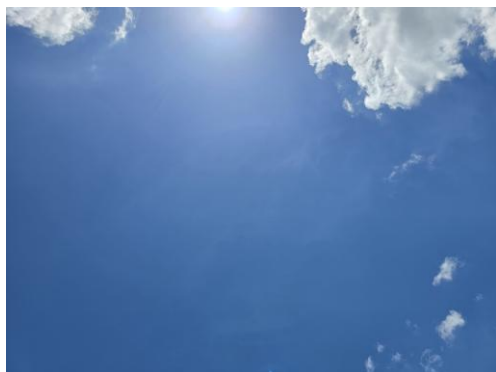


圖 2a（紫外線指數 = 11）



圖 2b（紫外線指數 = 6）

<sup>4</sup> 備註：視乎當日的天氣及紫外線強度，在每格所列的兩個時間中擇一（例如區域 2 選 1 分鐘或 2 分鐘）。

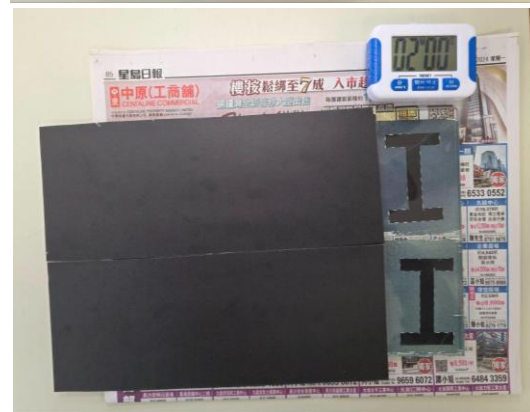
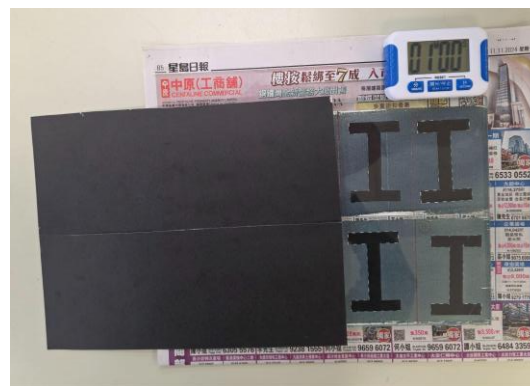
## 5.3. 學生實驗操作（曝曬與沖洗）

## 實驗操作

<https://youtu.be/ORXipmPBVvQ>



- i) 將整個裝置放在陽光下曝曬，同時啟動計時器。若有需要，老師可使用紫外線測量儀（UV meter）記錄當時的紫外線強度。

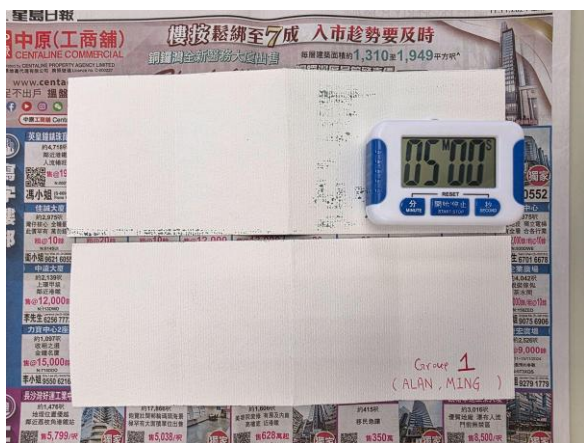


- ii) 1分鐘後，滑動黑色卡紙以遮蓋區域1及2；再經過1分鐘後，再次滑動以遮蓋區域1至3。

各區域曝曬時間：

- 區域1：0分鐘（對照）
- 區域2：1分鐘
- 區域3：2分鐘
- 區域4：5分鐘

提示：若當日紫外線指數偏低，可改用0、2、4、6分鐘的組合，令差異更明顯。



iii) 曝曬 5 分鐘後，立即將裝置移離陽光直射區域，以免繼續發生反應。



iv) 將作品在清水中輕輕沖洗約 20 秒，以除去未反應的藍曬液。為免水變得混濁，最多重複使用三次（沖洗三張作品）後更換乾淨水。



v) 將作品平放在廚房紙上，置於陰涼處乾燥。避免陽光直射。

老師可引導學生觀察藍色部分在乾燥過程中的變化，例如由淺轉深再稍回淡的現象。

## 六 觀察與記錄

1. 記錄藍曬紙上各區域的曝曬時間。
2. 分別在沖洗後及乾燥 30 分鐘後，記錄每個區域藍色部分的色深變化。

老師可按課堂情況，選擇以下其中一種記錄方式：

1. 指導學生拍攝清晰照片，並上傳至線上平台（如 Padlet 和 Slides）以作記錄及同儕觀察。
2. 要求學生以手繪及上色方式繪出各區於兩個時間點的外觀，並盡量用顏色筆重現實際觀察到的藍度差異。

### 結果記錄表

| 區域                     | 1（對照）    | 2        | 3        | 4        |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 曝曬時間                   | _____ 分鐘 | _____ 分鐘 | _____ 分鐘 | _____ 分鐘 |
| 沖洗後顏色<br>（照片/繪畫）       |          |          |          |          |
| 乾燥 30 分鐘後顏色<br>（照片/繪畫） |          |          |          |          |

若時間允許，老師可在作品完全乾透後，讓學生補填「乾燥後」的觀察結果。

## 七結果

### i) 比較三個（或四個）區域之間的色深

曝曬時間與結果的關係：

- 區域 1：未曝曬（對照）
- 區域 2：最短曝曬時間
- 區域 3：中等曝曬時間
- 區域 4：最長曝曬時間

依由淺至深排列各區的藍度：

\_\_\_1\_\_\_（最淺）→ \_\_\_2\_\_\_ → \_\_\_3\_\_\_ → \_\_\_4\_\_\_（最深）

延伸探究：

- 各區之間的差異程度如何？  
 無  輕微  中等  明顯
- 實驗過程中有否出現問題？  
白色區域出現「再變藍」現象：有/沒有；  
塗層出現條紋或不均勻現象：有/沒有；
- 紫外線讀數或紫外線指數（如有）： \_\_\_\_\_
- 備註（如雲層覆蓋、太陽角度等）：  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

提示：

- 若紫外線強度高，區域 3 與區域 4 的藍度可能因飽和現象而顯得相似；
- 若紫外線較弱或陽光被雲層遮擋，則各區之間的藍度差異可能減少。

### ii) 小組比較與討論

經過今天的曝曬、沖洗及乾燥後，我將本組的結果與其他同學的結果進行比較，發現如下：

同學姓名： \_\_\_\_\_

- 他們的排列（由淺至深）： \_\_\_ → \_\_\_ → \_\_\_ → \_\_\_

同學姓名： \_\_\_\_\_

- 他們的排列（由淺至深）： \_\_\_\_ → \_\_\_\_ → \_\_\_\_ → \_\_\_\_

我和同學的結果相同 / 不同。

#### 師生討論（延伸）<sup>5</sup>：

- 哪一區通常出現最深的藍度？

答：區域 4。

- 有沒有小組發現區域 3 與區域 4 之間的藍度差異不大？

答：若有此情況，可能是**紫外線強度過高**（導致藍色迅速飽和），或各組的**曝曬時間未能同時開始與結束**。

- 有沒有小組發現區域 2 和區域 3 之間的藍度差異不大？

答：若有此情況，可能是**曝曬時間過短**，導致在曝曬期間**生成的普魯士藍不足**，藍色未完全顯現。

（教師可引導學生比較不同區域，如區域 2 與區域 3、區域 3 與區域 4。）

- 藍曬紙的擺放角度或位置是否會影響結果？

答：陽光照射在不同角度（如水平或傾斜）的平面，強度會有不同，而且陽光的強度會因位置不同而有些微改變，所以藍曬紙的擺放角度或位置會影響結果。老師可利用紫外線測量儀（UV meter）示範各位置的讀數差異。

<sup>5</sup> 鼓勵學生將上述討論與此科學探究活動中的**光強度、曝曬時間及照射角度**等變項聯繫起來，加深對「公平測試（Fair Test）」概念的理解。

## 八 結論

實驗結果 **支持 / 不支持** 我們「**陽光曝曬時間越長，藍曬成品顏色越深**」的假說。

若結果未能支持假說，請嘗試**找出可能的原因**。

提示：想一想，是假說本身不正確？還是實驗過程出現問題？可與同學一起討論。

---

---

---

### 可能原因：

- 曝曬期間**紫外線強度改變**（例如雲層遮擋或太陽角度變化），導致藍曬紙各區接收到的紫外線量不同。
- 各組或各區的曝曬時間未能同時開始或結束。
- 塗層不均勻，造成藍色顯影不平均。
- 沖洗用水不潔，未能完全除去未反應的藍曬液，影響化學反應及藍色顯現。
- 在高紫外線強度下導致飽和現象，令區域 3 與區域 4 的藍度相似。

## 九 教師參考資料

### - 注意事項

#### 注意事項

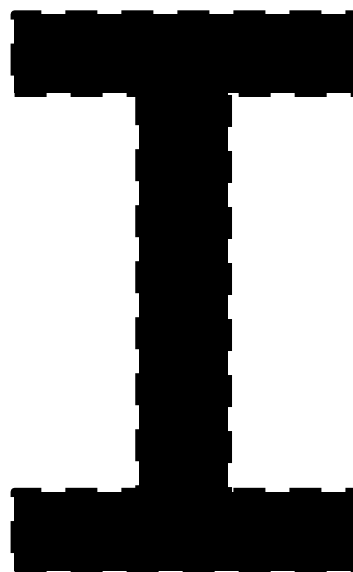
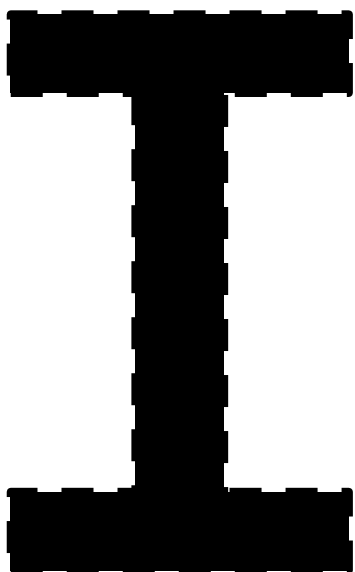
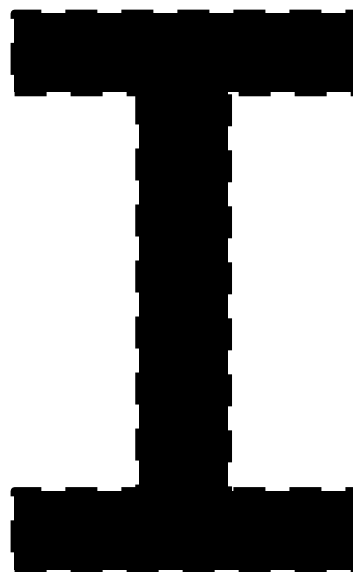
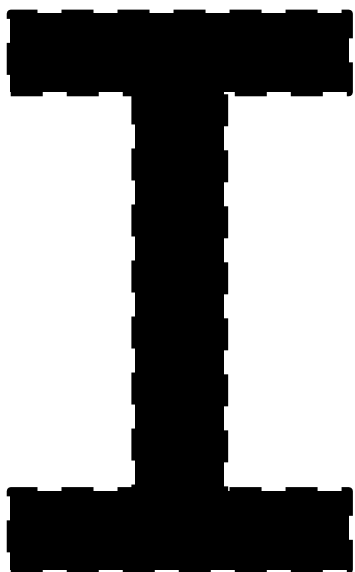
部分網上示範會使用 6% 過氧化氫 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 來加速藍曬顯色。 $\text{H}_2\text{O}_2$  對患有 G6PD 缺乏症 (俗稱蠶豆症) 的學生不安全，因其具氧化性，可能影響紅血球功能。在校內進行藍曬教學時，建議完全避免使用  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，只以清水沖洗即可，確保學生安全。

#### 注意事項

- 操作玻璃板時，必須緊握並輕放，避免撞擊。
- 如玻璃板破裂，切勿觸摸碎片，應立即通知老師。
- (老師) 應使用適當工具 (如毛掃及垃圾鏟) 安全清理碎片。

- 四個字母 “I”

用剪刀沿虛線剪下「I」字樣，作為實驗中遮光用的圖樣。



## - 補充建議

### 課前準備

- 時間安排：
  - ◆ 若在校內為紙張塗抹藍曬液，應預留約 1 小時讓紙張在黑暗環境下乾燥；如於其他地點預先製作，需提前規劃。
  - ◆ 可安排一節課進行曝曬、沖洗及初步乾燥；另可加設 第二節課 進行結果分析與作品展示。
- 設備：
  - ◆ 建議準備 3 至 4 個（或以上）洗滌盤／水槽，讓學生分組輪流沖洗作品以保持流程順暢。
  - ◆ 為每組作品清楚標示組別或學生姓名，以免混淆。
  - ◆ 沖洗時應保持水流柔和，避免損壞塗層，並保持白色區域潔淨。
- 預先演練：
  - ◆ 建議老師於課前親自演練整個流程一至兩次，以調整時間及操作細節。
- 惡劣天氣的後備方案：可改用 紫外線燈箱，並延長曝曬時間。
  - ◆ 或可改為「藍曬化學反應小課堂」，利用預先製作的樣本進行分析與討論。

### 課堂操作

- 乾燥時的變化：作品的藍色在沖洗後可能暫時顯得較淺，在乾燥過程中會變深，再於完全乾透後略為變淡。
  - ◆ 若白色區域後期變藍，可能因沖洗後殘留的藍曬液在光照下再次反應所致。
- 塗抹均勻度：塗層均勻的紙張能產生更平滑且深邃的藍色；不均會導致條紋或斑駁。

### 成功要訣

- 未曝曬前請保持遮光；曝曬完成後應立即覆蓋並避免繼續受光。
- 均勻塗抹藍曬液可避免條紋，令成品色澤一致。
- 使用多個乾淨水盤或持續流動的清水沖洗；切勿重複使用混濁的水，以防止「再變藍」現象。

## - 補充教學建議

- 可透過「**紫外線燒鴨現象**」等影片或例子引入「**紫外線引致的化學變化**」主題。(可作趣味引入，非實際操作)



來源：<https://mxm02.com/products/color-changing-roast-duck-pendantbuy-one-get-one-free>

- 建議購買化學粉末原料而非現成溶液，以確保安全與穩定性。
- 可於**視藝課**中延伸藍曬活動，例如以乾花及樹葉等製作書籤，結合課堂內容及藝術創作，作跨學科探究。

## 評分標準

依據科學（小一至小六）課程指引文件（2025），科學探究強調讓學生針對自然現象或事物提出問題，並透過運用科學方法進行探究，尋求解答和知識，培養學生的好奇心和探究精神。教師可以透過「提問和規劃」（Plan）、「實施和記錄」（Do）、「整理和分析」（Analyse）和「表達和反思」（Review）四個步驟（PDAR），引導學生探究與日常生活相關的自然現象或事物。

基於此活動，教師可以利用小學科學過程技能縱向發展架構文件，對整個班級或不同小組的表現提供回饋，以達到持續改進的目的。

| 學生能夠：                                                               | 是／否 | 如何改進？ |
|---------------------------------------------------------------------|-----|-------|
| 提問和規劃（Plan）                                                         |     |       |
| - 觀察自然現象和事物的變化，提出可探究的科學問題                                           |     |       |
| - 運用生活經驗和已有知識，從教師列出的各項變量中，辨識探究過程中「要探究其影響的因素」、「要觀察或量度的因素」和「要保持不變的因素」 |     |       |
| - 基於所提出的假說和所採用的探究方法，對各項變量的關係作出合理預測                                  |     |       |
| 實施和記錄（Do）                                                           |     |       |
| - 使用合適的物料、工具和數碼設備（例如：單板電腦和微控制器）進行科學探究活動                             |     |       |
| - 使用量度工具和科學儀器，蒐集數據並作重複測試，以標準單位記錄                                    |     |       |
| - 使用表格、相片、影片、文字、圖像或／和科學符號等方式，完整記錄數據／證據                              |     |       |
| 整理和分析（Analyse）                                                      |     |       |
| - 通過比較、分類、分析、推論和概括等方法，把蒐集到的數據／證據，整理成有意義的資料                          |     |       |
| - 使用圖表、思維導圖等不同工具表示探究結果，並以科學語言和符號表達各個變量之間的關係                         |     |       |
| - 比較探究結果和預測是否一致；判斷結論是否支持所提出的假說，以及應用已有的科學知識作出解釋                      |     |       |
| - 辨識探究過程中可能出現的誤差                                                    |     |       |

| 表達和反思 (Review)                                  |  |  |
|-------------------------------------------------|--|--|
| - 以口頭、書面報告等方式，完整描述探究過程和結果，並引用探究過程所蒐集的證據，建構科學性解釋 |  |  |
| - 反思探究過程，提出需要改善的地方；以及所探究的問題有否其他解釋，或須進一步探究的地方    |  |  |

### 參考資料

Horniman Museum and Gardens. (2017, March 8). *Celebrating women in science: Anna Atkins*. Retrieved from <https://www.horniman.ac.uk/story/celebrating-women-in-science-anna-atkins/>

Natural History Museum. (n.d.). *Anna Atkins' cyanotypes: The first book of photographs*. Retrieved from <https://www.nhm.ac.uk/discover/anna-atkins-cyanotypes-the-first-book-of-photographs.html>

Smithsonian Ocean. (2021, May 18). *No longer anonymous: Anna Atkins and her algae*. Retrieved from <https://ocean.si.edu/human-connections/history-cultures/no-longer-anonymous-anna-atkins-and-her-algae>

The Museum of Modern Art. (n.d.). *Anna Atkins*. Retrieved from <https://www.moma.org/artists/231-anna-atkins>

The Royal Society. (2024, June 10). *Enlightened letters*. Retrieved from <https://royalsociety.org/blog/2024/06/enlightened-letters/>

附錄


部分製作溶液 A 和溶液 B 的材料 (附上圖片)

|                                                                                           |                                                                                        |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|          |       |   |
| <p>粉末 A：檸檬酸鐵銨<br/>(Ammonium ferric citrate),<br/><math>C_{12}H_{22}FeN_3O_{14}</math></p> | <p>粉末 B：鐵氰化鉀 (Potassium<br/>hexacyanoferrate(III)),<br/><math>K_3[Fe(CN)_6]</math></p> | <p>玻璃棒</p>                                                                           |
|         |      |  |
| <p>棕色試劑瓶(&gt;100 mL)</p>                                                                  | <p>量筒 (<math>\geq 100</math> mL)</p>                                                   | <p>燒杯 (<math>\geq 100</math> mL)</p>                                                 |

所有材料：



部分製作塗上溶液的藍曬紙的材料（附上圖片）

|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |  |
| <p>水彩紙（8K 尺寸，約 38 cm × 26 cm）</p>                                                  | <p>量筒 (&gt;10 mL)</p>                                                              | <p>燒杯 (&gt;20 mL)</p>                                                               |
|  |  |                                                                                     |
| <p>滴管</p>                                                                          | <p>畫刷</p>                                                                          |                                                                                     |

所有材料：



優質教育基金  
Quality Education Fund  
2023/0515

Faculty of Education  
The University of Hong Kong  
香港大學教育學院

## 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係

### 小學科學科探究活動（四年級）

範疇：物質、能量與變化  
課題：物理變化與化學變化



1

## 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係

|      |                       |
|------|-----------------------|
| 範疇   | 物質、能量和變化              |
| 課題   | 物理變化與化學變化             |
| 年級   | 四年級                   |
| 學習重點 | 探究不同陽光曝曬時間對藍曬成品色深的影響。 |

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五

2

### 學習目標

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 知識     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 辨識藍曬屬於化學變化。</li> <li>2. 解釋在藍曬中紫外線（UV）會觸發化學反應，生成不溶於水的普魯士藍。</li> <li>3. 描述不同曝曬時間如何影響藍曬成品的藍色深淺。</li> </ol>                                                                                                                                                                      |
| 過程技能   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在控制其他變量的前提下，進行藍曬實驗，觀察不同條件對結果的影響。</li> <li>2. 分析實驗結果，說明曝曬時間和藍曬成品外觀之間的關係。</li> <li>3. 運用適當的科學詞彙，並結合視覺化方式（如表格、照片、示意圖），清晰呈現發現與結論。</li> <li>4. 在實驗過程中應用 PDAR (Plan - Do - Analyse - Review) 科學探究框架「提問和規劃」（Plan）、「實施和記錄」（Do）、「整理和分析」（Analyse）和「表達和反思」（Review）四個步驟（PDAR）</li> </ol> |
| 態度與價值觀 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在探索光化學反應的過程中，展現好奇心與主動探究的精神，勇於提問並尋求解答。</li> <li>2. 主動參與跨學科創作。</li> <li>3. 欣賞安娜·阿特金斯（Anna Atkins）開創性地運用藍曬技術，及其對科學記錄與藝術的重大貢獻。</li> </ol>                                                                                                                                        |

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五

3

## 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係

### 活動的特徵與獨特性

本活動結合科學與藝術，引導學生利用陽光進行藍曬創作。透過親身操作實驗，學生不僅能觀察光化學反應的過程，還能比較不同曝曬時間如何影響成品的藍度的（色深）。此具吸引力的實作活動，有助於學生理解攝影背後的科學原理，同時激發創意思維。

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五

4

甚麼是「藍曬」?

可播放「活動簡介」短片，作活動導入。  
參看影片：[https://youtu.be/uzP\\_JNh1xUA](https://youtu.be/uzP_JNh1xUA)

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 5

5

## 藍曬：陽光顯影的藝術

藍曬 (Cyanotype) 是一種利用陽光製作藍色影像的技術，用於科學記錄與藝術創作。它由約翰·赫歇爾爵士 (Sir John Herschel) 發明，以簡單且經濟的方式，引領我們探索攝影與化學反應的奇妙交會。

來源：[www.metmuseum.org](http://www.metmuseum.org)

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 6

6

## 早期先驅：安娜·阿特金斯 (Anna Atkins)

**植物學家與攝影師**

安娜·阿特金斯 (1799 - 1871) 是藍曬工藝的早期重要推手。當時手繪藻類影像既耗時又難以精確，她因而採用藍曬法來製作植物標本影像。

**第一本攝影書**

她製作了歷史上第一本以照片作為插圖的書籍 *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*，完美結合了科學紀錄與藝術美感。

來源：[www.arthistoryproject.com](http://www.arthistoryproject.com)

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 7

7

## 藍曬的製作原理

**化學調配**：在紙張塗抹檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀的混合溶液 (藍曬液)。

**物件構圖**：將植物、底片或物件放置於乾燥的塗層紙上。

**陽光曝曬**：置於陽光下，紫外線引發化學反應，生成不溶水的普魯士藍 (Prussian Blue)。

**水洗顯影**：用水沖洗紙張。曝曬處呈現深藍色，被遮擋處則洗去藥劑，保留紙張原本的白色。

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 8

8

## 藍曬背後的科學

為什麼有些藍曬作品顏色較深，有些較淺？  
會不會與曝曬時間有關？



圖 1c Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions  
(呈現較深的藍色調)

圖 1d Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions  
(呈現較淺的藍色調)

來源: <https://www.nhm.ac.uk/discover/anna-atkins-cyanotypes-the-first-book-of-photographs.html>

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 9

9

## 科學探究的四個步驟



**提問規劃  
(Plan)**

我要探究甚麼？  
我要怎樣做？  
變量是甚麼？



**實施與記錄  
(Do)**

按照計畫做實驗  
並作記錄



**整理與分析  
(Analyse)**

整理結果，  
找出關係



**表達與反思  
(Review)**

解釋、反思、  
提出改進

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 10

10



## 提問規劃

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 11

11

## PLAN：探究問題

問題：我們在探究甚麼？寫下探究的問題。

**答案：不同陽光曝曬時間如何影響藍曬成品的色深？**

藍曬屬於物理變化還是化學變化？

**答案：這是一種化學變化。紫外線觸發光化學反應，生成不溶於水的普魯士藍。**

為什麼需要紫外線或陽光？

**答案：因為陽光中的紫外線提供化學反應所需的能量。**

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 12

12

## PLAN：假說

問題：根據探究問題寫出一個假說。

**答案：**陽光曝曬時間越長，藍曬成品的顏色越深。

根據假說，我們需要多少裝置？每個裝置應提供甚麼條件？

**答案：**我們需要四個裝置：三個在相同陽光條件下具有不同的曝曬時間（例如1分鐘、2分鐘和5分鐘），以及一組對照裝置（不暴露於陽光下）。所有其他條件必須保持一致（相同的紙張、相同的沖洗方法、相同的紙張擺法、紙張類型等）。

\*為了方便且保持條件一致，我們將一張紙分為四個區域。  
為了保持一致性和清晰度，本工作紙中將使用「區域」一詞代替「裝置」。

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 13

13

## PLAN：實驗材料（學生部分）



- 藍曬紙 1 張／組
- 黑色卡紙 1 張／組
- 玻璃板 1 塊／2 組
- 計時器 1 個／2 組
- 膠盤及清水
- 廚房紙 8 張／2 組
- 自來水
- 剪刀 1 把／組
- 「I」字樣 4 個／組
- 報紙／硬卡紙作墊底

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 14

14

## PLAN：自變量、因變量和控制變量

| 條件                   | 變量類別 |
|----------------------|------|
| A. 藍曬紙在曝曬過程中的擺放位置和方向 | 控制變量 |
| B. 陽光曝曬時間            | 自變量  |
| C. 沖洗方法              | 控制變量 |
| D. 乾燥時間              | 控制變量 |
| E. 曝曬區域的藍色深淺         | 因變量  |
| F. 紙張類型              | 控制變量 |

可示範使用線上遊戲 (poe.com 變量配對)，投影全班一起玩。  
[https://poe.com/Variables\\_match\\_Ch](https://poe.com/Variables_match_Ch)

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 15

15

## 參考：輸入指令 (Prompt)

(Bot: Gemini 3 Pro/ ChatGPT 5.2/ Claude Sonnet 4.5 via Poe.com)

請製作一個 HTML/ JavaScript 配對遊戲。畫面上有三個方框，分別標示為：

- 因變量（我們測量的條件）
- 自變量（我們改變的條件）
- 控制變量（我們保持不變的條件）

學生需要將下列項目拖放到正確的方框中：

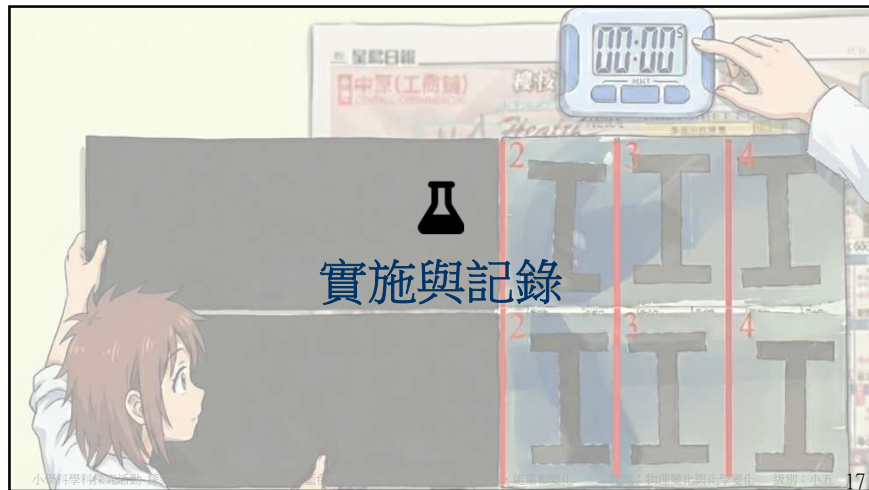
- 曝曬區域的藍色深淺
- 陽光曝曬時間
- 紙張類型
- 藍曬紙在曝曬過程中的擺放位置和方向
- 沖洗方法
- 乾燥時間

配對答案參考：

- **因變量：** 曝曬區域的藍色深淺
- **自變量：** 陽光曝曬時間
- **控制變量：** 紙張類型、藍曬紙在曝曬過程中的擺放位置和方向、沖洗方法、乾燥時間

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 16

16



17

### DO：實驗步驟（一）- 分區與遮光

參看影片：<https://youtu.be/nyigqnQ2svY>

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 18

18

### 注意事項

- 操作玻璃板時，必須**緊握並輕放**，避免撞擊。
- 如玻璃板破裂，**切勿觸摸碎片**，應立即通知老師。

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 19

19

### DO：實驗步驟（一）- 分區與遮光

用剪刀沿虛線剪下四個字母“1”。

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 20

20

## DO：實驗步驟（一） - 分區與遮光

請在藍曬紙背寫上組別以作識別。

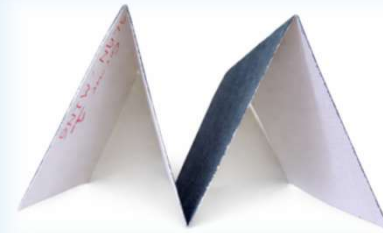


小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 21

21

## DO：實驗步驟（一） - 分區與遮光

將藍曬紙對摺兩次（如下圖）

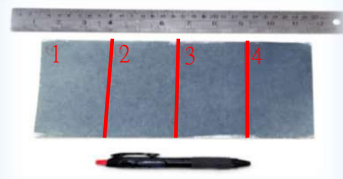


小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 22

22

## DO：實驗步驟（一） - 分區與遮光

用鉛筆或記號筆沿摺線畫上界線，並依次標示為區域 1 至區域 4。

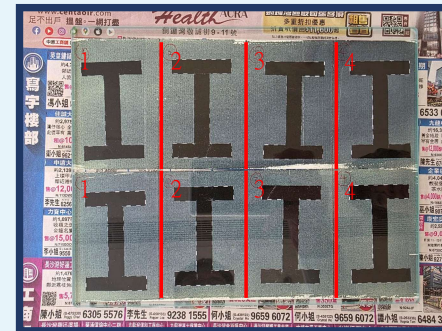


小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 23

23

## DO：實驗步驟（一） - 分區與遮光

將藍曬紙放在作為底墊的報紙或硬卡紙上，方便移動。

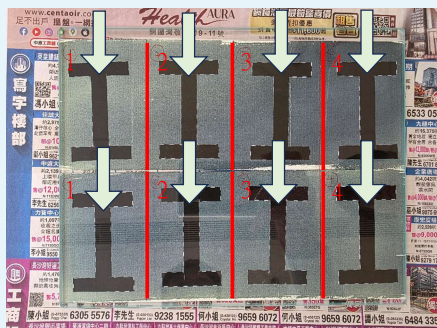


小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 24

24

## DO：實驗步驟（一） - 分區與遮光

在藍曬紙的每個區域上放置一個“T”字樣。

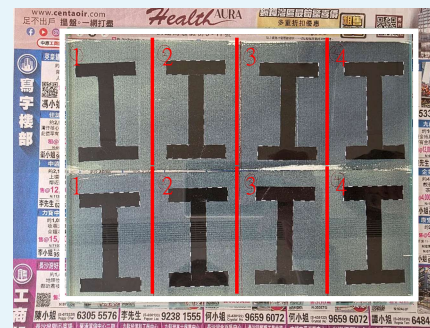


小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 25

25

## DO：實驗步驟（一） - 分區與遮光

然後將玻璃板輕放在藍曬紙上。

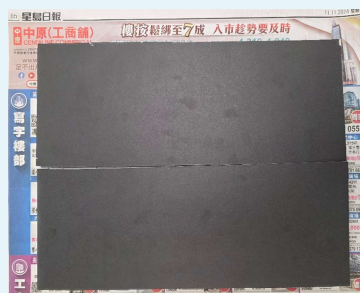


小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 26

26

## DO：實驗步驟（一） - 分區與遮光

將黑色卡紙完全遮蓋區域1-4，預備開始實驗。



小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 27

27

## DO：實驗步驟（二） - 規劃曝曬時間

建議曝曬時間表：

| 區域 1        | 區域 2         | 區域 3         | 區域 4         |
|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 對照<br>(0分鐘) | 1分鐘 /<br>2分鐘 | 2分鐘 /<br>4分鐘 | 5分鐘 /<br>6分鐘 |

根據當日紫外線指數 (UV index) 調整組合：

- 紫外線指數高：可用 0、1、2、5 分鐘
- 紫外線指數較低 / 陽光不穩：改用 0、2、4、6 分鐘

小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 28

28

## DO：實驗步驟（三）- 曝曬



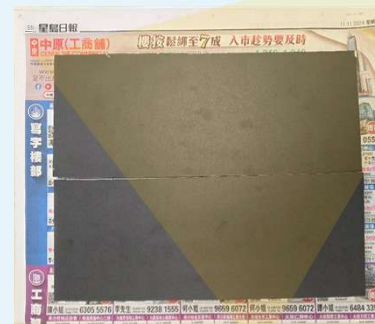
參看影片：<https://youtu.be/ORXipmPBVvQ>

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 29

29

## DO：實驗步驟（三）- 曝曬

將設置移至陽光下。

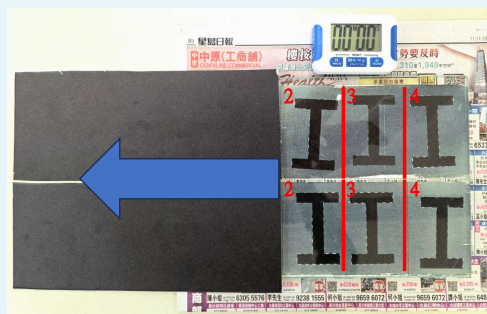


小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 30

30

## DO：實驗步驟（三）- 曝曬

將整個裝置放到陽光下，同時啟動計時器（等待一分鐘）

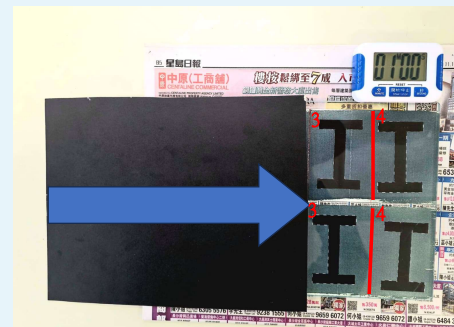


小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 31

31

## DO：實驗步驟（三）- 曝曬

1分鐘後，用黑卡紙遮蓋區域 1 和 2（再等待一分鐘）



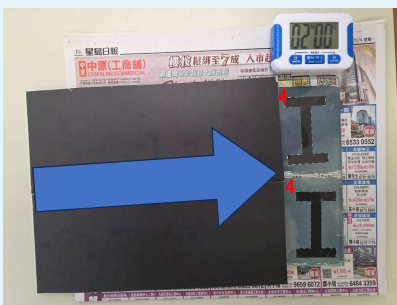
小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 32

32

## DO：實驗步驟（三）－ 曝曬



再 1 分鐘後：滑動黑卡紙遮蓋區域 1 至 3。（等待三分鐘）



小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 33

33

## DO：實驗步驟（三）－ 曝曬



完成曝曬後，小心移除玻璃板。  
立即把藍曬紙反轉，並將裝置移離陽光直射區域，以免繼續發生化學反應。



小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 34

34

## DO：實驗步驟（四）－ 沖洗與風乾



將作品在清水中輕輕沖洗約 20 秒，以除去未反應的藍曬液。



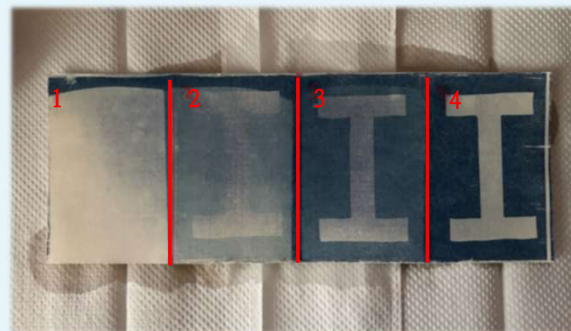
小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 35

35

## DO：實驗步驟（四）－ 沖洗與風乾



將作品平放在廚房紙上，置於陰涼處乾燥，並避免陽光照射。



小學科學探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 36

36



37

## ANALYSE：觀察與記錄

在藍曬紙上寫下各區的曝曬時間。  
沖洗後記錄藍度。

記錄方法選項：

- 以平板拍照，上傳至 Padlet 或 Slides；
- 在工作紙上手繪加上色，盡量貼近實際藍度。

| 區域               | 1 (對照) | 2      | 3      | 4      |
|------------------|--------|--------|--------|--------|
| 曝曬時間             | ___ 分鐘 | ___ 分鐘 | ___ 分鐘 | ___ 分鐘 |
| 沖洗後顏色<br>(照片/繪畫) |        |        |        |        |

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 38

38

## ANALYSE：結果

曝曬時間與結果的關係：

- ✓ 區域1：未曝曬（對照組）
- ✓ 區域2：最短曝曬時間
- ✓ 區域3：中等曝曬時間
- ✓ 區域4：最長曝曬時間

請觀察右圖實驗結果，比較各區的深淺。

最淺 1 → 2 → 3 → 4 最深

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 39

39

## ANALYSE：延伸探究

👁️

差異程度

各區之間的顏色差異明顯嗎？

⚠️

實驗問題檢查

白色區域「再變藍」？  
出現條紋/不均勻？

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 40

40



## 表達與反思

41

## REVIEW：延伸討論

☁️ 紫外線强度高

區域3與區域4 可能因飽和現象而顯得顏色相似。

42

## REVIEW：延伸討論

☁️ 陽光被雲層遮擋

各區之間的藍度差異可能減少。

43

## REVIEW：小組比較與討論

### 比較結果

將本組的結果與其他同學比較：

同學姓名：\_\_\_\_\_

同學排列：\_\_\_\_ → \_\_\_\_ → \_\_\_\_ → \_\_\_\_

我和同學的結果：相同 / 不相同

44

## REVIEW: 延伸討論 (結果分析)

1. 哪一區通常出現最深的藍度?

答: 區域 4

## REVIEW: 延伸討論 (結果分析)

1. 哪一區通常出現最深的藍度?

答: 區域 4

2. 有沒有小組發現區域 3 與區域 4 之間的藍度差異不大?

答: 若有此情況, 可能是紫外線強度過高 (導致藍色迅速飽和), 或各組的曝曬時間未能同時開始與結束。

## REVIEW: 延伸討論 (變項思考)

3. 為甚麼區域 2 和 3 的差異不大?

答: 可能是曝曬時間過短, 普魯士藍生成不足。

4. 擺放角度有影響嗎?

答: 有! 不同角度 (如水平/傾斜) 接收的陽光強度不同。

## REVIEW: 結論

「陽光曝曬時間越長, 藍曬成品顏色越深」

實驗結果:

**支持**

(假說成立)

## REVIEW: 假如結果不如預期...可能是因為？



### 時間控制

各組開始或結束的時間  
**不一致。**



### 塗層問題

藍曬液塗抹**不均勻**，顯  
影不平均。



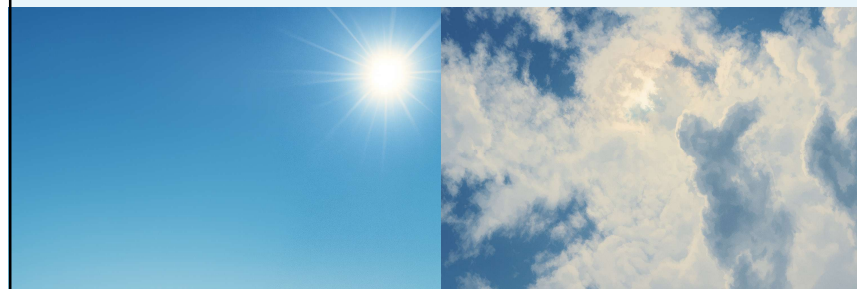
### 沖洗問題

沖洗不乾淨，未能除去  
未反應的藍曬液。

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 49

49

## REVIEW: 假如結果不如預期...可能是因為？



### 陽光問題

陽光太猛烈，或者陽光被雲層覆蓋。

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 50

50

## PDAR 反思 - 我們做得怎樣？

### Plan

我們有清楚寫出探究問題和假說嗎？  
有正確辨識變量嗎？

### Analyse

有根據記錄比較不同區域結果嗎？  
有用表格／圖像整理數據嗎？

### Do

有小心操作、記錄完整嗎？  
有控制變量嗎？

### Review

結論有用到數據作證據嗎？  
有想到需要改進的地方嗎？

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 51

51

## 注意事項

部分網上示範會使用 6% 過氧化氫 ( $H_2O_2$ ，俗稱雙氧水) 來加速藍曬顯色。 $H_2O_2$  對患有 G6PD 缺乏症 (俗稱蠶豆症) 的學生有安全風險，因其具氧化性，可能影響紅血球功能。在校內進行藍曬教學時，建議完全避免使用  $H_2O_2$ ，只以清水沖洗即可，確保學生安全。

## 注意事項

操作玻璃板時，必須緊握並輕放，避免撞擊。

如玻璃板破裂，切勿觸摸碎片，應立即通知老師。

老師應使用適當工具 (如毛掃及垃圾鏟) 安全清理碎片。

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 52

52

## 趣味冷知識：紫外線與「烤鴨」

### 看不見的光，看得見的變化

除了藍曬，紫外線也能創造其他有趣的顏色變化。市面上流行的「紫外線變色烤鴨」吊飾就是一個例子。

### 可逆 vs 不可逆

這種吊飾在室內呈白色，一曬太陽就會因紫外線轉變為誘人的「烤鴨色」（橘棕色）。

**關鍵差異：**烤鴨的變色通是**可逆**的（回到室內變回白色）；而藍曬則是化學性質的徹底改變，生成的普魯士藍是**不可逆**的永久紀錄。



Source: [www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com)

小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 53

53

## 趣味冷知識：鈔票上的「隱形」秘密

### 看不見的光，看得見的防偽

鈔票上印有特殊的螢光防偽特徵，平常看不見，但在紫外線 (UV) 照射下會發出亮光。

### 物理變化 vs. 化學變化

**螢光反應(上圖)：**鈔票吸收紫外線後發光，移開光源後立刻消失。這只是能量的轉換，屬於物理變化。

**藍曬影像(下圖)：**藍曬紙吸收紫外線後，化學成分發生改變，生成藍色的普魯士藍。這是永久的化學變化。

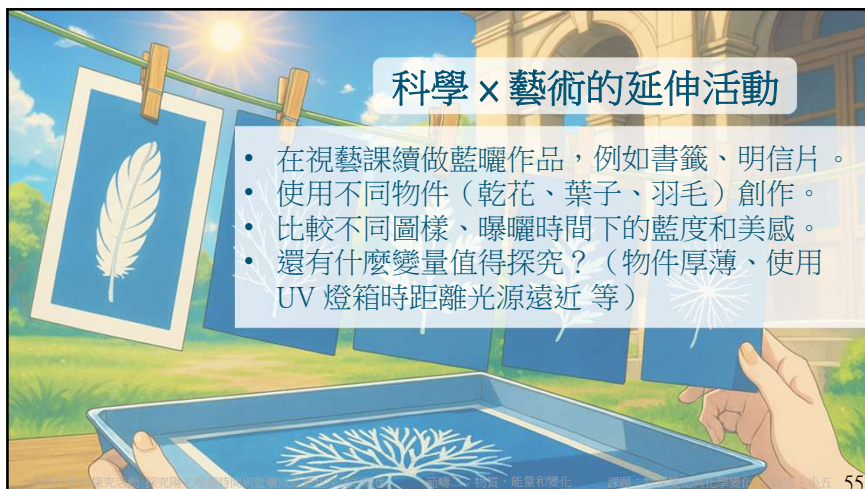


小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 54

54

## 科學 × 藝術的延伸活動

- 在視藝課續做藍曬作品，例如書籤、明信片。
- 使用不同物件（乾花、葉子、羽毛）創作。
- 比較不同圖樣、曝曬時間下的藍度和美感。
- 還有什麼變量值得探究？（物件厚薄、使用UV燈箱時距離光源遠近等）



小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 55

55

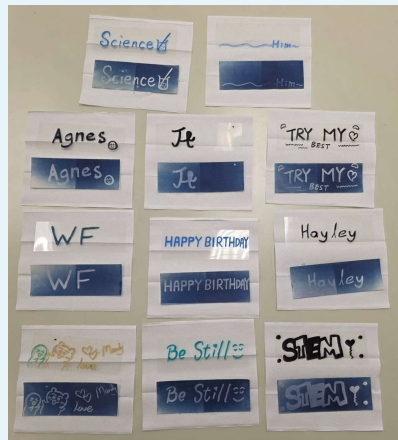
## 藍曬書籤



小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 56

56

# 藍曬書籤



小學科學科探究活動 探究陽光曝曬時間與藍曬成品藍色深淺的關係 範疇二：物質、能量和變化 課題：物理變化與化學變化 級別：小五 57