

透過墨水分析法找出秘密天使

Find out the Secret Angel Through Paper Chromatography

Description

Using paper chromatography and comparing different chromatograms to conduct scientific inquiry activities and experience the beauty of science.

Production

Chung Ming Fai Thomas
GE Jiahang Simon
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

透過紙層分析法並比較不同的色譜圖，進行科學探索活動，體驗科學之美。

製作

鍾銘輝
葛佳航
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 透過墨水分析法查出秘密天使

學生版本
Student Version

一 情境：

允行拿著一張小便條，看起來既感動又好奇：



允行

這是一封多麼親切的訊息呀！一心和思賢，你們一定要看看這個。我在桌上發現這張令人驚喜的秘密便條，上面寫著非常貼心的話……我真的很想找出是誰寫的，好好感謝他們。

哇，真是太討人喜歡了！一個秘密天使！等等，看看這張紙。這是那種特殊的色層分析紙，對吧？而且墨水有種特別的光澤……我只在我們班上見過三個人用這種顏色的墨水。

一心

允行

是誰呢？

好的，是英秀、家寶和念慈。但他們用的都是不同品牌的筆！所以，如果我們能找出墨水的品牌，就能知道是誰寫的了！

一心

我們可以用紙色層分析法！我們上學期在科學課上做過這個實驗。這是一種分離墨水中不同染料的方法。

思賢

允行

這真是個好主意！我們來組隊吧！誰準備好一起找出這位秘密天使了？

你的任務：使用紙色層分析法分析秘密便條中的墨水，並與三位可能是秘密天使所用的墨水樣本進行比較。組成 4 至 5 人的小組，查出秘密天使的身份！

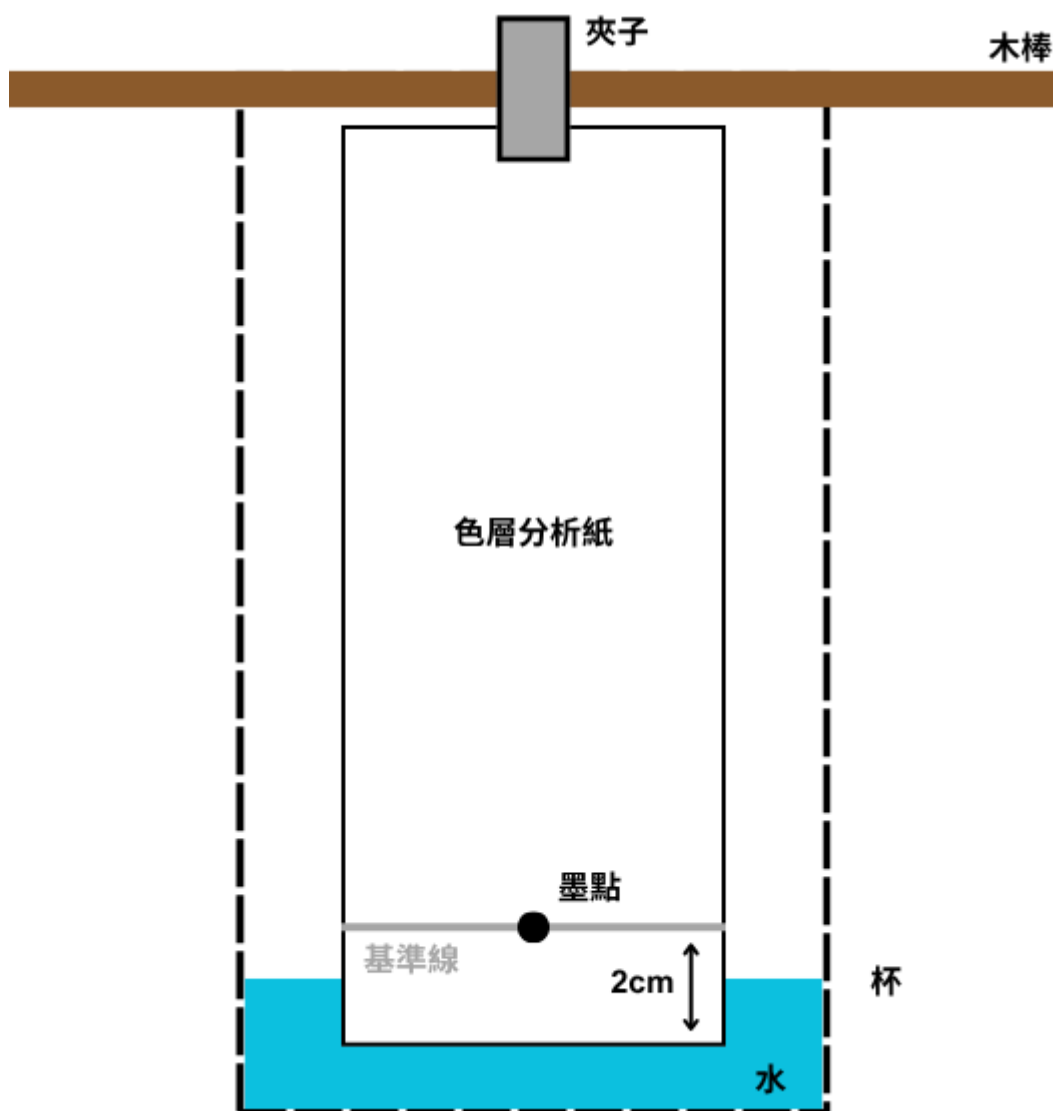
（請注意教師已經知道秘密天使使用了哪個品牌的筆，並會準備對應的色層分析紙供你進行分析。）

二 紙色層分析法介紹：

紙色層分析法是一種分離並識別混合物中的不同物質的簡單方法。它使用一種特殊的紙張，以及一種作為溶劑的液體（例如水）。

其運作原理如下：溶劑沿著紙張向上移動，同時攜帶混合物中的各個成分。混合物中的不同物質以不同的速度移動——有些物質移動得快，沿著紙張移動較遠；有些物質移動得慢，停留在靠近起始點的位置。這是因為每種物質與紙張和溶劑的親和力存在差異。

隨著過程的進行，你會看到一種稱為色譜的圖案。這種圖案看起來像一個「色彩指紋」，展示了原本混合在一起的隱藏成分。例如，它能幫助我們理解看似單一顏色的黑色墨水，其實是由多種不同顏色的色素組成的。



三 探究問題：

學生在探究甚麼？寫下探究的問題。

四 假說：

寫出一個假說。

五 材料及步驟

材料：

1. 濾紙或色層分析紙 x4（秘密天使的色層分析紙應由教師準備）
2. 透明塑膠杯／燒杯（至少 15 厘米高） x4
3. 鉛筆 x1
4. 直尺 x1
5. 夾子 x4
6. 木棒 x4
7. 水
8. 黑色筆（例如：Pentel「Brush Sign Pen Twin Black」、Pentel「毛筆初心者速乾毛筆-麻葉紋」、Deli「Color Emotion Black」）
9. 計時器 x1

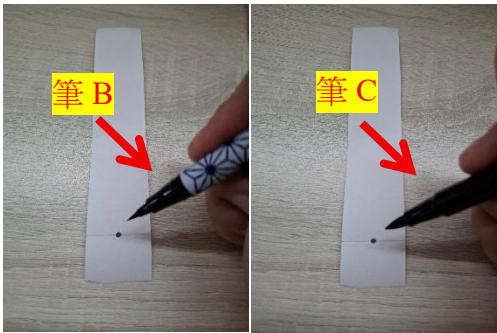
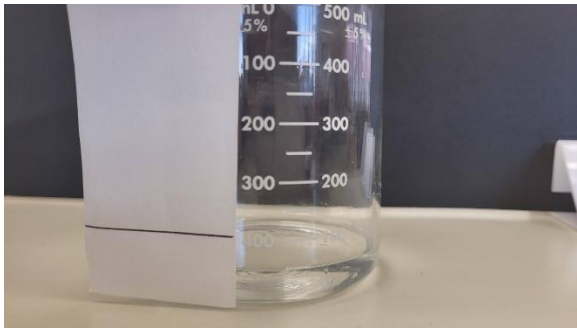
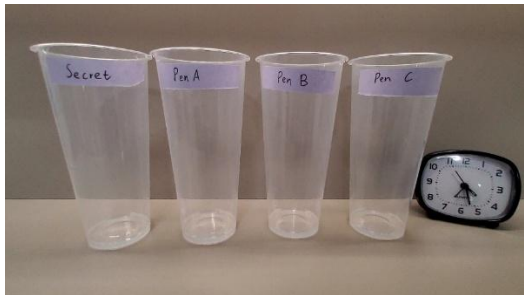
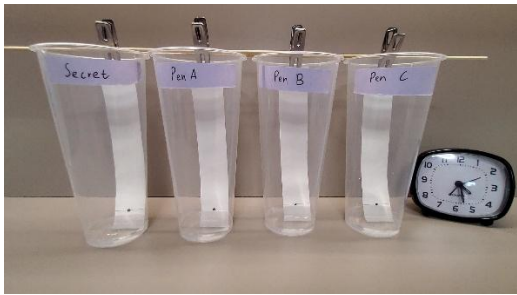
注意事項：

1. 切勿飲用實驗中使用的任何液體。
2. 小心處理燒杯和杯子。若玻璃破裂，切勿觸摸碎玻璃，並立即通知教師。
3. 實驗結束後，用肥皂和水徹底清洗雙手。
4. 實驗期間避免觸摸臉部、眼睛或嘴巴。
5. 僅使用教師提供的材料。
6. 保持操作區域乾淨且乾燥。
7. 留意教師的指示。

步驟：

1. 準備色層分析紙

	
<p>a) 剪裁一塊至少 15 厘米長的色層分析紙（具體長度取決於杯子或燒杯的高度）</p>	<p>b) 使用鉛筆在距離紙張一端 2 厘米處標記基準線。</p>
	
<p>c) 用選定的筆在基準線上的同一位置輕輕點三次。</p>	<p>d) 將色層分析紙夾在木棒上。</p>

	
<p>e) 對所有筆重複上述步驟。</p>	<p>f) 在透明塑膠杯／燒杯中裝入 1 厘米高的水。</p>
	
<p>g) 為透明塑膠杯／燒杯貼上標籤。</p>	<p>h) 當所有（共四個）裝置準備就緒後，小心將每張色層分析紙同時放入水中，並啟動計時器計時 15 分鐘。</p>

2. 實驗裝置設定

考慮所有裝置，哪些是控制變量（需保持一致的因素）？

裝置	控制變量
秘密	
筆 A	
筆 B	
筆 C	

六 觀察及記錄：

1. 15 分鐘後，觀察每個裝置中色層分析紙的外觀。
2. 將觀察結果記錄在下表中：
 - (a) 寫下每個裝置中使用的筆的品牌名稱。
 - (b) 記錄 15 分鐘後的觀察結果，包括
 - i) 觀察到的顏色（例如黃色、粉紅色、綠色、灰色、黑色、藍色、青色、洋紅色等）、
 - ii) 移動距離最長的顏色（厘米）以及 iii) 移動距離的最短的顏色（厘米）。

	秘密	筆 A	筆 B	筆 C
i) 觀察到的顏色				
ii) 移動距離最長的顏色（厘米）				
iii) 移動距離的最短的顏色（厘米）				

七 結果：

i) 經過觀察及記錄後，我發現：

觀察一：

色層分析紙上發現的顏色

- 秘密便條中的墨水是／不是由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 A 的墨水是／不是由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 B 的墨水是／不是由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 C 的墨水是／不是由多種不同顏色混合而成。

觀察二：哪種顏色移動的距離最長及最短？

- 在秘密便條裝置中，_____色移動的距離**最長**，而_____色移動的距離**最短**。
- 在裝置 A 中，_____色移動的距離**最長**，而_____色移動的距離**最短**。
- 在裝置 B 中，_____色移動的距離**最長**，而_____色移動的距離**最短**。
- 在裝置 C 中，_____色移動的距離**最長**，而_____色移動的距離**最短**。

→ 比較不同顏色的移動距離，不同品牌的筆可溶於水的墨水有／沒有特定的色譜。

ii) 經過觀察後，我比較了自己和其他同學所得的結果，我發現：

同學的姓名： _____

- 比較不同顏色的移動距離，秘密裝置中的_____色移動的距離**最長**。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 A 中的_____色移動的距離**最長**。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 B 中的_____色移動的距離**最長**。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 C 中的_____色移動的距離**最長**。

同學的姓名： _____

- 比較不同顏色的移動距離，秘密裝置中的_____色移動的距離**最短**。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 A 中的_____色移動的距離**最短**。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 B 中的_____色移動的距離**最短**。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 C 中的_____色移動的距離**最短**。

秘密便條是由筆_____所寫的。

→ 我的同學和我得到了相同/不同的結果。

八 結論：

探究結果 支持 / 不支持

「

_____」的假說。

若結果不支持假說，試找出其原因（是假說不對，還是實驗過程中出現了問題？）。可以與其他同學一起討論。

~~~~~ 完 ~~~~~

小學科學科探究活動  
透過墨水分析法找出秘密天使

老師版本  
Teacher Version

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 範疇        | 物質、能量和變化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 課題        | 物質的特性、物理變化與化學變化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 年級        | 小五                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 學習重點      | 透過紙層分析法並比較不同的色譜圖，進行科學探索活動，體驗科學之美。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 學習目標      | <p><i>知識：</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 認識特定顏色的墨水是由多種色素分子組成的混合物。</li> <li>2. 解釋粒子大小、質量及溶解度如何影響紙色層分析法的結果。</li> <li>3. 理解紙色層分析法的基本原理：根據混合物成分在溶劑中的溶解度差異及其對色層分析紙的親和力差異來分離成分。</li> </ol> <p><i>過程技能：</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在指導與監督下進行科學探究 (PDAR)。</li> <li>2. 根據紙色層分析法的結果進行科學觀察。</li> <li>3. 分析並詮釋所得結果。</li> </ol> <p><i>態度：</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 識別並探索日常生活中的科學現象。</li> <li>2. 欣賞科學與鑑識學在解決現實世界問題的相關性。</li> <li>3. 培養仔細觀察與基於證據推理的價值。</li> </ol> |
| 活動的特徵與獨特性 | <p>此活動為學生提供機會，將科學知識應用於解決現實生活的問題，特別是在辨識「秘密天使」的身分方面。</p> <p>將比對「秘密便條」中的墨水過程作為活動的核心主題，有助於創造難忘的學習體驗。此方法能促進學生對相關的科學概念有更深刻的理解和印象。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

學生的已有知識：

- 1MA2 描述日常生活物品的特性（例如：輕重、軟硬、有否彈性、是否透光）
- 3MA3 列舉混合物的一些例子（例如：沙石、糖水、沙和鐵粉、空氣）
- 3MA4 認識把混合物進行分離的一些方法（篩、磁吸引、過濾、蒸發）
- 3MA7 知道一些加快物質在水中溶解的因素（例如：溶質的表面面積、水的溫度、攪拌速度）
- 4MA4 辨識一些不會生成新物質的可見變化（物理變化）（例如：溶解、蒸發、擠壓或延展物件）

## 小學科學科探究活動

### 透過墨水分析法找出秘密天使

#### 一 情境：

允行拿着一張小便條，看起來既感動又好奇：



允行

這是一封多麼親切的訊息呀！一心和思賢，你們一定要看看這個。我在桌上發現這張令人驚喜的秘密便條，上面寫著非常貼心的話……我真的很想找出是誰寫的，好好感謝他們。

哇，真是太討人喜歡了！一個秘密天使！等等，看看這張紙。這是那種特殊的色層分析紙，對吧？而且墨水有種特別的光澤……我只在我們班上見過三個人用這種顏色的墨水。

一心

允行

是誰呢？

好的，是英秀、家寶和念慈。但他們用的都是不同品牌的筆！所以，如果我們能找出墨水的品牌，就能知道是誰寫的了！

一心

我們可以用紙色層分析法！我們上學期在科學課上做過這個實驗。這是一種分離墨水中不同染料的方法。

思賢

允行

這真是個好主意！我們來組隊吧！誰準備好一起找出這位秘密天使了？

你的任務：使用紙色層分析法分析秘密便條中的墨水，並與三位可能是秘密天使所用的墨水樣本進行比較。組成 4 至 5 人的小組，查出秘密天使的身份！

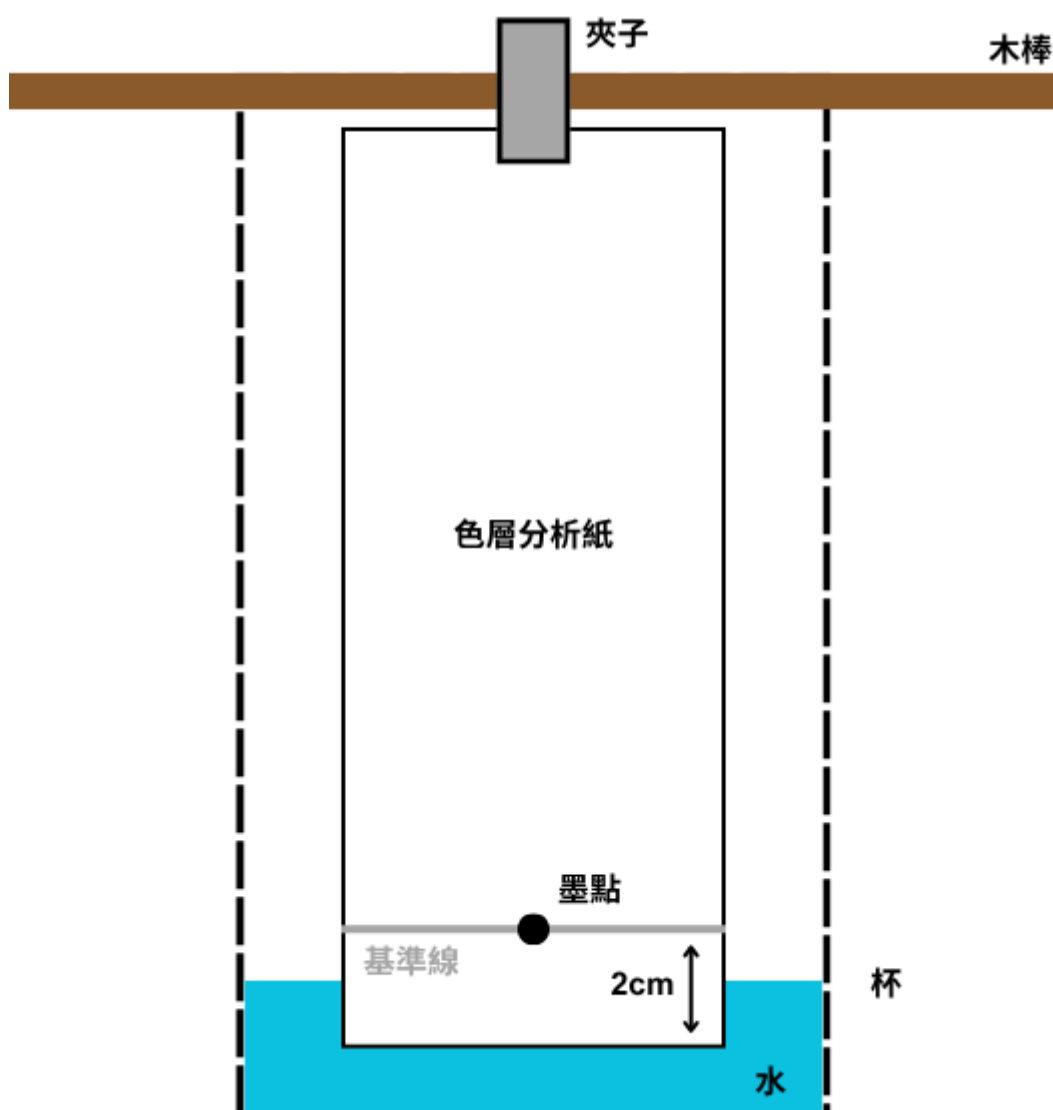
（請注意教師已經知道秘密天使使用了哪個品牌的筆，並會準備對應的色層分析紙供你進行分析。）

## 二 紙色層分析法介紹：

紙色層分析法是一種分離並識別混合物中的不同物質的簡單方法。它使用一種特殊的紙張，以及一種作為溶劑的液體（例如水）。

其運作原理如下：溶劑沿着紙張向上移動，同時攜帶混合物中的各個成分。混合物中的不同物質以不同的速度移動——有些物質移動得快，沿着紙張移動較遠；有些物質移動得慢，停留在靠近起始點的位置。這是因為每種物質與紙張和溶劑的親和力存在差異。

隨着過程的進行，你會看到一種稱為色譜的圖案。這種圖案看起來像一個「色彩指紋」，展示了原本混合在一起的隱藏成分。例如，它能幫助我們理解看似單一顏色的黑色墨水，其實是由多種不同顏色的色素組成的。



### 三 探究問題：

學生在探究甚麼？寫下探究的問題。

如何使用紙色層分析法找出寫下秘密便條的筆是哪一支？

建議教師與學生討論：

- 「如何分辨兩支外觀相似的筆是否實際上使用了不同的墨水？」
- 「如何確定使用了哪支筆？」

答：「因為不同的色素分子在同一溶劑（例如水）中具有獨特的溶解度，以及對色層分析紙具有不同的親和力，因此它們在色層分析紙上會移動不同的距離。通過比較不同的圖案，我們可以分辨出寫下秘密便條的筆。」

### 四 假說：

寫出一個假說。

在紙色層分析法中，每支筆的墨水都會呈現獨特的顏色圖案。通過比較這些圖案，我們可以找出秘密便條所用的墨水與三位同學中某一位的筆相匹配，從而揭示秘密。

建議教師與學生討論如何設置實驗裝置，以確保學生理解以上假說的意思。

- 根據假說，我們需要多少裝置？每個裝置應提供哪些條件？

答：有三支可疑的筆，分別屬於不同的品牌。秘密天使的訊息寫在色層分析紙上（紙張厚且大致呈水平），在距離紙張一端2厘米的位置畫上基準線，最後將其色譜與三支筆的色譜進行比較。

- 一旦學生理解了實驗設置的條件，就可以引導他們如何使用不同墨水設置每個實驗的條件。通過討論列出的問題，學生將理解使用每種材料和每個步驟的目的。

## 五 材料及步驟

### 材料：

1. 濾紙或色層分析紙 x4（秘密天使的色層分析紙應由教師準備）
2. 透明塑膠杯／燒杯（至少 15 厘米高） x4
3. 鉛筆 x1
4. 直尺 x1
5. 夾子 x4
6. 木棒 x4
7. 水
8. 黑色筆（例如：Pentel「Brush Sign Pen Twin Black」、Pentel「毛筆初心者速乾毛筆-麻葉紋」、Deli「Color Emotion Black」）
9. 計時器 x1

### 建議教師與學生討論如何確保公平測試：



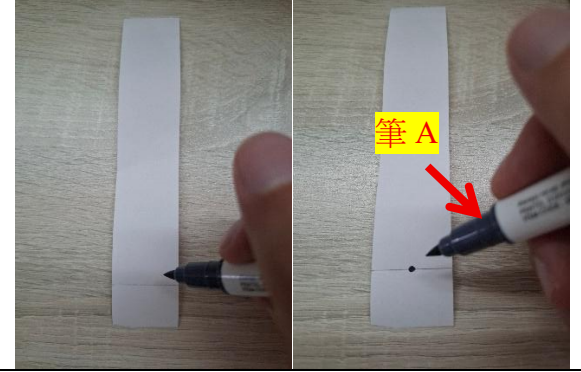
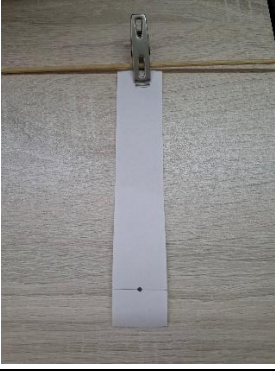
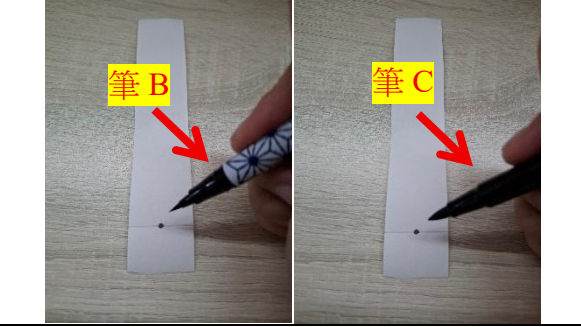
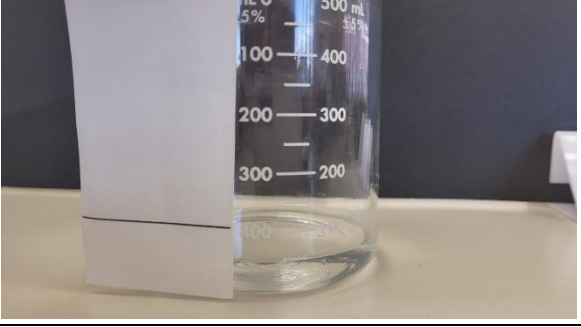
- 為了確保測試公平，我們需要：
  - 保證相同的紙張類型和尺寸、溶劑類型、墨點的量、墨點的尺寸、燒杯中溶劑的深度以及展開時間。
  - 在準備好四個裝置後，同時將色層分析紙放入溶劑中以開始實驗。

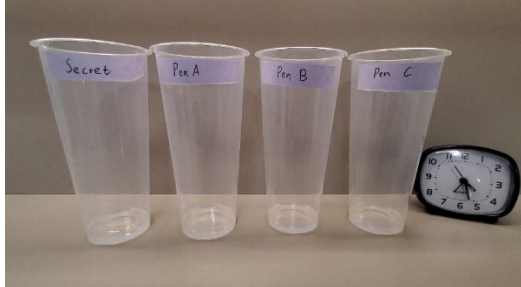
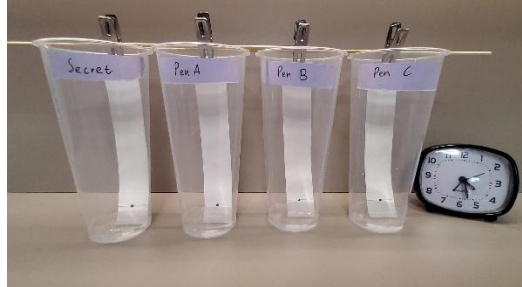
### 注意事項：

1. 切勿飲用實驗中使用的任何液體。
2. 小心處理燒杯和杯子。若玻璃破裂，切勿觸摸碎玻璃，並立即通知教師。
3. 實驗結束後，用肥皂和水徹底清洗雙手。
4. 實驗期間避免觸摸臉部、眼睛或嘴巴。
5. 僅使用教師提供的材料。
6. 保持操作區域乾淨且乾燥。
7. 留意教師的指示。

步驟：

1. 準備色層分析紙

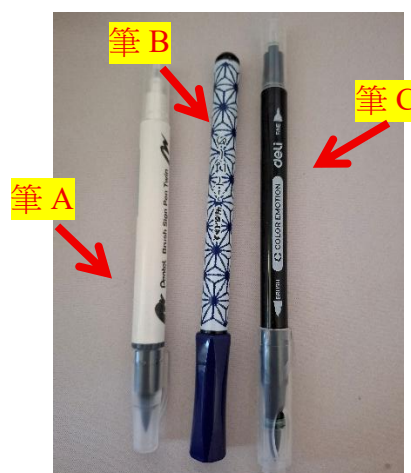
|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>a) 剪裁一塊至少 15 厘米長的色層分析紙<br/>(具體長度取決於杯子或燒杯的高度)</p>                                 | <p>b) 使用鉛筆在距離紙張一端 2 厘米處標記<br/>基準線。</p>                                               |
|   |   |
| <p>c) 用選定的筆在基準線上的同一位置輕輕<br/>點三次。</p>                                                | <p>d) 將色層分析紙夾在木棒上。</p>                                                               |
|  |  |
| <p>e) 對所有筆重複上述步驟。</p>                                                               | <p>f) 在透明塑膠杯／燒杯中裝入 1 厘米高的<br/>水。</p>                                                 |

|                                                                                   |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| <p>g) 為透明塑膠杯／燒杯貼上標籤。</p>                                                          | <p>h) 當所有（共四個）裝置準備就緒後，小心將每張色層分析紙同時放入水中，並啟動計時器計時 15 分鐘。</p>                         |

## 2. 實驗裝置設定

考慮所有裝置，哪些是控制變量（需保持一致的因素）？

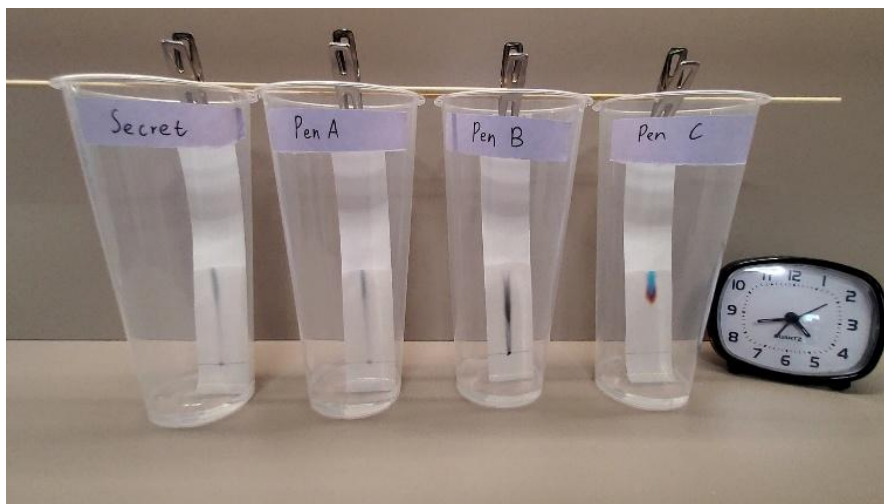
| 裝置                                                          | 控制變量                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>秘密<br/>Pentel 「Brush Sign Pen Twin Black」<br/>(學生未知)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 所有測試中使用的色層分析紙的類型和尺寸</li> <li>• 用於展開色譜的溶劑（液體）類型</li> <li>• 測試期間每個杯子／容器中溶劑的量（溶劑深度）</li> <li>• 施加在紙上的墨水尺寸和量（墨點）</li> <li>• 展開時間</li> </ul> |
| <p>筆 A<br/>Pentel 「Brush Sign Pen Twin Black」</p>           |                                                                                                                                                                                  |
| <p>筆 B<br/>Pentel 「毛筆初心者速乾毛筆-麻葉紋」</p>                       |                                                                                                                                                                                  |
| <p>筆 C<br/>Deli 「Color Emotion Black」</p>                   |                                                                                                                                                                                  |



### 紙色層分析法的縮時影片

(15 mins → 30s version):

<https://youtu.be/kPEhDXpxFn8>



#### 建議教師與學生討論：

- 這個探究有甚麼自變量（會變的因素）？  
答：筆的品牌。
- 為甚麼使用水而不是其他液體？  
答：大部分我們在日常使用的筆的墨水可溶於水。然而，某些筆（如馬克筆）的墨水僅溶於油性溶劑。溶劑的選擇取決於筆的類型。
- 為甚麼不使用更多的水？  
答：為防止墨水直接溶解到水中，墨點的起始位置必須高於水位。

#### 給教師的提示：

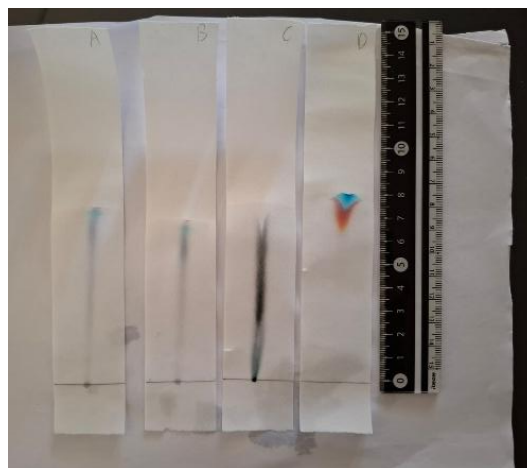
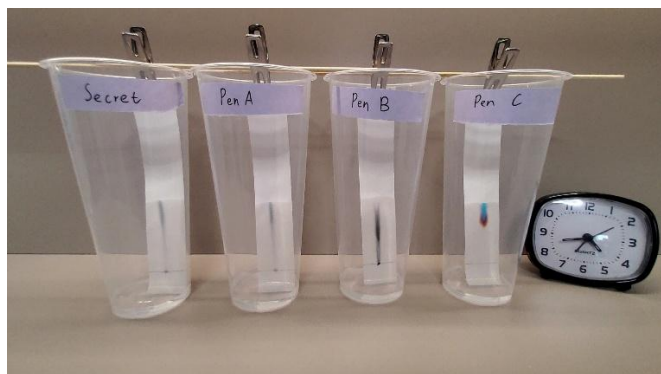
- 倒水時避免水濺到杯壁上。
- 使用寬度小於杯口直徑一半的色層分析紙，以確保適當的空間。
- 確保色層分析紙的長度不超過杯子的高度。
- 為提高穩定性，可考慮在杯口兩側切出 V 形或 U 形凹槽，以固定木棒。
- 在將色層分析紙放入杯子前，將其拉直並展平，以防止在過程中捲曲或起皺。

## 六 觀察及記錄：

1. 15 分鐘後，觀察每個裝置中色層分析紙的色譜圖。
2. 將觀察結果記錄在下表中：
  - (a) 寫下每個裝置中使用的筆的品牌名稱。
  - (b) 記錄 15 分鐘後的觀察結果，包括 i) 觀察到的顏色（例如黃色、粉紅色、綠色、灰色、黑色、藍色、青色、洋紅色等）、ii) 移動距離最長的顏色（厘米）以及 iii) 移動距離的最短的顏色（厘米）。

|                     | 秘密<br><u>Pentel「Brush Sign Pen Twin Black」</u> | 筆 A<br><u>Pentel「Brush Sign Pen Twin Black」</u> | 筆 B<br><u>Pentel「毛筆初心者速乾毛筆-麻葉紋」</u> | 筆 C<br><u>Deli「Color Emotion Black」</u> |
|---------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| i) 觀察到的顏色           | 淺灰色和淺藍色                                        | 淺灰色和淺藍色                                         | 深綠色、黑色和深灰色                          | 橙色、藍色和深藍色                               |
| ii) 移動距離最長的顏色（厘米）   | 淺灰色（7 厘米）                                      | 淺灰色（7 厘米）                                       | 深灰色（7 厘米）                           | 深藍色（7 厘米）                               |
| iii) 移動距離的最短的顏色（厘米） | 淺藍色（6.5 厘米）                                    | 淺藍色（6.5 厘米）                                     | 深綠色（1 厘米）                           | 橙色（5 厘米）                                |

## 七 結果：



i) 經過觀察及記錄後，我發現：

觀察一：色層分析紙上發現的顏色

- 秘密便條中的墨水是／不是由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 A 的墨水是／不是由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 B 的墨水是／不是由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 C 的墨水是／不是由多種不同顏色混合而成。

觀察二：哪種顏色移動的距離最長及最短？

- 在秘密便條裝置中，淺灰色移動的距離最長，而淺藍色移動的距離最短。
- 在裝置 A 中，淺灰色移動的距離最長，而淺藍色移動的距離最短。
- 在裝置 B 中，深灰色移動的距離最長，而深綠色移動的距離最短。
- 在裝置 C 中，深藍色移動的距離最長，而橙色移動的距離最短。

→ 比較不同顏色的移動距離，不同品牌的筆可溶於水的墨水有／沒有特定的色譜。

ii) 經過觀察後，我比較了自己和其他同學所得的結果，我發現：

同學的姓名：\_\_\_\_\_

- 比較不同顏色的移動距離，秘密裝置中的\_\_\_\_\_色移動的距離最長。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 A 中的\_\_\_\_\_色移動的距離最長。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 B 中的\_\_\_\_\_色移動的距離最長。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 C 中的\_\_\_\_\_色移動的距離最長。

同學的姓名：\_\_\_\_\_

- 比較不同顏色的移動距離，秘密裝置中的\_\_\_\_\_色移動的距離最短。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 A 中的\_\_\_\_\_色移動的距離最短。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 B 中的\_\_\_\_\_色移動的距離最短。
- 比較不同顏色的移動距離，裝置 C 中的\_\_\_\_\_色移動的距離最短。

秘密便條是由筆\_\_\_\_所寫的。

→ 我的同學和我得到了相同／不同的結果。

## 八 結論：

探究結果支持/不支持我們「在紙色層分析法中，每支筆的墨水都會呈現獨特的顏色圖案。通過比較這些圖案，我們可以找出秘密便條所用的墨水與三位同學中某一位的筆相匹配，從而揭示秘密。」的假說。

若結果不支持假說，試找出其原因（是假說不對，還是實驗過程中出現了問題？）。可以與其他同學一起討論。

## 教師參考：

### 使用的溶劑：

純水是首選溶劑，因為其無毒、不可燃且易於取得。已測試其他替代溶劑（例如乙醇-水混合物），但其在分離效果上並未顯着優於純水，因此使用這些替代溶劑會帶來不必要的安全風險。

### 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？ |
|-------------------------------------------------------------------|-----|-------|
| <b>提問和規劃（Plan）</b>                                                |     |       |
| - 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，提出能回答探究問題的假說和探究方法；並辨識探究過程中涉及的各项變量*（包括：因變量、自變量和控制變量） |     |       |
| - 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                                |     |       |
| <b>實施和記錄（Do）</b>                                                  |     |       |
| - 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                            |     |       |
| <b>整理和分析（Analyse）</b>                                             |     |       |
| - 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    |  |  |

### 紙色層分析法理論

#### 1. 第一步：墨水是混合物

黑色墨水並非單一顏色。它是由多種不同顏色的色素混合而成的混合物。混合物定義為包含兩種或更多不同物質的組合。

#### 2. 兩大要點：色層分析紙與水

紙張（軌道）：特殊的濾紙內部有微小的、肉眼不可見的「隧道」。水能通過這些隧道的黏附力和內聚力（學生可簡單理解為分子間與分子和濾紙內部的吸引力）向上攀爬，類似於紙巾吸水的情況。

水（溶劑）：這是沿着紙張向上移動的液體。它的作用是作為「載體」，將可溶於水的墨水（能在水中溶解的墨水）帶上紙張軌道。

#### 3. 當層析紙浸入水中

當紙張底部置於水中時，水會自動開始向上攀升，這種現象稱為毛細作用（學生無需深入理解，可再次參考分子間與分子和濾紙內部的吸引力）。

#### 4. 分離：為何顏色以不同速度移動並導致不同移動距離

當移動的水流到達黑色墨點時，它會溶解墨水並開始將不同的色素沿着紙張向上帶動。然而，每種色素具有其獨特的性質：

有些色素非常喜歡水，且不易黏附於紙張。這些是「快跑者」，會被水帶到紙張較遠的位置。

有些色素非常喜歡紙張並強烈黏附於其上。它們不易被水帶走。這些是「慢跑者」，僅移動較短的距離。

#### 5. 結果：色譜

由於不同顏色的色素以不同速度移動，它們會彼此分離。「快跑者」會出現在紙張頂部，而「慢跑者」則靠近底部。

最終形成的彩色條帶圖案稱為色譜。它就像一張「終點線照片」，展示了混合形成黑色墨水的所有隱藏顏色。

結論：紙色層分析法之所以有效，是因為混合物中的不同色素在水中以不同速度沿着紙張軌道被傳輸，導致它們分離並通過不同距離的移動展現其真實的顏色。

~~~~~ 完 ~~~~~

 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



透過墨水分析法

找出秘密天使

小學科學科探究活動

1

活動大綱

| | |
|------|-----------------------------------|
| 範疇 | 物質、能量和變化 |
| 課題 | 物質的特性、物理變化與化學變化 |
| 年級 | 小五 |
| 學習重點 | 透過紙層分析法並比較不同的色譜圖，進行科學探索活動，體驗科學之美。 |

2

活動大綱

| 學習目標 | |
|------|---|
| 知識 | 1. 認識特定顏色的墨水是由多種色素分子組成的混合物。
2. 解釋粒子大小、質量及溶解度如何影響紙色層分析法的結果。
3. 理解紙色層分析法的基本原理：根據混合物成分在溶劑中的溶解度差異及其對色層分析紙的親和力差異來分離成分。 |
| 過程技能 | 1. 在指導與監督下進行科學探究並預測結果。
2. 根據紙色層分析法的結果進行科學觀察。
3. 分析並詮釋所得結果。 |
| 態度 | 1. 識別並探索日常生活中的科學現象。
2. 欣賞科學與鑑識學在解決現實世界問題的相關性。
3. 培養仔細觀察與基於證據推理的價值。 |

3

活動大綱

| 活動的特徵與獨特性 | |
|-----------|---|
| 科學知識應用 | 學生有機會用科學知識解決現實問題。 |
| 激發學生興趣 | 學生認識不同類型顏色的筆。 |
| 加深學習印象 | 學生尋找“秘密天使”的過程是一種獨特的學習體驗，促進學生對相關的科學概念有更深刻的理解和印象。 |

4

活動大綱

學生的已有知識

1MA2 描述日常生活物品的特性（例如：輕重、軟硬、有否彈性、是否透光）

3MA3 列舉混合物的一些例子（例如：沙石、糖水、沙和鐵粉、空氣）

3MA4 認識把混合物進行分離的一些方法（篩、磁吸引、過濾、蒸發）

3MA7 知道一些加快物質在水中溶解的因素（例如：溶質的表面面積、水的溫度、攪拌速度）

4MA4 辨識一些不會生成新物質的可見變化（物理變化）（例如：溶解、蒸發、擠壓或延展物件）

5

情境：神秘的小便條！

允行拿著一張小便條，看起來既感動又好奇：



6

情境：神秘的小便條！



手寫筆跡



允行

這是一封多麼親切的訊息呀！一心和思賢，你們一定要看看這個。我在桌上發現這張令人驚喜的秘密便條上面寫著非常貼心的話……我真的很想找出是誰寫的好好感謝他們。

7

情境：神秘的小便條！

哇，真是太討人喜歡了！一個秘密天使！等等，看看這張紙。這是那種特殊的色層分析紙，對吧？而且墨水有種特別的光澤……我只在我們班上見過三個人用這種顏色的墨水。

一心

允行

是誰呢？



8

情境：神秘的小便條！

好的，是英秀、家寶和念慈。但他們用的都是不同品牌的筆！所以，如果我們能找出墨水的品牌，就能知道是誰寫的了！

一心

我們可以用紙色層分析法！我們上學期在科學課上做過這個實驗。這是一種分離墨水中不同染料的方法。

思賢

9

情境：神秘的小便條！

允行

這真是個好主意！我們來組隊吧！誰準備好一起找出這位秘密天使了？



10

情境：神秘的小便條！

使用紙色層分析法分析秘密便條中的墨水，並與三位可能是秘密天使所用的墨水樣本進行比較。組成 **4至5人** 的小組，查出秘密天使的身份！

（請注意教師已經知道秘密天使使用了哪個品牌的筆，並會準備對應的色層分析紙供你進行分析。）



11

紙色層分析法介紹

甚麼是紙色層分析法？



12

紙色層分析法介紹



甚麼是紙色層分析法？

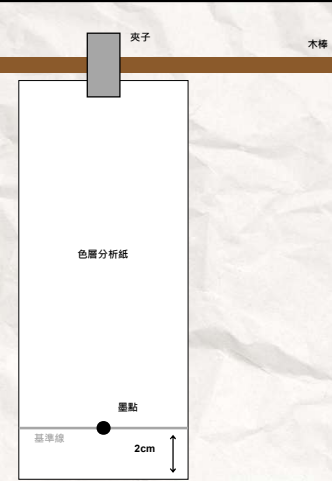
紙色層分析法是一種分離並識別混合物中的不同物質的簡單方法。它使用一種特殊的紙張，以及一種作為溶劑的液體（例如水）。

13

紙色層分析法介紹



在基準線上點上墨點。

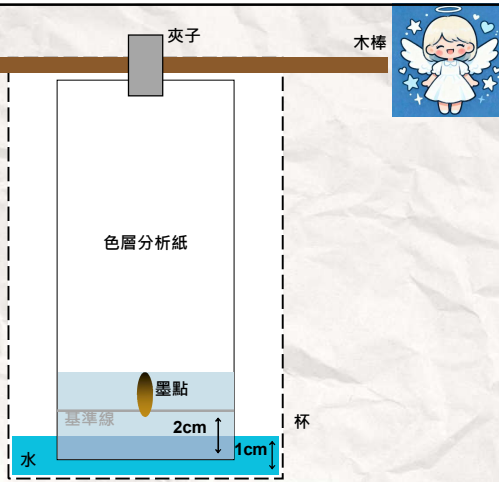


14

紙色層分析法介紹



當水通過色層分析紙後，溶於水中的墨水會一同向上移動。

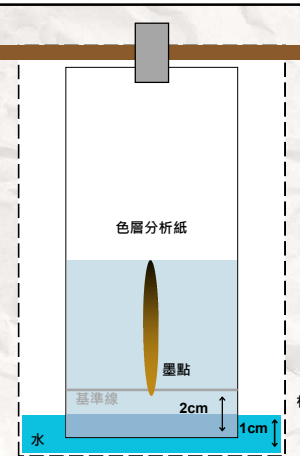


15

紙色層分析法介紹



隨著時間流逝，色層分析紙吸收更多溶劑，墨點因此繼續向上移動。



16

紙色層分析法介紹



不同的色素分子：

1. 在相同溶劑展現特定的溶解度 (eg. 水)。
 2. 對濾紙的吸引力不同
- 最終他們會在濾紙上展開不同的距離。



通過對比不同的色譜圖，我們就可以分辨不同的墨水。

17

黑色可以是不同顏色的混合



有些顏色不是單一顏色，是不同顏色的混合物。

透過科學常用的技巧，同學們可以更了解事物的本質。

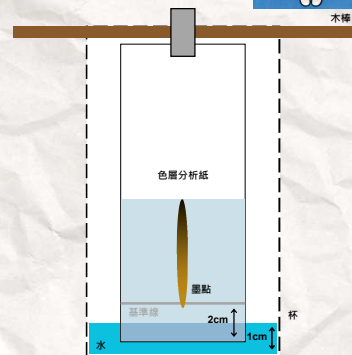


18

為什麼用紙色層分析紙？



1. 纖維排列均勻：
空隙均等的纖維使色素在距離相同時間相同的情況下有不同的移動速度。
2. 紙色層分析紙吸水能力強：
為色素提供良好的跑道。



19

探究問題

學生在探究甚麼？

寫下探究的問題到工作紙上。



20

探究問題

學生在探究甚麼？

寫下探究的問題到工作紙上。

如何使用紙色層分析法找出寫下秘密便條的筆是哪一支？



21

假說

根據探究問題，寫出一個假說到工作紙上。



22

假說

根據探究問題，寫出一個假說到工作紙上。

在紙色層分析法中，每支筆的墨水都會呈現獨特的顏色圖案。通過比較這些圖案，我們可以找出秘密便條所用的墨水與三位同學中某一位的筆相匹配，從而揭示秘密。



23

紙色層分析法所需材料



1. 濾紙或色層分析紙 x4 (秘密天使的色層分析紙應由教師準備)
2. 透明塑膠杯／燒杯 (至少15厘米高) x4
3. 鉛筆 x1
4. 尺 x1
5. 夾子 x4
6. 木棒 x4
7. 水



8. 黑色筆 (例如, Pentel「Brush Sign Pen Twin Black」、Pentel「毛筆初心者速乾毛筆-麻葉紋」、Deli「Color Emotion Black」)

24

注意事項

1. 切勿飲用實驗中使用的任何液體。
2. 小心處理燒杯和杯子。若玻璃破裂，切勿觸摸碎玻璃，並立即通知教師。
3. 實驗結束後，用肥皂和水徹底清洗雙手。
4. 實驗期間避免觸摸臉部、眼睛或嘴巴。
5. 僅使用教師提供的材料。
6. 保持操作區域乾淨且乾燥。
7. 留意教師的指示。



25

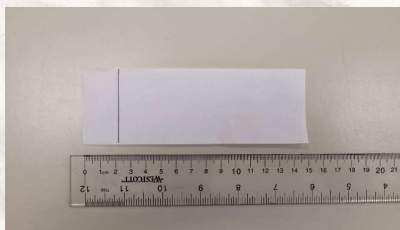
實驗步驟：第一步



剪裁一塊至少15厘米長的色層分析紙
(具體長度取決於杯子或燒杯的高度)

26

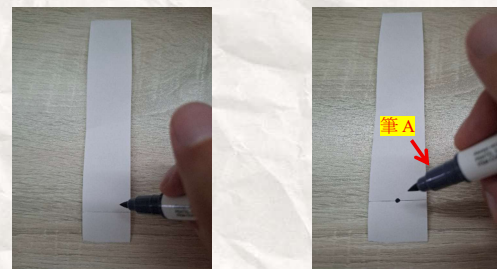
實驗步驟：第二步



使用鉛筆在距離紙張一端2厘米處標記基準線。

27

實驗步驟：第三步



用選定的筆在基準線上的 **同一位置輕輕點三次**

28

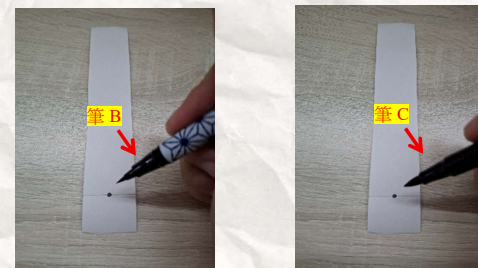
實驗步驟：第四步



將色層分析紙夾在木棒上。

29

實驗步驟：第五步



對所有筆重複上述步驟。

30

實驗步驟：第六步



在透明塑膠杯 / 燒杯中裝入1厘米高的水。

31

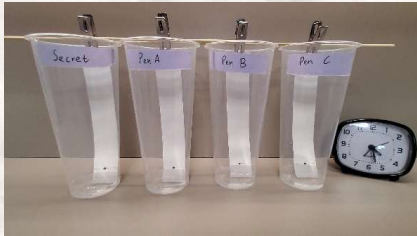
實驗步驟：第七步



為透明塑膠杯 / 燒杯貼上標籤。

32

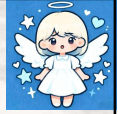
實驗步驟：第八步



當所有（共四個）裝置準備就緒後，小心將每張色層分析紙同時放入水中，並啟動計時器計時15分鐘。

33

實驗裝置設定



在裝置A、裝置B和裝置C中，
哪些是控制變量（需保持一致的因素）？

| 裝置 | 控制變量 |
|----|------|
| 秘密 | |
| 筆A | |
| 筆B | |
| 筆C | |

34

實驗裝置設定



在裝置A、裝置B和裝置C中，
哪些是控制變量（需保持一致的因素）？

| 裝置 | 控制變量 |
|----|--|
| 秘密 | 1. 所有測試中使用的色層分析紙的類型和尺寸
2. 溶劑（液體）類型
3. 測試期間每個杯子 / 容器中溶劑的量（溶劑深度）
4. 施加在紙上的墨水尺寸和量（墨點）
5. 展開時間 |
| 筆A | |
| 筆B | |
| 筆C | |
| 筆C | |

35

討論問題



| 裝置 | 控制變量 |
|----|--|
| 秘密 | 1. 所有測試中使用的色層分析紙的類型和尺寸
2. 溶劑（液體）類型
3. 測試期間每個杯子 / 容器中溶劑的量（溶劑深度）
4. 施加在紙上的墨水尺寸和量（墨點）
5. 展開時間 |
| 筆A | |
| 筆B | |
| 筆C | |
| 筆C | |

為甚麼用水
而不是其他
液體？




36

討論問題

為什麼用水而不是其他液體？

大多數我們日常用的筆都是溶於水的。而其他一些筆，比如馬克筆，只溶解於油性液體。溶劑取決於筆的種類。




37

討論問題

| 裝置 | 控制變量 |
|----|-----------------------------|
| 秘密 | 1. 所有測試中使用的色層分析紙的類型和尺寸 |
| 筆A | 2. 溶劑（液體）類型 |
| 筆B | 3. 測試期間每個杯子 / 容器中溶劑的量（溶劑深度） |
| 筆C | 4. 施加在紙上的墨水尺寸和量（墨點） |
| | 5. 展開時間 |

為甚麼不用更多的水？




38

討論問題

為什麼不用更多的水？

為了防止墨水直接溶解於水中，起始線必須高過液面。



39

紙色層分析法縮時影片



<https://youtu.be/kPEhDXpxFn8>

40

A I 工具：Teachable Machine



41

觀察及記錄



1. 15分鐘後，觀察每個裝置中色層分析紙的色譜圖。
2. 將觀察結果記錄在下表中：
 - (a) 寫下每個裝置中使用的筆的品牌名稱。
 - (b) 記錄15分鐘後的觀察結果，包括
 - i) 觀察到的顏色（例如黃色、粉紅色、綠色、灰色、黑色、藍色、青色、洋紅色等）
 - ii) 移動距離最長的顏色（厘米）以及
 - iii) 移動距離的最短的顏色（厘米）。

42

觀察及記錄



| | 筆A
Pentel 「Brush Sign Pen Twin Black」 | 筆 B
Pentel 「毛筆初心者速乾毛筆-麻葉紋」 | 筆C
Deli 「Color Emotion Black」 |
|---------------------|--|-------------------------------|----------------------------------|
| i) 觀察到的顏色 | | | |
| ii) 移動距離最長的顏色（厘米） | | | |
| iii) 移動距離的最短的顏色（厘米） | | | |

43

觀察及記錄



| | 筆A
Pentel 「Brush Sign Pen Twin Black」 | 筆 B
Pentel 「毛筆初心者速乾毛筆-麻葉紋」 | 筆C
Deli 「Color Emotion Black」 |
|-----------|--|-------------------------------|----------------------------------|
| i) 觀察到的顏色 | 淺灰色和淺藍色 | 深綠色、黑色和深灰色 | 橙色、藍色和深藍色 |

44

觀察及記錄



| | 筆A
Pentel「Brush
Sign Pen Twin
Black」 | 筆B
Pentel「毛筆初心
音速乾毛筆-麻葉紋」 | 筆C
Deli「Color
Emotion Black」 |
|-----------------------------|---|---------------------------------|------------------------------------|
| ii) 移動距離
最長的顏色
(厘米) | 淺灰色 (7厘米) | 深灰色 (7厘米) | 深藍色 (7厘米) |
| iii) 移動距離
的最短的顏色
(厘米) | 淺藍色 (6.5厘米) | 深綠色 (1厘米) | 橙色 (5厘米) |

45

結果



d) 經過觀察及記錄後，我發現：

觀察一：
色層分析紙上發現的顏色

- 秘密便條中的墨水 是 / 不是 由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 A 的墨水 是 / 不是 由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 B 的墨水 是 / 不是 由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 C 的墨水 是 / 不是 由多種不同顏色混合而成。

46

結果



d) 經過觀察及記錄後，我發現：

觀察一：
色層分析紙上發現的顏色

- 秘密便條中的墨水 是 / 不是 由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 A 的墨水 是 / 不是 由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 B 的墨水 是 / 不是 由多種不同顏色混合而成。
- 品牌 C 的墨水 是 / 不是 由多種不同顏色混合而成。

47

結果



d) 經過觀察及記錄後，我發現：

觀察二：
哪種顏色移動的距離**最長**及**最短**？

- 在秘密便條裝置中， 色移動的距離最長，而 色移動的距離最短。
- 在裝置 A 中， 色移動的距離最長，而 色移動的距離最短。
- 在裝置 B 中， 色移動的距離最長，而 色移動的距離最短。
- 在裝置 C 中， 色移動的距離最長，而 色移動的距離最短。

比較不同顏色的移動距離，不同品牌的筆可溶於水的墨水有 / 沒有特定的色譜。

48

結果



i) 經過觀察及記錄後，我發現：

觀察二：

哪種顏色移動的距離**最長**及**最短**？

- 在秘密便條裝置中，**淺灰**色移動的距離最長，而 **淺藍**色移動的距離最短。
- 在 裝置 A 中，**淺灰**色移動的距離最長，而**淺藍**色移動的距離最短。
- 在 裝置 B 中，**深灰**色移動的距離最長，而**深綠**色移動的距離最短。
- 在 裝置 C 中，**深藍**色移動的距離最長，而**橙**色移動的距離最短。

比較不同顏色的移動距離，不同品牌的筆可溶於水的墨水**有 / 沒有**特定的色譜。

49

對比數據



ii) 經過觀察後，我比較了自己和其他同學所得的結果，我發現：

同學的姓名： _____

比較不同顏色的移動距離，秘密裝置中的 _____ 色移動的距離**最長**。

比較不同顏色的移動距離，裝置 A 中的 _____ 色移動的距離**最長**。

比較不同顏色的移動距離，裝置 B 中的 _____ 色移動的距離**最長**。

比較不同顏色的移動距離，裝置 C 中的 _____ 色移動的距離**最長**。

50

對比數據



ii) 經過觀察後，我比較了自己和其他同學所得的結果，我發現：

同學的姓名： _____

比較不同顏色的移動距離，秘密裝置中的 _____ 色移動的距離**最短**。

比較不同顏色的移動距離，裝置 A 中的 _____ 色移動的距離**最短**。

比較不同顏色的移動距離，裝置 B 中的 _____ 色移動的距離**最短**。

比較不同顏色的移動距離，裝置 C 中的 _____ 色移動的距離**最短**。

51

對比數據




ii) 經過觀察後，我比較了自己和其他同學所得的結果，我發現：

秘密便條是由筆 _____ 所寫的。

我的同學和我得到了 **相同 / 不同** 的結果。

52




結論

探究結果 **支持** / 不支持

我們「 _____

_____」的假說。

53

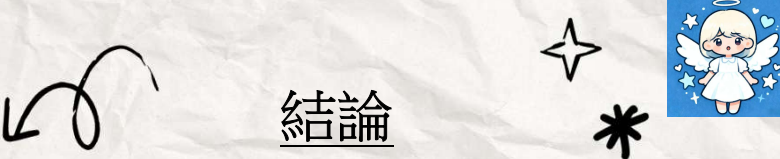


結論

探究結果 **支持** / 不支持

我們「在紙色層分析法中，每支筆的墨水都會呈現獨特的顏色圖案。通過比較這些圖案，我們可以找出秘密便條所用的墨水與三位同學中某一位的筆相匹配，從而揭示秘密。」的假說。


54



結論

若結果不支持假說，試找出其原因（是假說不對，還是實驗過程中出現了問題？）。可以與其他同學一起討論。

55



完

56