

作品名稱：絢麗的綠野仙蹤 — 地圖筆的妙用

高小組 化學科 第一名

縣市：高雄市

作者：劉建廣

校名：國立高雄師範大學

指導教師：林淑姬、陳碧霞

附屬高級中學國小部

關鍵詞：地圖筆、酸鹼指示劑、酚酞、百里酚酞、硝基酚



## 絢麗的綠野仙蹤—地圖筆的妙用

### 一、 研究動機

在上一屆科展中對地圖筆的褪色原理已有初步的了解，爲了對產品能有更統整性的分析。因此，針對這個題目作更深入的研究和探討。此次研究的重點在於酚酞、百里酚酞及硝基酚對於各種材質的運用，試著找出有別於酸鹼指示的新方法。可自己製造顯示筆、消失筆，更可以創造出各種不同顏色的地圖筆。

### 二、 研究目的

- (一) 探討鹼液種類對酚酞指示劑褪色的影響。
- (二) 探討鹼液濃度對酚酞指示劑褪色效果的影響。
- (三) 探討酚酞指示劑的濃度對褪色效果的影響。
- (四) 探討乾濕程度對酚酞指示劑褪色效果的影響。
- (五) 探討溫度對酚酞指示劑褪色效果的影響。
- (六) 探討紙質對酚酞指示劑褪色效果的影響。
- (七) 探討布料對酚酞指示劑褪色效果的影響。
- (八) 探討實際環境對酚酞指示劑褪色效果的影響。
- (九) 找尋其他褪色產品是否也具有相同性質。
- (十) 找尋其他顏色指示劑是否也具有相同性質。
- (十一) 自製不同褪色時間的地圖筆。
- (十二) 自製可適用於不同環境需求的地圖筆及其補充產品。
- (十三) 自製不同顏色的地圖筆。
- (十四) 自製顯示筆及消失筆。

### 三、 研究設備

| 儀 器 名 稱   | 數 量  |
|---|------|
| 空心針筆  | 10 支 |
| 空心彩色筆   | 20 支 |
| 恆溫槽 (含低溫 $-40^{\circ}\text{C}$ ~ $100^{\circ}\text{C}$ )<br>並附有攪拌裝置 | 1 部  |
| 溫溼度計  | 1 部  |

### 四、 研究過程

#### (一) 原理：

地圖筆是一種以酸鹼指示劑爲原料的筆，最常見的地圖筆就是以酚酞爲原料的用筆，而買來的地圖筆皆爲紫紅色。因爲酚酞是一種酸鹼指示劑，在鹼性情

況下為紫紅色，在酸性情況下為無色。所以我們可以瞭解剛買來的地圖筆為鹼性。

## (二) 研究步驟：

### 酚酞指示劑母液的配置：

取 1 g 的酚酞粉末，以 60% 的酒精約 99g 配置成約 1.0% 的酚酞溶液。

#### 【實驗一】 鹼液種類對酚酞指示劑褪色的影響

1. 取編號 1、2、3、4 的燒杯分別置入 10ml 0.10% 的蘇打水、小蘇打水、氫氧化鈉溶液及氨水。
2. 在編號 1、2、3、4 四個燒杯中，各加入 10ml 0.10% 的酚酞指示劑。
3. 觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。

#### 【實驗二】 鹼液濃度對酚酞指示劑褪色效果的影響

1. 取 5 個 100ml 的燒杯，分別加 0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10% 的氫氧化鈉水溶液 10 ml。
2. 於每個燒杯中同時注入 10ml 0.06% 的酚酞指示劑。
3. 觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。
4. 以 0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10% 的氨水溶液 10 ml 代替氫氧化鈉水溶液，重複 1~3 步驟。

#### 【實驗三】 酚酞指示劑的濃度對褪色效果的影響

1. 以 0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10% 的酚酞指示劑溶液，重複【實驗二】1~4 步驟。

#### 【實驗四】 乾濕程度對酚酞指示劑褪色效果的影響

1. 以【實驗二】及【實驗三】中 0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10% 的氫氧化鈉水溶液 10ml，及 0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10% 的酚酞指示劑溶液 10ml 交叉混合，得 25 種酚酞鹼性溶液。
2. 將毛筆分別在上述 25 種溶液中沾濕，畫在濾紙上，每種溶液各畫兩張。其中一張每 30 分鐘噴水一次，另一張則不噴水。
3. 觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。
4. 以 0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10% 的氨水溶液代替氫氧化鈉水溶液，重複 1~3 步驟。

#### 【實驗五】 溫度對酚酞指示劑褪色效果的影響

1. 以【實驗二】及【實驗三】中 0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10% 的

氫氧化鈉水溶液 10ml，及 0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10%的酚酞指示劑溶液 10ml 交叉混合，得 25 種酚酞鹼性溶液。

2. 將上述裝有酚酞鹼性溶液的燒杯，放於 20°C 的恆溫槽中，使溶液溫度均勻。
3. 觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。
4. 以 0°C、10°C、30°C、40°C、60°C 的恆溫，重複 1~3 步驟。

#### **【實驗六】 紙質對酚酞指示劑褪色效果的影響**

1. 以 0.06%的氫氧化鈉水溶液 10ml，及 0.06%的酚酞指示劑溶液 10ml 混合，得酚酞鹼性溶液。
2. 將毛筆在上述溶液中沾濕，畫在濾紙上。
3. 於室溫下，觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。
4. 將濾紙改為道林紙、西卡紙及宣紙，重複 1~3 步驟。

#### **【實驗七】 布料對酚酞指示劑褪色效果的影響**

1. 將濾紙改為羊毛布、棉布、麻布及尼龍布，重複**【實驗六】**1~3 步驟。

#### **【實驗八】 不同環境對酚酞指示劑褪色效果的影響**

1. 以 0.06%的氫氧化鈉水溶液 10ml，及 0.06%的酚酞指示劑溶液 10ml 混合，得酚酞鹼性溶液。
2. 將毛筆在上述溶液中沾濕，畫在濾紙上。
3. 將濾紙放置於待測環境中。觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。

#### **【實驗九】 找尋其他褪色產品是否也具有相同性質**

1. 重複**【實驗二】**及**【實驗三】**，但將酚酞指示劑改為百里酚酞指示劑，並使用氫氧化鈉為鹼液。
2. 將毛筆分別在上述 25 種溶液中沾濕，畫在濾紙上，每種溶液各畫一張，不噴水。於室溫下，觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。

#### **【實驗十】 找尋其他褪色指示劑是否也具有相同性質**

1. 重複**【實驗二】**及**【實驗三】**，但將酚酞指示劑改為硝基酚指示劑，並使用氫氧化鈉為鹼液。
2. 將毛筆分別在上述 25 種溶液中沾濕，畫在濾紙上，每種溶液各畫一張，不噴水。於室溫下，觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。

#### **【實驗十一】 自製不同褪色時間的地圖筆**

##### **方法 I**

1. 以空心針筆 A、B、C 三支，裝入 a、b、c 三種不同的鹼性酚酞溶液。(a

溶液：10ml 0.06% 酚酞+ 10ml 0.06% 氫氧化鈉； b 溶液：10ml 0.08% 酚酞+ 10ml 0.08% 氫氧化鈉； c 溶液： 10ml 0.10% 酚酞+10ml 0.10% 氫氧化鈉)

2. 取一張濾紙，以裝有不同鹼性酚酞溶液的 A、B、C 三支針筆畫在濾紙上。
3. 於室溫下，觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。

## 方法 II

1. 分別以針筒吸取 d、e、f 三種不同的鹼性酚酞溶液 10ml，再慢慢滴入空彩色筆 D、E、F 的棉質心蕊中，使心蕊充滿溶液達飽和。(d 溶液：5ml 0.06% 酚酞+5ml 0.06% 氫氧化鈉； e 溶液：5ml 0.08% 酚酞 +5ml 0.08% 氫氧化鈉； f 溶液：5ml 0.10% 酚酞+5ml 0.10% 氫氧化鈉)。
2. 取一張濾紙，以裝有不同鹼性酚酞溶液的 D、E、F 三支彩色筆，畫在濾紙上。於室溫下，觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。
3. 比較方法 I、II 所自製的地圖筆有何差異。

**【實驗十二】** 自製可適用於不同環境需求的地圖筆及其補充產品

## 溶液配置

母液：以 0.10% 的氫氧化鈉水溶液 25ml，及 0.10% 的酚酞指示劑溶液 25ml 混合，得酚酞鹼性溶液作為母液，並裝入母液瓶中。

稀釋液：以 60% 的酒精為稀釋液，並裝入稀釋液瓶中。

## 方法 I

1. 以空心針筆 G、H、I 三支，分別裝入 2 ml、1.6 ml、1.2 ml 的母液。G 不稀釋，H 加入 0.4ml，I 加 0.8ml 的稀釋液。
2. 裝填完成後，稍微搖晃使其均勻。
3. 取一張濾紙，以裝有不同鹼性酚酞溶液的 G、H、I 三支針筆，畫在濾紙上。
4. 於室溫下，觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。
5. 比較 G、H、I 與 A、B、C 褪色時間的差異。

## 方法 II

1. 以三支針筒分別吸取 10ml、8ml、6ml 的母液，再吸取稀釋液到刻度 10ml。
2. 搖晃後分別滴入三支空彩色筆 J、K、L 的棉質心蕊中，使心蕊充滿溶液達飽和。
3. 取一張濾紙，以裝有不同鹼性酚酞溶液的 J、K、L 三支彩色筆，畫在濾紙上。於室溫下，觀察其變色情形，並記錄變色所時間。
4. 比較 J、K、L 與 D、E、F 褪色時間的差異。

### 【實驗十三】自製不同顏色的地圖筆

1. 準備 M、N、O、P 四種指示劑，其組成成分如下：

M：橘色：0.10%硝基酚 5ml+0.10%酚酞 5ml+0.10%氫氧化鈉 10ml

N：黃色：0.10%硝基酚 5ml+0.10%氫氧化鈉 5ml

O：綠色：0.10%硝基酚 5ml+0.10%百里酚酞 5ml  
+0.10%氫氧化鈉 10ml

P：藍色：0.10%百里酚酞 5ml+0.10%氫氧化鈉 5ml

2. 將 M、N、O、P 四種溶液注入空心彩色筆管中。

3. 取四張濾紙，分別以 M、N、O、P 四支筆畫在濾紙上。

4. 於室溫下觀察其變色情形，並記錄變色所需時間。

### 【實驗十四】自製顯示筆及消失筆

1. 取二支空彩色筆，分別裝入 0.10%鹽酸適量，及 0.10%的氫氧化鈉適量。  
裝有鹽酸的彩色筆即為消失筆；裝有氫氧化鈉的彩色筆即為顯示筆。

2. 任意取用上面所自製的地圖筆，先在紙上畫上字跡後，再以消失筆畫畫看，會不會使字跡消失。若消失後，試試看是否用顯示筆可使字跡再顯色。

## 五、實驗結果（略）

## 六、討論：

（一）鹼液種類對酚酞指示劑褪色效果的影響。

1. 從[實驗一]結果發現，小蘇打和蘇打的顏色很久都沒有褪色現象，而氫氧化鈉和氨水有顯著的褪色現象。主要因為小蘇打和蘇打都是碳酸物質。空氣中的二氧化碳不易再溶入，酚酞也就無法褪色了。所以，決定使用氫氧化鈉和氨水作為鹼性溶液的來源，進行下面的實驗。

（二）鹼液濃度對酚酞指示劑褪色效果的影響

1. 於初步觀察，剛加入試劑時，所有的顏色都相似且幾乎無法分辨。但氫氧化鈉在 10 分鐘、氨水在 30 秒後，顏色隨鹼液濃度的減少而變淺。

2. 鹼液濃度對酚酞指示劑褪色時間的趨勢

（1）本實驗取氫氧化鈉和氨水為鹼液，結果褪色時間會隨鹼液濃度增加而增加，原因就如同我們預測的一樣。當鹼液濃度愈大，鹼性物質存在就愈多，也就是所需要空氣中的酸性物質就越多，所以褪色的時間就需要更長。

（2）在同濃度下，以氫氧化鈉為鹼性來源，褪色的時間比氨水慢很多。主要原因是氫氧化鈉為強鹼，比弱鹼的氨水所需要的酸性物質更多，所

以褪色時間較久。

### (三) 酚酞指示劑的濃度對褪色效果的影響

1. 無論是氫氧化鈉或氨水的濃度如何，混合後的顏色，只隨著酚酞指示劑濃度的增加而加深。
2. 實驗發現，酚酞指示劑和鹼性溶液濃度越大，則褪色所需的時間越多。
3. 含氨水的鹼液，褪色時間比含氫氧化鈉的快。但這反而不是我所要的。實驗所要的是：顏色明顯，褪色時間較長些，最好超過半天。所以，我不使用氨水做為地圖筆鹼液的來源，而且，使用氨水也含有強烈的臭味。

### (四) 乾濕程度對酚酞指示劑褪色效果的影響

1. 在實驗設定的濃度範圍下，氨水的變色相當快速。我們發現氨水不需噴水，在 30 分鐘就變成無色。因此，不需噴水就可以很快褪色。
2. 氫氧化鈉是實驗中探討的重點。因為從實驗發現，含氫氧化鈉的指示劑，褪色時間與地圖筆褪色的時間相似，而且氫氧化鈉沒有氨水的刺鼻味。雖然氫氧化鈉為強鹼，但所使用的量並不多，所以較不需擔心。
3. 實驗發現，有噴水的鹼性指示劑褪色時間較快，約在 2 小時就完全褪色；但沒噴水的則需 1 星期左右，才可能完全褪色。和老師討論的結果，認為是水會將溶液稀釋，而且，水可以幫助吸收空氣中的二氧化碳，使溶液變成酸性，造成指示劑褪色。

### (五) 溫度對酚酞指示劑褪色效果的影響

1. 老師告訴我：溫度是影響化學變化的重要因素。加熱會使得反應變快。因此我預測“褪色時間會隨著溫度的增加而減少”，但實驗結果與預測有些差異。
2. 本實驗溫度範圍設定為  $0^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ ，主要因為水的凝固點約  $0^{\circ}\text{C}$ ，酒精的沸點  $78^{\circ}\text{C}$ 。所以為了避免凝固或沸騰影響實驗，因此做這樣的設定。
3. 結果顯示  $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ ，褪色時間隨溫度的增加而減少； $20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，褪色時間隨溫度的增加而增加。結果與原先預測的有所不同。分析如下：
  - (1)  $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$  時，隨著溫度上升，使酸鹼中和的反應變快，所以褪色時間減少。
  - (2)  $20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$  時，隨著溫度上升褪色時間增加，因為溫度升高氣體不易溶入。
4. 至於在  $0^{\circ}\text{C}$  及  $60^{\circ}\text{C}$  兩種恆定溫度下，一直不變色，原因也有不同：
  - (1)  $0^{\circ}\text{C}$  不變色，除了因降溫會使反應變慢外，主要還是溶液造成部分凝

固，使反應無法進行。

(2) 60℃不變色的原因，則是因為溶液持續加熱，使原本只微溶於水的二氧化碳脫離溶液，不在溶入。溶液在無酸性物質進入的情形下，當然久久無法變色。

#### (六) 紙質對酚酞指示劑褪色效果的影響

從結果可以得知：不同的紙質也會影響褪色的時間，而且吸收能力愈好，褪色時間也愈長。(如宣紙)。

#### (七) 布料對酚酞指示劑褪色效果的影響

1. 從實驗結果發現：天然纖維吸附力比人造纖維吸附能力佳，所以與實驗六的結果類似，纖維吸附指示劑的能力愈好，則愈不易褪色。
2. 地圖筆可用於布料剪裁之用，當布料裁完後製成衣服時，所畫的線就已經消失。若有些沒有完全消失，也會在水洗之後輕易消失。

#### (八) 實際環境對酚酞指示劑褪色效果的影響

比較校內和校外的環境，校外的空氣中所含的酸性物質比校內多。尤其，工業區和道路上，這也表示工業區和道路上的酸性氣體比較多。因此，我根據實驗結果整理出以下幾項環境影響褪色時間的因素：

1. 空氣越流通的地方，褪色越快。
2. 濕度越重的地方，褪色越快。
3. 車多人多的地方，褪色越快。
4. 有空調、冷氣、乾燥的地點，褪色越慢。

#### (九) 找尋其他褪色產品是否也具有相同性質

1. 以百里酚酞來佐證，發現百里酚酞就是常見的“整人墨水”。結果顯示百里酚酞的褪色時間也會隨指示劑濃度的增加而增加。
2. 沾畫在紙上，由於指示劑會伴隨酒精而揮發，及鹼性物質會幫助中和酸性物質，使得藍色褪得特別快，故有“整人墨水”之名。
3. 百里酚酞比酚酞變色更快，主要是因為百里酚酞只需在弱鹼的情形下就會變色，而酚酞需要在接近中性才會變色。

#### (十) 找尋其他顏色指示劑是否也具有相同性質

實驗結果與酚酞和百里酚酞類似，但褪色時間介乎兩者之間。

#### (十一) 自製不同褪色時間的地圖筆

1. 造出“一瞬筆”、“半日筆”及“一日筆”。測試的結果，以彩色筆製成的地圖筆，比針筆製成的地圖筆，褪色時間慢。原因是彩色筆一筆畫出

的溶液較多，所以褪色時間較慢。

2. 兩種方法自製地圖筆，發現以針筆為地圖筆，筆畫較細且不易附著。

(十二) 自製可適用於不同環境需求的地圖筆及其補充產品

1. 為了試著設計出一支“以一抵萬”的地圖筆，我先設計出母液和稀釋液。利用稀釋的方法，就可以依環境的需求自製地圖筆。而且攜帶方便，只需兩瓶液體和一支筆即可。

(十三) 自製不同顏色的地圖筆

1. 從之前的實驗結果得知，褪色時間為酚酞 > 硝基酚 > 百里酚酞。因此可以推測在同濃度情形下，M、N、O、P 四支彩色地圖筆褪色的時間可能為  $M > N > O > P$ 。

(十四) 自製顯示筆及消失筆

實驗結果，很成功的自製出顯示筆和消失筆。

## 七、結論

(一) 鹼性來源，不可使用含碳酸的物質，使用氫氧化鈉為鹼液是較好的選擇。鹼性指示劑的褪色時間會隨鹼液濃度、指示劑濃度的增加而增加；隨溼度的增加而減少；溫度  $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ ，褪色時間隨溫度的增加而減少； $20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，褪色時間隨溫度的增加而增加。地圖筆的顏色深淺與指示劑的濃度有關，而其褪色的時間長短與鹼性溶液濃度有較大的關係。

(一) 實際環境對酚酞指示劑褪色效果的影響：空氣越流通、濕度越重的地方，顏色也會褪得越快。

(二) 百里酚酞及硝基酚實驗結果與酚酞具有類似的結果，但褪色時間：酚酞 > 硝基酚 > 百里酚酞。因此，百里酚酞及硝基酚也有相同的性質。

(三) 自製地圖筆：設計出一支“以一抵萬”的地圖筆、自製出各種不同顏色的地圖筆，增加便利性，更增進生活的樂趣。

## 八、參考資料：

國立師範大學科學教育中心。(主編)。(民 88)。國民小學自然課本第十一冊。台北市：國立編譯館出版。

方嘉德譯。(民 84 年)。基礎分析化學(上冊)。台北市：美亞圖書出版股份有限公司。

龜山猶一。(民 66 年)。化學分析試藥配法。台北市：正文書局。

林敬二等主編。(民 82 年)。化學大辭典。台北市：高立圖書有限公司。

評語：

本件作者繼續去年未獲選的初步研究，對於地圖筆褪色的原理和應用做深入的探討。除系統性找尋其他一些指示劑的褪色效果，並試著瞭解溫度，乾燥程度，紙質等對褪色的影響，他又試製不同特性的地圖筆及顯示筆，消失筆以增加學習興趣。作者工作態度認真，對科學研究充滿熱誠，在高小階段成果相當優異，化學組全體委員推薦本作品為第一名。

## 作者簡介

我是劉建廣，再過個暑假，即將升上國中。平常上自然課就很有興趣，特別是實驗課。有一次逛書局的時候，無意間發現一支很特別的筆，叫做「地圖筆」，我就對它產生了好奇和興趣而加以研究。研究結果參加高雄市第四十屆科展得到佳作的成績。之後在老師的指導下，我繼續改進及深入研究，並且參加第四十一屆的科展比賽，而獲得評審教授的肯定。雖然在實驗的過程中有些辛苦，但覺得很充實，也很有收穫。在此很感謝學校提供我許多的實驗器材和老師辛苦的指導，更謝謝父母的支持，以及評審團教授的慧眼，讓我的研究結果能給全國的師生分享。