

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組生活與應用科學科

080827

桃園縣龜山鄉龜山國民小學

指導老師姓名

莊瑞朗

黃聖淵

作者姓名

萬庭軒

林靖瑋

# 簡易變色筆

## 壹、摘要：

一群勇於探索的學生，想要以酸鹼變色的原理製作出一組簡易可行的變色筆。探索的過程中，一路從指示劑的材料、筆桿的製作方式、提升書寫效果一直延伸到了防腐的方法。在這為期八個月的探索中，師生們無不絞盡腦汁想辦法使變色筆變的更好，其中細微如熬煮指示劑的方法，都是有待克服的難題。

經由不斷嘗試，找出了八種指示劑裝填進自創的吸管筆。以鹼性溶液變色，又以酸性溶液復原。並試著以簡單的材料防止指示劑的腐壞。

師生們無不期待研究成果能普及化，讓看過的人也能利用隨手可得的的生活素材，簡易地做出一組實用的變色筆。

## 貳、研究動機：

上學年曾教到「酸鹼變色」的單元。課堂中各式植物熬煮出的汁液，遇到酸鹼會變成各種顏色，而有色彩繽紛的效果，我們都覺得十分新奇。老師說，市面上有一種名為「變色筆」的玩具，即是利用酸鹼變色的原理所製作出來的。其他學校的學生也曾在科展中做過相關研究，但只是試管中的實驗罷了，並沒真正去製作出一組筆來。於是我們抱著嘗試的心態，企圖利用生活中易得的材料做出一組實用的「變色筆」。

## 參、研究目的：

我們設想的「變色筆」是由三種筆搭配而成的。首先用酸鹼指示劑做為顏料，製作「原色筆」。接著搭配酸鹼不同的「變色筆」及「復原筆」，使「原色筆」畫出的圖案變色又復原，因而在紙上變化出五彩繽紛的效果。

原本以為這是個簡單的嘗試，沒想到實際做來卻是困難重重。我們遇到的問題是：

- 一、如何製作筆桿呢？
- 二、用何種材料做「原色筆」？
- 三、如何使「原色筆」顏色更鮮明呢？
- 四、如何使「原色筆」顏色豐富呢？
- 五、指示劑塗在紙上會和試管裡一樣嗎？在紙上可以用酸鹼變色來製作變色筆嗎？
- 六、如何使「原色筆」不腐壞？
- 七、如何製作「變色筆」及「復原筆」？

## 肆、研究設備及器材：

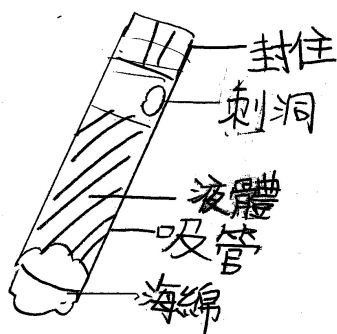
- 一、器具：酒精燈、燒杯、試管、滴管、針筒、天秤、砝碼、試管架、手套、三腳架、保鮮膜、量筒、研鉢。
- 二、材料：紫高麗菜、紅鳳菜、玫瑰、黑豆、牽牛花、葡萄、茄子、非洲鳳仙花、咖哩、洋蔥、甲基橙、甲基紅、廣用試劑、酚紅、酚酞、氫氧化鈉、稀硫酸、酒精。

## 伍、研究過程或方法：

### 一、如何製作筆桿呢？

製作「原色筆」時我們試了幾種方法，比如說將沒水的彩色筆清洗乾淨，再將各種指示劑裝填進去。由於天然指示劑大多比較黏稠，在彩色筆管中比較不容易靠「毛細現象」流出，容易出水不順。因此，討論許久後，我們決定自創「吸管筆」。

首先將吸管一端封住，再裝填指示劑進去。由於大氣壓力的關係，指示劑並不會流洩而出，而有出水不順的現象。於是我們想是不是在吸管筆末端刺洞，可以解決出水不順的問題，並研究洞的大小對出水量的影響。如圖一。



圖一

### 實驗步驟：

(一) 吸管筆裡裝相同高度的水，以 18 號、20 號、22 號、24 號的鐵絲，分別在吸管筆的末端穿出大小不等的小洞，並以相同的力道分別在紙上畫一條 50cm 長的直線。

(二) 量量看每枝筆水面下降的高度，並紀錄下來？（下降較多的即為出水順暢的筆）

## 二、用何種材料做「原色筆」呢？

根據上網查到的資料，天然植物的花、果、葉大都含有「花青素」。「花青素」會因酸鹼而變色，可以用來做天然指示劑。於是我們想是不是可以利用這些天然植物的色素作為原色筆的顏料呢？（經由討論，我們決定採用茄子、紅鳳菜、牽牛花、玫瑰花、黑豆、葡萄皮、紫色高麗菜等色彩鮮豔的植物，並將他們的色素熬煮出來）除此之外，學校實驗室現有的化學指示劑（甲基橙、甲基紅、酚酞、酚紅、廣用試劑）也可以拿來做「原色筆」的材料。

## 三、如何使顏色更鮮明呢？

實驗中我們思考如何使顏色鮮明。經過討論，我們認為要使顏色鮮明，必須設法使指示劑變濃。

### 實驗步驟：

(一) 調製化學指示劑時，必須將粉末狀的指示劑不斷地加入酒精，直到飽和為止。

(二) 熬煮天然指示劑時，我們想到咖啡必須高壓熬煮，才能煮出濃厚的味道。因此我們改用錐形瓶熬煮，並用橡皮塞塞住瓶口（只留少許的縫隙），以提高熬煮時的壓力。

(三) 當熬煮至一定程度時，改以廣口瓶加熱，讓水分蒸發散逸達到「濃縮」的效果。

## 四、如何使顏色豐富？

接著我們思考如何使顏色豐富呢？我們想到畫水彩時，可以藉由兩色相混而調配出想要的顏色，但指示劑也可以混色嗎？

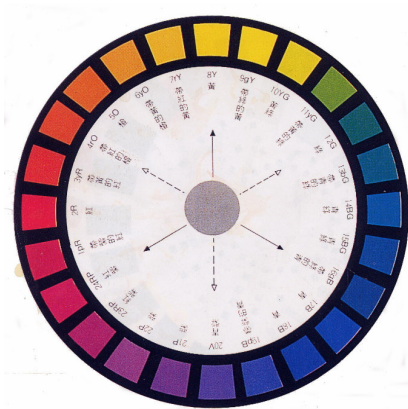
### 實驗步驟：

(一) 將各種不同的指示劑互相混和。

(二) 將混和後的顏色紀錄下來。

※註：如何記錄顏色：在設計實驗時，我們想到了一個難題，那就是～如何記錄顏色呢？我們發現用文字很難表達色彩的細微差異，況且每個人對顏色的認定也不同，因此我

們需要一個比較客觀的方法去記錄顏色。與老師討論後，我們決定用書上的「色相環」（如圖二）去比對顏色，並以「深」、「淡」等形容詞搭配使用。



圖二

### 五、指示劑塗在紙上會和試管裡一樣嗎？在紙上可以用酸鹼變色來製作變色筆嗎？

眾所周知指示劑遇上酸鹼會變色，但大多數人是在試管裡進行酸鹼變色實驗的。試管裡的指示劑是溶液狀態的，可是一旦將指示劑畫在紙上，水份將會逐漸蒸發，酸鹼變色還是會像在試管中一樣的變化自如嗎？我們猜想，試管中是多水的，紙上是少水的，兩者的酸鹼變色應該很不一樣。於是我們設計了一組實驗，看看不同的操作環境下，酸鹼變色有何不同？

#### 實驗步驟：

- (一) 調製「標準酸液」、「標準鹼液」。以學校實驗室現有的稀硫酸（濃度 2M）分別稀釋十倍、百倍、千倍，配製成五種濃度不等的酸液。為了方便起見我們稱未稀釋的（濃度為 2M）為「一號酸」、稀釋十倍的為「二號酸」、稀釋百倍的為「三號酸」、稀釋千倍的為「四號酸」。再以學校現有的氫氧化鈉，取出 10 克用 250ml 的水稀釋做成「一號鹼」，再以一號鹼分別稀釋十倍、百倍、千倍，命名為「二號鹼」、「三號鹼」、「四號鹼」。
- (二) **試管實驗**～從各種指示劑中取 2ml 與各式「標準酸液」、「標準鹼液」2ml 在試管中混和，並紀錄混和後的顏色。
- (三) **紙上實驗**～將各種指示劑做成「吸管筆」，在紙上塗寫。再用各種「標準酸液」、「標準鹼液」做成的酸筆、鹼筆在同一地方再塗寫一次，並紀錄顏色的變化情形。
- (四) 比較步驟（二）、（三）的差異。

### 六、如何使「原色筆」不腐壞？

天然指示劑容易腐壞、發臭，我們認為這是微生物所造成的。我們集思廣益想出了幾個方法，抑制微生物的方法：

- (一) **醬菜的方法**～醃製品可以防腐，因此我們想知道食鹽的防腐效果究竟有多好呢？我們將 200ml 紫色高麗菜汁加入濃度不等的鹽水，並於 15 天後觀察腐壞情形。
- (二) **打針的啓示**～我們想到打針前都會用酒精消毒，因此我們想酒精是否有防腐的作用呢？我們將紫色高麗菜汁加入濃度不等的酒精，並於 15 天後觀察腐壞情形。
- (三) **摔傷的經驗**～摔傷的時候，母親會用雙氧水幫我清理傷口，因此我猜想雙氧水也有防腐消毒的功用。我們將 200ml 紫色高麗菜汁加入濃度不等的雙氧水，在 15 天後觀察腐壞情形。

- (四) **插花的聯想**：記得母親插花的時候，在花瓶裡加入一點漂白水，花就可以開的比較持久。去年抗 SARS 的時候，我們也用稀釋的漂白水做室內消毒，因此我們想漂白水是不是也有防腐的作用？我們將 200ml 紫色高麗菜汁加入濃度不等的雙氧水，並於 15 天後觀察腐壞情形。
- (五) **網路查詢的結果**～我們想知道一般的市售食品用什麼當作防腐劑？上網查資料後，我們查到坊間用的防腐劑是「苯甲酸鈉」（或「苯甲酸」）。因此我們去化學材料行買了一些「苯甲酸鈉」，將 200ml 的紫色高麗菜汁加入濃度不等但體積相同的「苯甲酸鈉」溶液，並於 15 天後觀察腐壞情形，來和「食鹽」、「酒精」、「漂白水」、「雙氧水」的防腐效果做比較。

## 七、如何製作「變色筆」及「復原筆」？

由於「變色筆」及「復原筆」不像「原色筆」必須顏色鮮豔豐富，因此這兩枝筆的製作方式比較簡單。只要是顏色透明、不易腐壞，又有足夠的酸鹼性可以讓「原色筆」變色及復原就可以了。在這樣的考量下，我們選擇了「氫氧化鈉」及「稀硫酸」兩種溶液，兩者的濃度可以採「試誤法」，經由不斷嘗試找出兩者適當的濃度比例。

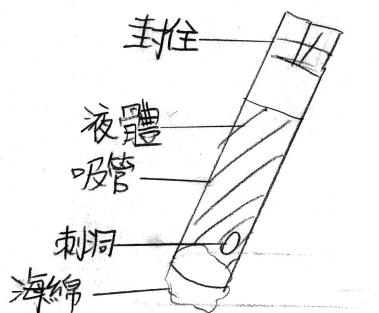
## 陸、研究結果：

### 一、如何製作筆桿呢？

實驗數據如下：（號數越大，鐵絲越細）

鐵絲號數	22 號鐵絲	18 號鐵絲	16 號鐵絲
書寫效果	水漏光	水漏光	水漏光

我們發現在「吸管筆」的筆尾刺洞，不論洞多小，都會使得吸管筆漏水。因此我們想是不是洞刺錯地方了呢？於是我們改變位置，用 22 號鐵絲將小洞刺在吸管的筆頭（如圖三），並改變小洞的位置。看看小洞位置與「吸管筆」液面下降高度的關係如何？（每枝筆都以相同力道在紙上畫一條 50 公分長的直線，看看液面下降了多少）



圖三

結果如下：

刺洞位置（距離吸管開口幾公分）	不刺洞	2cm	3cm	4cm
液面下降高度（公分）	1.4	2.2	3.7	漏光

實驗後我們發現，在筆頭刺洞的確可以增加水流量，又不至於漏水。刺洞的位置越靠近吸管開口，出水量會越小；越靠近筆尾水流量越大，甚至漏水。因此我們發現藉由調整小洞的位置可以控制「吸管筆」的出水量。

## 二、用何種材料做「原色筆」呢？

- (一) 經由多次嘗試，我們發現甲基橙與甲基紅做成的「原色筆」變色前後顏色都十分相似，但甲基紅的色彩比較鮮豔，因此我們採用甲基紅而捨棄甲基橙。
- (二) 用紅鳳菜、牽牛花、茄子做出來的「原色筆」色彩平淡，我們也予以淘汰。
- (三) 黑豆做的「原色筆」雖然色彩濃厚，但帶有很重的黏性，並不適用。
- (四) 玫瑰太貴，我們覺得用來做「原色筆」不符合經濟原則。
- (五) 經過一番淘汰後只剩下紫高麗菜、葡萄皮、酚酞、酚紅、甲基紅、廣用試劑，有必要再開發一些新素材。

## 三、如何使顏色鮮豔呢？

經由實做，我們發現高壓熬煮及濃縮的方法的確可以提高天然指示劑的濃度，而使得指示劑顏色鮮豔。但濃縮後的指示劑也會有濃稠、流動性差的缺點。

## 四、如何使顏色豐富呢？（指示劑也可以混色嗎）

經由實際操作，得到如附件一列表結果。我們發現：

- (一) 經由混色，的確可以調出第三種顏色。
- (二) 混合後的指示劑一樣也會酸鹼變色。
- (三) 混和後顏色會變得比較渾濁，並不適合用來做「原色筆」。

因此，要讓顏色豐富只能多開發其他的材料，並不能用混色的方法。於是我們又想出了「咖哩」、「綠茶」、「洋蔥」、「紅色非洲鳳仙花」等材料。經由嘗試，我們發現「洋蔥」的顏色太淡，而「咖哩」與「綠茶」變色前後顏色太相近了，但「綠茶」比較容易熬煮又沒有嗆味，因此我們捨棄了「咖哩」、「洋蔥」。

最後「原色筆」的材料確定為紫色高麗菜、葡萄皮、紅色非洲鳳仙花瓣、綠茶、酚酞、酚紅、甲基紅、廣用試劑。塗在紙上後酸鹼變色如下：

	紫色高麗菜	葡萄皮	非洲鳳仙花	綠茶	酚酞	酚紅	甲基紅	廣用試劑
酸性	紫	紅紫	黃	淡黃	透明	帶紅的黃	紅紫	帶黃的綠
中性	紫	青	黃	黃	透明	橙	帶紅的黃	帶黃的綠
鹼性	帶綠的黃	帶黃的綠	深黃	黃	紫	紫	黃	帶紫的青

## 五、指示劑塗在紙上會和試管裡一樣嗎？在紙上可以用酸鹼變色來製作變色筆嗎？

經由實際操作，結果如下頁表格。

- (一) 從下頁表格得知，在試管中一點點的酸或鹼就可以使指示劑變色，且顏色變化較豐富；在紙上則需要較強的酸或鹼，指示劑才會變色，顏色的變化也比較單調。換句話說，在試管中指示劑對於酸鹼較為敏感，且顏色會隨著酸鹼強度增強而逐漸改變；相反地，在紙上指示劑對酸鹼比較不敏感，往往要酸、鹼強度增強到某個程度，才會突然變成另一個變色。
- (二) 整體而言，這六種指示劑在鹼性時彼此的顏色差異較大，而酸性時大多偏向紅色。因此「變色筆」應當用鹼性的溶液製作，變色後才會有五彩繽紛的效果。

- (三) 整個變色、復原的過程為先用鹼性的「變色筆」使「原色筆」變色。若要變回原來的顏色，則要用酸性的「復原筆」將先前變色時的鹼性溶液中和掉而達成。
- (四) 經由實際嘗試，我們發現若「變色筆」及「復原筆」的酸鹼強度夠強，的確可以使「原色筆」變色及復原，因此我們確信用酸鹼變色及酸鹼中和的原理來製作「變色筆」是可行的。

指示劑種類		紫高麗菜		葡萄		酚紅		酚酞		甲基紅		廣用試劑	
操作環境		試管	紙上	試管	紙上	試管	紙上	試管	紙上	試管	紙上	試管	紙上
加酸	一號酸	深紅	紫	深紅	紅紫	帶黃的橙	帶紅的黃	透明	透明	紅	紅紫	紅	帶黃的綠
	二號酸	紅	紫	紅	青	帶黃的橙	帶黃的橙	透明	透明	紅	帶紅的黃	帶黃的紅	帶黃的綠
	三號酸	粉紅	紫	淡紅	青	橙	帶黃的橙	透明	透明	紅	橙	帶紅的橙	帶黃的綠
	四號酸	紫	紫	淡紫	青	橙	帶黃的橙	透明	透明	紅	帶黃的橙	帶黃的橙	帶黃的綠
加鹼	一號鹼	淡帶黃的綠	帶綠的黃	淡黃的綠	帶黃的綠	深紅紫	紫	深紫	紫	帶紅的黃	黃	深青綠	帶紫的青
	二號鹼	帶黃的綠	帶黃的綠	帶黃的綠	帶黃的綠	深紅紫	紫	紫	紫	帶紅的黃	帶黃的橙	青綠	帶紫的青
	三號鹼	淡綠	紫	淡帶青的綠	青	深紅紫	帶黃的橙	青紫	透明	帶紅的黃	帶黃的橙	帶青的綠	帶黃的綠
	四號鹼	淡綠	紫	淡紫	青	帶紅的橙	帶黃的橙	透明	透明	深紅	帶黃的橙	深綠	帶黃的綠

## 六、要如何使「原色筆」不腐壞？

- (一) 將高麗菜汁加入份量不等的食鹽，十五天後的觀察結果。由下表可知，食鹽加越多腐壞程度越低，但仍然會腐壞，無法完全的保鮮。

觀察項目	加入 8.7 克鹽	加入 4.9 克鹽	加入 2.9 克鹽	加入 1.5 克鹽	加入 0.7 克鹽	不加鹽
顏色	藍	深藍	藍	藍紫	藍紫	紅紫
味道	很臭	很臭	超臭	超級臭	超級臭	十分臭
黴菌	表面 2/3 有	表面 5/7 有	表面 7/8 有	表面 9/10 有	佈滿	佈滿
沈澱物	底面 2/3 有	底面 2/3 有	底面 1/2 有	底面 5/6 有	底面 3/4 有	佈滿
蟲	無	無	無	無	無	無

(二) 將高麗菜汁加入份量不等的酒精，十五天後的觀察紀錄。由沈澱物及發霉情形來看，酒精的防腐效果比食鹽好。但若是酒精加太多，會使高麗菜汁褪色，因此酒精也不能加太多。

觀察項目	加入 100ml 酒精	加 80ml 酒精及 20ml 水	加 60ml 酒精及 40ml 水	加入 40ml 酒精及 60ml 水	加入 20ml 酒精及 80ml 水	加 100ml 水
顏色	紅紫	深藍	淡藍	淡藍紫	淡藍紫	紫
味道	惡臭	很惡臭	臭淡酒精味	臭淡酒精味	濃惡臭	超級臭
黴菌	無	無	無	無	無	無
沈澱物	一層	一層	無	底面 2/3	底面 1/2	很厚一層
蟲	無	無	無	無	無	無

(三) 將高麗菜汁加入份量不等的雙氧水，十五天後的觀察紀錄。由各個觀察項目看來，雙氧水只有些微的防腐效果，此外若濃度太高，雙氧水也會使色高麗菜汁褪色，因此並不是很好的防腐劑。

觀察項目	加入雙氧水 50ml	加入稀釋十倍的雙氧水 50ml	加入稀釋百倍的雙氧水 50ml	加入稀釋千倍的雙氧水 50ml	加入稀釋萬倍的雙氧水 50ml	不加雙氧水
顏色	淡黃	咖啡	咖啡	紫	紫	黑
味道	惡臭	惡臭	超惡臭	超級臭	超級臭	超級臭
黴菌	表面 1/2	佈滿	佈滿	佈滿	佈滿	佈滿
沈澱物	一層	一層	一層	一層	一層	一層
蟲	無	無	無	無	無	無

(四) 將高麗菜汁加入份量不等的漂白水，十五天後的觀察紀錄。由黴菌及沈澱物的狀況看來，漂白水的防腐效果似乎還不錯，可惜漂白水會使高麗菜汁嚴重褪色，因此也不能在指示劑中加太多。

觀察項目	加入漂白水 50ml	加入稀釋十倍的漂白水 50ml	加入稀釋百倍的漂白水 50ml	加入稀釋千倍的漂白水 50ml	加入稀釋萬倍的漂白水 50ml	不加漂白水
顏色	透明	透明的黃	黑	黑	黑	黑
味道	惡臭	超級臭	超級臭	超級臭	超級臭	超級臭
黴菌	表面 1/2	表面 3/4	一層	一層	一層	一層
沈澱物	底層 1/3	底層 2/3	一層	一層	一層	一層
蟲	無	無	無	無	無	無



(五) 將高麗菜汁加入份量不等的食用防腐劑（苯甲酸鈉），十五天後的觀察紀錄。食用防腐劑的效果是幾種方法中最好的。可惜的是，防腐劑必須到化學材料行買，並不是生活中隨手可得的物品。

觀察項目	加入 0.6 克防腐劑	加入 0.6 克防腐劑，再稀釋十倍	加入 0.6 克防腐劑，再稀釋百倍	不加防腐劑
顏色	藍紫	紫	咖啡	黑
味道	臭	很臭	超臭	惡臭
黴菌	無	少許	一層	約表面 1/5
沈澱物	無	少許	約底面 1/5	約底面 1/3
蟲	無	無	無	無

## 七、如何製作「變色筆」及「復原筆」？

先前第五項提及「變色筆」用鹼性溶液製成、「復原筆」用酸性溶液製成。於是我們決定以稀硫酸、氫氧化鈉溶液來製作「變色筆」、「復原筆」。兩者的濃度用試誤法決定出來。這兩種溶液並不像天然指示劑一樣會阻塞海綿，而造成出水不順，因此利用用完乾掉的彩色筆來製作筆身就可以了。

### 柒、討論：

- 一、吸管筆會斷水是因為出水太慢，會漏水是因為出水太快。在這個實驗中我們巧妙地運用了刺洞的位置來調整筆管內的「液體壓力」、「空氣壓力」、「海綿阻力」的平衡狀態，而達到控制出水量的目的。
- 二、若有時間，將來還可以考慮試試「青黴素」、「眼藥水」、「感冒藥」等生活中常見的物品，看看它們的防腐效果如何。
- 三、應當再多開發別色系的材料，尤其是藍色系的。我們發現自然界中好像沒有純藍色的植物，經詢問花店老闆，老闆表示藍色的花都是用化學色素染出來的。因此我們在想藍色的天然指示劑是否無法從植物身上提煉而得呢？
- 四、雖然經過高壓熬煮及濃縮的過程，顏色的鮮豔度仍是不能與市售的彩色筆相提並論，我們認為這是因為彩色筆的色素極溶液溶於水中，相較之下研究中所用的各式指示劑比較不容易溶於水中，較容易達到飽和。
- 五、發現紅色、紫色的植物（如紅花、葡萄、紅鳳菜等），比較容易熬煮出漂亮的顏色，且有遇酸變紅、遇鹼變綠的傾向。我們認為這些紅、紫色的植物應當有共同的成分，導致有共同的酸鹼反應。

### 捌、結論：

- 一、「吸管筆」實用性高、製作簡便，且能控制出水量。我們採用「吸管筆」來製作「原色筆」。至於「變色筆」及「復原筆」用一般用剩的彩色筆桿就可以了。
- 二、經由一番嘗試，最後決定以紫色高麗菜、葡萄皮、紅色非洲鳳仙花瓣、綠茶、酚酞、酚紅、甲基紅、廣用試劑做為原色筆的素材。並用高壓熬煮、濃縮的方式取出天然素材的色素。
- 三、變色筆用鹼性溶液製作較好，復原筆用酸性溶液製作較好。兩者的濃度比例必須在嘗試中得知，能變色又復原是酸鹼中和的緣故。
- 四、防腐處理上，我們嘗試了酒精、食鹽、雙氧水、漂白水。我們發現除了食鹽之外，酒精、雙氧水、漂白水都不能加太多，否則會使指示劑褪色。因此我們決定在「原色筆

」中都各添加少許，但以不產生褪色為原則。經由實作，我們發現這樣的防腐效果還不錯。

五、試管中與紙上的變色環境是不一樣的，經由實做我們發現在試管中指示劑對於酸鹼較為敏感，且顏色是漸次變化的。因此「變色筆」的鹼性強度不能太弱，以避免無法變色的狀況。

#### 玖、參考資料：

虞君慎（民 92）。藝術概論。台北市：大中國文化出版社

郭騰元（民 89）。空氣的科學遊戲。台北市：牛頓出版社

李大維（民 92）。自然科學概論。台北市：東華出版社

## 評語

080827 國小組生活與應用科學科

### 簡易變色筆

本研究取材天然，對於製作方法與酸鹼變色的原理等，亦有創意與瞭解；惟變色情形在試管中與紙面上確有不同，對於變色筆的實用性之討論或評述是可補充的。