

# 微量化學實驗：製作五彩焰色試驗棒

## ■ 焰色的原理

原子中的電子會存在於原子核外不同能階，最穩定時的狀態稱為基態 ( ground state )，當原子吸收能量後，其電子會被激發至更高能階，稱為激發態 ( excited state )，此時的電子處於不穩定狀態，會以電磁波之形式釋放能量，最後回到基態，整個過程稱為電子躍遷 ( electronic transitions )。

透過儀器測量出電子躍遷的電磁波波長(或頻率)並依照大小順序排列，可以繪製出光譜，並以波長大小區分為紫外光譜、可見光譜、紅外光譜。當躍遷過程的波長處於可見光範圍時，就變成我們肉眼看到的顏色。不同原子 ( 或離子 ) 其原子核外能階間能量差不同，發生電子躍遷時放出的可見光顏色亦不同，因此可以藉此顏色判別所含有元素種類，即為焰色試驗 ( flame test )，這也是煙火具有不同顏色火花的原理。

一般的焰色試驗會將待檢測樣品放在惰性金屬絲 ( 例如金 ) 上，以本生燈 ( 藍色火焰 ) 加熱，由於樣品中雜質常含有鈉元素 ( 其焰色為黃色 )，會干擾觀察，因此焰色試驗會使用鈷藍色玻璃來過濾掉黃光，使樣品的焰色能清晰地呈現。

本實驗結合煙火的構想，從仙女棒出發，摻入不同鹽類或離子，製作可放出不同色光的五彩焰色試驗棒。為減低黃光的干擾，本實驗的部分照片會以藍色玻璃紙包覆相機鏡頭拍攝。

## ■ 藥品與材料

1. 藥品：硝酸鉀 (  $\text{KNO}_3$  )、鎂粉 ( Mg powder )、氯酸鉀 (  $\text{KClO}_3$  )、氯化銅 (  $\text{CuCl}_2$  )、氯化鈉 (  $\text{NaCl}$  )、氯化銦 (  $\text{SrCl}_2$  )、硫酸銅 (  $\text{CuSO}_4$  )、氯化鋇 (  $\text{BaCl}_2$  )
2. 材料：線香、糯米漿糊
3. 器材：刮勺、研鉢、攪拌棒、手套、打火機、酒精燈、燃燒匙

## ■ 設計構想

參考市面上仙女棒中含有的成分 ( 硝酸鉀、氯酸鉀、硝酸鋇、鎂粉、鐵粉、鋁粉、碳粉 )，我們想設計出簡易且微量的彩色仙女棒。經過測試，發現除了主要燃料硝酸鉀和氯酸鉀外，金屬粉末鎂粉、鋁粉及鐵粉，燃燒時可以產生火花和白光等效果，由於本實驗不需火花效果，

且鋁粉和鐵粉燃燒緩慢，對彩色仙女棒燃燒幫助不大，因此將兩粉末刪除；雖然鎂粉可以幫助燃燒，但是劇烈的白光會干擾焰色的呈現，因此在本實驗中刪減鎂的用量。而一般仙女棒還會添加硝酸銀、碳粉，由於此兩項成分燃燒時放出綠色和橘光亦會干擾焰色觀察，因此予以刪除。

在使粉末附著的黏著劑採用糯米糰糊，乃因其燃燒時不會如一般膠水產生難聞氣味，且較一般黏著劑使用澱粉加水配置來得方便許多。

## ■ 製作過程

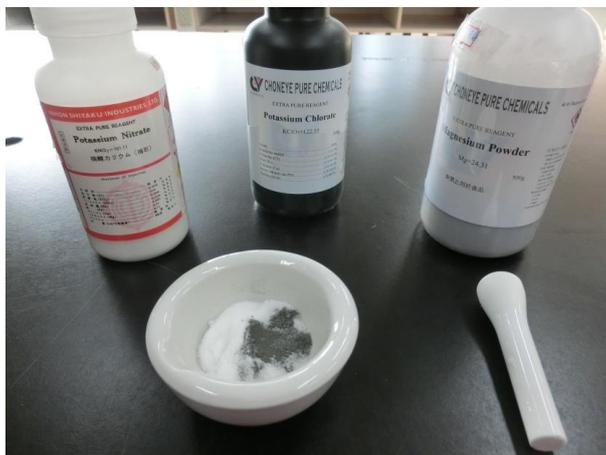
經過實驗測試，我們以硝酸鉀、氯酸鉀、鎂粉三種成份（取用的重量比為 25 : 12 : 3）配製出作為焰色試驗棒燃燒基底之混合物質（底下簡稱為基底），並且呈現焰色的鹽類與此基底，以重量比 1 : 1 混合。表一為各種焰色燃燒物含有之成分整理，表一內的藥品量約可製作 3~5 枝五彩焰色試驗棒。

表一：焰色試驗棒的成分含量比例

焰色／成分	黃	青綠	紅	藍綠	綠
含有成份	氯化鈉 4 克	氯化銅 4 克	氯化銻 4 克	硫酸銅 4 克	氯化鉍 4 克
基底重量	硝酸鉀 2.5 克、氯酸鉀 1.2 克、鎂粉 0.3 克（總重 4 克）				

微量的五彩焰色試驗棒的製作步驟如下：

1. 基底部分：秤量基底的藥品並均勻混合，如圖一所示。（注意：混合成分含有硝酸鉀，故製作步驟中所有混合過程盡量以攪拌代替研磨）



圖一：基底的藥品(從左至右分別為硝酸鉀、氯酸鉀及鎂粉，研鉢內為三者粉末混合)

2. 摻入各種焰色之成分：準備五杯不同的焰色鹽類粉末 4 克，並與 4 克的基底混合（見圖

二) 小心將各杯拌勻。



圖二：五種不同成份焰色粉末與基底

3. 目測線香將長度大致分為五個等分，每次只用糯米糰糊塗在一等分的線香上。輕灑第一成份（如氯化鈉）的粉末使其附著於線香上，稍微用刮勺壓實粉末，如圖三所示。本實驗可以使用一般長度線香，亦可選用市售較短、較小之線香，減少藥品用量。



圖三：粉末用糯米糰糊塗抹在線香上

4. 重複步驟 3，繼續均勻地塗抹其他四種焰色粉末在其他四等分線香上。（注意：在塗抹過程中，兩成份間不可留有空隙，以免燃燒不連續。）
5. 放置塗抹完成之焰色試驗棒，小心擺放使其乾燥。乾燥後的五彩焰色試驗棒成品，如圖四所示。



圖四：五彩焰色試驗棒成品

6. 用打火機點燃焰色試驗棒，觀察其焰色。若焰色與理論不一致，則用藍色玻璃紙貼在眼鏡的鏡片上，隔著一層濾光紙，再觀察其焰色；或用藍色玻璃紙包覆相機的鏡頭，再拍攝其焰色，如圖五所示。



圖五：用藍色玻璃紙包覆相機的鏡頭拍攝焰色

### ■ 廢棄物處理和安全注意事項

- 因為實驗藥品中含有硝酸鉀粉末，有燃燒之危險，所以實驗過程中如需將藥品混合，則盡量以攪拌代替研磨。
- 為防止吸入粉末狀藥品，製作過程應全程配戴口罩。
- 完成之焰色試驗棒成品要以自然方式風乾、曬乾，使糝糊乾燥後才可點火燃燒，避免焰色試驗棒中含有水分造成燃燒不易。
- 為防止火花危險，點燃焰色試驗棒時，應戴麻布手套。

### ■ 結果與討論

(在此處貼上拍攝到的照片，並寫出實驗結果和討論)

實驗設計：賴亭伶<sup>1</sup>、陳旆玓<sup>2</sup>，<sup>1</sup>國立中興高級中學、<sup>2</sup>國立花蓮女子高級中學

資料來源：《臺灣化學教育》(<http://chemed.chemistry.org.tw/>)，第十四期。