

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：銀河遺落世間星—仙女棒與離子焰色之探討

一、摘要：

跨年來一兩支仙女棒，相信大家都對此熟悉，但是我們周遭的仙女棒只有白色，因此我們想製作出不同顏色的仙女棒，實驗中我們以線香做棒並測試黏著方式、金屬離子遇火的焰色和反應，在其中我們發現所有配方皆不能延續燃燒，所以我們測試不同比例的劑量及探討可能影響的因素。結果發現以膠水並不與粉末混合的黏著方式最佳，隨著添加不同的金屬離子，焰色也不同。我們在實驗中發現基底配方中硝酸鉀的比例雖能稍微促進延續燃燒，但同時會使綠色火焰變得更不明顯，加入二氧化錳亦不會造成明顯改變，可見影響因素不全然是因為添加比例和二氧化錳的添加量。

二、探究題目與動機

在靜謐的黑夜，玄英的蒼穹中佈滿了燦爛星星，啪滋！啪滋！的響聲傳遍了整個空間，銀白刺眼的光芒閃閃跳動，向四面八方射出小小、小小的銀白星火，隨著手到之處，連成似銀河的一條線，原來這夢幻的玩意就是仙女棒。但，如此漂亮的仙女棒卻少了色彩的眷顧，正好，最近理化課時老師講到了金屬焰色的相關知識，因此，我們決定將仙女棒變身成提在手中五彩繽紛的煙火。

三、探究目的與假設

仙女棒是一種煙花，別名有手持煙花或手持噴泉，為可燃性小型煙火。其形狀、大小多種多樣，其操作簡便、安全環保且價格低廉。仙女棒一點燃就會散發出耀眼的火花，如圖一所示，而揮動點燃的仙女棒則可透過攝影技巧留下漂亮的畫面，如圖二所示，而仙女棒的缺點是火花很快就會熄滅，觀賞時間較短。



圖一 點燃的仙女棒



圖二 鏡頭下的仙女棒火花

本實驗設計即是利用學校課程中所學、生活中的應用、網路上的配方來對仙女棒進行發

想及更深的探討，詳述如下。

(一)以澱粉和水的混合物的黏性來對比用現成膠水黏附狀況的好壞。

(二)以教科書上查詢到的金屬離子焰色來對比實際操作過的結果。

(三)設計仙女棒。

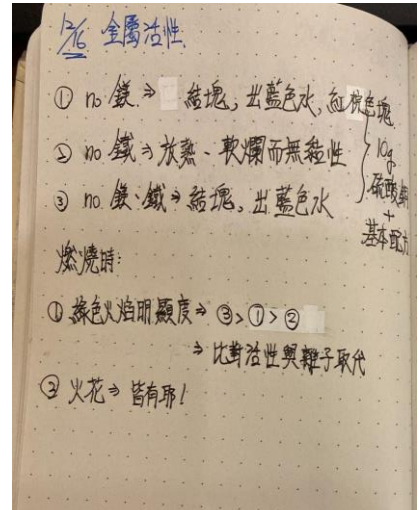
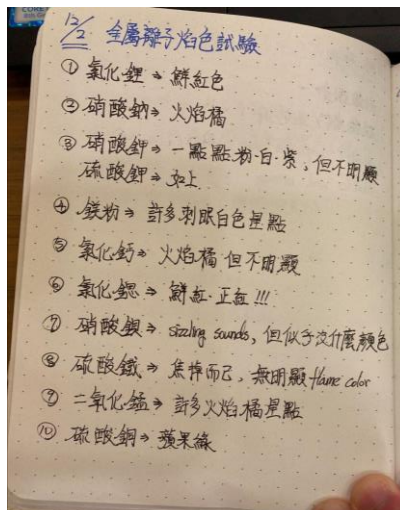
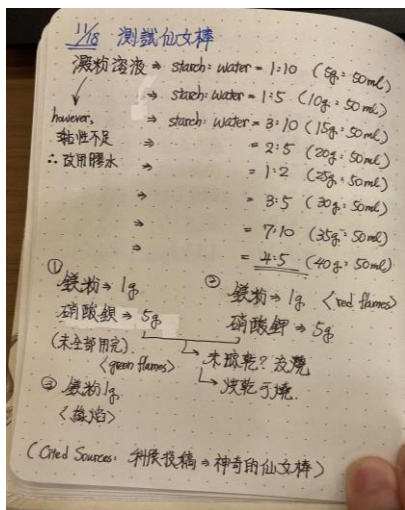
1.以添加活性大的金屬離子的仙女棒來對照與無添加活性大金屬離子之焰色差異。

2.以市面上的配方來對來對比歷屆科展作品的配方，何者做出來的仙女棒燃燒狀態更符合市售。實驗設計如下：

利用現有的資源及材料，試著製作澱粉溶液，並找出擁有最佳黏性的澱粉與水之比例，再利用此結果塗在線香上測試與膠水，何者讓應附著在線香上的粉末較不易掉落，實驗設計如圖三所示。

試著燃燒不同的化學藥品，驗證是否與教科書上之結果相同，並找尋其燃燒時之顏色較明顯者，加入後續之實驗中，實驗設計如圖四所示。

具學校課程所學，活性大的金屬離子會取代其他活性小的金屬離子表現焰色，設計添加



活性大的金屬離子來對照與無添加活性大金屬離子之焰色差異，實驗設計如圖五所示。

圖三 澱粉與水添加比例

圖四 金屬離子焰色測試

圖五 金屬活性對焰色的影響

根據以上推論，實驗目的如下：

一、探討仙女棒配方的最佳黏附方式

二、探討各種金屬離子的焰色

三、利用金屬離子的焰色，加入基底配方，找出最能明顯出現仙女棒焰色的配方比例

(一)原基底配方中活性較大的金屬離子與表現出的理想焰色之間的關係

(二)基底配方與添加物的比例

四、探究方法與驗證步驟

一、仙女棒最佳黏附方式探討

操縱變因：澱粉溶液(不同濃度)、膠水(加入藥品攪拌)、膠水(僅包覆在線香上當作黏附劑)

(一)配製澱粉及水的混合溶液，將其與藥品攪拌均勻並且包覆在線香上。添加量分別為 50 毫升水加入 5 克、10 克、15 克、20 克、25 克、30 克、35 克及 40 克澱粉。

(二)將藥品加入膠水中攪拌並包覆在線香上。

(三)將藥品顆粒攪拌均勻，同時先在线香上均勻塗上膠水，以便使藥品黏附在线香上。

控制變因：藥品成分、自然風乾時間(20 小時)。

基底配方參考歷屆科展：

碳粉 2 克、鎂粉 2 克、鐵粉 10 克、硝酸銀 6 克、硝酸鉀 2 克

再各增加 10 克硫酸銅(綠色火焰最容易辨識)。

風乾 20 小時後，放在酒精燈上燃燒，以慢速錄影觀察火焰顏色。

實驗結果如表一和表二所示，我們得知膠水及先裹膠水再抹粉末配方是較佳的選擇

表一 澱粉溶液和膠水之比較

黏著劑	澱粉溶液	膠水
黏著量	較少	較多
方便性	較不方便	較方便

表二 配方粉末混合膠水和先裹膠水再抹粉末配方之比較

黏著方法	配方粉末混合膠水	先裹膠水再抹粉末配方
附著量	較少	較多
可行性	因容易產生化學反應造成黏著困難,時常使溶液結塊、失去黏性	不容易引起反應
缺點	混合的過程中化學反應仍在進行,易產生氣體及放熱、吸熱反應	速度要快,避免膠水乾燥而失去黏性


二、探討各種金屬離子的焰色

(一)在燃燒匙中各加入一湯匙的鎂粉、硝酸鉀、硫酸銅、氯化鋰、硝酸鈉、氯化銦。

(二)放在酒精燈上燃燒。

(三)觀察不同金屬離子燃燒時的顏色，實驗結果如表三。







表三 各種金屬離子之焰色

藥品名稱	火焰顏色	慢速錄影的截圖	藥品名稱	火焰顏色	慢速錄影的截圖
鎂粉 (Mg ²⁺)	白色火花		硝酸鉀 (K ⁺)	些微粉紫色	
硫酸銅 (Cu ²⁺)	極光綠色		氯化鋰 (Li ⁺)	鮮紅色	
氯化銦 (Sr ²⁺)	正紅色		硝酸鈉 (Na ⁺)	火焰橘	

為了驗證我們的實驗結果是否正確，我們將結果與文獻資料做比對，煙火成份及焰色如圖六所示，各種金屬離子焰色如圖七所示，發現結果相符，也為我們後續的實驗奠定良好的根基。

煙火 × 化學 顏色與金屬			
<p>鎳、鋇</p> <p>紅</p> <p>碳酸鎳 or 碳酸鋇(亮紅)</p>	<p>鈉</p> <p>黃</p> <p>硝酸鈉 or 冰晶石</p>	<p>鋇 + 氯</p> <p>綠</p> <p>氯化鋇 or 氯化鋇(亮綠) 碳酸鋇、硝酸鋇</p>	<p>銦 + 銅、鈉</p> <p>紫</p> <p>銦化合物 + 銅化合物/硝酸鈉</p>
<p>鈣</p> <p>橘</p> <p>氯化鈣 or 硫酸鈣</p>	<p>鎂、鋁</p> <p>白</p> <p>鎂、鋁</p>	<p>銅 + 氯</p> <p>藍</p> <p>醋酸亞砷酸銅 (又稱巴黎綠) 氯化銅/氯化亞銅(翠藍)</p>	<p>鋁、鈦、鎂</p> <p>銀</p> <p>燃燒的鋁 鈦、鎂粉末</p>

圖六 煙火成份及焰色

金屬 離子	鈣 (Ca)	鈉 (Na)	鉀 (K)	銅 (Cu)	鋇 (Ba)	銦 (Sr)
火焰 顏色	磚紅 	金黃 	紫 	藍綠 	蘋果綠 	血紅 

圖七 金屬離子焰色

三、利用金屬離子的焰色，加入基底配方，找出最能明顯出現仙女棒焰色的配方比例

(一)原基底配方中活性較大的金屬離子與表現出的焰色之關係

操縱變因：三組實驗組，分別未加鎂、未加鐵以及鎂鐵皆未加。

控制變因：藥品成分、自然風乾時間(20 小時)。

基底配方參考歷屆科展：

碳粉 2 克、鎂粉 2 克、鐵粉 10 克、硝酸鋇 6 克、硝酸鉀 2 克

再各增加 10 克硫酸銅(綠色火焰最容易辨識)

風乾 20 小時後，放在酒精燈上燃燒，以慢速錄影觀察火焰顏色。

實驗結果顯示，綠色火焰明顯程度為：未加鎂鐵>未加鎂>未加鐵。由於金屬對氧的活性大小： $Mg>Fe>Cu$ ，因此推測銅離子被取代後就導致銅離子所產生的綠色火焰變得不明顯，解釋了三組實驗組的綠色火焰為何有明顯的差別，如圖八、圖九、圖十所示。



圖八 未加鎂、鐵之焰色



圖九 未加鎂之焰色



圖十 未加鐵之焰色

(二)基底配方與添加物的比例

查詢歷屆科展及市面上的配方，各做幾支仙女棒測試其燃燒難易度和火焰顏色顯現的程度。不同的基底配方如下：

歷屆科展：碳粉 2 克、鎂粉 2 克、鐵粉 10 克、硝酸鋇 6 克、硝酸鉀 2 克，再加 2 克硫酸銅

市面上的配方：硝酸鉀 2.5 克、氯酸鉀 1.2 克、鎂粉 0.3 克，再加 4 克硫酸銅

實驗結果：

在燃燒不同配方為基底的仙女棒時，我們發現仙女棒成份愈單純，較能得到預期的離子焰色，而成份愈複雜仙女棒，金屬和離子之間容易發生多種氧化還原反應，導致原本添加的化合物發反應而生成他種化合物，因而失去原本預期的焰色。

五、結論與生活應用

一、仙女棒最佳黏附方式

由上述實驗可知為了避免配方間在燃燒前就先進行化學反應，並且加快實驗速度，我們統一採用將膠水勻沾在線香上，並且將基底配方磨成粉末裹在線香上。

二、探討各種金屬離子的焰色

金屬離子焰色和狀態皆因燃燒時的金屬離子而有所不同，可能出現星火，聲音等。在所有測試的金屬離子中，我們後續實驗所選用的皆是取最明顯可產生綠色火焰的硫酸銅。

三、利用金屬離子的焰色，加入基底配方，找出最能明顯出現仙女棒焰色的配方比例

(一)原基底配方中活性較大的金屬離子與表現出的理想焰色之間的關係，活性較大的金屬

離子如鎂、鐵，會取代活性小的銅離子，因此會使理想焰色無法明顯的表現出來。 。

(二)基底配方與添加物的比例，經過多次試驗，最後採用的是硝酸鉀 2.5 克、氯酸鉀 1.2 克、鎂粉 0.3 克、硫酸銅 4 克。

參考資料

一、Hsu, Daniel. “為什麼煙火可以有那麼多種不同的顏色？” GQ, (13 Feb. 2019)

www.gq.com.tw/gadget/content-38678.

二、“微量化學實驗：製作五彩焰色試驗棒。”(2016) 台灣化學教育

三、陳宜安, 顧詠俐. (2016)“碎掉的星辰--仙女棒.” 科展作品

四、周子茵, 廖昱欣, 劉書瑜. (2015)“火樹銀花之仙女棒研究：自製簡單的仙女棒.” 科展作品