

107 年度高級中等學校綠色化學(減毒減量)創意競賽

成果報告書

視覺的絢麗饗「焰」——以硼砂珠改良焰色實驗

目錄

摘要.....	1
研究動機.....	1
研究目的.....	1
研究裝備及器材.....	1
研究過程或方法.....	2
實驗一、硼砂珠實驗.....	2
實驗二、酒精凍與硼砂和硫酸銅的混合.....	2
實驗三、酒精凍與硼酸和硫酸銅的混合.....	4
實驗四、酒精凍與酒石酸和硫酸銅的混合.....	4
研究結果.....	4
實驗一、硼砂珠實驗.....	4
實驗二、酒精凍與硼砂和硫酸銅的混合.....	5
實驗三、酒精凍與硼酸和硫酸銅的混合.....	8
實驗四、酒精凍與酒石酸和硫酸銅的混合.....	11
討論.....	13
結論.....	15
參考資料及其他.....	15

摘要

焰色反應是一個華麗的實驗，不同的金屬在燃燒中綻放出七彩繽紛的火焰。在高中基礎化學(二)常見的化學反應的單元中，也提到焰色試驗是分辨金屬離子的方法之一。硼砂珠試驗(Bead test)是一種傳統對一些特定金屬分析的試驗，但由於很多的金屬在硼砂珠實驗或焰色實驗中沒有明顯的色光變化，本研究以不同於硼砂的藥品，期望硼砂珠反應會有較明顯繽紛的火焰。本研究分成兩大部分：(一)金屬的混色：將反應最為明顯的銅與其他金屬混合燒製，以觀察其焰色，而結果發現其變化不大，只是在原來的焰色中添加了銅離子原來的綠光。(二)添加物的不同：分成四個部分，並結合了第一大部份，將銅離子混入實驗中。以初始的只添加硼砂實驗作為對照組，有許多金屬沒有焰色的明顯變化。後續以添加硼砂與硫酸銅，並使用酒精凍做為焰色實驗的燃料，發現色光中混合了硼砂的黃光和銅離子的綠光。進一步使用硼酸來代替硼砂，改變系統成為酸性，結果呈現硼酸本身的綠光。接著再使用酒石酸來取代硼酸，發現焰色十分明亮的紅色。最後使用上述硼酸、硫酸銅和酒精凍的配方來檢驗其他的金屬離子焰色，得到與傳統硼砂珠不一樣的焰色，而且焰色效果也都更為明顯鮮豔。本研究創新的實驗設計也可有效達到分辨 4 種不同的金屬化合物的功能。

壹、研究動機

焰色反應是一個華麗的實驗，不同的金屬在燃燒中綻放出七彩繽紛的火焰，火焰那極盡全力舞蹈、揮灑色彩的樣子觸動我的心弦，燃起了我對於焰色實驗的興趣。

焰色實驗中的鉑既昂貴又易碎，常因其易碎導致實驗的失敗，若是將其改成硼砂珠是否能增加其實驗成功的可能性。由於不是每間實驗室皆有本生燈，因此將其改為易取得的酒精燈或易製成的酒精凍，雖然會導致實驗中參雜其產生的黃色火焰，但我們可以根據光的混色原理來推測其色光為何。

而有些金屬在焰色實驗或硼砂珠實驗中的火焰沒有明顯的色光，因此我想若是用不同於硼砂的藥品是否會有較明顯的反應呢？因而選擇了硼酸和酒石酸來進一步的觀察期變化。

貳、研究目的

藉由金屬的混色和添加物的不同，觀察不同的焰色。

- (一)簡化並找出硼砂珠實驗與焰色的關係
- (二)評估酒精凍替代燃料的可行性及實驗安全性的提升
- (三)評估硼砂、硼酸、酒石酸的添加物效應

參、研究裝備及器材

一、器材：燒杯、滴管、玉米杯、刮杓、鐵絲、陶瓷皿、陶瓷纖維網、擋風板、酒精燈、火柴、打火機

二、藥品：硼砂、硼酸、酒石酸、酒精、醋酸鈣、硫酸銅、硫酸鐵(III)、硝酸鋁、硝酸鉛、二氧化錳、氯化亞鈷

肆、研究過程或方法

實驗一、硼砂珠實驗與硫酸銅混色

(一)製備硼砂珠：

- 1.把環狀鐵絲(15 公分)放入水中
- 2.沾少許粉狀硼砂(約 2~3 克)
- 3.用本生燈將其燃燒至透明珠子狀，如圖(1)
- 4.泡入水中以冷卻硼砂珠即完成硼砂珠的製備，如圖(2)



圖(1)：燒製硼砂珠



圖(2)：製備好的硼砂珠。

(二)硼砂珠實驗：

- 1.將硼砂珠沾染金屬
- 2.用本生燈燃燒以觀察其焰色

實驗二、酒精凍與硼砂和硫酸銅的混合

(一)製備酒精凍：

- 1.在兩個玉米杯中分別倒入醋酸鈣溶液(3 毫升)與酒精(15 毫升)
- 2.兩杯溶液混合，來回互倒數次(2~3 次)
- 3.靜置 30 秒即凝固成酒精凍



圖(3)：製備好的酒精凍

(二)酒精凍：

1. 將少許金屬化合物放至酒精凍上
2. 點火燒酒精凍，以觀察其焰色



圖(4)：酒精凍燃燒

(三)酒精凍與硼砂：

1. 將少許金屬化合物放至酒精凍上
2. 再放置少許硼砂至酒精凍上
3. 點火燒酒精凍，以觀察其焰色

(四) 酒精凍與硼砂和硫酸銅的混合：

1. 將少許金屬化合物放至酒精凍上
2. 再放置少許硼砂至酒精凍上
3. 再放置少許硫酸銅至酒精凍上
4. 點火燒酒精凍，以觀察其焰色



圖(5)：硼砂在酒精凍中燃燒

實驗三、酒精凍與硼酸和硫酸銅的混合

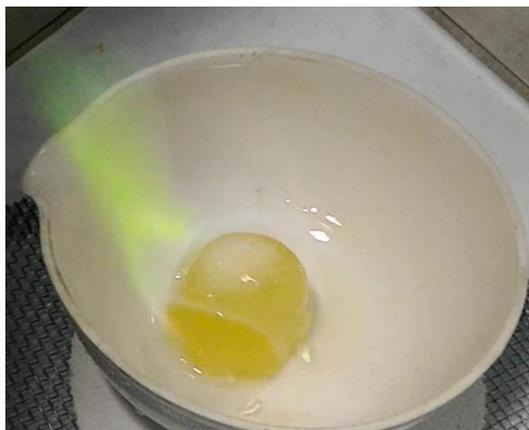
(一)製備酒精凍

(二)酒精凍與硼酸：

- 1.將少許金屬化合物放至酒精凍上
- 2.再放置少許硼酸至酒精凍上
- 3.點火燒酒精凍，以觀察其焰色

(三)酒精凍與硼酸和硫酸銅的混合：

- 1.將少許金屬化合物放至酒精凍上
- 2.再放置少許硼酸至酒精凍上
- 3.再放置少許硫酸銅至酒精凍上
- 4.點火燒酒精凍，以觀察其焰色



圖(6)：硼酸在酒精凍中燃燒

實驗四、酒精凍與酒石酸和硫酸銅的混合

(一)製備酒精凍

(二)酒精凍與酒石酸：

- 1.將少許金屬化合物放至酒精凍上
- 2.再放置少許酒石酸至酒精凍上
- 3.點火燒酒精凍，以觀察其焰色

(三)酒精凍與酒石酸和硫酸銅的混合：

- 1.將少許金屬化合物放至酒精凍上
- 2.再放置少許酒石酸至酒精凍上
- 3.再放置少許硫酸銅至酒精凍上
- 4.點火燒酒精凍，以觀察其焰色



圖(7)：酒石酸在酒精凍中燃燒

伍、研究結果

實驗一、硼砂珠實驗

表(1)：各樣金屬在硼砂珠實驗中的焰色反應

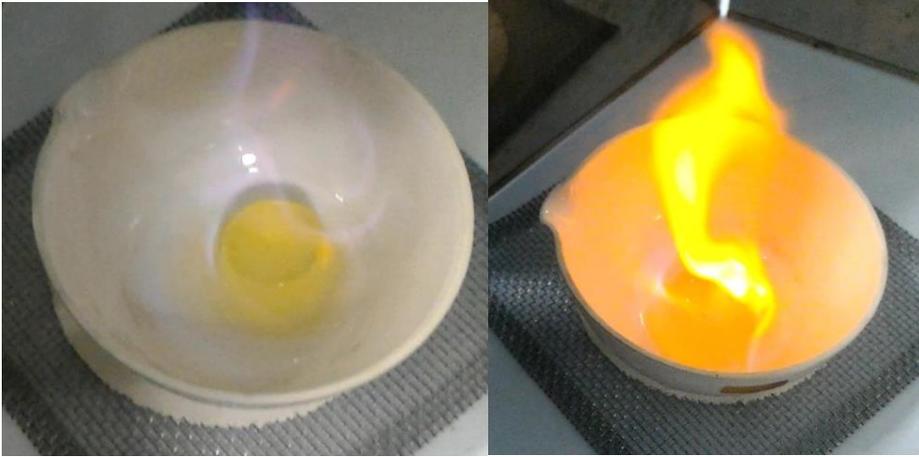
金屬	硼砂	硝酸鋁	硝酸鉛	硫酸鐵(III)	硫酸銅	二氧化錳	氯化亞鈷
顏色	紅	紅	紅	紅	綠	無	紅
圖片							

實驗二、酒精凍與硼砂和硫酸銅的混合

(一)表(2)：各樣金屬在酒精凍中燃燒的焰色反應

金屬	硼砂	硝酸鋁	硝酸鉛	硫酸鐵(III)	硫酸銅	二氧化錳	氯化亞鈷
顏色	紅	無	無	紅(不明顯)	綠	無	紅(火花)

(下左圖：酒精凍燃燒)(下右圖：硼砂燃燒)



(圖由左至右為硝酸鋁、硝酸鉛)



(圖由左至右為硫酸鐵(III)、硫酸銅)



(圖由左至右為二氧化錳、氯化亞鈷)



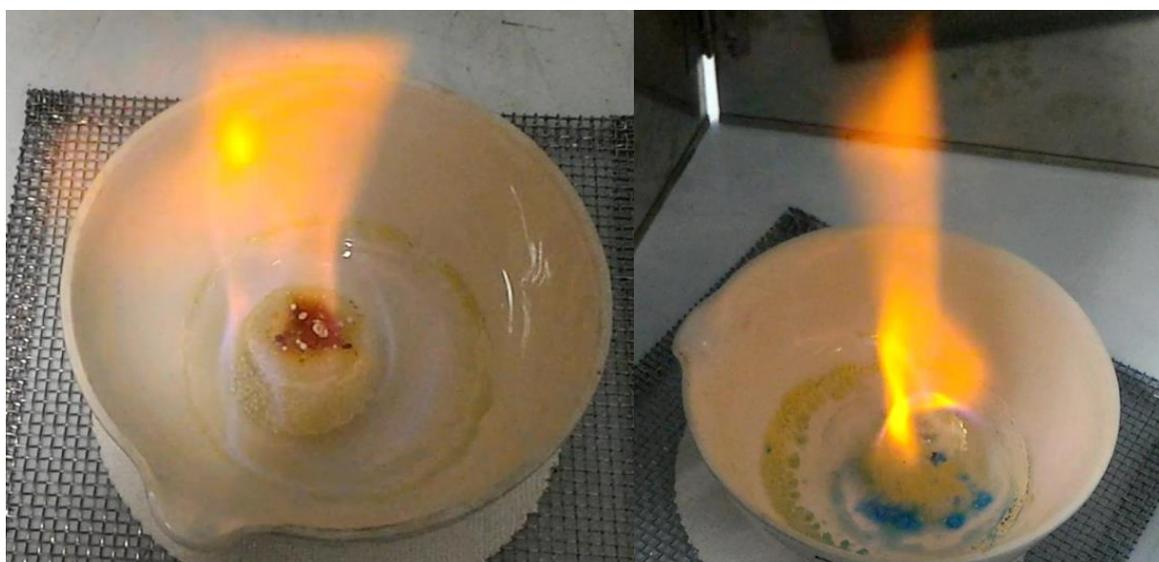
(二)表(3)：各樣金屬加入硼砂後在酒精凍中的焰色反應

金屬	硝酸鋁	硝酸鉛	硫酸鐵(III)	硫酸銅	二氧化錳	氯化亞鈷
顏色	紅(不明顯)	紅(不明顯)	紅	紅	無	紅

(圖由左至右為硝酸鋁、硝酸鉛)



(圖由左至右為硫酸鐵(III)、硫酸銅)



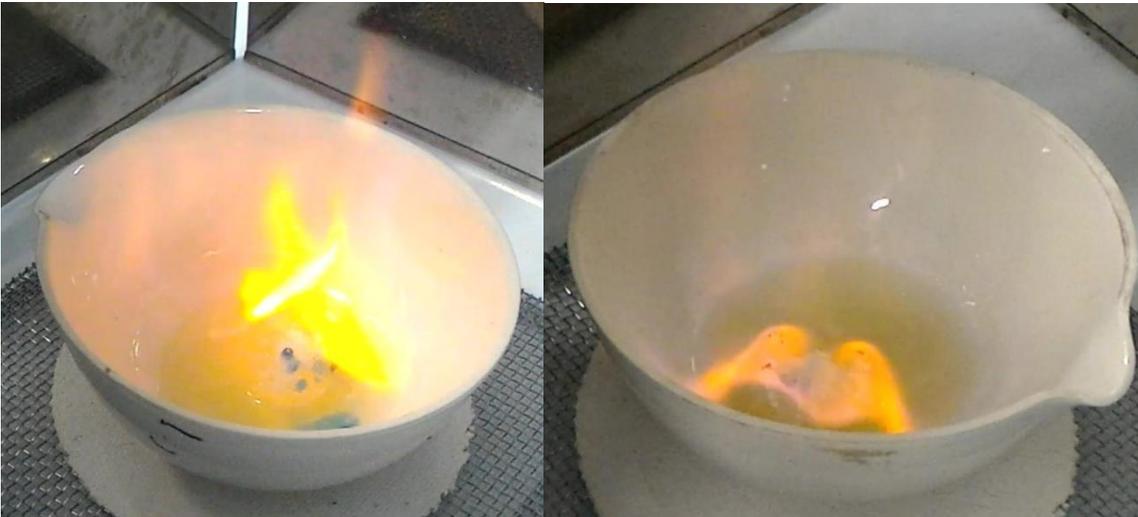
(圖由左至右為二氧化錳、氯化亞鈷)



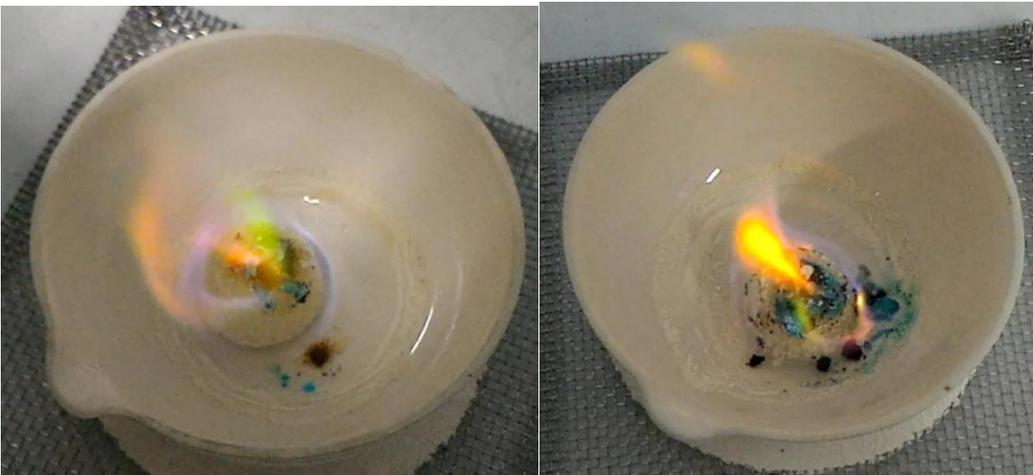
(三)表(4)：各樣金屬加入硼砂和硫酸銅後在酒精凍中的焰色反應

金屬	硝酸鋁	硝酸鉛	硫酸鐵(III)	二氧化錳	氯化亞鈷
顏色	紅	紅	紅+綠	紅+紫+綠	藍+綠

(圖由左至右為硝酸鋁、硝酸鉛)



(圖由左至右為硫酸鐵(III)、二氧化錳)



(下圖為氯化亞鈷)

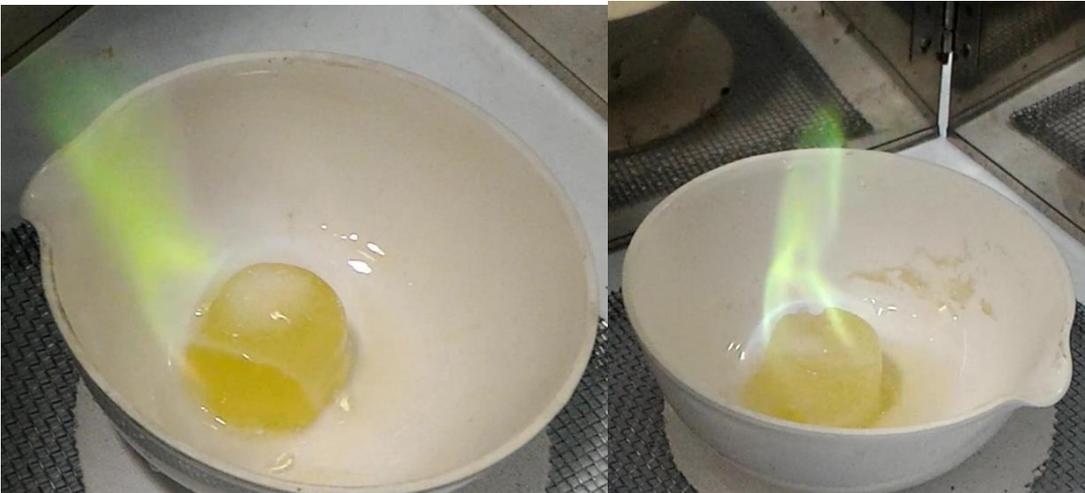


實驗三、酒精凍與硼酸和硫酸銅的混合

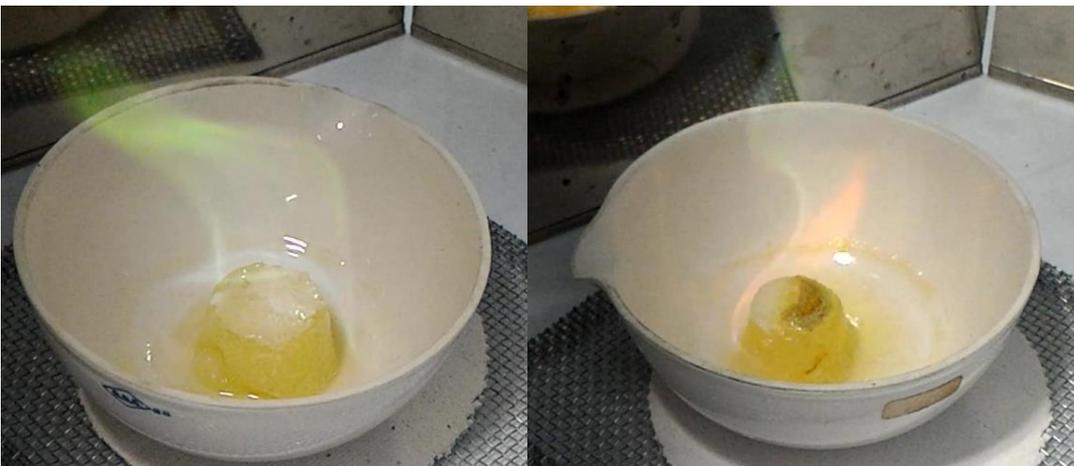
(一)表(5)：各樣金屬添加硼酸後在酒精凍中的焰色反應

金屬	硼酸	硝酸鋁	硝酸鉛	硫酸鐵(III)	硫酸銅	二氧化錳	氯化亞鈷
顏色	綠	綠	綠	綠	綠	綠	紅(火花)+綠

(圖由左至右為硼酸、硝酸鋁)



(圖由左至右為硝酸鉛、硫酸鐵(III))



(圖由左至右為硫酸銅、二氧化錳)



(下圖為氯化亞鈷)



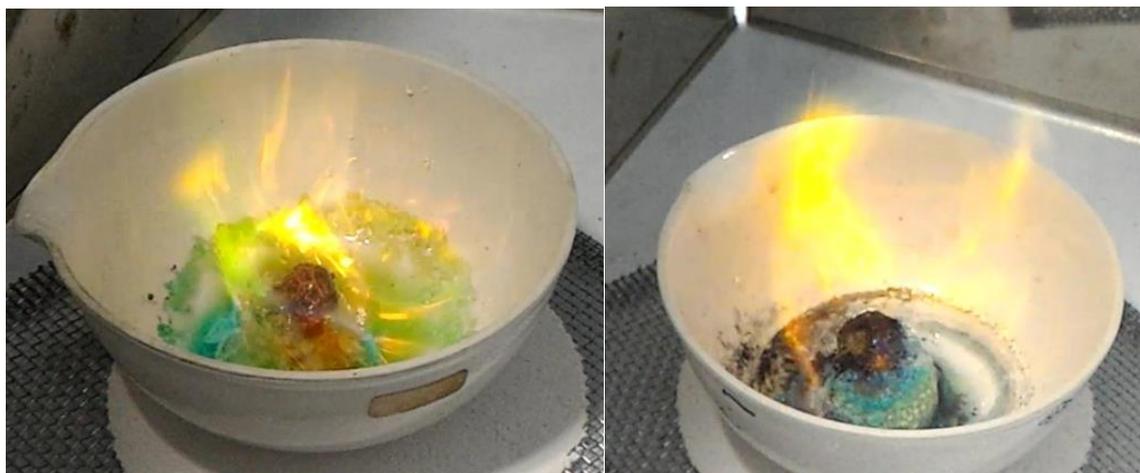
(二)表(6)：各樣金屬添加硼酸和硫酸銅後在酒精凍中的焰色反應

金屬	硝酸鋁	硝酸鉛	硫酸鐵(III)	二氧化錳	氯化亞鈷
顏色	綠+紅(火花)	綠+紅(火花)	綠+紅(火花)	綠+紅(火花)	藍+綠+紅(火花)

(圖由左至右為硝酸鋁、硝酸鉛)



(圖由左至右為硫酸鐵(III)、二氧化錳)



(下圖為氯化亞鈷)

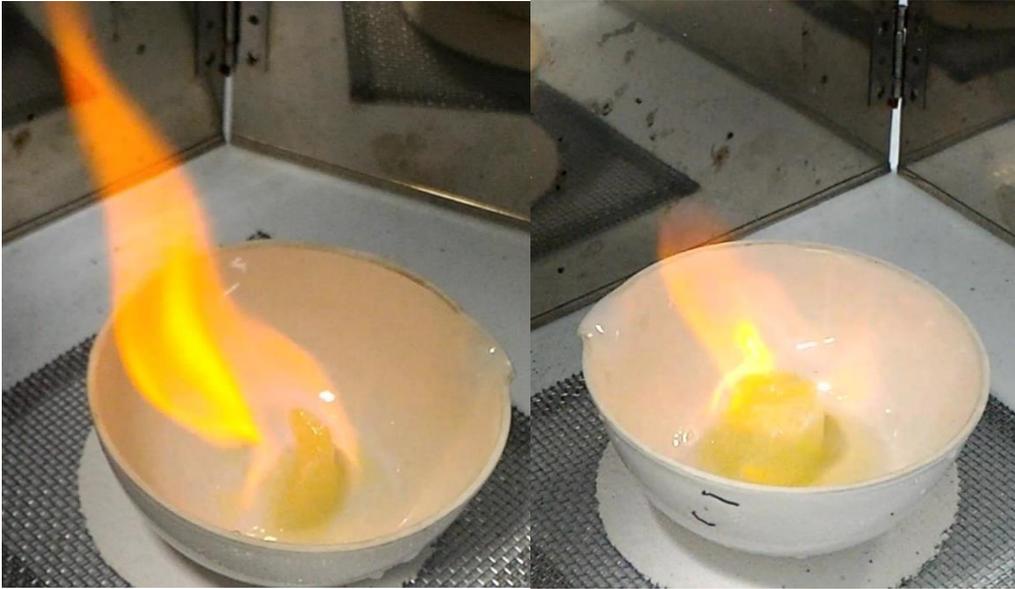


實驗四、酒精凍與酒石酸和硫酸銅的混合

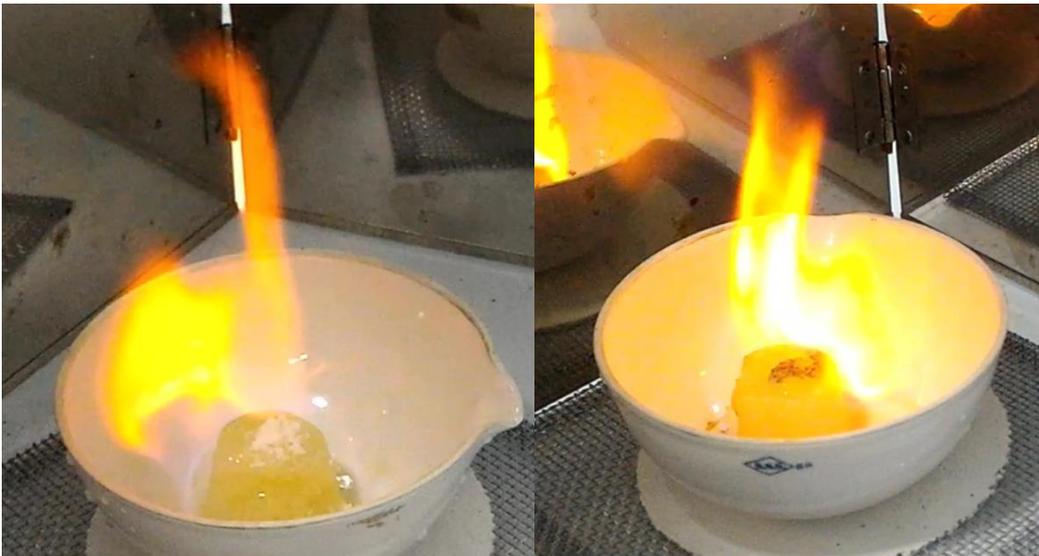
(一)表(7)：各樣金屬添加酒石酸後在酒精凍中的焰色反應

金屬	酒石酸	硝酸鋁	硝酸鉛	硫酸鐵(III)	硫酸銅	二氧化錳	氯化亞鈷
顏色	紅	紅	紅	紅	紅	紅	紅(火花)

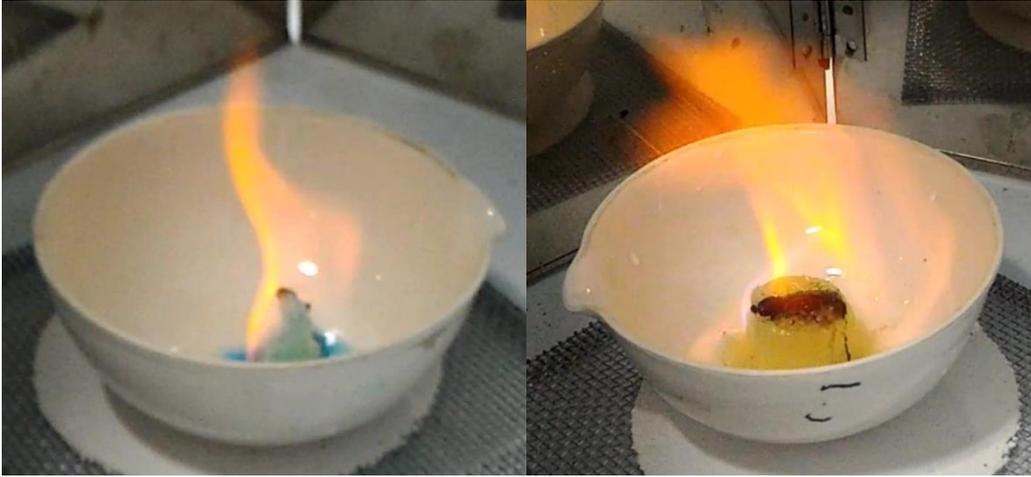
(圖由左至右為酒石酸、硝酸鋁)



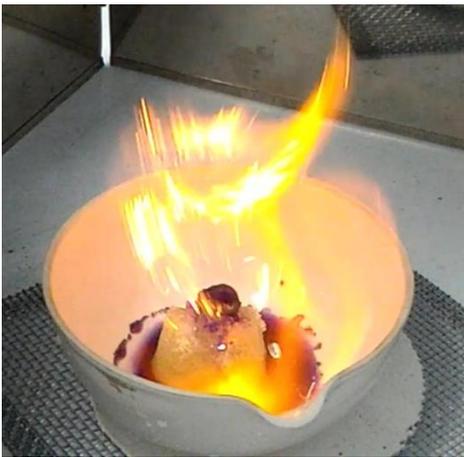
(圖由左至右為硝酸鉛、硫酸鐵(III))



(圖由左至右為硫酸銅、二氧化錳)



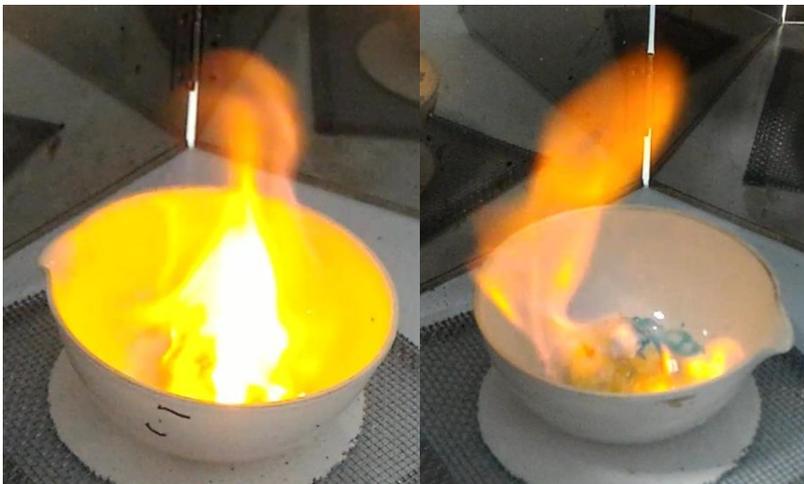
(下圖為氯化亞鈷)



(二)表(8)：各樣金屬添加酒石酸和硫酸銅後在酒精凍中的焰色反應

金屬	硝酸鋁	硝酸鉛	硫酸鐵(III)	二氧化錳	氯化亞鈷
顏色	紅	紅	紅	紅	紅(火花)

(圖由左至右為硝酸鋁、硝酸鉛)



(圖由左至右為硫酸鐵(III)、二氧化錳)



(下圖為氯化亞鈷)



陸、討論

(一)文獻中硼砂珠實驗的結果和本研究的結果(表(1))有出入，原因可能為硼砂本身的焰色為紅色而影響實驗結果，或者是因為本研究中使用鐵絲來燒製硼砂珠，而不是原實驗中的鉑絲，而鐵在硼砂珠實驗中的焰色為紅色，因而影響了整個實驗的結果。

金屬	鋁	鉛	鐵	銅	錳	鈷
顏色	無	無	紅	綠	無	藍

(上表為硼砂珠實驗對照的參考資料)

(二)以酒精凍來替代本生燈或酒精燈提深了整個研究的安全性，由於原硼砂珠實驗須以手持鉑絲或鐵絲，可能會有燒傷的可能性，而若是使用酒精凍只需將研究所需的藥品放置在酒精凍上並點火即可，相對來說與火焰接觸的距離較沒那麼近，且在進行實驗時也可在旁圍上擋風板，不僅使提升了實驗的安全性，也更便於觀察。

(三)比較實驗一和實驗二之一的結果與表(2)可發現，以酒精凍為燃料的結果比硼砂珠實驗更接近文獻中原硼砂珠實驗的結果，原因可能為沒有鐵絲本身焰色的干擾，且酒精凍本身燃燒即為無色，對於研究的影響也不大。

(四)比較實驗一和實驗二之二的結果與表(3)可發現，在加入硼砂後，各樣金屬的焰色中都出現了紅色，因此可知硼砂本身的焰色可能影響實驗的結果。

(五) 從表(4)可發現，加入硫酸銅後各樣金屬的焰色都出現了變化，有些只是出現了硫酸銅本身的焰色—綠色，而有些則是出現了劇烈的紅色。

(六) 由於硼酸在酒精凍中燃燒的焰色為綠色，因此從表(5)中可發現，其結果大多為金屬原本的焰色與硼酸的焰色(綠色)混合。

(七)從表(5)和表(6)的比較可發現，加入硫酸銅後普遍都出現了紅色火花。

(八) 從表(7)中可發現，實驗中的結果幾乎為紅色，原因可能是酒石酸本身的焰色為紅色，而由於其紅光過於強烈，因而難以觀察到其他的焰色變化。

(九)從表(7)和表(8)的比較可發現，有無硫酸銅的添加對於實驗的結果影響不大，而從表(7)中硫酸銅添加酒石酸後在酒精凍中的焰色反應為紅色即可發現，硫酸銅焰色的綠光被酒石酸的紅光蓋過了。

項目	(三)添加物為硼砂或酒精凍	(四) 硼砂珠寶實驗中添加酒精凍	(五)酒精凍與硼砂中添加硫酸銅	(六)酒精凍中添加硼酸	(七)硼酸中添加硫酸銅	(八)酒精凍中添加酒石酸	(九)酒石酸中添加硫酸銅
變化	結果較接近文獻	出現明顯的紅色	出現綠或紅色	出現綠色	出現紅色火花	皆變為紅色	皆為紅色

表(9)：討論中(三)(四)(五)(六)(七)(八)(九)項的比較

金屬	硝酸鋁	硝酸鉛	硫酸鐵(III)	硫酸銅	二氧化錳	氯化亞鈷
傳統作法	無	無	紅	綠	無	藍
實驗一	紅	紅	紅	綠	無	紅
實驗二(一)	紅	無	無	紅(不明顯)	綠	無
實驗二(二)	紅(不明顯)	紅(不明顯)	紅	紅	無	紅
實驗二(三)	紅	紅	紅+綠	紅+紫+綠	藍+綠	紅
實驗三(一)	綠	綠	綠	綠	綠	綠
實驗三(二)	綠+紅(火花)	綠+紅(火花)	綠+紅(火花)	綠+紅(火花)	藍+綠+紅(火花)	綠+紅(火花)
實驗四(一)	紅	紅	紅	紅	紅	紅
實驗四(二)	紅	紅	紅	紅	紅(火花)	紅

表(10)：各實驗中金屬焰色的總結

(十)綜合本研究結果，發現透過總表的比較，採用不同添加物所得到不同的焰色結果，可以分辨出硫酸鐵(III)、硫酸銅、二氧化錳、氯化亞鈷 4種不同的金屬化合物。因此本研究創新的實驗設計不僅大大提升焰色實驗的安全性，也有效達到鑑定金屬成分的功能。

柒、結論

(一) 硼砂和其他添加物本身燃燒的色光可能會干擾實驗觀察，如因硼砂和鐵絲的紅光導致硼砂珠實驗的結果混雜了紅光；因硼酸本身的綠光，導致實驗的結果大多為綠色；因酒石酸的紅光過於強烈，導致難以觀察到硫酸銅本生的綠光。

(二) 酒精凍對於實驗的影響比硼砂還小，且對於實驗的安全性也較高。

(三) 使用酒精凍作為焰色實驗燃料，可有效消除傳統方法使用金屬絲本身造成焰色的背景干擾。

(四) 使用硼酸、硫酸銅、酒石酸和酒精凍的配方，來檢驗其他的金屬離子焰色，得到與傳統硼砂珠不一樣的焰色，而且焰色效果也都更為明顯鮮豔。

(五) 本研究創新的實驗設計不僅大大提升焰色實驗的安全性，也有效達到分辨 4 種不同的金屬化合物的功能。

捌、參考資料及其他

一、維基百科—硼砂珠實驗：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%BC%E7%A0%82%E7%8F%A0%E8%AF%95%E9%AA%8C>

二、維基百科—焰色實驗：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%84%B0%E8%89%B2%E5%8F%8D%E5%BA%94>

三、當藝術遇見化學—結合七彩焰色實驗於藝術與文學的教學中：

<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=25793>

四、焰色實驗：

<https://kknews.cc/science/y6agv6n.html>

<https://kknews.cc/science/2mlm95z.html>

五、GHS 化學品全球調和制度：

https://ghs.osha.gov.tw/cht/masterpage/index_cht.aspx