

【2016 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組、高中職組 成果報告表單

主題名稱：無字天書	隊名：秘密情報員	
指導老師：張惟捷	組員：王耀諷、何仁義	
摘要		
本研究主要在探討無字天書的原理，了解生活中有哪些物品、化學反應、物理反應能做出無字天書的效果。根據我們的實驗結果發現，市售擦擦筆是利用變溫油墨做出的變色效果；此外其他反應效果較佳的是：利用硫酸銅含水產生變色效果；利用無色硝酸鉀晶體加熱點燃後產生熱分解變色效果；利用酸鹼反應搭配酚酞指示劑；利用澱粉和碘液產生變色效果。較差的是：利用硫酸脫水產生的變色效果。		
探究題目與動機		
前些日子老師抓到有人在上課傳紙條，當老師把紙條拿去看時，沒看到任何字，便把紙條丟到垃圾桶，下課後，他們去把紙條找出來，我一看，心想：「怪了！怎麼會有字呢！？」我上課時看到他們的紙明明是全白的，到底是怎麼辦到的呢？」我突然想到理化老師說過的一些化學反應會產生顏色變化，難道這就是無字天書的原理？		
探究目的與假設		
了解擦擦筆的運作原理並運用理化課所學知識 1.硫酸銅晶體及無水硫酸銅之顏色差異 2.硫酸之脫水性 3.硝酸鉀燃燒後產生熱分解變色效果 4.酚酞遇鹼呈粉紅色，遇酸無色 5.澱粉遇碘液成藍黑色。運用以上原理製作無字天書。		
探究方法與驗證步驟		
實驗 1-1：探討擦擦筆是不是因橡皮擦的附著性而消失		
<ol style="list-style-type: none">1. 用橡皮擦擦拭白紙，發現橡皮屑是白色的如(圖 1)2. 用橡皮擦擦拭鉛筆畫過的白紙，發現橡皮屑是黑色的如(圖 2)3. 用橡皮擦擦拭擦擦筆畫過的白紙，發現橡皮屑是白色的如(圖 3)4. 橡皮擦上並無藍色痕跡，確定筆跡無法因橡皮擦的附著性而消失		
		
圖 1.擦白紙的橡皮屑是白色的	圖 2.擦鉛筆痕跡的橡皮屑是白色的	圖 3.擦擦擦筆痕跡的橡皮屑是白色
實驗 1-2：探討擦擦筆筆跡是不是因酸鹼反應而消失		
<ol style="list-style-type: none">1. 將鹽酸水溶液(0.1M)覆蓋在擦擦筆的墨水上，無反應(圖 4)2. 將醋酸水溶液(0.1M)覆蓋在擦擦筆的墨水上，無反應3. 將氫氧化鈉水溶液(0.1M)覆蓋在擦擦筆的墨水上，無反應(圖 5)4. 將小蘇打水溶液(0.1M)覆蓋在擦擦筆的墨水上，無反應5. 確定擦擦筆字跡不是因酸鹼反應而消失		

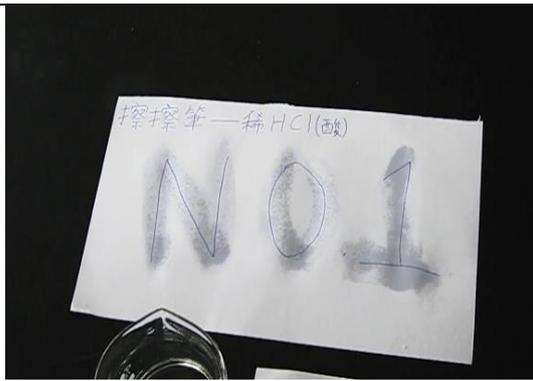


圖 4.鹽酸水溶液，無反應

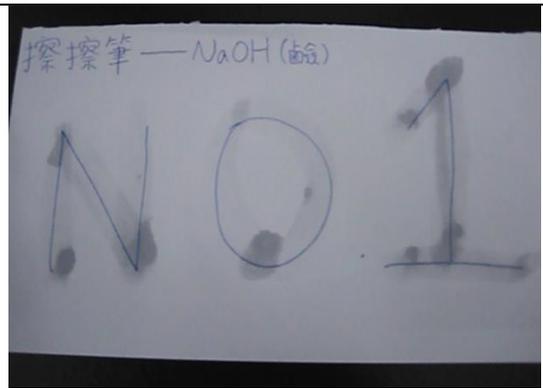


圖 5.氫氧化鈉水溶液，無反應

實驗 1-3：探討擦擦筆筆跡是不是因氧化還原反應而消失

1. 將硫代硫酸鈉水溶液(在此當還原劑)(0.1M)覆蓋在擦擦筆的墨水上，無反應
2. 將雙氧水(0.1M)覆蓋在擦擦筆的墨水上，無反應(圖 6)
3. 將碘酸鉀水溶液(在此當氧化劑)(0.1M)覆蓋在擦擦筆的墨水上，無反應(圖 7)
4. 確定擦擦筆字跡不是因氧化還原反應而消失

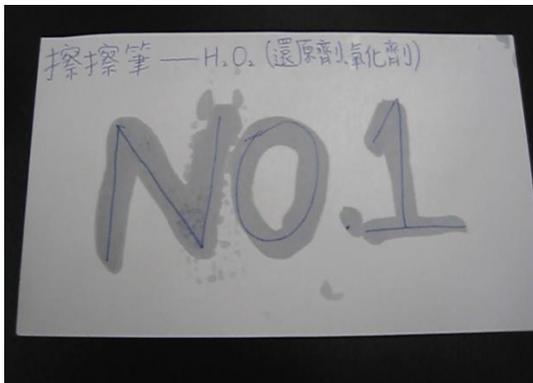


圖 6.雙氧水，無反應

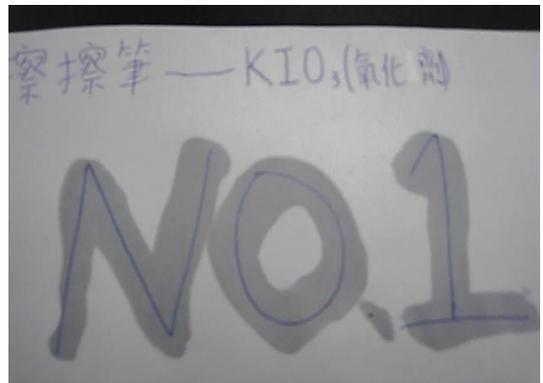


圖 7.碘酸鉀水溶液，無反應

實驗 1-4：探討擦擦筆是不是因溫度變化而消失

1. 將擦擦筆畫過的紙放入烤箱，墨水消失了(圖 8)(圖 9)
2. 將步驟一的紙放入冰箱冷凍庫，字跡又出現了(圖 23)(圖 24)
3. 確定擦擦筆字跡是因溫度變化而消失

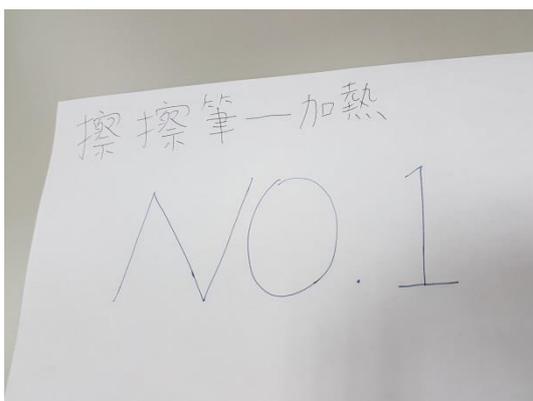


圖 8.加熱前

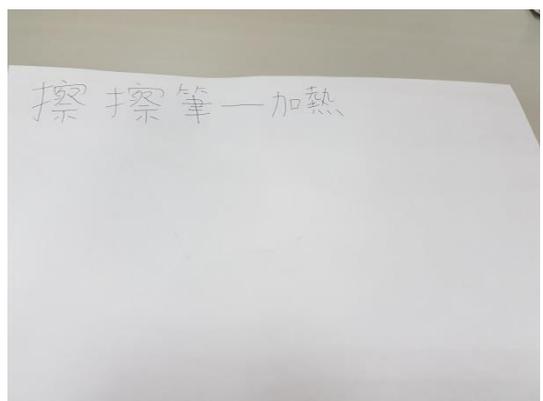


圖 9.加熱後

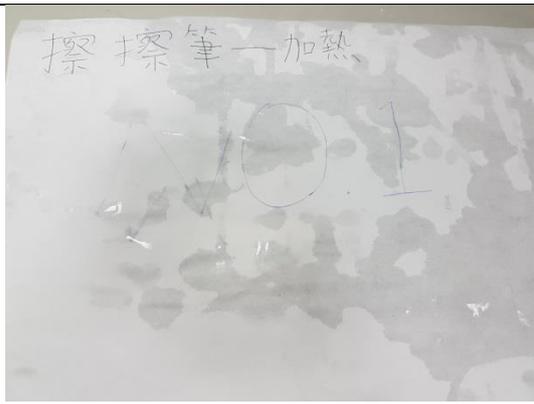


圖 24.冷卻中

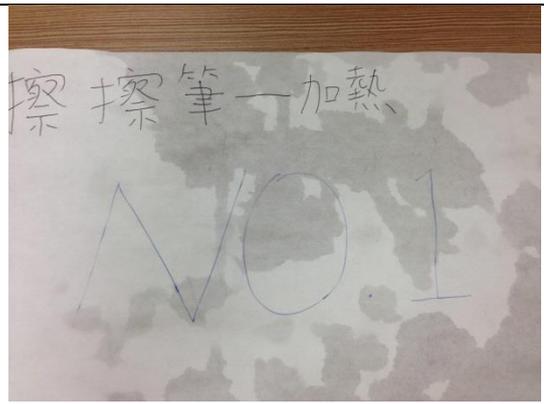


圖 23.冷卻後

生活上的應用

實驗 2-1：運用硫酸銅含水及脫水時的顏色差異

1. 用毛筆沾硫酸銅水溶液(0.1M)寫在紙上
2. 將紙放入烘箱中烤乾，結果藍色並未完全消失且效果不明顯
3. 硫酸銅水溶液改為飽和重複上述實驗
4. 發現藍色並未完全消失而呈現淺藍色且字跡模糊
5. 改用硫酸銅晶體直接倒在淺藍色紙上加熱(圖 10)
6. 硫酸銅晶體呈現淡藍色且背景為淺藍，遠看確實看不出來(圖 11)
7. 此方法不完全成功，可考慮在沙畫上使用



圖 10.硫酸銅晶體呈深藍色



圖 11.加熱後，顏色變淡了

實驗 2-2：運用硝酸鉀燃燒分解

1. 用毛筆沾硝酸鉀水溶液(0.1M)寫在紙上(圖 12)
2. 燃燒中斷不完全(圖 13)
3. 硝酸鉀水溶液改為飽和溶液重複上述實驗
4. 燃燒完全(圖 14)



圖 12.硝酸鉀水溶液呈無色



圖 13.燃燒中斷



圖 14.燃燒後，字出現了

實驗 2-3：運用碘液遇澱粉的顏色變化

1. 用毛筆沾澱粉液寫在紙上(圖 15)
2. 將碘液塗上去
3. 塗抹處皆變成藍黑色(圖 16)
4. 用毛筆沾澱粉液寫在紙上
5. 將碘液噴灑上去
6. 結果寫字處為藍黑色，非寫字處為黃褐色(圖 17)

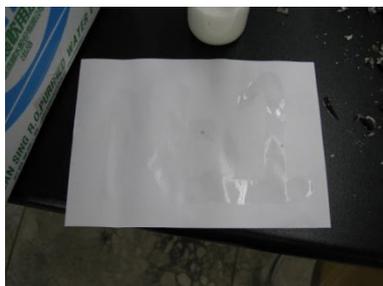


圖 15.澱粉液為無色



圖 16.碘液塗上去後，都是藍的



圖 17.碘液噴上去後，字出來了

實驗 2-4：運用酚酞遇鹼的顏色變化

1. 用毛筆沾氫氧化鈉水溶液(0.1M)寫在紙上(圖 18)
2. 將酚酞(0.1M)塗抹上去
3. 塗抹處無色不明顯(圖 19)
4. 用毛筆沾氫氧化鈉水溶液(0.1M)寫在紙上
5. 將酚酞(飽和)噴灑上去
6. 結果寫字處呈紫紅色，非寫字處呈無色(圖 20)

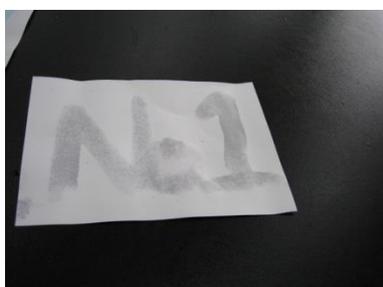


圖 18.氫氧化鈉水溶液無色

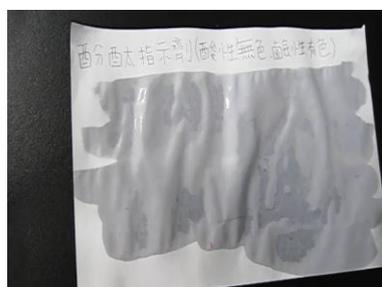


圖 19.塗抹酚酞處無色



圖 20.酚酞遇鹼呈紅色

實驗 2-5：運用硫酸脫水性

1. 用毛筆沾硫酸水溶液(0.1M)書寫於白紙上(圖 21)
2. 將白紙置於酒精燈上烤乾
3. 結果有字及無字處皆碳化(圖 22)

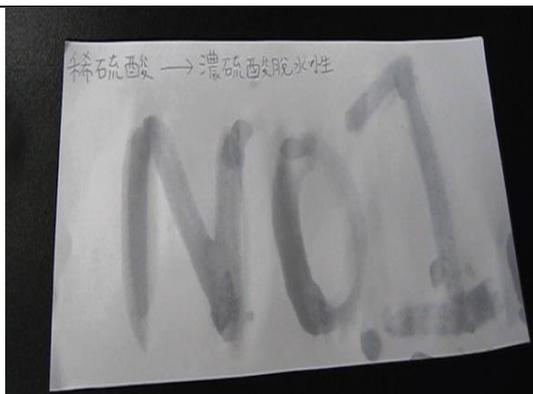


圖 21.硫酸水溶液寫在白紙上

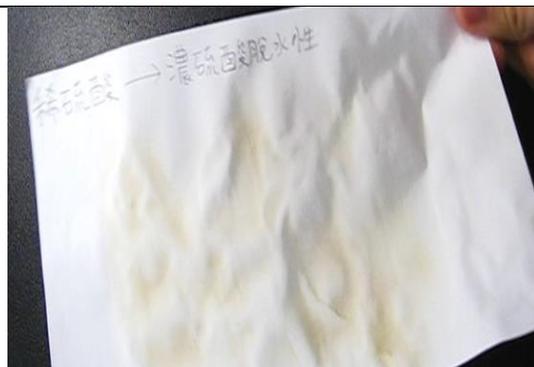


圖 22.皆碳化

結論與生活應用

應用 1：硫酸銅加水與遇熱脫水

應用 2：硝酸鉀點火燃燒

應用 3：碘液遇澱粉從黃褐色變藍黑色

應用 4：酚酞指示劑遇酸無色及遇鹼呈紅色

應用 5：硫酸脫水性

結論：根據實驗 1-4，證實擦擦筆是因為溫度變化使字出現或消失。在生活應用上，我們發現硫酸脫水性的實驗是最失敗的，因為在讓水蒸發，使硫酸濃度增加產生脫水性時，紙張空白處也跟著碳化；硫酸銅的實驗有效果但不明顯(化學式： $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (藍色) + $\Delta\text{H} \rightarrow \text{CuSO}_4$ (無色) + $5\text{H}_2\text{O}$)；飽和的硝酸鉀水溶液燃燒結果明顯，因為它高溫時會分解出氧氣提供繼續燃燒(化學式： $2\text{KNO}_3 \rightarrow 2\text{KNO}_2 + \text{O}_2$)；實驗 2-3 利用碘液遇澱粉顏色會有改變，用噴灑的效果明顯，實驗用品在生活周遭也隨手可得(化學式：澱粉 + $\text{I}_3^- \rightarrow$ 複合物(藍黑色))；最後，利用飽和酚酞溶液遇酸鹼產生不同顏色，以噴灑取代畫筆塗抹效果更加。

H_2In	In^{2-}
0-8.2	8.2-12.0
acidic or near-neutral 酸性~近中性	Basic 鹼性
Colorless 无色	pink to fuchsia 粉红~紫红

圖 25.酚酞遇酸鹼產生的顏色變化

參考資料

1. 科學大探索 https://market.cloud.edu.tw/content/primary/nature/cy_dl/test/explore/index.htm
2. 科學 Online 科技部高瞻自然科學教學資源平台 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/>
3. 科技大觀園 擦擦筆 太陽電台 FM89.1
<https://scitechvista.most.gov.tw/zh-tw/Audio/C/2/10/1/544.htm>
4. 科技大觀園 燃燒的星星 - 硝酸鉀的分解反應
<https://scitechvista.most.gov.tw/zh-tw/Video/C/25/10/1/1166.htm>