

屏東縣第 64 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：無字天書火燒篇

關鍵詞：無字天書、硝酸鉀飽和溶液（最多三個）

編號：A3003

目錄

摘要.....	01
壹、前言.....	01
貳、研究設備及器材.....	03
參、研究方法、過程與結果討論.....	04
肆、研究結論.....	25
伍、參考資料及其他.....	26

摘要

我們想用硝酸鉀溶液寫一封無字天書，我們發現浸泡「硝酸鉀飽和溶液」紙條烘乾後的燃燒速度最快，而不同材質的紙條浸泡過「硝酸鉀飽和溶液」烘乾後的燃燒效果也完全不同，燃燒速度比較快的紙條，燃燒時很容易超出畫上記號的範圍，而燃燒速度比較慢，燃燒時比較不會超出畫上記號的範圍，紙條烘乾後燃燒時與地面的夾角和放置位置的燃燒效果也不相同；因要利用飽和硝酸鉀溶液來做無字天書，因需考慮到「點燃後火星沿著所寫圖案文字延燒」，所以優先選擇符合「以飽和硝酸鉀溶液在不同的紙張上畫上一樣的記號，紙張燃燒時不容易超出畫上記號的範圍」這個條件的紙張，我們一致認為要寫無字天書最佳的用紙是圖畫紙，其次才是報紙與 A4 影印紙，其他的用紙效果比較差。

壹、前言

一、研究動機

上課時我曾經想利用紙條告訴我最要好的好朋友一項我重要的發現，但擔心中途幫我傳送紙條的人會不會偷看？我突然想用「隱形墨水」寫一封信，讓其他的人不能偷看；「隱形墨水」是一種可以用來寫字，且不會出現在紙上的特殊墨水，只有經過特殊處理，「所寫的字」才能再次神奇地出現，並且可以讀取該消息。

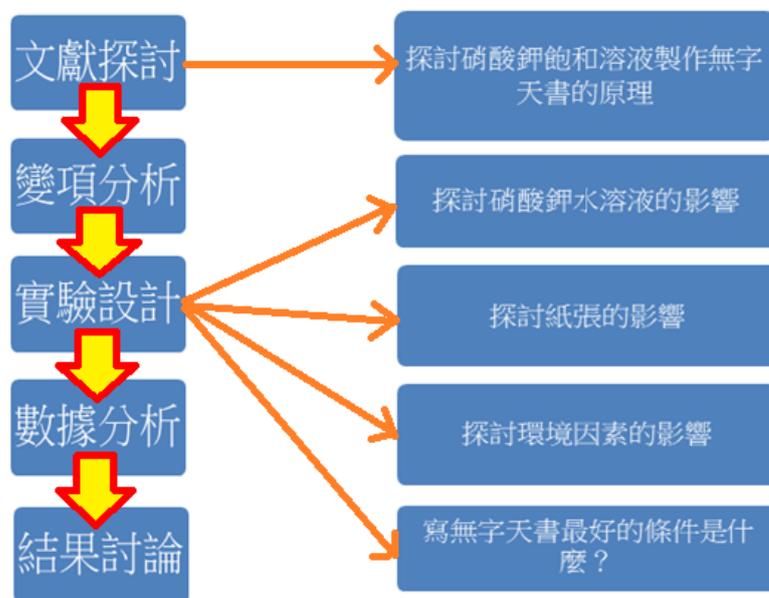
二、研究目的

- (一) 探討硝酸鉀水溶液的影響。
- (二) 探討紙張的影響。
- (三) 探討環境因素的影響。
- (四) 找出書寫無字天書最好的條件。



三、研究架構圖

• 探討無字天書—火燒篇



四、文獻探討

(一) 如何調配硝酸鉀飽和溶液

- 1、什麼是飽和溶液？在一定的溫度和壓力的情況下，一固定量的溶劑所能溶解溶質的質量達到最大時，稱為飽和溶液。例如：在 20°C，100 公克的水最多可溶解硝酸鉀 31.6 公克，所以 20°C 時硝酸鉀對水的溶解度記為 31.6 公克硝酸鉀/100 公克水。
- 2、硝酸鉀對水的溶解度：經查證，在 20°C，100 公克的水最多可溶解硝酸鉀 31.6 公克，所以 20°C 時硝酸鉀對水的溶解度記為 31.6 公克硝酸鉀/100 公克水。30°C 時硝酸鉀對水的溶解度記為 45.6 公克硝酸鉀/100 公克水。
- 3、如何來製作硝酸鉀飽和溶液：
 - (1)將硝酸鉀粉末添加到水中並立即攪拌，一直到不再溶解為止，此時的溶液就是硝酸鉀飽和溶液。
 - (2)取溫度高的熱水，將硝酸鉀粉末添加到水中並立即攪拌，一直到不再溶解為止，等到溶液的溫度下降到分離出殘餘的硝酸鉀即是硝酸鉀飽和溶液。
 - (3)我們決定使用步驟(1)的方法製作硝酸鉀飽和溶液。
- 4、製作硝酸鉀飽和溶液：
 - (1)量室溫，測得室溫為 26°C。
 - (2)量取 30 公克硝酸鉀，倒進 100 公克的水並立即攪拌。

(3)持續將硝酸鉀粉末添加到水中並立即攪拌，一直到不再溶解為止，此時的溶液就是硝酸鉀飽和溶液。

(二) 利用飽和硝酸鉀溶液來做無字天書，方法如下：

- 1、用棉花棒或水彩筆沾飽和硝酸鉀水溶液在紙上寫字。
- 2、等紙張風乾後，用線香在字跡的某一點輕輕一點，然後就會看到紙張慢慢燒出，火星沿著所寫圖案文字延燒，透空的字跡慢慢顯現。

(三) 原理說明：

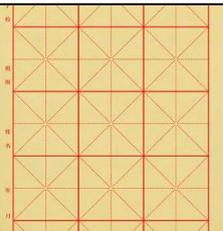
- 1、飽和硝酸鉀溶液在紙上乾了之後，會在紙上產生小小的硝酸鉀顆粒。
- 2、當硝酸鉀遇熱時，會產生氧氣，這些氧氣能幫助紙張持續燃燒。
- 3、硝酸鉀燃燒過程所放出的熱進一步又能使其它硝酸鉀繼續分解。
- 4、沒有書寫硝酸鉀的部分，燃燒速度變慢後熄滅。
- 5、熄滅情形也與紙質有關。

貳、研究設備及器材

一、實驗藥品

			
硝酸鉀			

二、實驗器材

			
宣紙	廚房餐巾紙	報紙	圖畫紙
			
A4 影印紙	壁報紙	檯燈	吹風機

			
攪拌棒	100ml 燒杯	烘小雞用燈泡	水彩筆
			
棉花棒	計時器	量杯	電子秤
			
線香	打火機	滴管	量筒
			
鐵盤	小塑膠盤	鑷子	茶葉用鐵罐
			
木板	石板	藥勺	長尾夾

參、研究方法、過程與結果討論

一、前置作業

(一) 尋找用硝酸鉀製造隱形墨水的方法

1、根據所蒐集的資料，我們這一次研究所要用的「隱形墨水」就是硝酸鉀飽和溶液。

2、調配硝酸鉀飽和溶液：

(1)根據資料，硝酸鉀在 20°C，100 公克的水最多可溶解硝酸鉀 31.6 公克；在 30°

C，100 公克的水最多可溶解硝酸鉀 45.6 公克；而且，隨著溫度的增加，每 100 公克的水最多可溶解硝酸鉀的量是增加的。

(2)量室溫，測得室溫為 26°C。

(3)量取 30 公克硝酸鉀，倒進 100 公克的水並立即攪拌至完全溶解。

(4)持續將硝酸鉀粉末添加到水中並立即攪拌，一直到溶液無法再溶解硝酸鉀為止，此時的溶液就是硝酸鉀飽和溶液。

(二) 利用飽和硝酸鉀溶液來做無字天書，方法如下：

1、用棉花棒或水彩筆沾飽和硝酸鉀水溶液在紙上寫字。

2、等紙張烘乾或吹乾後，用線香在字跡的某一點輕輕一點，然後就會看到紙張慢慢燒出，火星沿著所寫圖案文字延燒，透空的字跡慢慢顯現。

(三) 尋找最佳烘乾的方法

		
<p>效益太差</p>	<p>效益勉強可以</p>	<p>效果最好</p>
<p>一開始我們以電風扇將泡過飽和硝酸鉀水溶液的紙張吹乾，但是每次都得等將近 50 分鐘至 60 分鐘才勉強吹乾，這樣的方法不僅花了太多時間在等待，還不容易完全吹乾，而且還雙手痠痛。</p>	<p>我們以「烘小雞」專用的燈泡將泡過飽和硝酸鉀水溶液的紙張烘乾，但是每次都得等將近 30 分鐘才能烘乾，這樣的方法雖然已經比用電扇吹乾好多了，但我們還是想再找更好更快的方法。</p>	<p>我們以吹頭髮的吹風機將泡過飽和硝酸鉀水溶液的紙張烘乾，我們發現，這個方法不僅速度快，而且烘乾的效果特別棒，所以我們最後決定用這個方法來將泡過飽和硝酸鉀水溶液的紙張烘乾。</p>

(四) 以裁紙器準備實驗所需要的紙條：

1、我們先準備好 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、壁報紙、廚房餐巾紙和報紙。

2、事先以裁紙器裁成 1.5 cm*12 cm 同樣大小的紙條各 50 張，並用鉛筆或原子筆標示記號。

二、研究方法、過程與結果討論

研究一、探討硝酸鉀水溶液的影響

問題一、如何判斷紙張是否有被浸泡過硝酸鉀水溶液？

(研究方法)

(一)實驗說明：這個實驗我們要比較有浸泡過硝酸鉀溶液的紙張，和沒有浸泡過硝酸鉀的紙張（如泡過水），在外觀上有沒有什麼差別？我們先取不同材質的紙張，事先以裁紙器材成同樣大小的紙條，每種材質的紙條各取 3 張去浸泡水、和硝酸鉀溶液，再以線香去點燃，測試燃燒的效果。

(二)實驗步驟：

- 1、我們將事先準備好 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、壁報紙、廚房餐巾紙和報紙的紙條各取 2 張去浸泡水，2 張去浸泡硝酸鉀溶液，然後烘乾。
- 2、取一張紙條以長尾夾夾住，並懸掛在放在鐵罐上面的鑷子上。
- 3、以線香輕輕地去點燃，測試燃燒的效果。
- 4、整個實驗操作都在鐵盤上，鐵盤內要放少許水。

(研究過程與結果)

	宣紙	圖畫紙
浸泡水		

浸泡硝酸
鉀飽和水
溶液



小結：

- 1、浸泡過「水」的宣紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下是點不起火星的，需重複地點好幾下才點燃，整張紙條以「火星」的方式向四周燒，向上燒了 2 cm 長時火星就熄滅了，整張紙條斷成兩段，沒有全部燒完；浸泡過「硝酸鉀飽和水溶液」的宣紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條一開始同樣以「火星」的方式向四周燒，但「火星」越燒越旺，甚至激起「火花」激烈燃燒，整張紙條很快地就斷成兩段，一段仍保持吊著且火星繼續旺盛的燒著，另一段直接掉落在鐵盤上火星同樣繼續燒著，但一會兒因紙條碰到水就熄滅，只有懸掛的部分全部燒完，掉在鐵盤的部分沒有燒完。
- 2、浸泡過「水」的圖畫紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條完全燒不起來，只有在碰到火星的地方有一點黑黑的；浸泡過「硝酸鉀飽和水溶液」的圖畫紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條一開始同樣以「火星」的方式向四周燒，整張紙條斷成兩段，一段仍保持吊著且火星繼續燒著，另一段直接掉落在鐵盤上火星同樣繼續燒著，但一會兒就熄滅，只有懸掛的部分全部燒完，掉在鐵盤的部分沒有燒完。

	壁報紙	A4 影印紙
浸泡水		
浸泡硝酸鉀飽和水溶液		

小結：

- 1、浸泡過「水」的壁報紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條完全燒不起來，只有在碰到火星的地方有一點黑黑的；浸泡過「硝酸鉀飽和水溶液」的壁報紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條一開始同樣以「火星」的方式向四周燒，整張紙條斷成兩段，「火星」沒有越燒越旺，火力很弱，一段仍保持吊著且火星繼續很弱地且勉強地的燒著，另一段直接掉落在鐵盤上，馬上就熄滅，只有懸掛的部分全部燒完，掉在鐵盤的部分沒有燒完。
- 2、浸泡過「水」的 A4 影印紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條完全燒不起來，只有在碰到火星的地方有一點黑黑的；浸泡過「硝酸鉀飽和水溶液」的 A4 影印紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條一開始同樣以「火星」的方式向四周燒，整張紙條斷成兩段，「火星」火力不強，一段仍保持吊著且火星繼續燒著，另一段直接掉落在鐵盤上，因碰到水馬上就熄滅，只有懸掛的部分全部燒完，掉在鐵盤的部分沒有燒完。

	廚房餐巾紙	報紙
浸泡水		
浸泡硝酸鉀飽和水溶液		

小結：

- 1、浸泡過「水」的廚房餐巾紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條只有在碰到火星的地方「稍微燒個 0.5 cm*0.5 cm 寬的圓形小洞」就熄滅了；浸泡過「硝酸鉀飽和水溶液」的廚房餐巾紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條一開始同樣以「火星」的方式向四周燒，整張紙條斷成兩段，「火星」沒有越燒越旺，火力普通，一段仍保持吊著且火星繼續燒著，另一段直接掉落在鐵盤上，因碰到水馬上就熄滅，只有懸掛的部分全部燒完，掉在鐵盤的部分沒有燒完。
- 2、浸泡過「水」的報紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條只有在碰到火星的地方「稍微燒個 0.5 cm*0.2 cm 的洞」就熄滅了；浸泡過「硝酸鉀飽和水溶液」的報紙以線香在紙條的正中心輕輕地點一下，整張紙條一開始同樣以「火星」的方式向四周燒，整張紙條斷成兩段，「火星」越燒越旺，一段仍保持吊著且火星甚至激起火花繼續燒著，另一段直接掉落在鐵盤上，一會兒因碰到水就熄滅，只有懸掛的部分全部燒完，掉在鐵盤的部分沒有燒完。

問題二、硝酸鉀水溶液的濃度會影響燃燒的效果嗎？

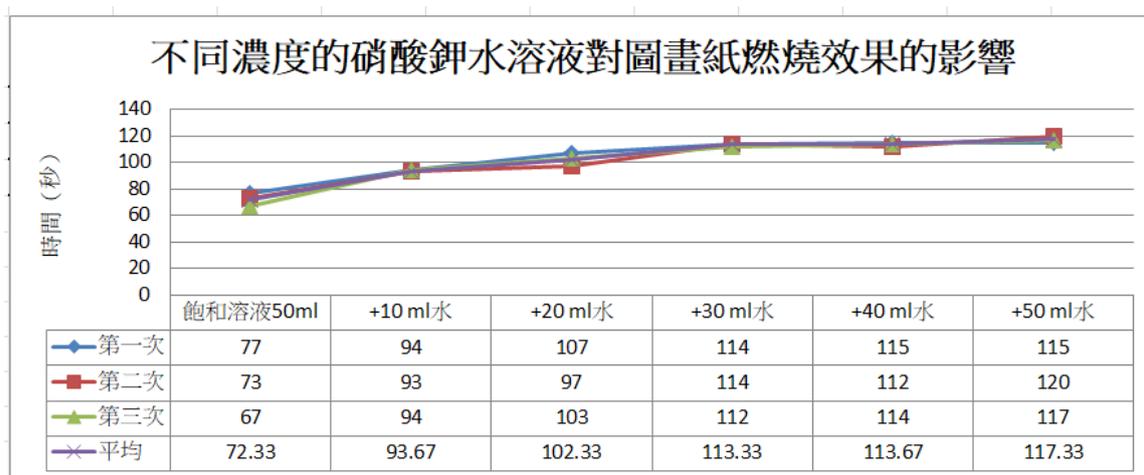
(研究方法)

(一)實驗說明：這個實驗我們要比較浸泡過不同濃度硝酸鉀溶液的紙張，燃燒的效果都是一樣的嗎？

(二)實驗步驟：

- 1、我們將事先準備好 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、壁報紙、廚房餐巾紙和報紙的紙條各取 3 張去浸泡硝酸鉀的飽和水溶液，然後烘乾。
- 2、取一張紙條以長尾夾夾住，並懸掛在放在鐵罐上面的鑷子上。
- 3、用線香燒紙，觀察火燒的速度，並紀錄實驗結果。
- 4、在硝酸鉀飽和溶液加入 10ml 的水，重複步驟 1 至 3。
- 5、每一次做完後都要再加 10 公克的水，一直到加 5 次 10ml 的水為止。
- 6、整個實驗操作都在鐵盤上，鐵盤內要放少許水。

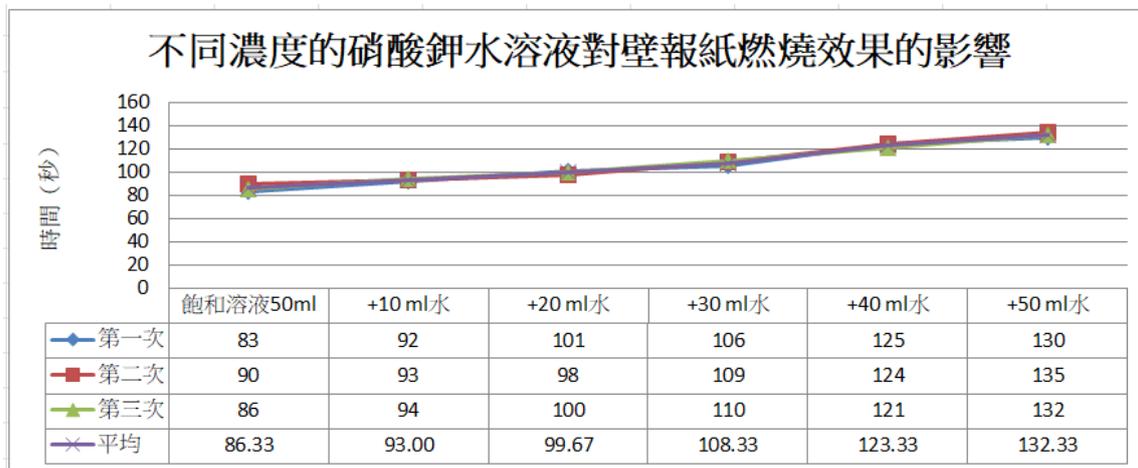
(研究過程與結果)



小結：

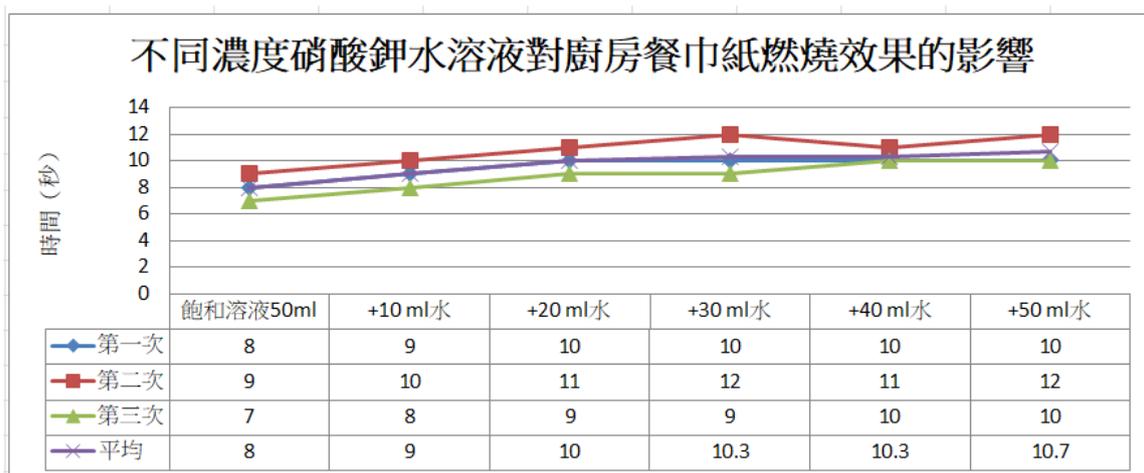
- 1、經過三次的實驗比較，以浸泡硝酸鉀飽和溶液的圖畫紙紙條燃燒的速度較快。
- 2、添加 10ml 的水後，硝酸鉀溶液的濃度降低，浸泡硝酸鉀溶液的圖畫紙紙條燃燒的速度開始變慢，整張紙條燒完平均增加 21 秒左右；一直到添加 30 ml 的水後，浸泡硝酸鉀溶液的圖畫紙紙條整張燒完所需的平均時間已明顯需要更多的時間。
- 3、但是在添加 30 ml 的水後，一直到添加 50 ml 的水，浸泡硝酸鉀溶液的圖畫紙紙條整張燒完所需的平均時間沒有明顯的變化。

4、浸泡硝酸鉀飽和溶液的圖畫紙紙條燃燒的速度較快，整張紙條完全燒完所需的平均時間最短；但隨著硝酸鉀濃度的降低，圖畫紙紙條燃燒的速度變慢，整張紙條完全燒完所需的平均時間隨著硝酸鉀濃度的降低而增加。



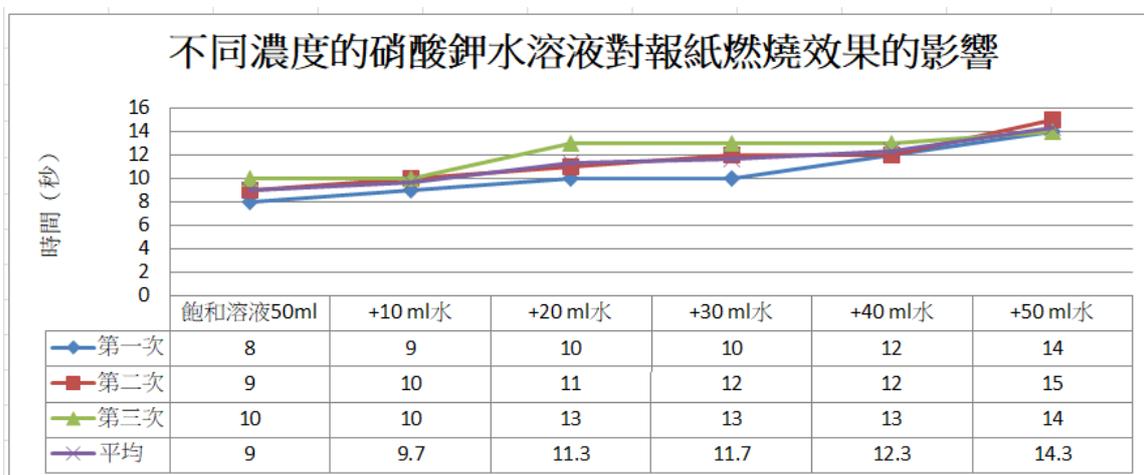
小結：

- 1、經過三次的實驗比較，以浸泡硝酸鉀飽和溶液的壁報紙紙條燃燒的速度較快。
- 2、添加 10ml 的水後，硝酸鉀溶液的濃度降低，浸泡硝酸鉀溶液的壁報紙紙條燃燒的速度開始變慢，整張紙條燒完平均增加 7 秒左右；每次添加 10 ml 的水後，浸泡硝酸鉀溶液的壁報紙紙條整張燒完所需的平均時間都會增加。
- 3、比較添加 50 ml 水的硝酸鉀溶液和硝酸鉀飽和溶液，浸泡硝酸鉀溶液的壁報紙紙條整張燒完所需的平均時間明顯增加許多。
- 4、浸泡硝酸鉀飽和溶液的壁報紙紙條燃燒的速度較快，整張紙條完全燒完所需的平均時間最短；但隨著硝酸鉀濃度的降低，壁報紙紙條燃燒的速度變慢，整張紙條完全燒完所需的平均時間隨著硝酸鉀濃度的降低而增加。



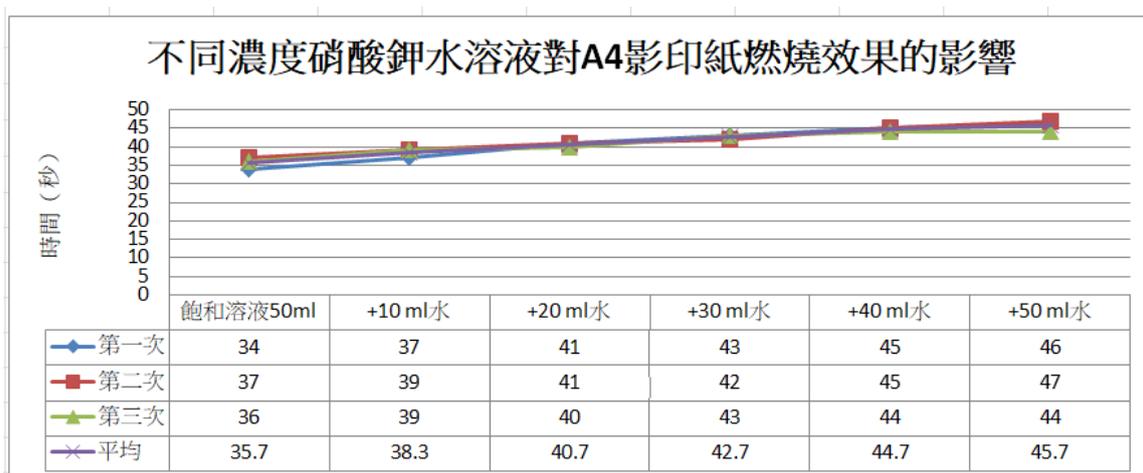
小結：

- 1、經過三次的實驗比較，以浸泡硝酸鉀飽和溶液的廚房餐巾紙紙條燃燒的速度較快。
- 2、添加 10ml 的水後，硝酸鉀溶液的濃度降低，浸泡硝酸鉀溶液的廚房餐巾紙紙條燃燒的速度稍微變慢，整張紙條燒完平均增加 1 秒左右；一直到添加 30 ml 的水後，浸泡硝酸鉀溶液的廚房餐巾紙紙條整張燒完所需的平均時間僅增加 2.3 秒，時間變化不多。
- 3、但是在添加 30 ml 的水後，一直到添加 50 ml 的水，浸泡硝酸鉀溶液的廚房餐巾紙紙條整張燒完所需的平均時間沒有明顯的變化。
- 4、浸泡硝酸鉀飽和溶液的廚房餐巾紙紙條燃燒的速度較快，整張紙條完全燒完所需的平均時間最短；隨著硝酸鉀濃度的降低，廚房餐巾紙紙條燃燒的速度「只是稍微變慢」，整張紙條完全燒完所需的平均時間隨著硝酸鉀濃度的降低「也沒有明顯增加」。



小結：

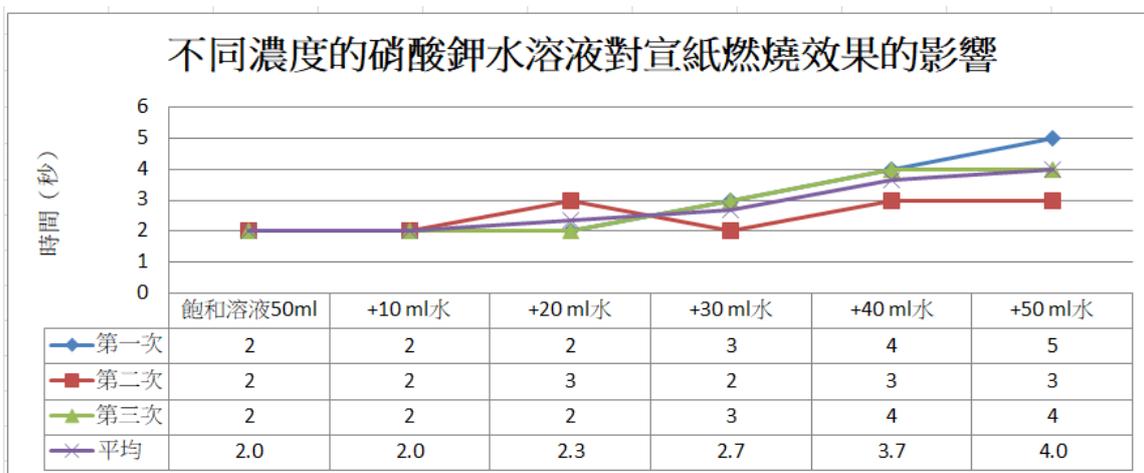
- 1、經過三次的實驗比較，以浸泡硝酸鉀飽和溶液的報紙紙條燃燒的速度較快。
- 2、添加 10ml 的水後，硝酸鉀溶液的濃度降低，浸泡硝酸鉀溶液的報紙紙條燃燒的速度稍微變慢，整張紙條燒完平均增加 0.7 秒左右，變化不多；一直到添加 20 ml 的水後，浸泡硝酸鉀溶液的報紙紙條整張燒完所需的平均時間僅增加 2.3 秒，時間變化不多。
- 3、比較添加 50 ml 水的硝酸鉀溶液和硝酸鉀飽和溶液，浸泡硝酸鉀溶液的報紙紙條整張燒完所需的平均時間僅增加 5.3 秒，時間變化不多。
- 4、浸泡硝酸鉀飽和溶液的報紙紙條燃燒的速度較快，整張紙條完全燒完所需的平均時間最短；隨著硝酸鉀濃度的降低，報紙紙條燃燒的速度「只是稍微變慢」，整張紙條完全燒完所需的平均時間隨著硝酸鉀濃度的降低而「稍微增加」。



小結：

- 1、經過三次的實驗比較，以浸泡硝酸鉀飽和溶液的 A4 影印紙紙條燃燒的速度較快。
- 2、添加 10ml 的水後，硝酸鉀溶液的濃度降低，浸泡硝酸鉀溶液的 A4 影印紙紙條燃燒的速度稍微變慢，整張紙條燒完平均增加 2.6 秒左右；一直到添加 30 ml 的水後，浸泡硝酸鉀溶液的 A4 影印紙紙條整張燒完所需的平均時間僅增加 7 秒。
- 3、比較添加 50 ml 水的硝酸鉀溶液和硝酸鉀飽和溶液，浸泡硝酸鉀溶液的 A4 影印紙紙條整張燒完所需的平均時間僅增加 10 秒。
- 4、浸泡硝酸鉀飽和溶液的 A4 影印紙紙條燃燒的速度較快，整張紙條完全

燒完所需的平均時間最短；隨著硝酸鉀濃度的降低，A4 影印紙紙條燃燒的速度變慢，整張紙條完全燒完所需的平均時間隨著硝酸鉀濃度的降低而增加。



小結：

- 1、經過三次的實驗比較，以浸泡硝酸鉀飽和溶液和添加 10ml 水硝酸鉀溶液的宣紙紙條燃燒的速度較快。
- 2、雖然添加 10ml 的水後，硝酸鉀溶液的濃度降低，但是浸泡硝酸鉀溶液的宣紙紙條燃燒的速度只是「稍微變慢」；一直到添加 40 ml 的水後，浸泡硝酸鉀溶液的宣紙紙條整張燒完所需的平均時間僅增加 1.7 秒，時間變化不多。
- 3、比較添加 50 ml 水的硝酸鉀溶液和硝酸鉀飽和溶液，浸泡硝酸鉀溶液的宣紙紙條整張燒完所需的平均時間僅增加 2 秒。
- 4、浸泡硝酸鉀飽和溶液和添加 10ml 水硝酸鉀溶液的宣紙紙條燃燒的速度較快，整張紙條完全燒完所需的平均時間最短；隨著硝酸鉀濃度的降低，宣紙紙條燃燒的速度「只是稍微變慢」，整張紙條完全燒完所需的平均時間隨著硝酸鉀濃度的降低「也沒有明顯增加」。

研究結果與討論：

- 1、不論是 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、壁報紙、廚房餐巾紙還是報紙，都是以浸泡「硝酸鉀飽和溶液」紙條的燃燒速度最快。
- 2、隨著硝酸鉀溶液的濃度降低，紙條燃燒的速度基本上都會變慢，但並不是所有的紙燃燒的速度都一樣，像宣紙的燃燒速度最快，其次是廚房餐巾紙，最慢的是壁報紙。

3、我們認為浸泡「硝酸鉀飽和溶液」紙條的燃燒速度最快是因為固定的水中硝酸鉀飽和溶液裡硝酸鉀的量和其他經過稀釋過的比起來，相對是比較多的，所以烘乾後更容易燃燒，因為遇熱會產生更多的氧氣，讓紙張更容易燃燒。

研究二、探討紙張的影響

問題一、硝酸鉀水溶液在不同紙質的燃燒效果都一樣嗎？

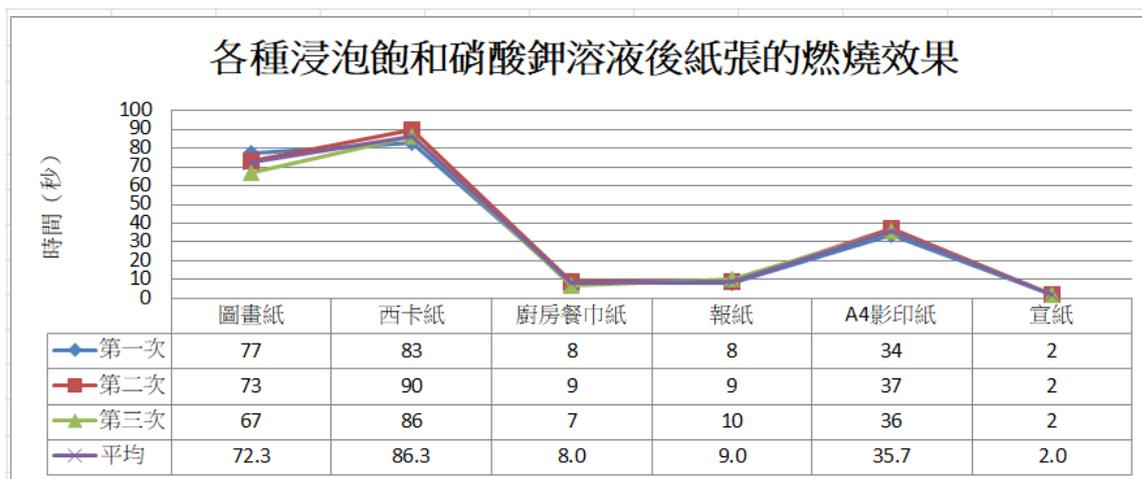
(研究方法)

(一)實驗說明：這個實驗我們要比較浸泡過飽和硝酸鉀溶液的各種紙張，燃燒的效果都是一樣的嗎？我們想找出那些紙張的燃燒效果比較好。

(二)實驗步驟：

- 1、我們將事先準備好 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、壁報紙、廚房餐巾紙和報紙的紙條各取 3 張去浸泡硝酸鉀的飽和水溶液，然後烘乾。
- 2、取一張紙條以長尾夾夾住，並懸掛在放在鐵罐上面的鑷子上。
- 3、用線香燒紙，觀察火燒的速度，並紀錄實驗結果。
- 4、在硝酸鉀飽和溶液加入 10ml 的水，重複步驟 1 至 3。
- 5、用線香燒紙，觀察火燒的速度，每一次做完後都要再加 10 公克的水，一直到加 5 次 10ml 的水為止。
- 6、整個實驗操作都在鐵盤上，鐵盤內要放少許水。

(研究過程與結果)



小結：

- 1、從上圖，我們可以發現浸泡過硝酸鉀飽和溶液的紙張中，以宣紙紙條整張燒完所需的時間最短，燃燒速度最快；其次是廚房餐巾紙，接著是報

紙；最後是西卡紙。

- 2、我們研究所用的六種紙中，在浸泡過硝酸鉀飽和溶液後的燃燒狀況很明顯的分成兩大部分，其中宣紙、廚房餐巾紙和報紙燃燒速度算是比較快的，而 A4 影印紙、圖畫紙和西卡紙燃燒速度算是比較慢的。
- 3、所以浸泡過硝酸鉀飽和溶液後的燃燒狀況跟紙的材質有很大的關係，「宣紙、廚房餐巾紙和報紙」是燃燒速度比較快的；「A4 影印紙、圖畫紙和西卡紙」燃燒速度是比較慢的。

問題二、什麼樣的紙沾上飽和硝酸鉀水溶液後，燃燒時容易超出沾上飽和硝酸鉀水溶液範圍？

（研究方法）

（一）實驗說明：這個實驗我們要以飽和硝酸鉀溶液在不同的紙張上畫上一樣的記號，看看哪幾種紙張燃燒時容易超出畫上記號的範圍。

（二）實驗步驟：

- 1、我們將事先準備好 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、西卡紙、廚房餐巾紙和報紙的紙條各取 3 張去浸泡硝酸鉀的飽和水溶液，然後烘乾。
- 2、以鉛筆在事先準備好的 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、西卡紙、廚房餐巾紙和報紙的紙條各 3 張，每張紙條都沿著縱向畫一條 12 cm 長的平分線，並在距下端 1 cm 處畫上一條垂直線。
- 3、以棉花棒沾飽和硝酸鉀溶液，分別在步驟 4 的紙條上沿著 12 cm 線重複畫上 3 次，然後烘乾。
- 4、以線香輕輕地去點燃，測試燃燒的效果。
- 5、整個實驗操作都在鐵盤上，鐵盤內要放少許水。

(研究過程與結果)

A4 影印紙	宣紙	圖畫紙
		
<p>燃燒速度中等，一開始是順著記號以「火星」的樣態一直往上燒，左右兩側一邊超出範圍完全燒掉，另一邊則沒有繼續燒。</p>	<p>燃燒速度超快，一開始點燃就以「火星」的樣態激烈燒著，超出範圍往四周燒，整張紙條完全燒掉。</p>	<p>燃燒速度中等，一開始是順著記號以「火星」的樣態燒，一直往上燒，左右兩側範圍外的部分完全沒有燒掉。</p>
報紙	西卡紙	廚房餐巾紙
		
<p>燃燒速度算是有點快，一開始點燃就以「火星」的樣態燒著，一直往上燒，</p>	<p>燃燒速度偏慢，一開始是順著記號以「火星」的樣態燒，一直往上燒，左右</p>	<p>燃燒速度算是中等偏快，一開始點燃就以「火星」的樣態激烈燒著，超出範</p>

左右兩側一邊超出範圍完全燒掉，另一邊則沒有繼續燒。	兩側範圍外的部分完全沒有燒掉。	圍往四周燒，整張紙條完全燒掉。
---------------------------	-----------------	-----------------

研究結果與討論：

- 1、燃燒速度比較快的像宣紙、廚房餐巾紙和報紙，因為燃燒速度快，燃燒時容易超出畫上記號的範圍，而且幾乎整張紙條全部燒完。
- 2、燃燒速度比較慢的像圖畫紙和西卡紙，因為燃燒速度比較慢，燃燒時比較不會超出畫上記號的範圍。
- 3、A4 影印紙燃燒速度，如和宣紙、廚房餐巾紙和報紙比起來是明顯慢許多，如和圖畫紙、西卡紙比起來又明顯快很多，它燃燒狀況是紙條左右兩側一邊超出範圍完全燒掉，另一邊則沒有繼續燒。
- 4、燃燒速度比較快的，因為燃燒速度快，燃燒時容易超出畫上記號的範圍，而且幾乎整張紙條全部燒完；燃燒速度比較慢的，因為燃燒速度比較慢，燃燒時比較不會超出畫上記號的範圍。

研究三、探討環境因素的影響？

問題一、紙張在燃燒時懸空角度的不同，燃燒效果都一樣嗎？

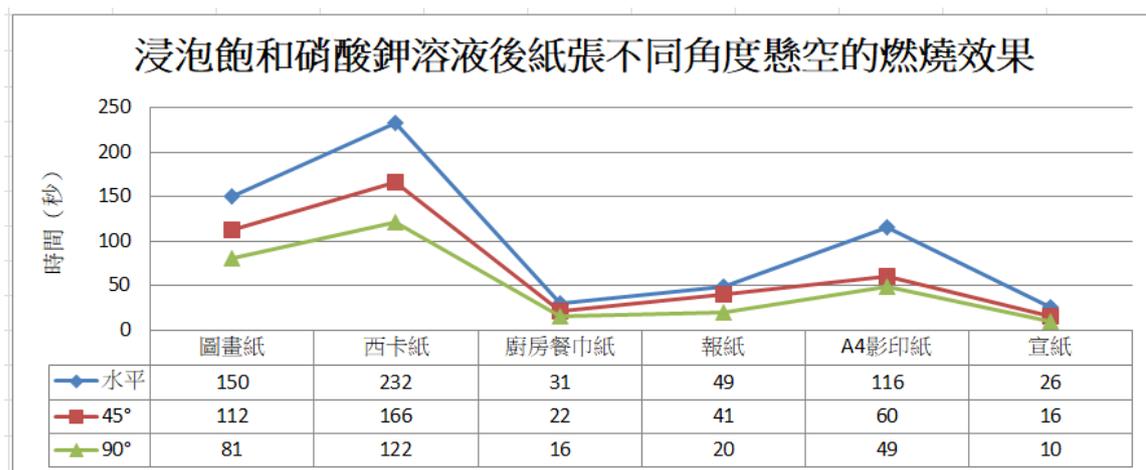
(研究方法)

(一)實驗說明：這個實驗我們要比較浸泡過硝酸鉀溶液的各種紙張，不同的燃燒角度，燃燒的效果都是一樣的嗎？。

(二)實驗步驟：

- 1、我們將事先準備好 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、西卡紙、廚房餐巾紙和報紙的紙條各取 3 張去浸泡硝酸鉀的飽和水溶液，然後烘乾。
- 2、取一張紙條以鑷子夾住，保持水平並懸空。
- 3、用線香燒紙，觀察火燒的速度，並紀錄實驗結果。
- 4、重複步驟 1 至 3，將角度依序改成 45°和 90°。
- 5、整個實驗操作都在鐵盤上，鐵盤內要放少許水。

(研究過程與結果)



小結：

- 1、就圖畫紙而言，紙條保持在 90°時的燃燒速度最快，其次是 45°，最慢是水平。
- 2、就西卡紙而言，紙條保持在 90°時的燃燒速度最快，其次是 45°，最慢是水平。
- 3、就廚房餐巾紙而言，紙條保持在 90°時的燃燒速度最快，其次是 45°，最慢是水平。
- 4、就報紙而言，紙條保持在 90°時的燃燒速度最快，其次是 45°，最慢是水平。
- 5、就 A4 影印紙而言，紙條保持在 90°時的燃燒速度最快，其次是 45°，最慢是水平。
- 6、就宣紙而言，紙條保持在 90°時的燃燒速度最快，其次是 45°，最慢是水平。
- 7、就每種紙張「不同角度懸空的燃燒效果」而言，紙條保持在 90°時的燃燒速度最快，其次是 45°，最慢是水平。

問題二、紙張在燃燒時平放在不同地方時，燃燒效果都一樣嗎？

(研究方法)

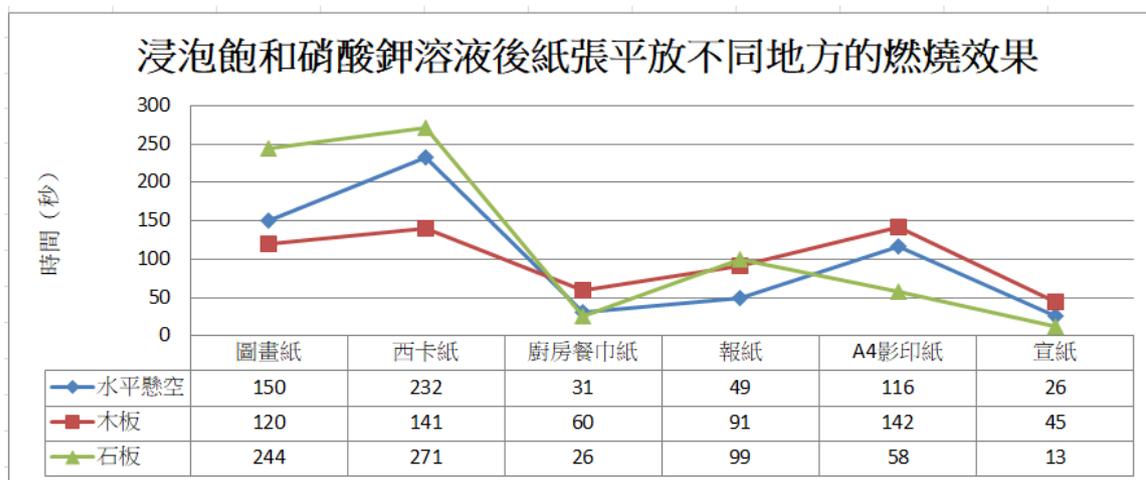
(一)實驗說明：這個實驗我們要比較浸泡過硝酸鉀溶液的各種紙張，平放在不同地方時，懸空燃燒的效果是否都是一樣的嗎？。

(二)實驗步驟：

- 1、我們將事先準備好 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、西卡紙、廚房餐巾紙和報紙的紙條各取 3 張去浸泡硝酸鉀的飽和水溶液，然後烘乾。

- 2、取三張紙條，一張以鑷子夾住保持水平並懸空，一張直接平放在木板【模擬木板桌】上，另一張直接平放在石板【模擬水泥地】上。
- 3、用線香燒紙，觀察火燒的速度，並紀錄實驗結果。
- 4、整個實驗操作都在鐵盤上，鐵盤內要放少許水。

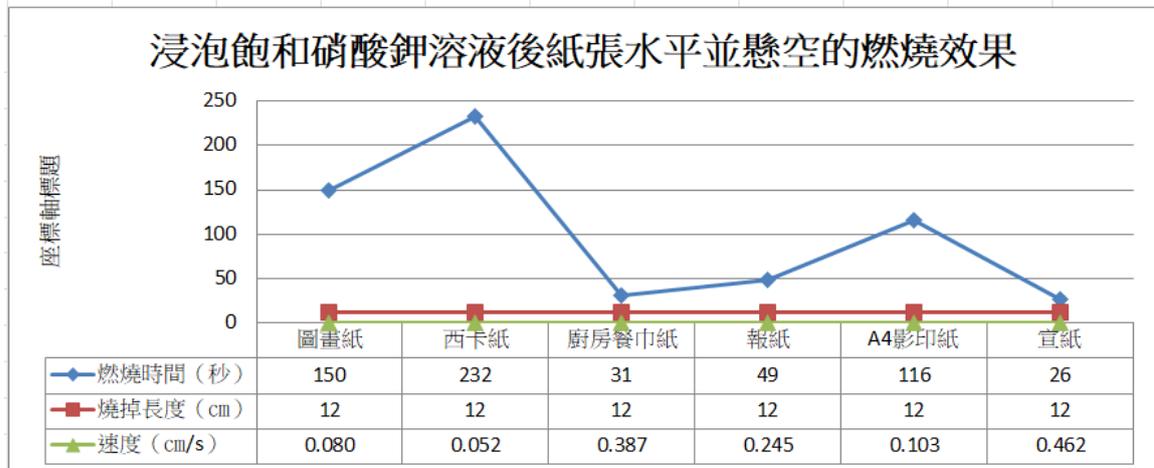
(研究過程與結果)



小結：

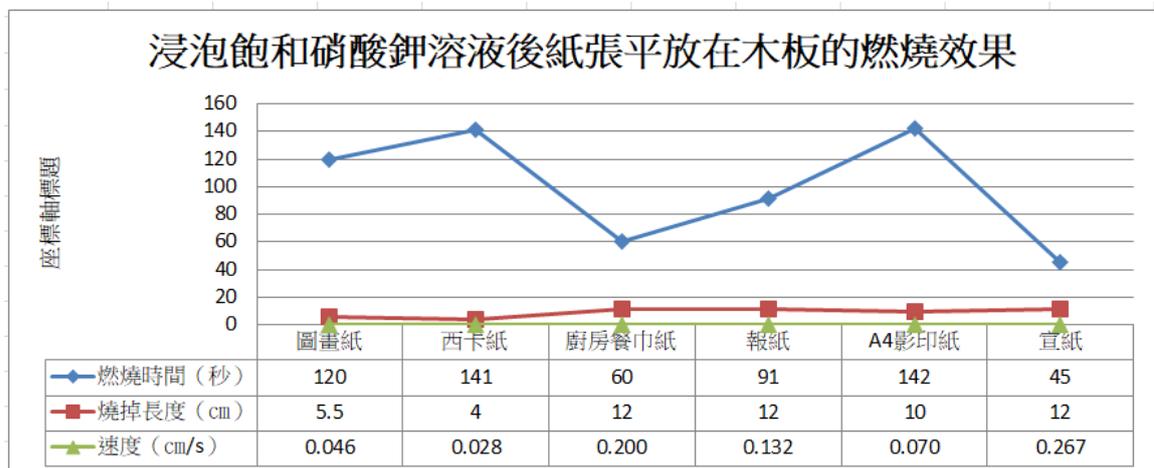
- 1、就圖畫紙而言，紙條放置在木板時的燃燒速度最快，其次是水平懸空，最慢是放在石板上。
- 2、就西卡紙而言，紙條放置在木板時的燃燒速度最快，其次是水平懸空，最慢是放在石板上。
- 3、就廚房餐巾紙而言，紙條放置在石板時的燃燒速度最快，其次是水平懸空，最慢是放在木板上。
- 4、就報紙而言，紙條放置在水平懸空時的燃燒速度最快，其次是木板，最慢是放在石板上。
- 5、就 A4 影印紙而言，紙條放置在石板時的燃燒速度最快，其次是水平懸空，最慢是放在木板上。
- 6、就宣紙而言，紙條放置在石板時的燃燒速度最快，其次是水平懸空，最慢是放在木板上。
- 7、整體而言，或許是因為保持平放的關係，燃燒速度比較快的像是宣紙與廚房餐巾紙，以及燃燒速度居中的 A4 影印紙，將紙條放置在石板上燃燒的速度反而比保持懸空時的速度還快；燃燒速度比較慢的像是西卡紙和圖畫紙，將紙條放置在木板上燃燒的速度反而比保持懸空時的速度還

快。雖然這些實驗都是做過三次取平均值所得到的數據，這樣的實驗結果和我們原本的假設不一樣。



小結：

- 1、實驗的六種紙條都完全燒完，但燃燒所需的時間卻不一致，很明顯的分成「快、慢」兩大群，「宣紙、報紙和廚房餐巾紙」算是燃燒速度比較「快」的；「A4 影印紙、圖畫紙和西卡紙」算是燃燒速度比較「慢」的。
- 2、就燃燒速度來講，以宣紙的速度最快，其次是廚房餐巾紙，第三快的是報紙，最慢的是西卡紙，倒數第二慢的是圖畫紙。

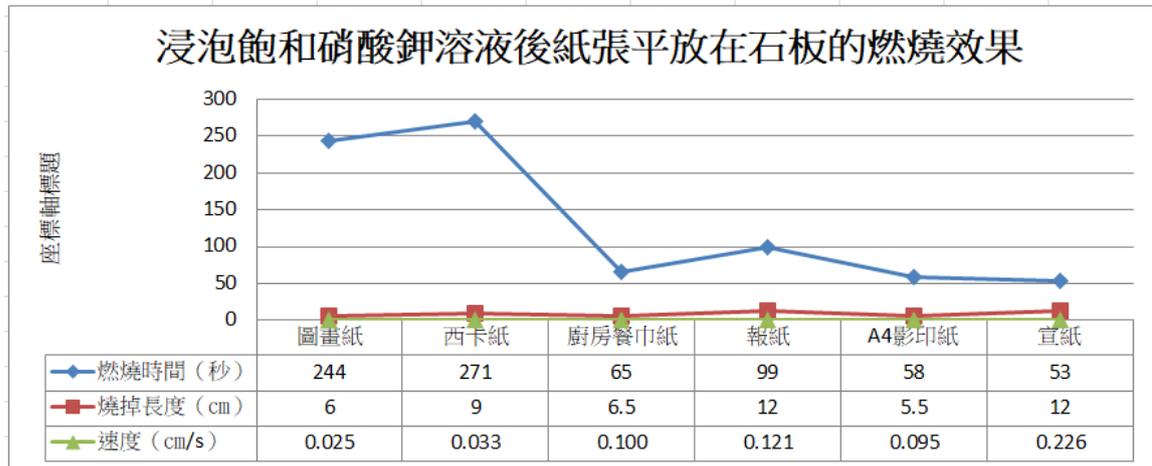


小結：

- 1、各種紙張到火星熄滅的時間也不一樣，很明顯的分成「快、慢」兩大群，「宣紙、報紙和廚房餐巾紙」算是燃燒速度比較「快」的；「A4 影印紙、圖畫紙和西卡紙」算是燃燒速度比較「慢」的。
- 2、實驗的六種紙條並沒有完全燒完，「宣紙、報紙和廚房餐巾紙」燃燒速

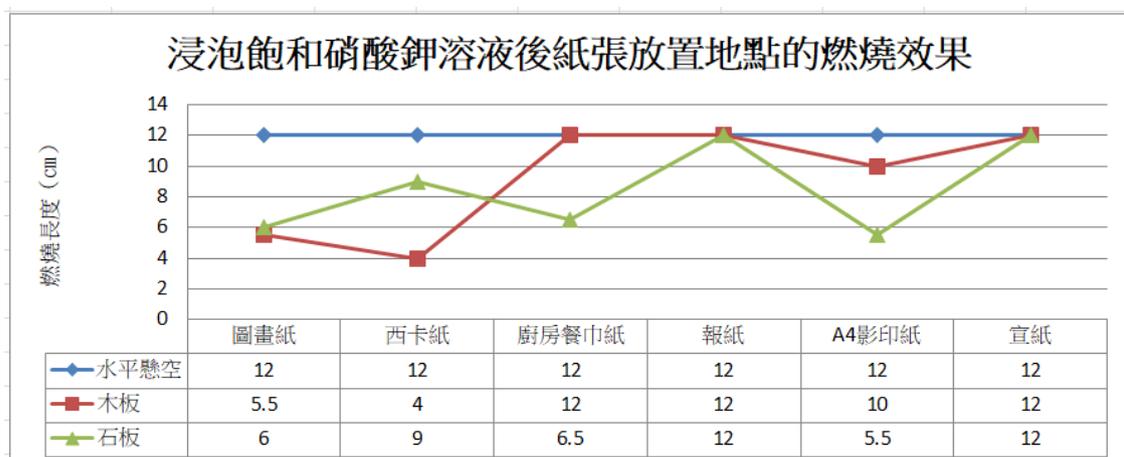
度比較「快」的紙條幾乎都燒完；「A4 影印紙、圖畫紙和西卡紙」燃燒速度比較「慢」的紙條就沒有全部燒完，尤其是圖畫紙和西卡紙，紙條燃燒的長度不到一半長火星就熄滅了。

- 就燃燒速度來講，以宣紙的速度最快，其次是廚房餐巾紙，第三快的是報紙，最慢的是西卡紙，倒數第二慢的是圖畫紙。



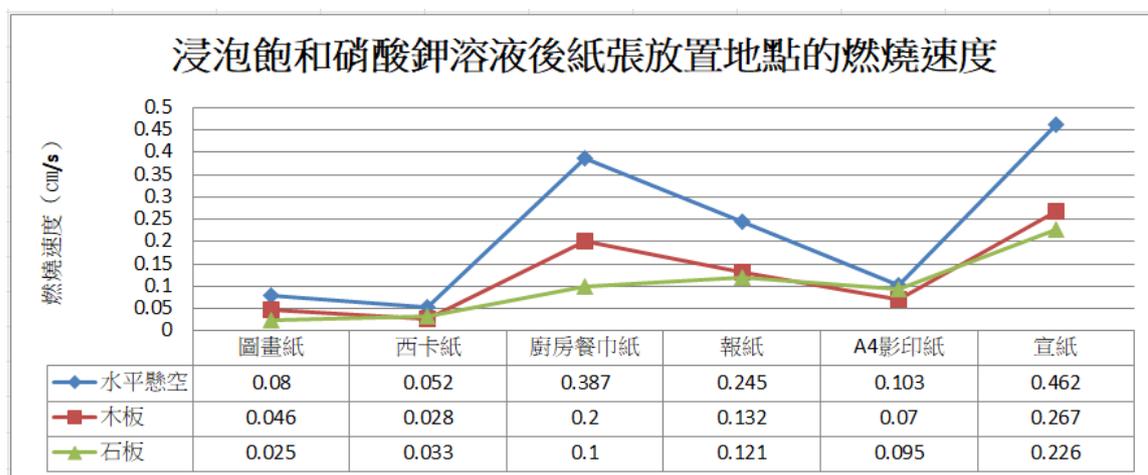
小結：

- 各種紙張到火星熄滅的時間也不一樣，很明顯的分成「快、慢」兩大群，「宣紙、報紙、A4 影印紙和廚房餐巾紙」算是燃燒速度比較「快」的；「圖畫紙和西卡紙」算是燃燒速度比較「慢」的。
- 實驗的六種紙條並沒有完全燒完，「宣紙和報紙」燃燒速度比較「快」的紙條幾乎都燒完；「圖畫紙和西卡紙」燃燒速度比較「慢」的紙條就沒有全部燒完。
- 就燃燒速度來講，以宣紙的速度最快，其次是報紙，第三快的是廚房餐巾紙，最慢的是圖畫紙，倒數第二慢的是西卡紙。



小結：

- 1、水平懸空時實驗的六種紙條都完全燒完。
- 2、放在木板時，實驗的六種紙條並沒有完全燒完，「宣紙、報紙和廚房餐巾紙」燃燒速度比較「快」的紙條幾乎都燒完；「A4 影印紙、圖畫紙和西卡紙」燃燒速度比較「慢」的紙條就沒有全部燒完，尤其是圖畫紙和西卡紙，紙條燃燒的長度不到一半長火星就熄滅了。
- 3、放在石板時，實驗的六種紙條並沒有完全燒完，「宣紙和報紙」燃燒速度比較「快」的紙條幾乎都燒完；「圖畫紙和西卡紙」燃燒速度比較「慢」的紙條就沒有全部燒完。
- 4、水平懸空時的紙張燃燒最完全。



小結：

- 1、就水平並懸空來講，紙條燃燒速度以宣紙的速度最快，其次是廚房餐巾紙，第三快的是報紙，最慢的是西卡紙，倒數第二慢的是圖畫紙。
- 2、就放在木板上來講，紙條燃燒速度以宣紙的速度最快，其次是廚房餐巾紙，第三快的是報紙，最慢的是西卡紙，倒數第二慢的是圖畫紙。
- 3、就放在石板上來講，紙條燃燒速度以宣紙的速度最快，其次是報紙，第三快的是廚房餐巾紙，最慢的是圖畫紙，倒數第二慢的是西卡紙。
- 4、就燃燒速度來講，紙條燃燒速度以宣紙的速度最快。

研究結果與討論：

- 1、當紙條保持水平懸空時，「宣紙、報紙和廚房餐巾紙」算是燃燒速度比較「快」的；「A4 影印紙、圖畫紙和西卡紙」算是燃燒速度比較

「慢」的。就燃燒速度來講，以宣紙的速度最快，其次是廚房餐巾紙，第三快的是報紙，最慢的是西卡紙，倒數第二慢的是圖畫紙。

2、當紙條放在木板上時，「宣紙、報紙和廚房餐巾紙」算是燃燒速度比較「快」的，紙條幾乎都燒完；「A4 影印紙、圖畫紙和西卡紙」算是燃燒速度比較「慢」的，紙條就沒有全部燒完。就燃燒速度來講，以宣紙的速度最快，其次是廚房餐巾紙，第三快的是報紙，最慢的是西卡紙，倒數第二慢的是圖畫紙。

3、當紙條放在石板上時，「宣紙和報紙」燃燒速度比較「快」的紙條幾乎都燒完；「圖畫紙和西卡紙」燃燒速度比較「慢」的紙條就沒有全部燒完；就燃燒速度來講，以宣紙的速度最快，其次是報紙，第三快的是廚房餐巾紙，最慢的是圖畫紙，倒數第二慢的是西卡紙。

研究四、找出寫無字天書最好的條件是什麼？

問題一、同樣大小的圖案限制下，哪一種紙張的燃燒效果最好？

（研究方法）

(一)實驗說明：這個實驗我們要比較浸泡過硝酸鉀溶液的各種紙張，指定文字燃燒的效果都是一樣的嗎？。

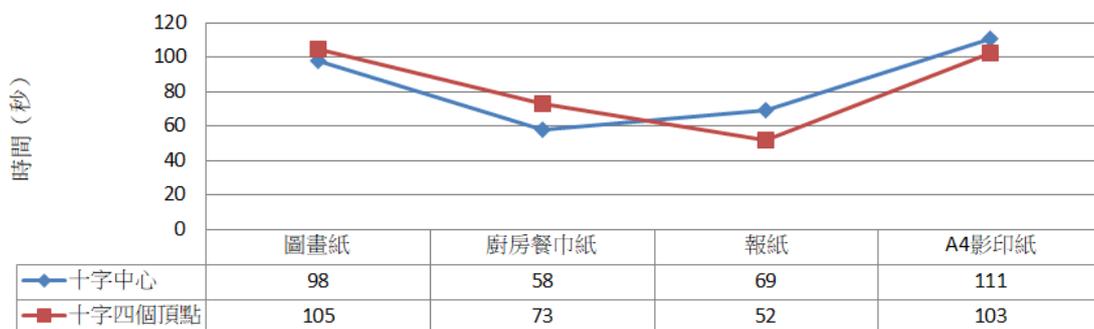
(二)實驗步驟：

- 1、我們將事先準備好同大小 A4 影印紙、圖畫紙、廚房餐巾紙和報紙的紙張各取 1 張
- 2、以水彩筆沾硝酸鉀的飽和水溶液，分別在步驟 1 的紙張畫上同粗細同大小的「十」字，然後烘乾。
- 3、取一張紙條以鑷子夾住，保持與地面垂直並懸空。
- 4、用線香輕輕在「十」字的正中心輕輕點一下，開始計時，一直到火星全部熄滅，觀察紙燃燒的狀況，並紀錄實驗結果。
- 5、重複步驟 1 至 3，用線香輕輕在「十」字的四個頂點各點一下，開始計時，一直到火星全部熄滅，觀察紙燃燒的狀況，並紀錄實驗結果。。
- 6、整個實驗操作都在鐵盤上方，鐵盤內要放少許水。

(研究過程與結果)



指定「十」字時浸泡硝酸鉀飽和溶液紙張的燃燒效果比較



小結：

- 1、以「十」字進行實驗比較時，不論是用線香輕輕在「十」字的正中心輕輕點一下，還是在「十」字的四個頂點輕輕各點一下，以「廚房餐巾紙」和「報紙」的燃燒速度比較快；「圖畫紙」和「A4影印紙」的燃燒速度比較慢。
- 2、這四種紙張，不管是從「十」字的正中心往外燃燒，還是從「十」字的四個頂點往中心燃燒，沒有哪一種方法會明顯比較快。

問題二、要以硝酸鉀的飽和溶液寫無字天書最好的條件是什麼？

(研究方法)

(一)實驗步驟：

- 1、透過討論，找出要以硝酸鉀的飽和溶液寫無字天書最好的條件是什麼

研究結果與討論：

- 1、正如文獻探討中所提到的，要利用飽和硝酸鉀溶液來做無字天書，必需先要用棉花棒或水彩筆沾飽和硝酸鉀水溶液在紙上寫字，然後

將紙風乾後再以線香點燃，這裡面就提醒要注意幾個地方：飽和硝酸鉀溶液、紙、風乾、點燃方式、火星沿著所寫圖案文字延燒等。

- 2、從研究一，我們確認要用硝酸鉀的飽和溶液效果最好。
- 3、從研究二，我們在探討紙張的影響中，因需考慮到「點燃後火星沿著所寫圖案文字延燒」，所以優先選擇符合「以飽和硝酸鉀溶液在不同的紙張上畫上一樣的記號，紙張燃燒時不容易超出畫上記號的範圍」這個條件的紙張，經過我們比較與討論，我們一致認為要寫無字天書最佳的用紙是圖畫紙，其次才是報紙和 A4 影印紙，其他的用紙都不適合。



肆、研究結論

- 1、從研究一，我們探討了硝酸鉀水溶液的濃度會不會影響燃燒的效果？我們發現不論是 A4 影印紙、宣紙、圖畫紙、西卡紙、廚房餐巾紙還是報紙，都是以浸泡「硝酸鉀飽和溶液」紙條的燃燒速度最快，而且隨著硝酸鉀溶液濃度的降低，紙條燃燒的速度基本上都會變慢，但並不是所有的紙燃燒的速度都一樣。我們認為浸泡「硝酸鉀飽和溶液」紙條的燃燒速度最快是因為在固定的水中，硝酸鉀飽和溶液裡硝酸鉀的量和其他經過稀釋過的比起來，相對是比較多的，飽和硝酸鉀溶液在紙上乾了之後，在紙上產生小小的硝酸鉀顆粒，也是相對是比較多的，所以烘乾後更容易燃燒，因為遇熱會產生更多的氧氣，讓紙張更容易燃燒，所以這一點是符合原理的說明。
- 2、從研究二，我們探討了硝酸鉀水溶液在不同紙質的燃燒效果都一樣嗎？我們發現燃燒速度比較快的像宣紙、廚房餐巾紙和報紙，因為燃燒速度快，燃燒時容易超出畫上記號的範圍，而且幾乎整張紙條全部燒完。燃燒速度比較慢的像圖畫紙和西卡紙，因為燃燒速度比較慢，燃燒時比較不會超出畫上記號的範圍。燃燒速度比較快的，因為燃

燒速度快，燃燒時容易超出畫上記號的範圍，而且幾乎整張紙條全部燒完；燃燒速度比較慢的，因為燃燒速度比較慢，燃燒時比較不會超出畫上記號的範圍。A4 影印紙燃燒速度不快也不慢，它燃燒狀況是紙條左右兩側一邊超出範圍完全燒掉，另一邊則沒有繼續燒。

- 3、從研究三，我們探討環境因素的影響，在燃燒時平放在不同地方時，最後的燃燒效果也不相同。當紙條放在木板上時，「宣紙、報紙和廚房餐巾紙」算是燃燒速度比較「快」的，紙條幾乎都燒完；「A4 影印紙、圖畫紙和西卡紙」算是燃燒速度比較「慢」的，紙條就沒有全部燒完。當紙條放在石板上時，「宣紙和報紙」燃燒速度比較「快」的紙條幾乎都燒完；「圖畫紙和西卡紙」燃燒速度比較「慢」的紙條就沒有全部燒完；我們認為燃燒速度比較「快」的紙條幾乎都燒完；燃燒速度比較「慢」的紙條就沒有全部燒完。
- 4、從研究四，正如文獻探討中所提到的，要利用飽和硝酸鉀溶液來做無字天書，必需先用棉花棒或水彩筆沾飽和硝酸鉀水溶液在紙上寫字，然後將紙風乾後再以線香點燃，這裡面就提醒要注意幾個地方：飽和硝酸鉀溶液、紙、風乾、點燃方式、火星沿著所寫圖案文字延燒等。從研究一，我們確認要用硝酸鉀的飽和溶液效果最好。從研究二，我們在探討紙張的影響中，因需考慮到「點燃後火星沿著所寫圖案文字延燒」，所以優先選擇符合「以飽和硝酸鉀溶液在不同的紙張上畫上一樣的記號，紙張燃燒時不容易超出畫上記號的範圍」這個條件的紙張，經過我們比較與討論，刪除掉那些將紙張完全燒掉與燃燒效果太差的幾種紙張後，我們一致認為要寫無字天書最佳的用紙是圖畫紙，其次才是報紙與 A4 影印紙，其他的用紙都不適合。

伍、參考資料及其他

一、研究心得

實驗過程中，為了取得可靠的實驗結果，重複的動作我們不斷反覆操作，並需要耐心的等待不同材質的紙張烘乾，但是透過不同變因的觀察，而能找出寫無字天書最好的條件，而且實驗過程中，看著火沿著塗過硝酸鉀的地方走，燒出我們預期的圖案，此時，就會覺得動手做實驗實在好有成就感，但當燒出出乎我們的預料之外的圖案時，就有很大的失落感，心中會想：為什麼會這樣呢？為什麼會這樣呢？在整個的研究過程中，我們遇到了很多的困難，但我們還是堅持到最後把整個研究完成，未來我們會更努力的。

二、參考資料

- 1、國中理化—飽和溶液·翰林雲端學院·取自
<https://www.ehanlin.com.tw/app/keyword/%E5%9C%8B%E4%B8%AD/%E7%90%86%E5%8C%96/%E9%A3%BD%E5%92%8C%E6%BA%B6%E6%B6%B2.html>
- 2、如何製造飽和溶液·EFerrit·取自
<https://zhtw.eferrit.com/%E5%A6%82%E4%BD%95%E8%A3%BD%E4%BD%9C%E9%A3%BD%E5%92%8C%E6%BA%B6%E6%B6%B2/>
- 3、陳冠松·一點就行·國立科學工藝博物館科學學習中心·取自
<https://slc.nstm.gov.tw/Teaching/Details.aspx?Parser=99,4,27,,,,182>
- 4、硝酸鉀無字天書(上)用火寫字?硝酸鉀文字燒·zfang 的科學小玩意·取自
<https://n.sfs.tw/content/index/113682019-10-25>