

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081510

紙茶壺

學校名稱：金門縣金寧鄉金鼎國民小學

<p>作者：</p> <p>小四 孫瑜婕</p> <p>小四 陳柏孜</p> <p>小五 王泓升</p> <p>小五 陳郁蓮</p> <p>小五 魏乞二</p>	<p>指導老師：</p> <p>姜麗卿</p> <p>許淳雯</p>
--	------------------------------------

關鍵詞：紙、加熱、沸騰

作品名稱：紙茶壺

壹、摘要

我們從閱讀「無人島探險記」這本書後，開始了對紙盒裝水加熱的探討，進而瞭解到熱對紙盒與盒內的水的影響。將紙摺疊成盒子，倒入水後在火上加熱，直觀判斷下，火焰先接觸到紙張，紙應該會燃燒，因此水不可能加熱到沸騰。本實驗即實際操作驗證，看看到到底是紙張先燃燒，還是水先沸騰。然而，實驗結果顯示水會先沸騰，而紙盒卻不會燃燒起來，這也就是市面上餐飲業的紙火鍋的原理與由來。透過這次實驗，我們可找出類似此紙鍋的紙質，甚至也可以在紙盒內泡麵、泡茶，因此，便將此次實驗稱作——「紙茶壺」。

貳、研究動機

某一個星期二的閱讀課，我在圖書館看到這本書——「無人島探險記」，書中 75 頁的地方，引起了我的好奇。故事主角因為在無人島上，沒有工具煮水，就用紙做成鍋子的形狀，裝水來燒，希望可以喝到乾淨的白開水，我看了不禁嘖嘖稱奇，這樣直接用火燒「紙」，「紙」怎麼不會燃燒起來呢？真是太神奇了！



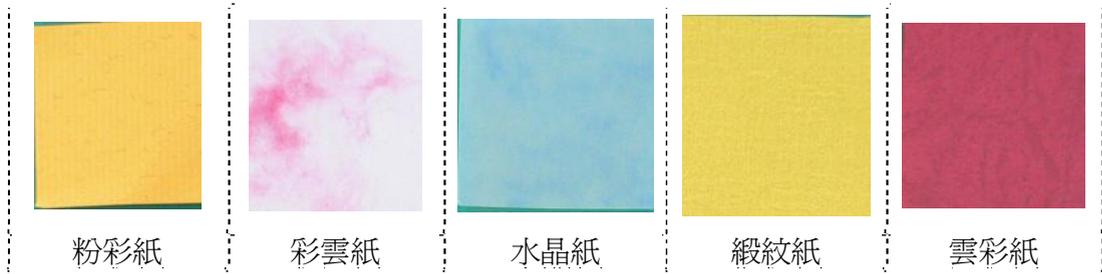
剛好，幾天過後，老師找我們幾個小朋友製作科展，當老師詢問我們有沒有想做的主題時，我馬上就想到這個問題，便把那本書找出來，跟大家提議，大家看過之後也都覺得很有趣，老師也覺得這個構想很好，於是，我們便著手進行實驗。

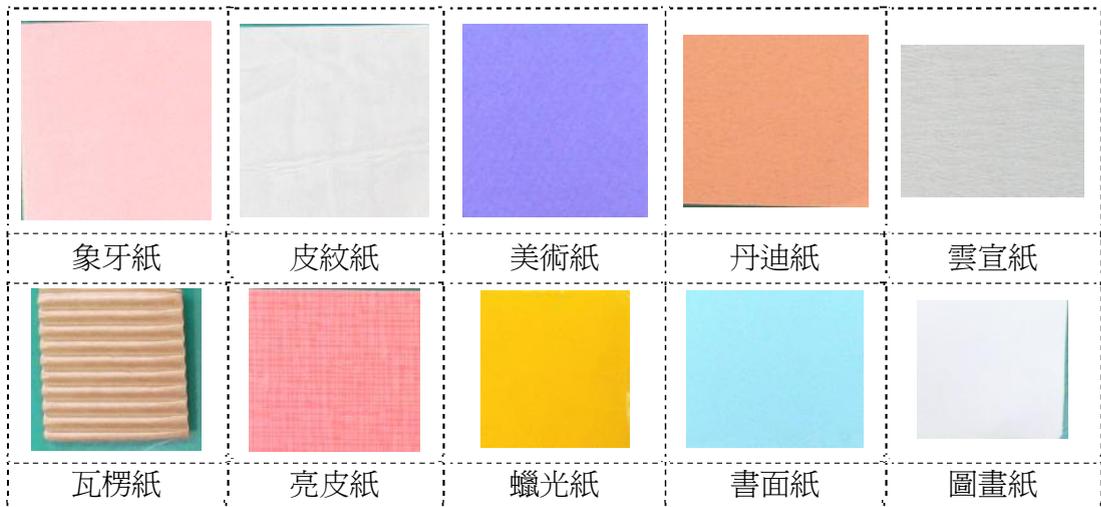
參、研究目的

- 一、探討不同材質的紙盒，加熱沸騰的程度。
- 二、探討不同材質的紙盒，加熱速度的快慢。
- 三、探討不同物質的水，對紙盒加熱的影響。
- 四、探討不同溶質的溶液，對紙盒加熱的影響。
- 五、探討不同材質且顏色深淺不同的紙盒，加熱後的反應。
- 六、探討同一磅數、不同顏色的紙盒，加熱後的反應。

肆、研究設備及器材

一、各種材質的紙張





二、酒精燈、酒精燈架、石棉芯網、5 公分培養皿、玻璃片、溫度計、量杯、燒杯、天枰、攪拌棒、碼表



三、各種溶劑 (自來水、純水、礦泉水、地下水)



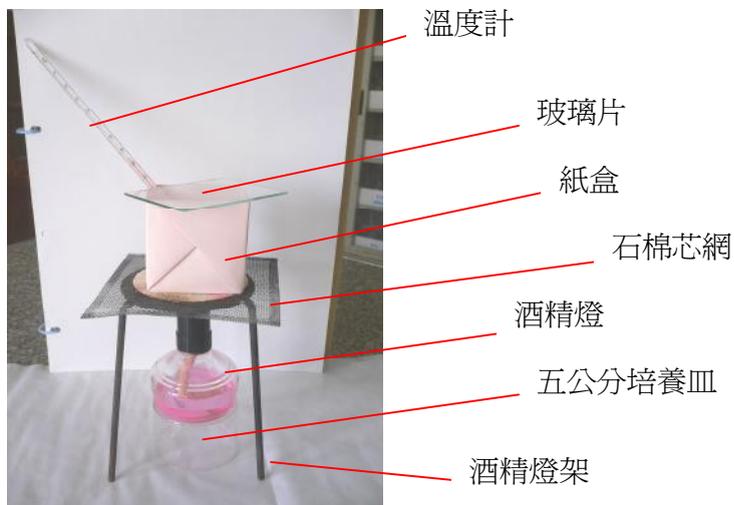
四、各種溶質 (糖、鹽、小蘇打、醋、肥皂、太白粉、天然鹽、味精)



伍、研究過程及方法

一、〈實驗一〉 探討不同材質的紙盒，加熱後的沸騰程度。

- (一) 將 15 種不同材質的紙，摺成紙盒，放在酒精燈架與石棉芯網上。
- (二) 在酒精燈架下方，擺放墊有 5 公分高培養皿的酒精燈。
- (三) 用量杯量出 200 毫升的水量倒至紙盒中。
- (四) 在紙盒中放入溫度計，並蓋上玻璃片。
- (五) 點燃酒精燈，並以碼表開始計時 30 分鐘，直到水完全燒光才停止。



瓦楞紙 & 象牙紙



水晶紙



雲彩紙



彩雲紙



蠟光紙



緞紋紙

二、<實驗二> 探討不同材質的紙盒，加熱速度的快慢。

- (一) 將 10 種不同材質的紙，摺成紙盒，放在酒精燈架與石綿芯網上。
- (二) 在酒精燈架下方，擺放墊有 5 公分高培養皿的酒精燈。
- (三) 用量杯量出 200 毫升的水量倒至紙盒中。
- (四) 在紙盒中放入溫度計，並蓋上玻璃片。
- (五) 點燃酒精燈，並以碼表開始計時 15 分鐘。
- (六) 從 50 度開始，每上升 10 度，記錄時間量。



丹迪紙 & 美術紙



雲宣紙



皮紋紙

三、<實驗三> 探討不同物質的水，對紙盒加熱的影響。

- (一) 將象牙紙摺成 4 個紙盒，放在酒精燈架與石綿芯網上。
- (二) 在酒精燈架下方，擺放墊有 5 公分高培養皿的酒精燈。
- (三) 以燒杯量出 200 毫升的水 (地下水、自來水、悅氏純淨水、大西洋純水) 加入紙盒中。
- (四) 在紙盒中放入溫度計，並蓋上玻璃片。
- (五) 點燃酒精燈，並以碼表開始計時 15 分鐘。
- (六) 從 50 度開始，每上升 10 度，記錄時間量。



地下水



自來水



純水

四、<實驗四> 探討不同溶質的溶液，對紙盒加熱的影響。

- (一) 將象牙紙摺成 10 個紙盒，放在酒精燈架與石綿芯網上。
- (二) 在酒精燈架下方，擺放墊有 5 公分高培養皿的酒精燈。
- (三) 以天秤秤量出 8 種 10 克的溶質(糖、鹽、小蘇打、醋、肥皂、太白粉、天然鹽、味精)，加入裝有 200 毫升地下水的燒杯中，攪拌至溶解。
- (四) 將燒杯中的溶液倒至紙盒中，放入溫度計，並蓋上玻璃片。
- (五) 點燃酒精燈，並以碼表開始計時 15 分鐘。
- (六) 從 50 度開始，每上升 10 度，記錄時間量。



我們小心秤量各種溶質，力求精準



用手將天秤穩定住，加快秤量工作



將秤好的溶質利用漏斗，倒入瓶中



利用攪拌棒，將卡住的粉末往下推擠入瓶中



將味精倒入水中攪拌--味精溶液

將洗衣粉倒入水中攪拌--肥皂溶液



將太白粉倒入水中攪拌--太白粉溶液

將天然鹽倒入水中攪拌--天然鹽溶液



糖水溶液加熱實驗中

鹽水溶液加熱實驗中



小蘇打水溶液加熱實驗中



醋溶液加熱實驗中



肥皂水溶液加熱實驗中



太白粉溶液加熱實驗中



天然鹽溶液加熱實驗中



味精溶液加熱實驗中

五、<實驗五> 探討不同材質且顏色深淺不同的紙盒，加熱後的反應。

- (一) 將五種不同材質的紙（黑、白兩色）摺成紙盒，放在酒精燈架與石綿芯網上。
- (二) 在酒精燈架下方，擺放墊有 5 公分高培養皿的酒精燈。
- (三) 將燒杯中倒入 150 毫升的水，再倒至紙盒中，並蓋上玻璃片。
- (四) 點燃酒精燈，並以碼表開始計時，每 5 分鐘測量一次溫度，測量 3 次，共 15 分鐘。



皮紋紙（白）



粉彩紙（白）



丹迪紙（白）



美術紙（白）



雲彩紙（白）



皮紋紙（黑）



粉彩紙（黑）



丹迪紙（黑）



美術紙（黑）



雲彩紙（黑）

六、<實驗六> 探討同一磅數、不同顏色的紙盒，加熱後的反應。

- (一) 將五種不同磅數的紙（黑白各一）摺成紙盒，放在酒精燈架與石綿芯網上。
- (二) 在酒精燈架下方，擺放墊有 5 公分高培養皿的酒精燈。
- (三) 將燒杯中倒入 150 毫升的水，再倒至紙盒中，並蓋上玻璃片。
- (四) 點燃酒精燈，並以碼表開始計時，比較 5 分鐘後各紙盒內水的溫度。



皮紋紙



丹迪紙



雲彩紙



粉彩紙



美術紙

陸、研究結果

一、〈實驗一〉 探討不同材質的紙盒，加熱後的沸騰程度。

觀察現象結果 紙張種類	冒出氣泡	冒出時間	冒出溫度	最高溫度	生水燒開	備註
粉彩紙	✓	6分30秒	60度	76度	×	
彩雲紙	✓	5分00秒	48度	82度	×	
水晶紙	✓	3分40秒	60度	93度	✓	大量沸騰
鍛紋紙	✓	4分37秒	70度	89度	✓	大量沸騰
雲彩紙	✓	8分00秒	75度	82度	×	
象牙紙	✓	3分40秒	60度	86度	×	
皮紋紙	✓	5分21秒	60度	85度	×	
美術紙	✓	5分00秒	60度	75度	×	
丹迪紙	✓	4分30秒	63度	78度	×	
雲宣紙	×	×	×	80度	×	
瓦楞紙	✓	17分18秒	77度	79度	×	
亮皮紙	×	×	×	×	×	紙盒漏水並破裂
蠟光紙	×	×	×	80度	×	
書面紙	×	×	×	×	×	紙盒漏水並破裂
圖畫紙	×	×	×	×	×	紙盒漏水並破裂

二、〈實驗二〉 探討不同材質的紙盒，加熱速度的快慢。

溫度 時間 紙質	50 度	60 度	70 度	80 度	90 度
粉彩紙	2 分 55 秒	4 分 09 秒	5 分 43 秒	9 分 03 秒	×
彩雲紙	3 分 17 秒	4 分 31 秒	5 分 48 秒	7 分 36 秒	12 分 31 秒
水晶紙	3 分 22 秒	4 分 50 秒	6 分 15 秒	8 分 45 秒	14 分 21 秒
鍛紋紙	3 分 12 秒	4 分 21 秒	6 分 03 秒	8 分 05 秒	×
雲彩紙	2 分 50 秒	4 分 07 秒	5 分 18 秒	7 分 00 秒	×
象牙紙	2 分 31 秒	4 分 11 秒	5 分 19 秒	7 分 49 秒	×
皮紋紙	2 分 48 秒	3 分 53 秒	5 分 02 秒	6 分 31 秒	8 分 24 秒
美術紙	2 分 36 秒	4 分 14 秒	5 分 43 秒	8 分 32 秒	×
丹迪紙	2 分 56 秒	3 分 42 秒	5 分 37 秒	7 分 44 秒	×
雲宣紙	3 分 09 秒	4 分 17 秒	5 分 47 秒	9 分 15 秒	×

最高 溫度 時間 紙質	15 分鐘
粉彩紙	84 度
彩雲紙	91 度
水晶紙	92 度
鍛紋紙	89 度
雲彩紙	89 度
象牙紙	86 度
皮紋紙	95 度
美術紙	83 度
丹迪紙	85 度
雲宣紙	84 度

三、〈實驗三〉 探討不同物質的水，對紙盒加熱的影響。

溫度 時間 溶劑	50 度	60 度	70 度	80 度	90 度
地下水	3 分 15 秒	4 分 18 秒	5 分 54 秒	7 分 52 秒	×
自來水	4 分 36 秒	6 分 18 秒	8 分 24 秒	13 分 34 秒	×
礦泉水	2 分 36 秒	3 分 32 秒	5 分 05 秒	6 分 51 秒	×
純水	2 分 49 秒	4 分 01 秒	5 分 32 秒	7 分 51 秒	×

最高 溫度 時間 溶劑	15 分鐘
地下水	89 度
自來水	80 度
礦泉水	88 度
純水	87 度

四、〈實驗四〉 探討不同溶質的溶液，對紙盒加熱的影響。

溫度 時間 溶質	50 度	60 度	70 度	80 度	90 度
糖	3 分 10 秒	3 分 52 秒	5 分 50 秒	7 分 26 秒	13 分 58 秒
鹽	3 分 03 秒	4 分 56 秒	6 分 30 秒	9 分 16 秒	×
小蘇打	3 分 26 秒	4 分 52 秒	7 分 18 秒	×	×
醋	3 分 51 秒	5 分 33 秒	8 分 05 秒	×	×
肥皂	×	×	×	×	×
太白粉	4 分 42 秒	7 分 07 秒	9 分 04 秒	×	×
天然鹽	3 分 45 秒	5 分 59 秒	9 分 01 秒	×	×
味精	3 分 43 秒	5 分 20 秒	7 分 17 秒	10 分 27 秒	×

最高 溫度 時間 溶質	15 分鐘
糖	90 度
鹽	86 度
小蘇打	×
醋	80 度
肥皂	×
太白粉	77 度
天然鹽	×
味精	88 度

五、〈實驗五〉 探討不同材質且顏色深淺不同的紙盒，加熱後的反應。

紙質 顏色 時間	皮紋紙		美術紙		丹迪紙		粉彩紙		雲彩紙	
	白	黑	白	黑	白	黑	白	黑	白	黑
5 分鐘	63	56	63	67	59	62.5	62	67	65	69
10 分鐘	75	74	80	81	71	80	78.5	83	80	85
15 分鐘	83	81	83	83	74	82.5	81	84	85	87
單位 (°C)										

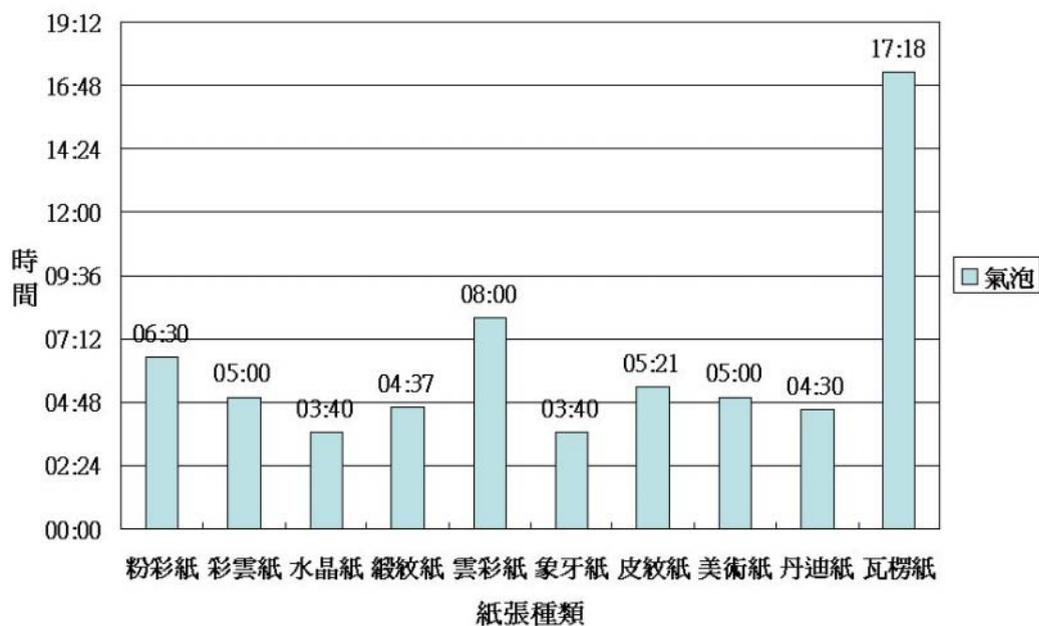
六、〈實驗六〉 探討同一磅數、不同顏色的紙盒，裝水加熱後的反應。

時間 磅數〈g〉	紙質				
	皮紋紙	美術紙	丹迪紙	粉彩紙	雲彩紙
溫度	105g	113g	116g	132g	140g
五分鐘（白）	65	67	70	68	71
五分鐘（黑）	73	69	74	68	72
單位（℃）					

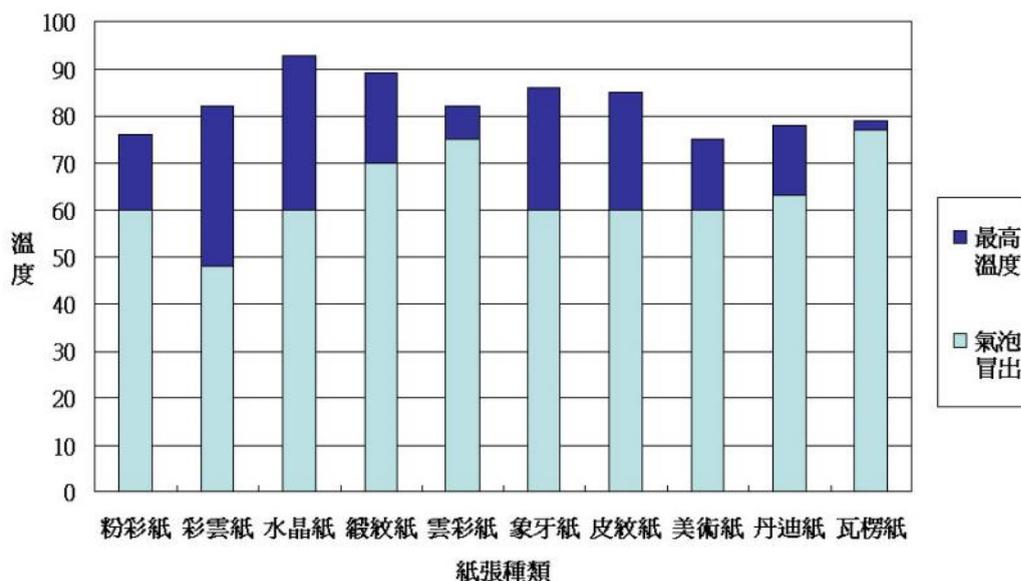
柒、討論

一、〈實驗一〉 探討不同材質的紙盒，加熱後的沸騰程度。

不同紙質氣泡冒出時的時間長短



不同紙質氣泡冒出時與之後的溫度變化



(一) 實驗結果方面：

1. 這個實驗，我們共使用了十五種不同材質的紙盒，其中雲宣紙、蠟光紙皆無沸騰現象(即無氣泡冒出)，亮皮紙、書面紙、圖畫紙則是紙盒破裂並漏水，無法完成實驗，故皆不在統計圖中。
2. 紙質密度太低，容易被水滲透，則紙盒會因太過潮濕而無法有效累積熱能，產生氣泡。例如：雲宣紙、蠟光紙。
3. 紙質太過軟、薄的紙盒，一裝水就會倒塌，也容易實驗失敗。例如：亮皮紙、書面紙、圖畫紙。
4. 共有兩種紙質產生出大量沸騰的現象 — 水晶紙、緞紋紙，因已接近家中燒煮開水的沸騰程度，故將這兩種紙歸類為有將水燒開。



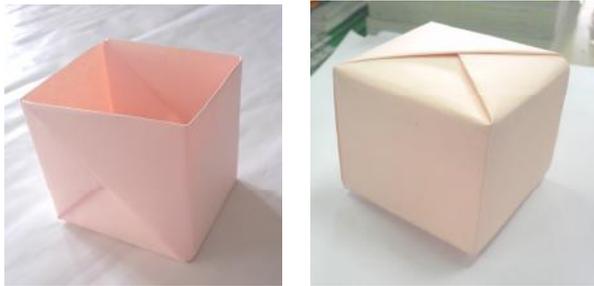
5. 其他紙質包括粉彩紙、彩雲紙、雲彩紙、象牙紙、皮紋紙、美術紙、丹迪紙以及瓦楞紙，雖都有產生氣泡，但都無法大量產出。

(二) 實驗步驟方面：

在這個實驗中，我們已先做過兩三次失敗的實驗，不過那些實驗也讓我們了解到失敗的原因，進而改進使實驗成功。包括：

1. 酒精燈下墊上 5 公分的培養皿，拉進加熱的距離，會減少加熱時間。

- 加熱時，可蓋上透明玻璃片，一來防止熱氣流失，更快將水燒開，二來也可順利觀察實驗。
- 紙盒的摺法也從一開始的普通垃圾袋摺法，變換成另一種底部無摺痕的紙盒摺法，使受熱程度相同。

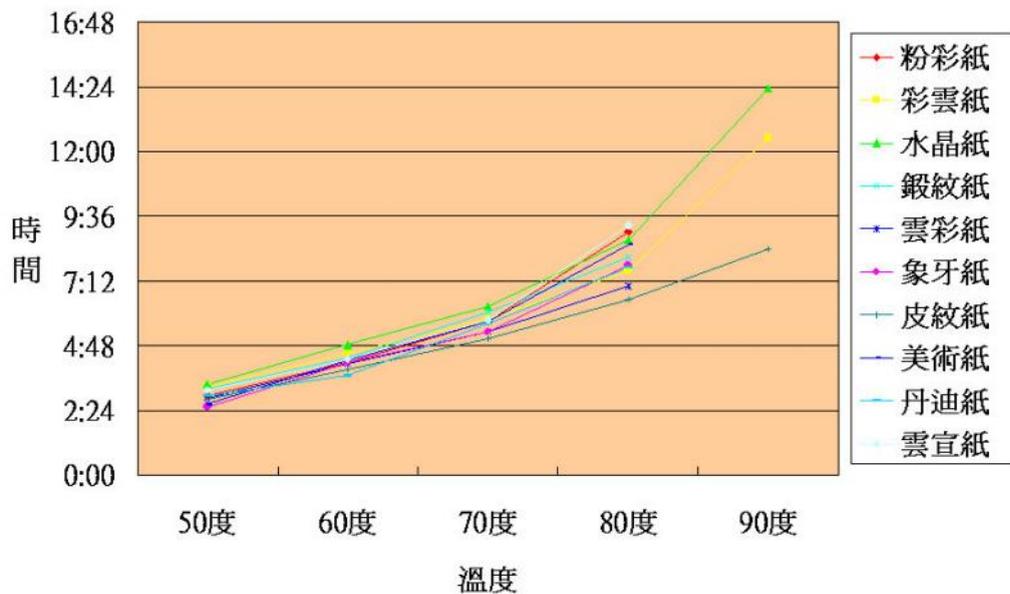


- 在雲彩紙的加熱過程中，我們因較慢將火熄滅，便使得盒底有燒焦痕跡；這讓我們了解到加熱時，要隨時注意盒內水位的變化，否則水分蒸乾後，乾燥的紙張會直接燃燒。

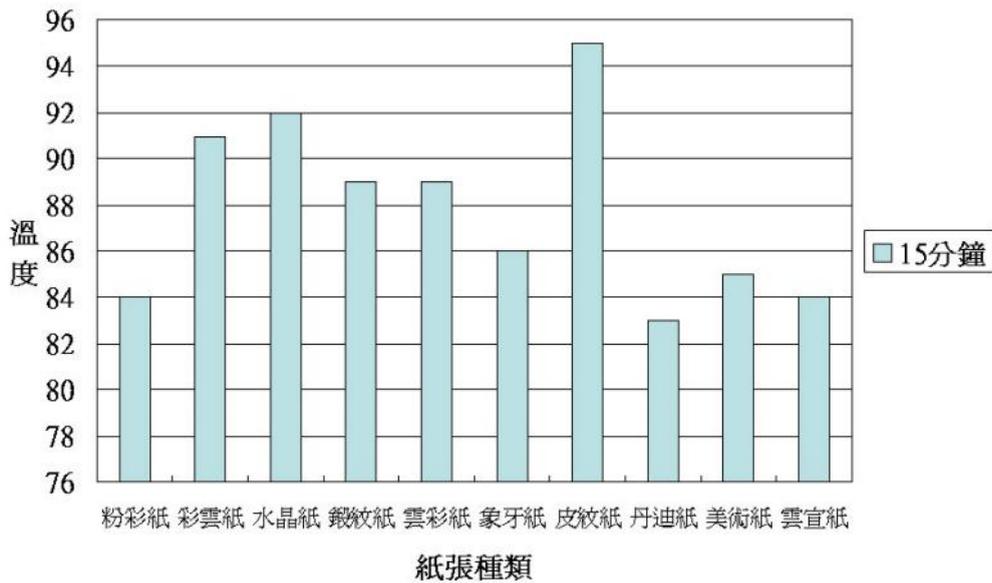


二、〈實驗二〉 探討不同材質的紙盒，加熱速度的快慢。

不同紙質加熱速度的變化



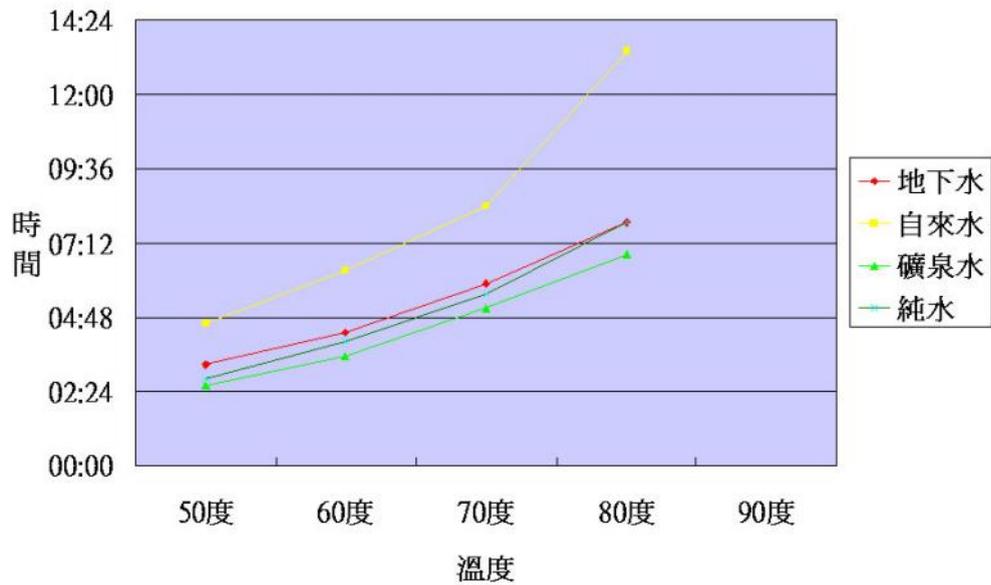
不同紙質加熱15分鐘的最高溫度



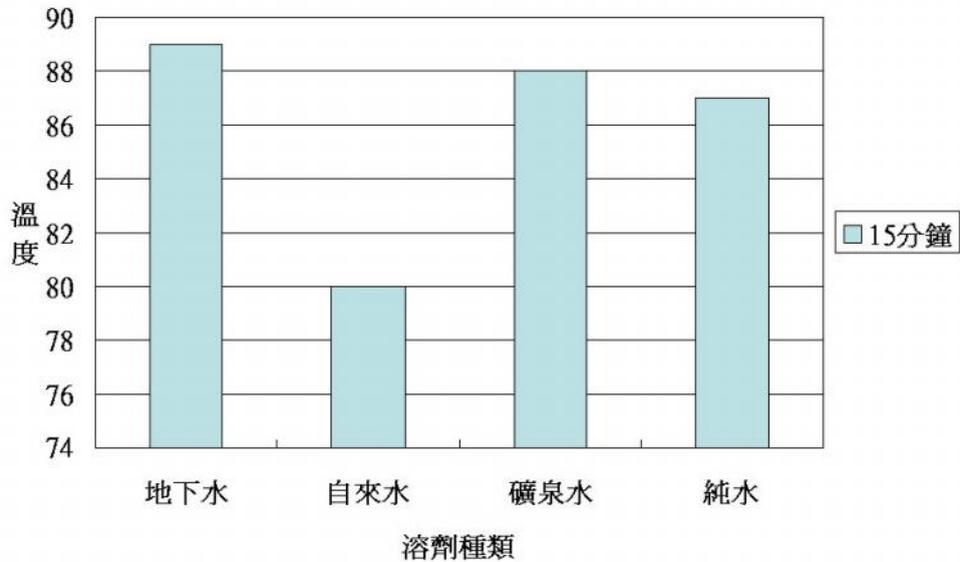
- (一) 這個實驗我們扣除一裝水就會倒塌、以及一裝水便被滲透的紙張，選出了十種紙來進行加熱實驗。
- (二) 根據實驗結果，大部分的紙張都只能加熱至八十幾度之後就無法上升，我們討論這可能有兩個原因：
1. 酒精燈的溫度不夠。酒精燈能提供的溫度沒有家用瓦斯來得高，所以也無法使水溫達到沸點。
 2. 紙的傳導性較差。雖然以傳導性而言，是固體較液體與氣體來得好，但比起其他物質，例如鋁、鋼、鐵，紙張的傳導性算是較差的。
- (三) 這次實驗結果與上次有些出入，上一個實驗是「水晶紙」與「緞紋紙」燃燒加熱的沸騰效果最好，甚至有將水燒開的現象。但在這次的實驗中，卻是「皮紋紙」的加熱溫度最高，我們討論出原因可能是「加熱時間」長短所致，因為上一個實驗是限時 30 分鐘，而此次實驗只有 15 分鐘。

三、< 實驗三 > 探討不同物質的水，對紙盒加熱的影響。

不同溶劑在紙盒內加熱速度的變化



不同溶劑加熱15分鐘的最高溫度



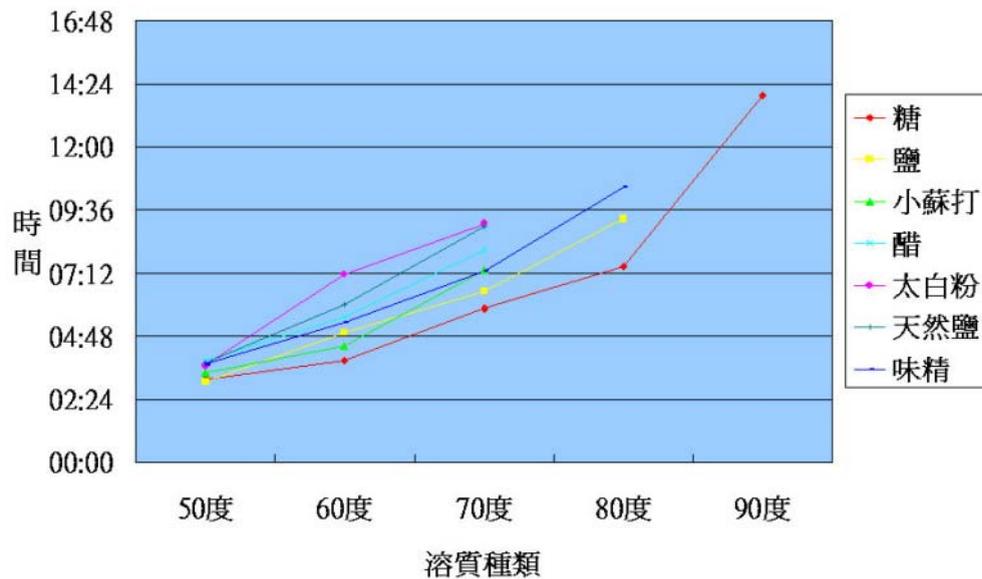
- (一) 水質對加熱的影響，其中以礦泉水最快，自來水最慢。
- (二) 我們將這些水的組成成分來做比較，發現其中「鈉」含量有變化，所以我們認為應該是這個因素影響到水質的加熱速度。

礦泉水 > 純水 > 地下水 > 自來水

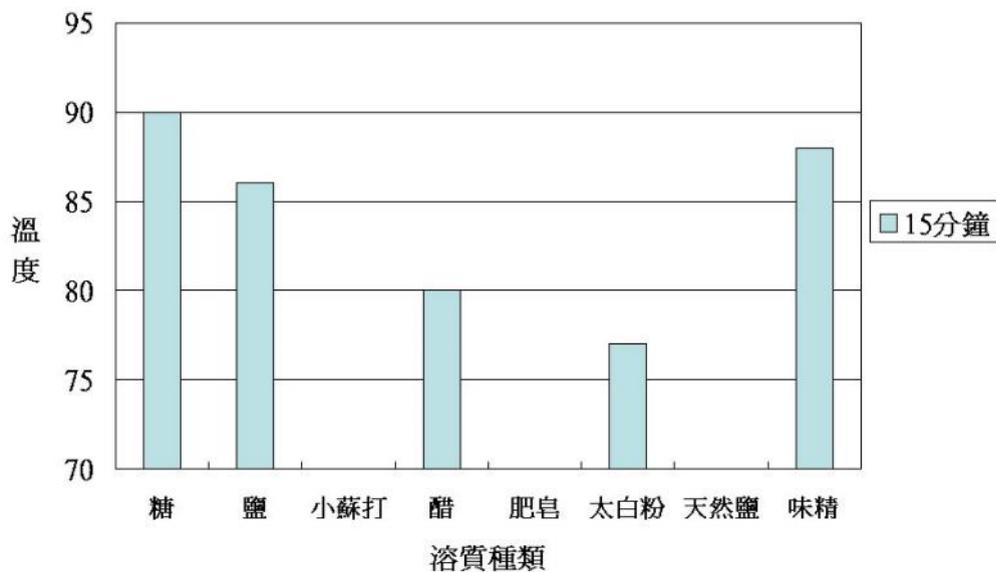
- (三) 由於此項結果，我們便去蒐集資料，發現鈉的合成物有一種是氯化鈉，而氯化鈉就是我們俗稱的「鹽」，鹽有保溫的作用，才會使得含有最多鈉元素的礦泉水加熱最快。

四、〈實驗四〉 探討不同溶質的溶液，對紙盒加熱的影響。

不同溶質在紙盒內加熱速度的變化



不同溶質加熱15分鐘的最高溫度



- (一) 這次實驗的操縱變因是各種溶液，因此我們以「地下水」為共同的溶劑，再加入八種不同的溶質，並同樣以「象牙紙」做成這次實驗的紙盒。
- (二) 實驗結果中，加熱速度最快的，很明顯可以看出是「糖」，最慢的是「太白粉」，其快慢順序如下：

糖 > 鹽 > 味精 > 醋 > 太白粉

其他的小蘇打、肥皂與天然鹽，因無法做完全程實驗，故不列入排序。

(三) 小蘇打、肥皂、天然鹽：

1. 小蘇打的滲透力很強，一倒進紙盒裡便快速滲透紙盒而漏水，在 7、8 分鐘左右，紙盒破裂，無法繼續實驗。



2. 肥皂的情形與小蘇打很像，但滲透力更快速，一倒進紙盒後，2 分鐘內便大量漏水，紙盒破裂使實驗中止。



3. 天然鹽的形況較前兩者好些，但最後仍是紙盒漏水、破裂，而中止實驗。

(四) 糖、鹽、味精、醋、太白粉：

1. 在摻有糖的溶液裡，初期溫度上升非常快速，至八十度之後才變慢。而燃燒過程中，氣泡會大量附著在溫度計上，並冒出大量白煙，非常特別。



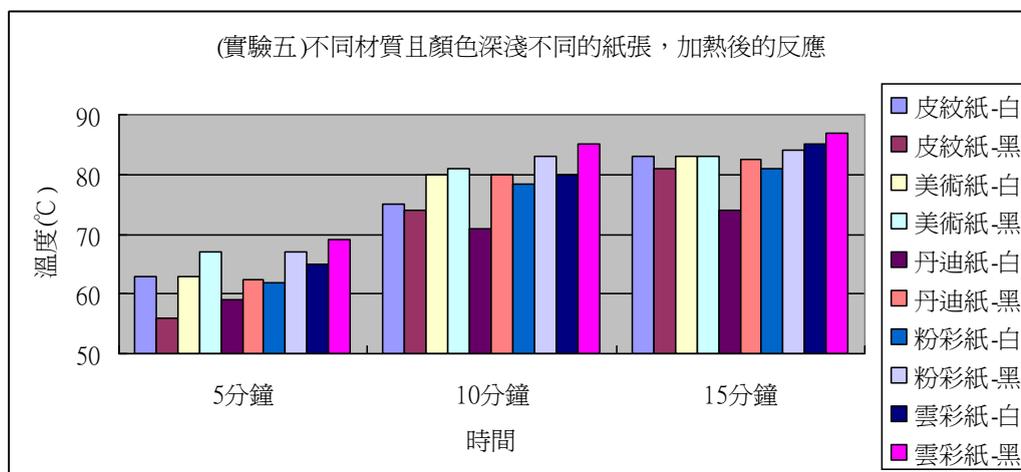
2. 鹽水加熱時，紙盒的四個角落會滲透出溶液，並冒出細小的泡泡。



3. 醋的溶液溫度上升非常緩慢，加熱結束後，紙盒仍是保持完好無缺。
4. 太白粉的溫度上升也是非常緩慢，且紙盒底部的溶液會凝結成透明軟凍，附著在紙盒上。實驗結束後，我們將紙盒從石棉芯網卸下，發現紙盒底部有大面積燒焦，但因透明軟凍連結紙盒與石棉芯網，才不至於使實驗失敗。

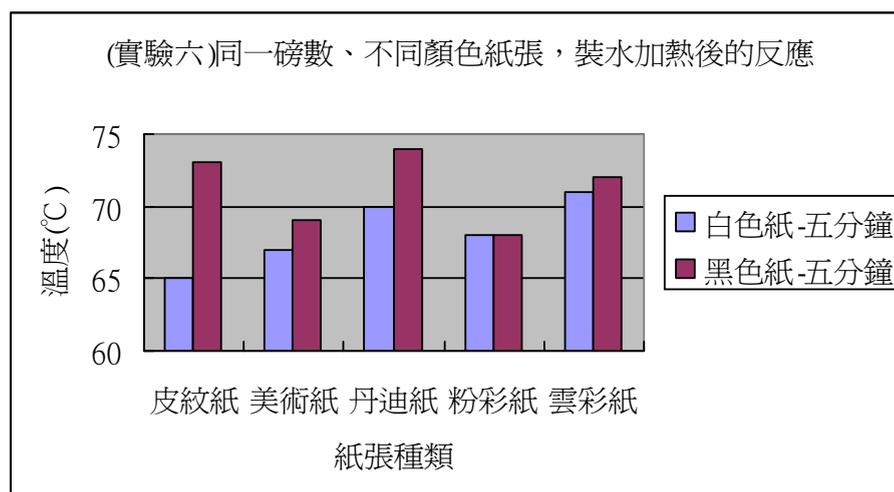
五、<實驗五> 探討不同材質且顏色深淺不同的紙張，加熱後的反應。

- (一) 這次實驗以不同材質且顏色深淺不同的紙盒裝水加熱，主要是想測試出哪種材質、哪種顏色的紙張裝水加熱後，水的溫度會上升得最多最快。
- (二) 實驗結果，瞬間吸熱最快的是「皮紋紙（黑）」與「丹迪紙（黑）」，最慢的是「皮紋紙（白）」與「丹迪紙（白）」。
- (三) 燃燒 15 分鐘後，5 種紙盒中，有 4 種黑色的溫度比白色的高，證明顏色深的吸熱比較快，且比較能聚熱。
- (四) 但其中白色皮紋紙的溫度比黑色皮紋紙的高，猜測這是因為酒精燈火燄大小不同所產生的誤差。



六、<實驗六> 探討同一磅數、不同顏色的紙張，裝水加熱後的反應。

- (一) 這實驗主要是想了解相同的紙張（同一磅數）裝水加熱後，溫度的變化。
- (二) 試驗結果顯示，黑色紙盒內水的溫度都比白色的高，證明了最初的猜測：深色比淺色還易吸熱與聚熱。
- (三) 若以磅數來比較，並無明顯差異，不會因磅數多（少），而影響溫度的高（低）。猜測這或許是紙張的磅數差異太小所致。



捌、結論

- 一、紙盒裝水加熱，雖然火焰先接觸紙張，直觀上紙盒會燃燒，但實際操作後，卻發現紙盒並未燃燒，而水還持續加熱到沸騰，這是利用物理原理，紙盒載著水的這一面會吸收水，水會有效的降低紙盒的表面溫度，讓溫度不至於到達紙盒的燃點；另外，當水加熱到一定的溫度時(不一定是沸點 100 度)，便會轉化成水蒸氣蒸發，透過蒸發作用，將過多的熱能帶走，如此便達到了某種程度的平衡，紙盒便不會燃燒。
- 二、基本上，大部分的紙張都可以加熱產生氣泡，但較容易沸騰、將水燒開的紙張則有以下兩點特性：
 - (一) 裝水後可保持完整形狀。
 - (二) 水會緩慢滲透，配合加熱速度；不能完全滲透，也不能完全不滲透。
- 三、水出現沸騰，但盒內仍有水時，紙盒並不會燃燒，唯有將水燒乾之後，紙盒才會燃燒起來。因此，我們若使用較堅固的紙張裝水加熱，實驗甚至還可以在紙盒內泡麵、泡茶，坊間餐飲業的紙火鍋，即是如此。
- 四、(一) 不同紙張裝水加熱後，顏色深的(黑)溫度大都比顏色淺的(白)溫度來得高，且瞬間吸熱也較快。
(二) 相同磅數(紙張)裝水加熱後，顏色深的(黑)溫度比顏色淺的(白)溫度高。
從這兩個實驗結果看來，若真的要用紙張煮水泡茶，選擇顏色深的會比較容易聚熱煮開。
- 五、這次的實驗讓我們見識到，紙的燃點原來沒有我們以往認為的那麼低，這也就是我們一致認為最有趣的地方，可以把平常不易察覺的物質特性表現出來，另外還有其他許多意想不到的實驗結果，也增添了實驗的趣味性。雖然實驗結束了，但我們都還感覺到意猶未盡，有一位同學提出，如果我們把酒精倒入水中一起加熱，會產生什麼結果？另一位也提出使用瓦斯爐火來燒(因為酒精燈火太小，水要燒很久才會滾開，紙張也因浸水太久而破裂)，進而找出讓大部分的紙盒都可以沸騰的方法……等，類似這些議題，就留待日後再做更詳細的研究。

玖、參考資料及其他

- 一、崔德熙(民 92)鄭紹賢譯，無人島探險記。台北市，三采。
- 二、國小康軒版自然與生活科技 3 上第四單元—廚房裡的科學
- 三、國小康軒版自然與生活科技 3 下第三單元—奇妙的水

【評語】 081510

實際驗證紙也可以用來裝水加熱，有實踐精神。

建議延伸水的重要性與環境的關係，若能以此發揮可以表現得更好。演練說明表現良好。