

新竹市第四十二屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學(三)

組 別：國中組

作品名稱：感溫變色貼紙

關 鍵 詞：感溫粉、擦擦筆墨水、感溫變色材料

## 摘要

我們的研究著眼於感溫變色材料的應用，實驗中選擇了擦擦筆的顏料與感溫粉作為變色材料，在研究過程中，藉由變色材料內容物比例的調配來找出對應變色溫度範圍，並藉此設計出相關的產品，分別應於廚房、電阻設計與建材中。所設計的產品如下：

1. 使用兩種感溫變色材料搭配膠水製作感溫變色貼紙，在 45°C 時產生顏色變化：可將貼紙應用於廚房餐具器皿中，幫助使用者辨別儲存食物容器的溫度，讓生活中減少吃到帶有細菌食物的機會；
2. 使用擦擦筆墨水或是感溫粉來設計可變電阻，利用溫度的變化來控制電阻，並以顏色的變化來讓使用者方便辨識該電阻的溫度；
3. 將感溫變色材料應用在屋頂的塗料中，並結合易散熱的斑馬紋，調配出能讓屋子冬暖夏涼的屋頂塗料。

# 目錄

摘要.....	i
壹、前言.....	1
一、研究動機.....	1
二、研究目的.....	1
三、文獻回顧.....	2
(一) 相關文獻回顧.....	2
(二) 市售商品範例.....	4
貳、研究設備及器材.....	5
參、研究過程或方法.....	6
一、研究架構圖.....	6
二、研究方法.....	9
(一) 實驗一：找出溫度接近 45°C 顏料比例的範圍.....	9
(二) 實驗二：找出 45°C 顏料變色的比例.....	11
(三) 實驗三：探討各種感溫變色材料的組合顏色的變化和復原速度.....	11
(四) 實驗四：探討有什麼物質能維持擦擦筆墨水的變色溫度.....	12
(五) 實驗五：感溫顏料在不同溫度下的電阻.....	12
(六) 實驗六：擦擦筆墨水於建築材料上的應用.....	13
(七) 實驗七：感溫粉於建築材料上的應用.....	13
肆、研究結果.....	13
一、 實驗一：找出溫度接近 45°C 顏料比例的範圍.....	13
二、 實驗二：找出 45°C 顏料變色的比例.....	14
三、 實驗三：探討各種感溫變色材料的組合顏色的變化和復原速度.....	14
四、 實驗四：探討有什麼物質能維持擦擦筆墨水的變色溫度.....	15
五、 實驗五：感溫顏料在不同溫度下的電阻.....	16
六、 實驗六：擦擦筆墨水於建築材料上的應用.....	16
七、 實驗七：感溫粉於建築材料上的應用.....	17
伍、討論.....	18

一、 實驗一：找出溫度接近 45°C 顏料比例的範圍 .....	18
二、 實驗二：找出 45°C 顏料變色的比例 .....	18
三、 實驗三：探討各種感溫變色材料的組合顏色的變化和復原速度 .....	18
四、 實驗四：探討有什麼物質能維持擦擦筆墨水的變色溫度 .....	18
五、 實驗五：感溫顏料在不同溫度下的電阻 .....	19
六、 實驗六：擦擦筆墨水於建築材料上的應用 .....	19
七、 實驗七：感溫粉於建築材料上的應用 .....	20
陸、結論 .....	20
柒、參考文獻資料 .....	21
一、市售商品資訊 .....	21
二、參考文獻 .....	21

# 壹、前言

## 一、研究動機

「擦擦筆」是常見的可修改工具，利用其顏料在不同溫度所呈現的顏色不同，而產生像是墨水消失的變色效果，我們認為這樣的特性應該不只適用在作為書寫工具的用途，應該可以在生活的其他方面有所發揮，因此想到以下的幾個應用並設計實驗進行測試。

首先，研究指出與食源性疾病相關的細菌一般會在高於  $4.4^{\circ}\text{C}$  開始增生，為了減少這些細菌，美國食品藥物管理局（FDA）提供了食品安全的標準規範：食物不應在  $4.4^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$  的溫度區間擺放超過 2 小時，而大多數細菌適合在  $25^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$  附近生長(嗜溫菌)，基於這個現象，我們想到可以使用擦擦筆及感溫粉製造出感溫變色的貼紙，用來判斷食物是否已被細菌污染而不適合食用。

再者，我們設計的第二個應用，是有關是否能把變色墨水變成可變電阻指示劑，討論在不同溫度下，因為水的電阻不同，加上墨水在不同溫度表現出不同的顏色，設計一方面可以用溫度控制電阻，一方面也可以從顏色看出電阻差異的作品。

最後，八上理化課本有提到顏色深容易吸熱與放熱的特性，我們從相關研究中找到斑馬紋可能是為了幫助斑馬散熱的論點，聯想到可以從屋頂的塗料設計著手，把感溫變色材料加入屋頂塗料中，讓建築物有冬溫暖夏涼的效果。

## 二、研究目的

- (一) 找出溫度接近  $45^{\circ}\text{C}$  顏料比例的範圍。
- (二) 找出  $45^{\circ}\text{C}$  顏料變色的比例。
- (三) 探討各種感溫變色材料的組合顏色的變化和復原的速度。
- (四) 探討有什麼物質能維持擦擦筆墨水的變色溫度。
- (五) 感溫顏料在不同溫度下的電阻。
- (六) 擦擦筆墨水於建築材料上的應用。
- (七) 感溫粉於建築材料上的應用。

### 三、文獻回顧

#### (一) 相關文獻回顧

相關研究題目與大綱	本研究可延伸探討的內容
<p>中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 變色鼻涕蟲： 將硼砂粉、膠水、感溫粉混合成變色鼻涕蟲，並應用在生活中的茶杯、引擎、電腦散熱器、鑰匙圈及環保感熱壁磚。</p>	<p>實驗設計： 我們想了解感溫粉加膠水再加上百樂擦擦筆的墨水後，其感溫變色情形。</p>
<p>中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 變色杯的秘密~感溫變色材料的研究與應用： 將感溫粉加入不同溶劑，並選出最適合作為感溫粉塗料的溶劑，並製作感溫變色一級感溫變色奶瓶。</p>	<p>實驗設計： 1. 確定感溫膠水（感溫粉+膠水）再加上百樂擦擦筆墨水是否會提高感溫膠水的消失溫度。 2. 將塗上感溫顏料的白紙密封於夾鏈袋中，並置入冷水中加熱或置入熱水中冷卻，代替感溫粉直接密封於夾鏈袋中。</p>
<p>中華民國第 48 屆中小學科學展覽會 酷筆： 黃色顏料、膠水、紅色感溫粉、藍色感溫粉混合出最佳比例，讓顏料能在不同溫度有多種顏色，做出溫變杯。</p>	<p>實驗設計： 1. 因百樂擦擦筆的墨水量少又價格不斐，不適合拿來做貼紙，所以我們需要找到一物質能維持擦擦筆顏料的消失溫度來和擦擦筆墨水混合製成貼紙。 2. 將擦擦筆墨水及感溫粉混和調製出不同溫度變色的顏料並塗在白紙上做成貼紙。</p>
<p>斑馬紋降溫原理 (<a href="https://youtu.be/kV2oaOuI4tQ?si=chFUuDYIM8QxODaC">https://youtu.be/kV2oaOuI4tQ?si=chFUuDYIM8QxODaC</a>)： 因為斑馬的條紋是黑白色的，黑條紋處溫度高、氣流強，白條紋處溫度低、氣流弱，進而產生冷卻漩渦，達到冷卻降溫的效果。</p>	<p>實驗設計： 將斑馬紋的降溫效果應用在屋頂塗料上，並結合感溫變色材料，製作出冬天易吸熱(全黑)，夏天易降溫(斑馬紋)的屋頂。</p>

---

### 擦擦筆原理

(<https://pansci.asia/archives/56892>): 其實擦擦筆附的橡皮擦，不是真的把墨水清除，而是把墨水變成了透明無色，才會看起來被擦掉了。將 Pilot 擦擦筆墨水放大看，會看到許多微型膠囊，這是一種會隨溫度變化而轉換顏色的材料，由染料、顯色劑和變色溫度調整劑組成。其中調整劑的狀態決定了染料是否會顯現色彩，當變色溫度調整劑處於固態，染料與顯色劑結合，顯現出顏色；而當使用了橡膠擦擦拭墨水，摩擦生熱，使水墨溫度升高，變色溫度調整劑變成液態，干擾到染料與顯色劑結合，造成顏色變成透明無色，顏色消失。

### 實驗設計：

1. 將擦擦筆顏料加入其他物質調配，探討顏色是否會變成透明無色。
2. 因百樂擦擦筆的墨水量少又價格不菲，不適合拿來做貼紙，所以我們需要找到一物質能維持擦擦筆顏料的消失溫度來和擦擦筆墨水混合製成貼紙。
3. 將擦擦筆墨水及感溫粉混和調製出不同溫度變色的顏料並塗在紙上做成貼紙。

---

### 感溫粉原理

(<https://www.jendow.com.tw/wiki/%E8%AE%8A%E8%89%B2%E7%B2%89>): 在特定的溫度下因電子轉移使該有機化合物的分子結構發生了變化，從而實現顏色的轉變。這種變色粉不僅顏色鮮艷，而且可以實現從「有色變無色透明」或者「有色變有色」狀態的顏色變化，它是重金屬復鹽絡合物型和液晶型可逆感溫變色物質所不具備的。隨溫度上升或下降而反覆改變顏色的微膠囊，感溫變色顏料是由電子轉移型有機化合物體系製備的。電子轉移型有機化合物是一類具有特殊化學結構的有機發色體系。

### 實驗設計：

感溫粉和擦擦筆墨水都能因溫度變化而變色，所以我們想將擦擦筆墨水及感溫粉混和調製出不同溫度變色的顏料並塗在紙上做成貼紙。

---

### 細菌活動溫度範圍

(<https://www.superlab.com.tw/s129/>):  
沙門氏桿菌：37°C環境下生長速度最快；  
李斯特菌：它最適合生長在溫度為4~45°C，又以30~37°C生長情形最佳；

### 實驗設計：

多數對人體有害的細菌滋生溫度，多分布在45°C以下，所以我們希望能調配感溫變色材料比例，設計出在45°C會產生明顯顏色變化的感溫變色貼紙，可應用在食物儲存容器上。

金黃色葡萄球菌：適合生長在 6.5~45°C，但以 35~37°C 生長的最好。

## (二) 市售商品範例



傳真紙(感溫原理)



變色唇膏



變色衣



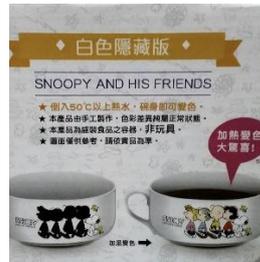
感溫奶瓶



感溫湯匙



感溫戒指



變色碗



溫變指甲油



變色熱水袋



變色雨傘



熱水變色杯



佳溫紅心的平底鍋

## 貳、研究設備及器材

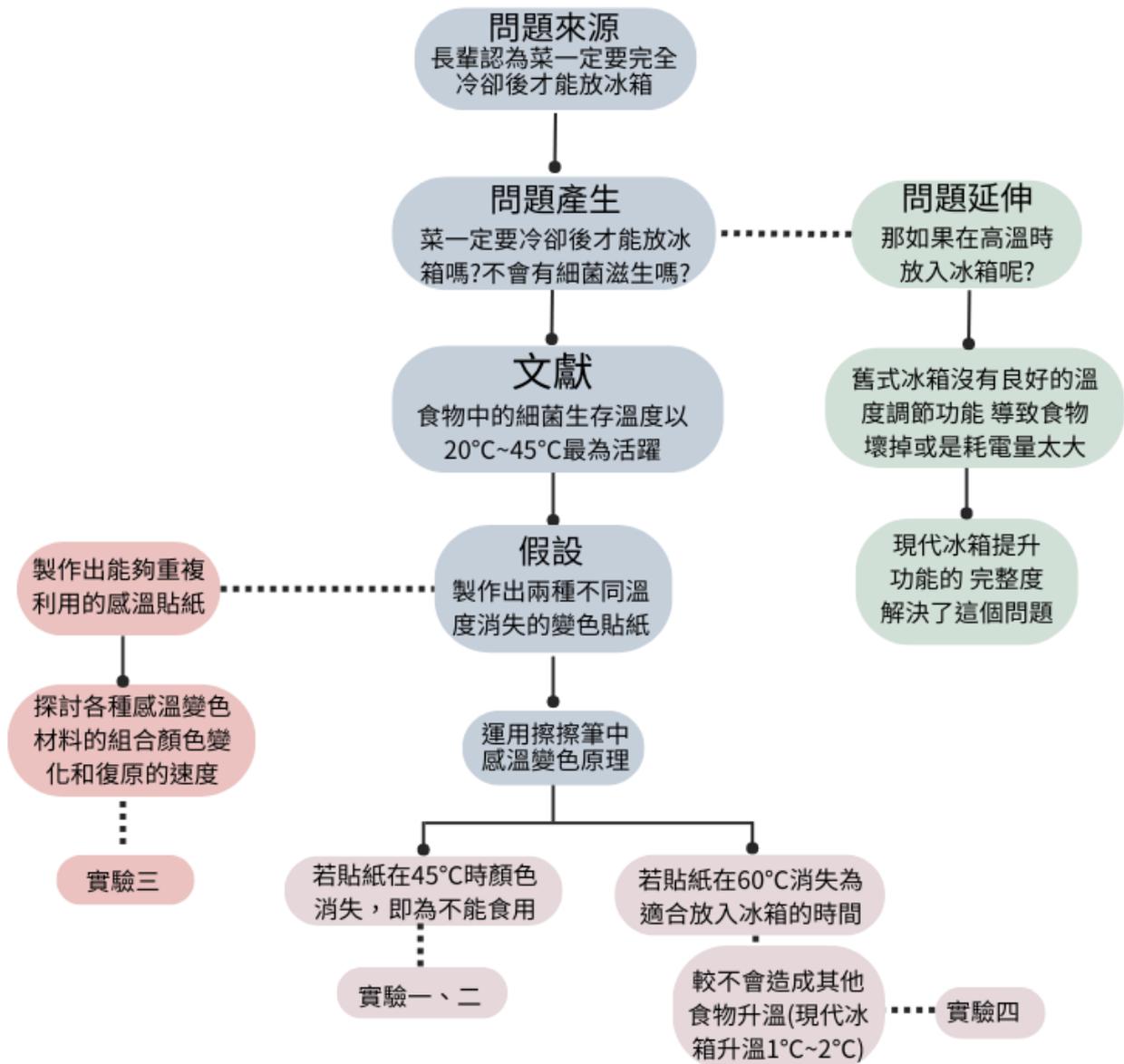
藥匙二個	電子秤一個 (最小單位： 0.01g)	雄獅合成糊一罐	黑色感溫粉 20g (有色<31°C<無色)
玻棒五根	醬油碟六十個	0 號夾鏈袋六十個	百樂擦擦筆黑色 筆芯二五隻
百樂擦擦筆紅色 筆芯三隻	70 磅紙(3cmx5cm) 六十張	奇異筆一隻	1000ml 燒杯二個
溫度計一個	紅色感溫粉 5g (有色<31°C<無色)	試管夾五個	膠帶一捆 (3M 可撕膠帶)
板夾一個	30 cm 直尺一隻	小蘇打粉 0.2g	低筋麵粉 0.2g
三用電表一個	蒸發皿五個	玻片 36 片	加溫燈一台
智慧型手機			

註：本實驗有使用特定的智慧型手機，以確保照片拍照與顏色呈現的標準一致。

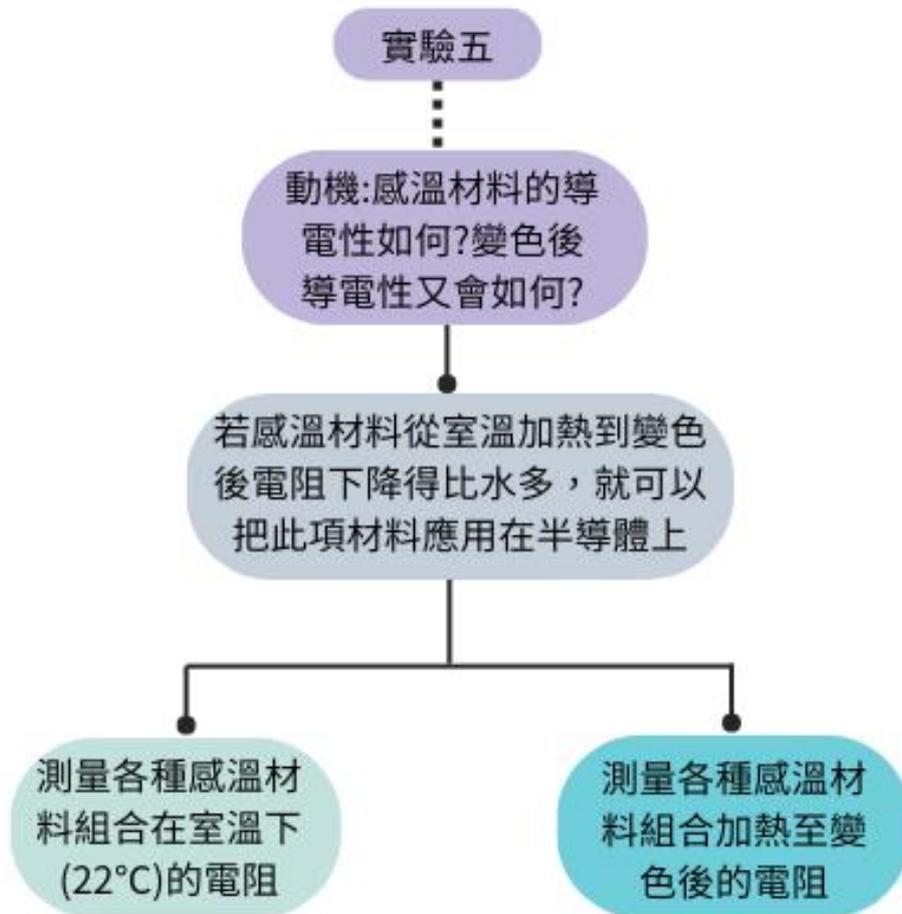
## 參、研究過程或方法

### 一、研究架構圖

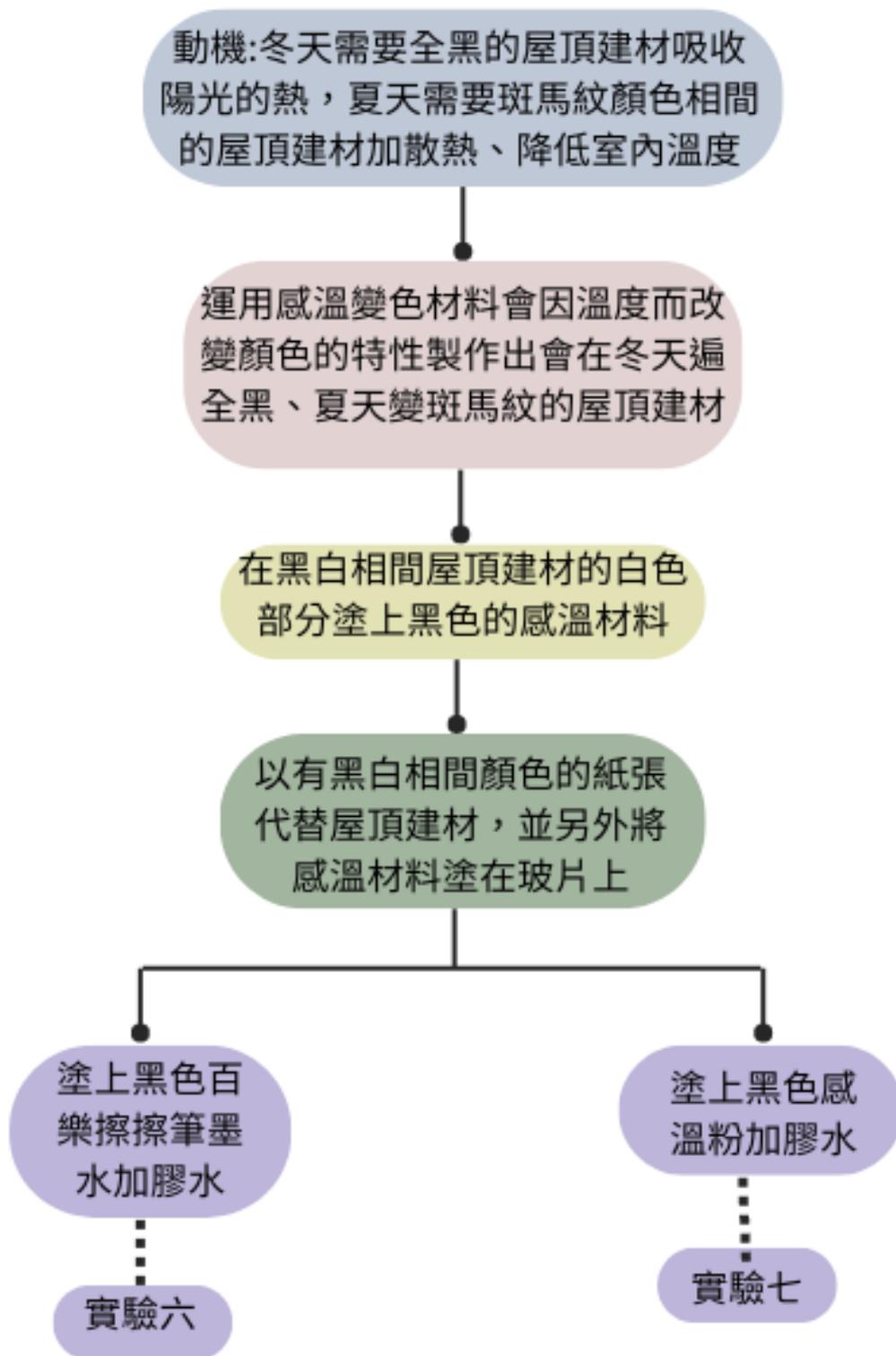
#### (一) 感溫變色貼紙設計



## (二) 可變電阻研究設計



### (三) 感溫變色建材設計



## 二、研究方法

以下分別依據七個研究目的來設計實驗（實驗一~實驗七），來找出對應的結果並進行討論。

### （一）實驗一：找出溫度接近 45°C 顏料比例的範圍

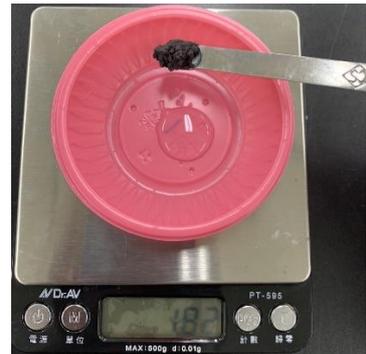
#### 1. 實驗過程：



1. 碟子底部用奇異筆寫上編號



2. 依該編號加入對應的合成糊 g 數



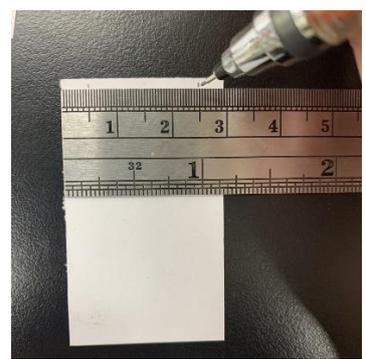
3. 依該編號加入對應的感溫粉 g 數



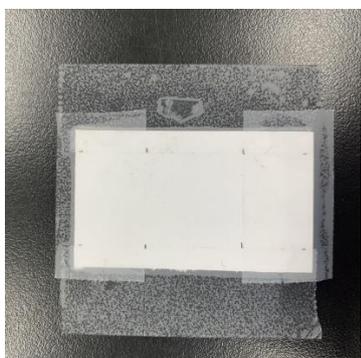
4. 依該編號加入對應的百樂擦擦筆顏料 g 數



5. 攪拌 80 圈



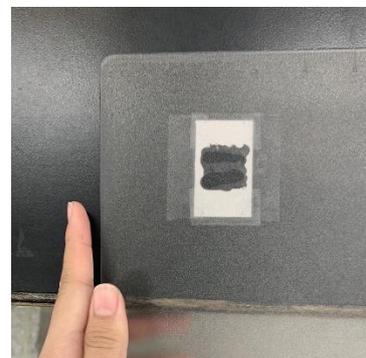
6. 在 3×5cm 的白紙上標記離長邊 0.5cm，離短邊 1.5cm 的各兩個點



7. 對準 4 點貼上 4 段膠帶



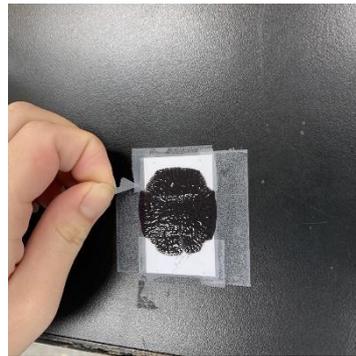
8. 將顏料塗滿沒有黏膠帶的正方形部分



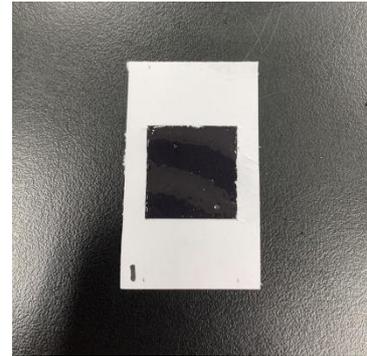
9. 將板夾輕蓋在白紙上方（不要重壓）



10.將裝滿 800 毫升水的 1000 毫升燒杯壓在板夾上方，並計時 30 秒，燒杯在 30 秒後取下



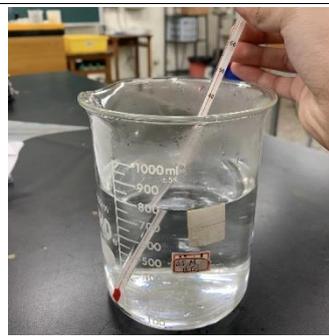
11.撕下膠袋



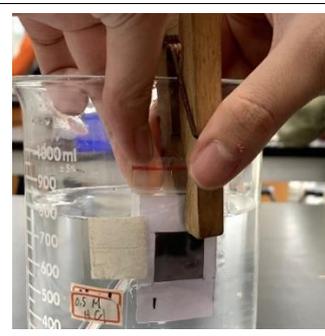
12.在左下角標註編號



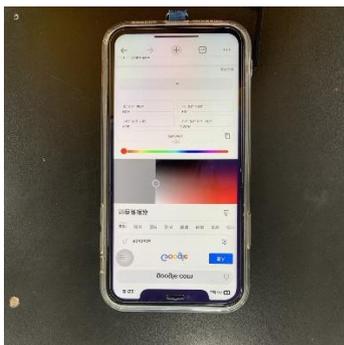
13.重複上述步驟完成編號 1 到編號 5，並把每張紙分別放入各自的鏈袋中密封好



14.準備 800 毫升 55°C 的水在 1000 毫升的燒杯中



15.把剛剛密封好的每個夾鏈袋都用試管夾夾在燒杯中



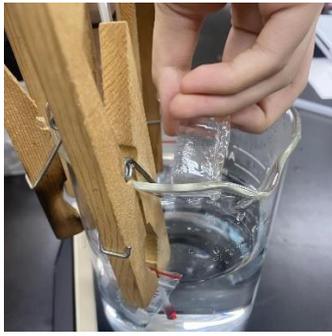
16.用智慧型手機在 Google 的顏色挑選器搜尋 #8e8e8e 的灰色色卡



17.把螢幕亮度調到對齊專注模式平行



18.把手機放在燒杯旁做對比，如果夾鏈袋中的顏色比手機上的灰色色卡深就要馬上記錄當時的溫度



19.觀察的過程中加入少許冰塊在燒杯中（因為 50°C 的水在室溫下降溫慢）

## 2. 實驗樣本的材料配方

	編號 1-1	編號 1-2	編號 1-3	編號 1-4	編號 1-5
感溫粉	0.40g	0.40g	0.40g	0.40g	0.40g
合成糊	1.00g	0.80g	0.60g	0.40g	0.20g
百樂黑色擦擦筆墨水	0.20g	0.40g	0.60g	0.80g	1.00g

## (二) 實驗二：找出 45°C 顏料變色的比例

1. 重複實驗一的步驟把編號 2-1 到編號 2-4 調配出來塗在紙上並密封置夾鏈袋中。

	編號 2-1	編號 2-2	編號 2-3	編號 2-4
感溫粉	0.40g	0.40g	0.40g	0.40g
合成糊	0.48g	0.46g	0.44g	0.42g
百樂黑色擦擦筆墨水	0.12g	0.14g	0.16g	0.18g

2. 重複實驗一的步驟將夾鏈袋夾入水中，並觀察每組顏色，對照是否達到比手機色卡標準，以及產生較深顏色的溫度。

## (三) 實驗三：探討各種感溫變色材料的組合顏色的變化和復原速度

1. 重複實驗 1 的步驟把編號 3-1 到編號 3-4 調配出來塗在紙上並密封置夾鏈袋中。

	編號 3-1	編號 3-2	編號 3-3	編號 3-4	編號 3-5
感溫粉		0.4g		0.4g	0.10g
合成糊			0.20g	0.42g	0.20g
百樂紅色擦擦筆墨水	用筆芯塗 在紙上		0.10g	0.18g	0.10g

2. 準備 800 毫升 65°C 熱水置於 1000 毫升燒杯中。

- 將編號 3-1 到編號 3-5 的夾鏈袋用試管夾夾在燒杯內。
- 觀察、比較每個編號的顏色，並記錄。
- 將所有夾鏈袋拿出水中，比較每個編號的顏色復原速度（對照標準為顏色復原成全黑色），並做記錄。

#### （四）實驗四：探討有什麼物質能維持擦擦筆墨水的變色溫度

- 依照實驗 1 的方法將其他材料（下列表格）及顏料依比例（其他材料 0.1g：百樂顏料 0.2g）加進碟子中進行攪拌。

	編號 4-1	編號 4-2	編號 4-3	編號 4-4	編號 4-5	編號 4-6	編號 4-7
百樂擦擦 筆墨水	0.20g	0.20g	0.20g	0.20g	0.20g	0.20g	0.20g
加入的其 他物質	小蘇打粉 0.10g	麵粉 0.10g	水彩 0.10g	廣告顏料 0.10g	原子筆的 墨水 0.10g	膠水 0.10g	細砂糖 0.10g

- 將調配出來的顏料塗在紙上並夾進夾鏈袋中。
- 將每個夾鏈袋放入 65°C 的 800 毫升水中，觀察 65°C 到 55°C 時每組的顏色變化，並做記錄。
- 將夾鏈袋全部拿出水中，並觀察和記錄顏色變化。
- 最後將所有夾鏈袋放入 0°C 冰水中，並觀察和記錄其顏色變化。由於溫度放進 60°C 時會變淺，但顏色只能在 0°C 的環境變深，因此將觀察溫度是否隨著溫度降低而有顏色變深。

#### （五）實驗五：感溫顏料在不同溫度下的電阻

- 將對應的墨水和水比例(下表)加進蒸發皿中。

	編號 5-1	編號 5-2	編號 5-3	編號 5-4	編號 5-5	編號 5-6	編號 5-7
材料	15.0g 水	1.0g 墨水	1.0g 感溫 粉	1.0g 水+ 0.5g 感溫 粉	1.0g 墨水 + 0.5g 感 溫粉	0.5g 水+ 0.5g 墨水	0.4g 水+ 0.4g 墨水 + 0.2g 感 溫粉

- 使用玻棒將其攪拌混和均勻。
- 將三用電錶的香蕉頭插入蒸發皿中，香蕉頭兩者要間隔一公分，讀取三用電表數值上的數字跳動到停下來，記錄起該電阻的數字。
- 將其使用加熱板加熱到 60°C 變透明。
- 將三用電錶的香蕉頭插入加熱過的蒸發皿中，香蕉頭兩者要間隔一公分，等待電錶上的數字跳動到停下來，記錄起該電阻的數字。

## (六) 實驗六：擦擦筆墨水於建築材料上的應用

1. 把對應的膠水和黑墨水比例(下表)塗在玻片上。

	編號 6-1	編號 6-2	編號 6-3
膠水	0.2g	0.2g	0.2g
墨水	0.2g	0.3g	0.4g

2. 使用玻棒把墨水和膠水攪拌混和均勻，並塗在玻片上。
3. 將玻片放入風乾機風乾。
4. 用奇異筆將白紙畫成斑馬紋的圖案。
5. 將風乾後的玻片放在斑馬紋特定區域處排好。
6. 將加溫燈至於實驗品上，並把溫度計放在一旁。
7. 使用智慧型手機在每升溫 5°C時拍一次照片(以當時室溫為起始點)，記錄變色的狀況。

## (七) 實驗七：感溫粉於建築材料上的應用

1. 把對應的膠水和墨水比例(下表)塗在玻片上。

	編號 7-1	編號 7-2	編號 7-3
膠水	0.2g	0.2g	0.2g
感溫粉	0.2g	0.3g	0.4g

2. 使用玻棒把墨水和膠水攪拌混和均勻。
3. 將玻片放入風乾機風乾。
4. 用奇異筆將白紙畫成斑馬紋的圖案。
5. 將風乾後的玻片放在斑馬紋特定區域處排好。
6. 將加溫燈至於實驗品上，並把溫度計放在一旁。
7. 使用智慧型手機在每升溫 5°C時拍一次照片(以當時室溫為起始點)，記錄變色的狀況。

## 肆、研究結果

### 一、 實驗一：找出溫度接近 45°C顏料比例的範圍

#### 實驗結果

	編號 1-1	編號 1-2	編號 1-3	編號 1-4	編號 1-5
感溫粉克數	0.40g	0.40g	0.40g	0.40g	0.40g
合成糊克數	1.00g	0.80g	0.60g	0.40g	0.20g
百樂黑色擦擦筆墨水克數	0.20g	0.40g	0.60g	0.80g	1.00g
實驗結果	44.0°C	45.7°C	46.8°C	48.0°C	52.0°C

1. 夾鏈袋剛放進 55°C 水中時，顏色不會消失不見，而是變成淺灰色。
2. 編號 1-1 與編號 1-2 的變色結果，有落在我們所預期的範圍中，約 45°C。

## 二、 實驗二：找出 45°C 顏料變色的比例

### 實驗結果

1. 實驗結果如表格呈現

	編號 2-1	編號 2-2	編號 2-3	編號 2-4
實驗結果	45.0°C	46.0°C	46.5°C	47.0°C

2. 編號 2-1 的實驗結果是 45°C，因此找出了製作 45°C 感溫貼紙的最佳比例。

## 三、 實驗三：探討各種感溫變色材料的組合顏色的變化和復原速度

### (一) 實驗結果

1. 變成白色程度：

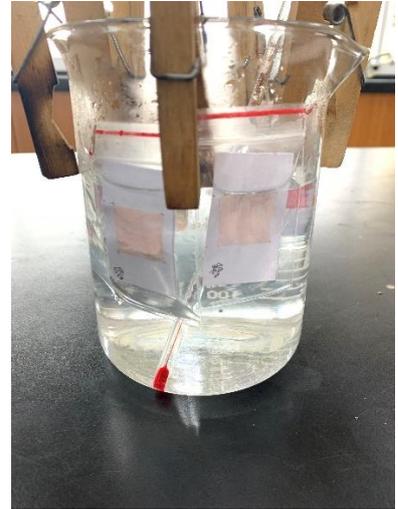
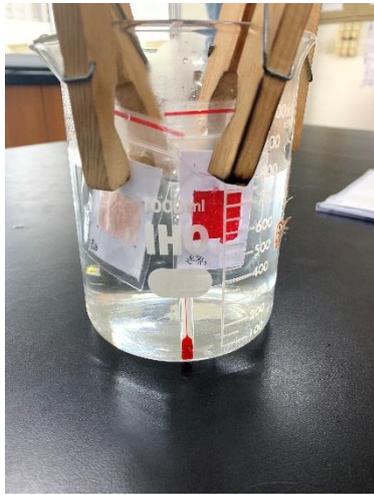
- (1) 編號 3-2 > 編號 3-3 > 編號 3-1 > 編號 3-4 > (稍微) 編號 3-5。
- (2) 編號 3-2：夾鏈袋中的感溫粉置於熱水中會呈現全白。
- (3) 編號 3-3：夾鏈袋裡紙上的顏料呈現白灰色偏白色，在紙上也有明顯的顏料痕跡。
- (4) 編號 3-1：夾鏈袋裡紙上的墨水呈現白灰色。
- (5) 編號 3-4：夾鏈袋裡紙上的顏料呈現灰色。
- (6) 編號 3-5：夾鏈袋裡紙上的顏料呈現灰色，但稍微比編號 3-4 深。

2. 顏色在室溫下 (17.5°C) 恢復成全黑的時間：

- (1) 編號 3-2 > 編號 3-5 > (稍微) 編號 3-4
- (2) 編號 3-1 和編號 3-3 顏色在室溫下顏色不會變，在冷凍庫中兩分鐘後則會回全黑。
- (3) 編號 3-2：一回到室溫顏色就變全黑。
- (4) 編號 3-5：在室溫下會慢慢的變黑，18 秒後就變成了全黑。
- (5) 編號 3-4：在室溫下會慢慢的變黑，20 秒後就變成了全黑。
- (6) 編號 3-1：在室溫下顏色不會變，需要置於更低的溫度中才能變黑，在冷凍庫中兩分鐘後就變成了全黑。
- (7) 編號 3-3：在室溫下顏色不會變，需要置於更低的溫度中才能變黑，在冷凍庫中兩分鐘後就變成了全黑。

#### 四、 實驗四：探討有什麼物質能維持擦擦筆墨水的變色溫度

##### 實驗結果



編號 4-2 (左) 與編號 4-3  
(右), 65°C 的顏色狀態。

編號 4-4 (左) 與編號 4-5  
(右), 65°C 的顏色狀態。

編號 4-7 (左) 與編號 4-6  
(右), 65°C 的顏色狀態。

1. 編號 4-1：加上小蘇打粉的顏料太乾以至於無法塗在紙上。
2. 編號 4-2：加上麵粉的顏料放進 65°C 水中時顏色會變淺，但顏色只能在 0°C 時變深。
3. 編號 4-3：加上水彩的顏料在冰水中和熱水中都不會有顏色變化。
4. 編號 4-4：加上廣告顏料的顏料在冰水中和熱水中都不會有顏色變化。
5. 編號 4-5：加上原子筆墨水的顏料在冰水中會稍微變深。
6. 編號 4-6：加上膠水的顏料放進 65°C 熱水時會變淺，但顏色只能在 0°C 時變深。
7. 編號 4-7：糖：顏色在 65°C 熱水時顏色會有些微變化，但顏色只能在 0°C 回來。

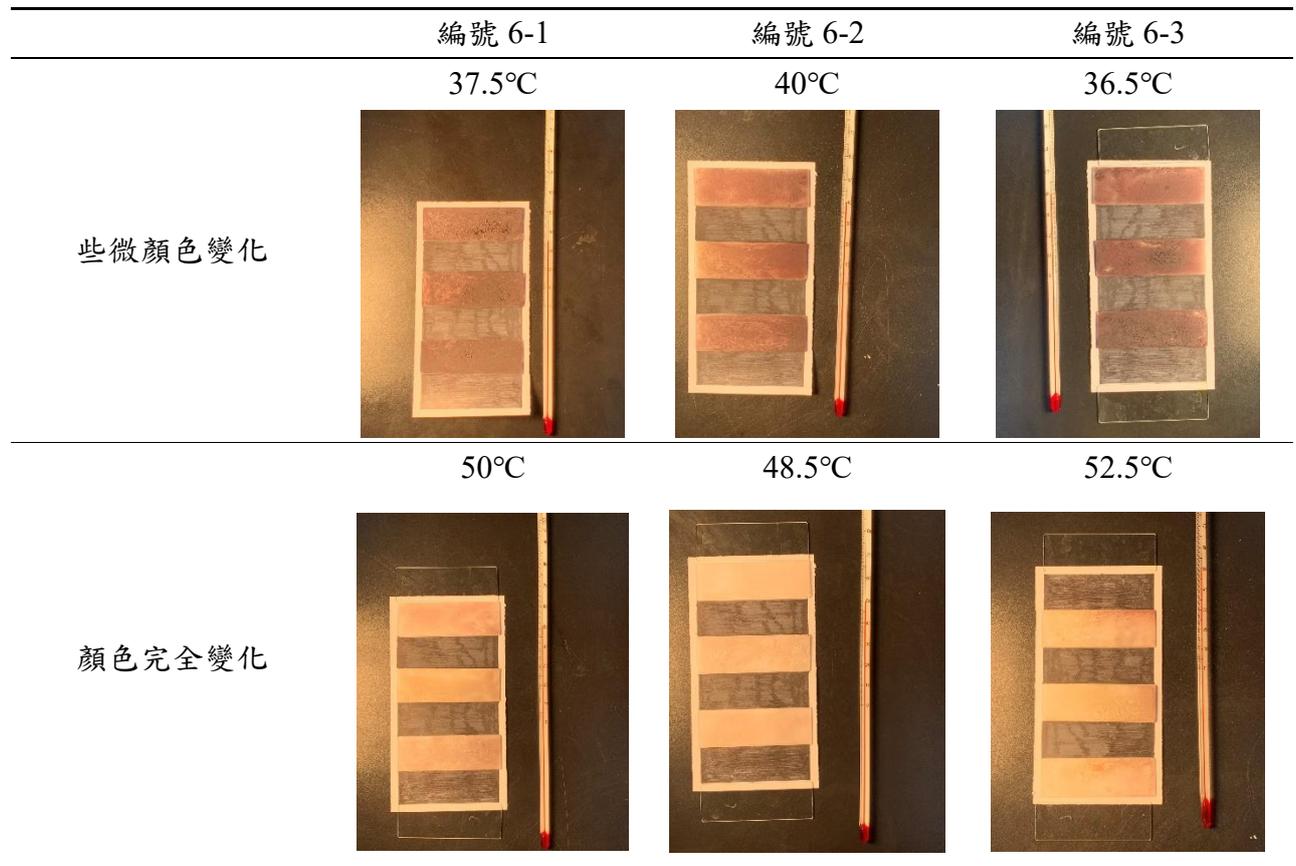
## 五、 實驗五：感溫顏料在不同溫度下的電阻

本實驗所測得的電阻值如下

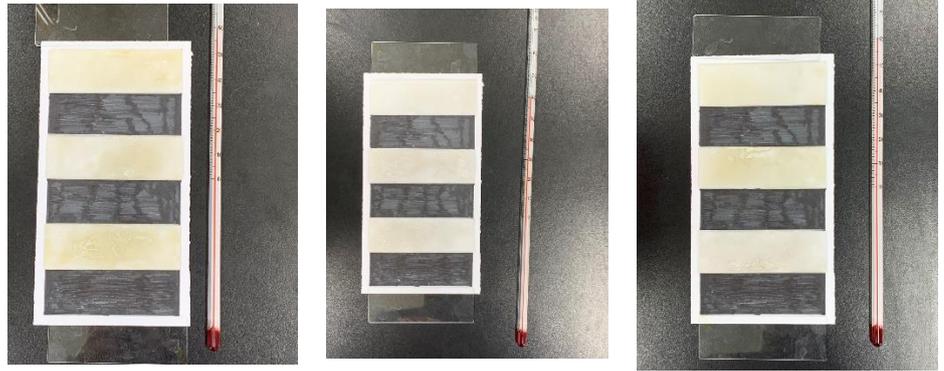
	編號 5-1	編號 5-2	編號 5-3	編號 5-4	編號 5-5	編號 5-6	編號 5-7
材料	15.0g 水	1.0g 墨水	1.0g 感溫粉	1.0g 水+ 0.5g 感溫粉	1.0g 墨水 + 0.5g 感溫粉	0.5g 水+ 0.5g 墨水	0.4g 水+ 0.4g 墨水 + 0.2g 感溫粉
20°C 電阻 值 (MΩ • cm)	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20
40°C 電阻 值 (MΩ • cm)	9.0	15.7	> 20	14.5	15.5	13.8	12.9

## 六、 實驗六：擦擦筆墨水於建築材料上的應用

1. 顏色變化如下



60°C



2. 在室溫下無法恢復為黑色，需放置冷凍庫內才可恢復。

## 七、 實驗七：感溫粉於建築材料上的應用

1. 顏色變化如下

編號7-1

編號7-2

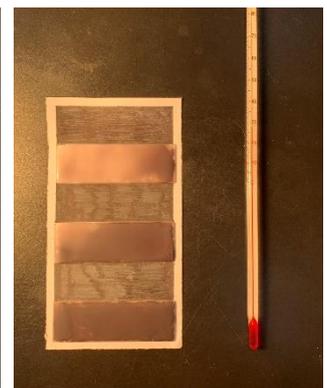
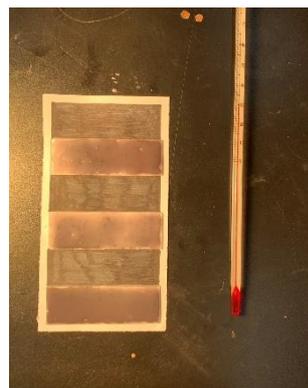
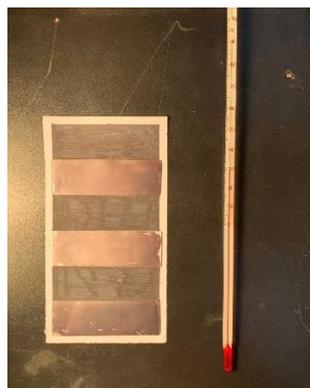
編號7-3

30°C

30°C

28°C

些微顏色變化

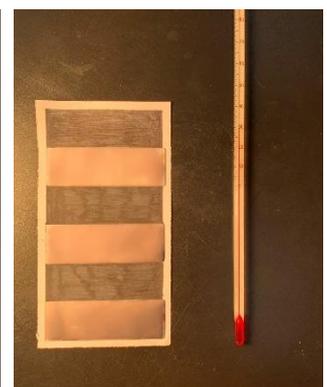
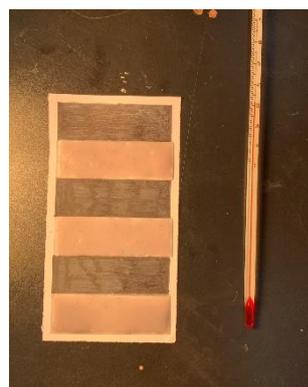
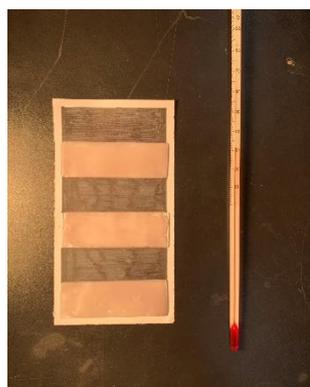


31°C

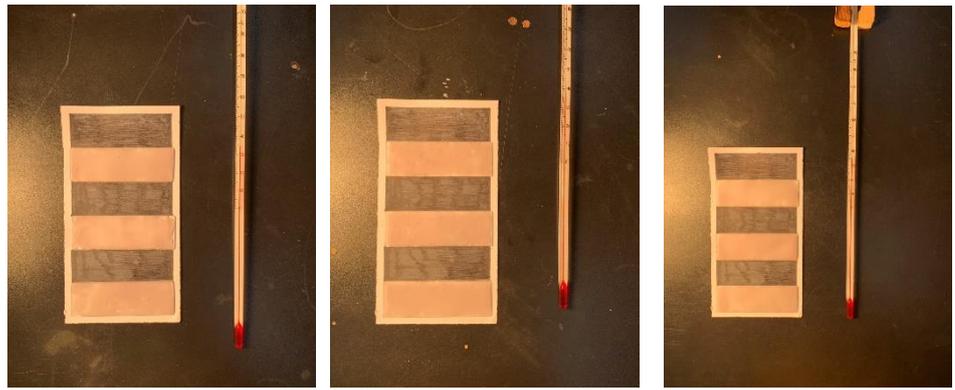
31°C

30°C

完全變化



35°C



2. 三者室溫下1分30秒顏色有些微恢復成黑色，2分鐘顏色完全恢復成黑色，此實驗品符合我們要應用在屋頂建材上的結果。

## 伍、討論

### 一、 實驗一：找出溫度接近 45°C 顏料比例的範圍

1. 根據實驗結果 1，推測可能的原因有以下兩種，第一是「溫度不夠高，還沒到顏色消失的溫度」，第二則是「擦擦筆墨水加感溫粉再加上合成糊顏色不可能會完全不見，顏色只會變淡」。
2. 根據結果，我們發現 45°C 介於編號 1-1 到 1-2 之間，所以我們若要找出 45°C 變色的比例，需要將編號 1-1 和 1-2 之間分成五等分，並將其進行更詳細的研究。

### 二、 實驗二：找出 45°C 顏料變色的比例

本研究將擷取編號 2-1 的比例，並將其按照比例加倍調配藥品，製作以下實驗所需的感溫貼紙。

### 三、 實驗三：探討各種感溫變色材料的組合顏色的變化和復原速度

1. 會呈現灰色的只有編號 3-4 和編號 3-5，而這兩組都有感溫粉和合成糊，但編號 3-2 的感溫粉會呈現全白，因此推測合成糊有種成分會影響感溫粉變全白色。
2. 在室溫下沒辦法變回全黑色的有編號 3-1 和編號 3-3，而這兩組都有百樂擦擦筆的墨水，需要到冷凍庫這種低溫的地方才能變全黑色，推測是因為百樂擦擦筆的顏色恢復溫度很低，讓編號 3-3 在室溫下顏色沒辦法變黑。

### 四、 實驗四：探討有什麼物質能維持擦擦筆墨水的變色溫度

實驗顯示各類顏料未能在我們預想的溫度進行變化，所以我們選擇不要採取此方法製作 60°C 的感溫變色貼紙，而是使用原本的百樂擦擦筆顏料製作出 60°C 的貼紙。

## 五、 實驗五：感溫顏料在不同溫度下的電阻

1. 本實驗的設計目的是希望透過感溫變色材料來設計可變電阻，其設計的依據原理推論有以下兩種可能：
  - (1) 根據資料可知感溫變色墨水的三要素為染料、顯色劑、變色溫度調整劑。首先有關染料部分，其與酸鹼反應有關，而感溫變色墨水其中的一個原理即是課本中「酸鹼指示劑」的應用，透過  $H^+$  或是  $OH^-$  離子與有機化合物的反應，改變其分子結構，使其共振的結構改變，其中顯色劑常常是有機弱酸，在此的功用就是提供上述的  $H^+$ ，因此當可見光照射時，由於吸收光譜的波段隨著共振的變化而改變，也就導致人們眼睛接受的光波長與原來的不同，如此一來就會能看到不一樣的顏色。而溫度所扮演的角色是當擦擦筆在摩擦時，因為產生高溫造成墨水與另一個稱為顯色劑的成分發生結構上的變化，在擦擦筆的例子是讓顏色消失，基於上述兩個原理，我們預期高溫時應該可以有更多氫離子解離出來，讓電阻得以更明顯的降低，藉此可作為可變電阻的材料，並藉由顏色看出現在的電阻值與溫度範圍。
  - (2) 另外一種可能是電環反應 (pericyclic reation)，生物學有提到維生素 D 是人體皮膚中用來對抗紫外光的重要分子，老師說那就是紫外光導致維生素 D 的共振結構或是雙鍵位置發生改變。然而，有些例子是高溫而形成電環反應，因此本組也假設可能高溫讓感溫變色墨水的顏料發生共振結構的變化，如此而導致吸收光譜的位移，達成變色墨水的功用，且因為共振結構的改變可能導致其極性等化學性的變異，電阻值也可能隨之改變，有可能用來設計成可變電阻的，或是類似半導體在較高溫度下有降低電阻特性的產品。
2. 本實驗根據研究結果的數據，表示在有感溫粉、墨水或是感溫粉加墨水的實驗設計中，高溫雖然會使水溶液的電阻下降，其電阻值還是高於相同溫度的純水電阻值，因此沒有達到我們預期中可能的酸鹼反應或是電環反應讓電阻值明顯下降的效果，這部分可能的原因是對變色墨水或是感溫粉的內容物不夠了解，查了不同的資料顯示這些變色顏料的成分通常是商業機密，無法明確地得知其內容物，因此儘管反應過程中確實有酸鹼等反應，但反而阻止水分子的解離，進而阻礙  $H^+$  或是  $OH^-$  離子的產生，使得預期中電阻下降幅度不如預期。
3. 根據上述的分析，並未做出預期中可以隨著溫度改變電阻，並以顏色作為指示的適合產品。

## 六、 實驗六：擦擦筆墨水於建築材料上的應用

1. 用擦擦筆的墨水來設計黑白相間仿斑馬紋的屋頂，靈感來自科學網站上的文章，提及斑馬紋可能跟白色與黑色吸熱程度不同，因此可以產生熱對流幫助散熱，然而，本實驗所使用的擦擦筆墨水，雖然在高溫會變成白色，但在室溫下無法恢復為黑色，需放置冷凍庫內才可恢復，這不符合本組屋頂設計的要求，不適合應用在屋

頂建材上，因為我們原本的預期是高溫時屋頂變成白色可以反射光線，另外產生冷熱對流，降低屋頂的溫度，進而降低室內溫度，但在低溫的狀態下，黑色的屋頂可以恢復成黑色，快速吸收陽光的輻射熱，讓室內的溫度可以升高，減少暖氣的使用。

2. 若要將本實驗應用的話，其溫差可能要介於零下到高溫 40°C 以上的地區，但地球上這樣的地區極少，且罕有人煙，以吐魯番盆地為例其終年最高溫紀錄 48°C，最低溫 -28°C 才有可能適合這樣的建材，因此我們設計實驗七來解決問題。

## 七、 實驗七：感溫粉於建築材料上的應用

本實驗改由感溫粉來代替擦擦筆的墨水，發現其變色溫度在 35°C 以上就會變成白色，這是適合像是夏天高溫的台灣，動輒 40°C 起的氣溫，若是能藉此調控屋頂或是外牆的溫度的話，將可有效的節省夏天空調的運作功率，而相對的在冬天時，則會維持在黑色的狀態，幫助白天吸收太陽的輻射熱。

## 陸、結論

- 一、依據「找出溫度接近 45°C 顏料比例的範圍」實驗，找出編號 1-1 的變色溫度為 44.0°C，而編號 1-2 變色溫度為 45.7°C，最接近 45°C，所以我們取用這兩組比例找出更接近 45°C 的比例。
- 二、經由「找出 45°C 顏料變色的比例」實驗，編號 2-1 的消失溫度符合我們的需求，可以使用此比例製作更多的感溫變色貼紙，黏貼在鍋碗等器皿上，幫助人們知道該廚具、餐具的溫度避免被燙傷。
- 三、藉由「探討各種感溫變色材料的組合顏色的變化和復原速度」實驗，發現顏料中若有添加百樂擦擦筆顏料，在室溫下無法恢復顏色，要放入冷凍庫中才能恢復，而顏料中有合成糊和感溫粉，顏色無法完全消失。
- 四、透過「探討有什麼物質能維持擦擦筆墨水的變色溫度」實驗，指出擦擦筆的顏料無法與其他原子筆等墨水混用，因為變色效果不如預期。
- 五、在「感溫顏料在不同溫度下的電阻」實驗，因為墨水或感溫顏料都會影響到水本身的電阻，並且造成更大的電阻值，因此不適合做為可變電阻的材料。
- 六、由「擦擦筆墨水於建築材料上的應用」實驗，可知若要在屋頂上使用擦擦筆顏料作為變色建材，其變色範圍不適合也無法應用在大部分人類所居住的環境。
- 七、藉由「感溫粉於建築材料上的應用」實驗，得到預期中的結果，其變色範圍為人類生存環境所需，在 37°C 高溫時會成白色，低溫時會形成黑色，若使用在屋頂建材上，可以調節室內溫度。

## 柒、參考文獻資料

### 一、市售商品資訊

- 感溫變色唇膏 <https://reurl.cc/A4l513>
- 感溫變色衣 <https://cnmobile.prnasia.com/story/166420-1.shtml>
- 感溫變色湯匙 <https://www.ruten.com.tw/item/show?22038415413407>
- 感溫變色玻璃杯 <https://shp.ee/4zu00fo>
- 變色碗 <https://tw.bid.yahoo.com/item/100155757493?>
- 變色熱水袋 [http://www.taiwanstanch.com/zh\\_tw/prodDetail.asp?id=145](http://www.taiwanstanch.com/zh_tw/prodDetail.asp?id=145)
- 變色變色奶瓶 [https://m.sohu.com/a/416992910\\_120103564/?pvid=000115\\_3w\\_a](https://m.sohu.com/a/416992910_120103564/?pvid=000115_3w_a)
- 變色雨傘 <https://www.books.com.tw/products/N011085329>
- 傳真紙(感溫原理)<https://www.cfw-copy.com.tw/fax-paper.html>
- 感溫戒指 <https://reurl.cc/aLD3vZ>
- 佳溫紅心的平底鍋 <https://reurl.cc/QeoM65>
- 感溫變色指甲油 <https://www.ruten.com.tw/item/show?22322841942256>

### 二、參考文獻

- 方智 (2009)。有機化學 (下)。及第出版社。
- 柯秀芬 (2017)。感溫變色油墨適性研究與應用。中華印刷科技年報，76-89。  
<https://www.airitilibrary.com/Article/Detail?DocID=a0000537-201704-201707030021-201707030021-76-89>
- 陳瑋駿 (2021)。麻瓜也能輕鬆擁有的隱形墨水？解開感溫墨水變色之謎！。科學月刊，618。<https://www.scimonth.com.tw/archives/5226>
- 張啟祐 (2012)。感溫變色材料的實驗與設計運用 (未出版之碩士論文)。嶺東科技大學。  
<https://doi.org/10.6823%2fLTU.2012.00023>