

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 生活與應用科學科

第二名

080803

酷筆

學校名稱：台中市北屯區東光國民小學

作者： 小六 陳冠廷 小五 陳佳宏 小五 陳宗佑 小六 沈立婷	指導老師： 方玉玲 吳文賢
---	-----------------------------

關鍵詞： 感溫粉

酷筆

壹.摘要：

同學間流行使用 Pilot 可擦拭魔擦筆，經研究後發現魔擦筆墨水含有感溫粉，會因摩擦生熱而溫度升高至 59°C 以上時導致墨水顏色消失，在 0°C 以下時會恢復顏色。而放進冰箱冷凍區就可以恢復筆跡。

實驗中，我們用安全又易取得的膠水，加上黃色水彩及紅、藍色感溫粉調和成使用的墨水，最佳比例為黃色膠水：紅色感溫粉：藍色感溫粉=3：1：1。且由筆跡顏色變成黃色可知熱湯可能燙手或燙嘴（44°C 以上）；當顏色呈現咖啡色，表示容器內的溶液還未退冰（19°C 以下），最好等到轉變為墨綠色（20°C 以上）時再健康飲用。我們可以利用安全、經濟的冷熱兩用之「酷筆」，畫在不同材質的容器上，以達到提示熱燙、退冰的效果是值得推廣。

貳.研究動機：

同學間流行使用 Pilot 可擦拭魔擦筆，我們很好奇究竟是什麼因素讓魔擦筆的顏色變不見了？原來是感溫粉在搞怪。感溫粉除了可以應用在書寫文字外，我們想到可以利用感溫粉的特性，研發『酷筆』應用在生活上，將酷筆畫在湯鍋、杯子、飲料罐外側...等，以外側顏色的變化就可以知道熱湯是否燙手或燙嘴、飲料是否已退冰可以健康的飲用、奶瓶內的乳品溫度是否安全。爲了要解決這些問題及研發『酷筆』，我們請老師指導進行一連串的研究。

參.研究目的：

- 一. 探討 Pilot 魔擦筆可被擦拭的原因。
- 二. 探討不同的溶液對應用感溫粉的影響。
- 三. 探討不同的材質對感溫粉混和液附著程度的影響。
- 四. 探討感溫粉混和液的變色溫度區間。
- 五. 研發冷熱兩用的酷筆及應用。

肆.研究設備及器材：

Pilot 魔擦筆、飛龍橡皮擦、白金橡皮擦、蜻蜓橡皮擦、中國製橡皮擦、筆樂原子筆、SKB 原子筆、三菱中性筆、百樂中性筆、王樣不透明水彩、保利龍膠、透明漆、膠水、指甲油、白膠、沙拉油、43°C 藍色感溫粉、22°C 紅色感溫粉、打火機、吹風機、溫度計、燒杯、量筒、滴管。

伍.研究過程、結果及討論：

一. 探討 Pilot 魔擦筆可被擦拭的原因

想法：每支 Pilot 魔擦筆的筆尾有一塊橡膠稱爲擦拭端，我們想要瞭解，不同顏色魔擦筆的擦拭端是不是可以交互使用？用其他的橡皮擦來擦拭，效果一樣嗎？擦拭端可以擦拭其他的筆墨水嗎？爲了探討這一連串的問題，我們蒐集不同顏色的 Pilot 魔擦筆進行研究。

(一) 探討不同顏色魔擦筆的擦拭端交互使用的效果

1.方法：

- (1) 用黑色、藍色、紅色、綠色 Pilot 魔擦筆的顏色端分別畫在紀錄表格內。
- (2) 其中一格分別以大小相當的力道，用黑色、藍色、紅色、綠色 Pilot 魔擦筆的擦拭端擦拭線段中間部位。
- (3) 計算每格擦拭的來回次數。
- (4) 觀察記錄擦拭結果。



黑色、藍色、紅色、綠色 Pilot 魔擦筆



Pilot 魔擦筆的顏色端分別畫在紀錄表格內

2.結果：

表 1-1.不同顏色魔擦筆的擦拭端交互使用的擦拭效果

控制變因：紙張、魔擦筆廠牌

操作變因：魔擦筆顏色端、魔擦筆擦拭端

應變變因：擦拭效果（○：完全擦拭 x：無法擦拭）、擦拭次數

魔擦筆顏色		黑筆 顏色端	藍筆 顏色端	紅筆 顏色端	綠筆 顏色端
黑筆 擦拭端	擦拭效果	○	○	○	○
	擦拭次數	4	4	4	4
藍筆 擦拭端	擦拭效果	○	○	○	○
	擦拭次數	4	4	4	4
紅筆 擦拭端	擦拭效果	○	○	○	○
	擦拭次數	4	4	4	4
綠筆 擦拭端	擦拭效果	○	○	○	○
	擦拭次數	4	4	4	4

3.發現：

- (1) 黑筆、藍筆、紅筆、綠筆的擦拭端都可以交互使用，擦拭效果相同。
- (2) 黑筆、藍筆、紅筆、綠筆的擦拭端以大小相當的力道，大約擦拭 4 次就可以擦拭乾淨。

4.討論：

- (1) 魔擦筆的擦拭端是一塊橡膠，經過與紙的摩擦後，可以擦拭魔擦筆的墨水，推測可能是因為紙被摩擦後，有墨水的紙表面纖維被磨掉。所以接下來就嘗試用其他的橡皮擦來擦拭，看看擦拭的效果一樣嗎？

顏色端 \ 擦拭端	黑筆	藍筆	紅筆	綠筆
黑筆	—	—	—	—
藍筆	—	—	—	—
紅筆	—	—	—	—
綠筆	—	—	—	—

(二) 探討用不同的橡皮擦來擦拭魔擦筆墨水的效果

1.方法：

- (1) 將黑色、藍色、紅色、綠色的魔擦筆顏色端分別畫在紀錄表格內，以大小相當的力道分別用魔擦筆的擦拭端、飛龍橡皮擦、白金橡皮擦、蜻蜓橡皮擦、中國製橡皮擦擦拭線段中間。
- (2) 計算每格擦拭的來回次數。如果擦拭 50 次仍無法完全擦拭，則停止擦拭。
- (3) 觀察記錄擦拭結果。

2.結果：

表 1-2.不同的橡皮擦來擦拭魔擦筆墨水的效果

控制變因：紙張、魔擦筆廠牌

操作變因：擦拭物、魔擦筆顏色

應變變因：擦拭效果（○：完全擦拭 ◐：輕微擦拭 ×：無法擦拭）、擦拭次數

魔擦筆顏色 擦拭物		黑筆	藍筆	紅筆	綠筆
		魔擦筆 擦拭端	○	○	○
飛龍牌 橡皮擦	擦拭效果	×	×	×	×
	擦拭次數	50	50	50	50
白金牌 橡皮擦	擦拭效果	×	×	×	×
	擦拭次數	50	50	50	50
蜻蜓牌 橡皮擦	擦拭效果	×	×	×	×
	擦拭次數	50	50	50	50
中國製 橡皮擦	擦拭效果	◐	◐	◐	◐
	擦拭次數	50	50	50	50

3.發現：

- (1) 只有魔擦筆的擦拭端可以完全擦拭魔擦筆的墨水。
- (2) 用其他廠牌橡皮擦擦拭 50 次的時候仍然無法完全擦拭魔擦筆的墨水，但是顏色有變淡的現象。

4.討論：

- (1) 由這實驗的結果，證明前面的推測是不成立的。所以魔擦筆的擦拭端可以完全擦拭墨水不是因為含有墨水的紙表面纖維被磨掉。
- (2) 魔擦筆的擦拭端可以完全擦拭魔擦筆的墨水，那麼魔擦筆擦拭端可以擦拭其他的筆墨水嗎？接著就著手實驗探討這疑問。

擦拭物	顏色端			
	黑筆	藍筆	紅筆	綠筆
魔擦筆	○	○	○	○
飛龍牌橡皮擦	×	×	×	×
白金牌橡皮擦	×	×	×	×
蜻蜓牌橡皮擦	×	×	×	×
中國製橡皮擦	◐	◐	◐	◐
	50	50	50	50

(三) 探討魔擦筆擦拭端擦拭其他筆墨水的效果

1.方法：

- (1) 用魔擦筆、筆樂原子筆、SKB 原子筆、三菱中性筆、百樂中性筆分別畫在紀錄表格內，以大小相當的力道分別用魔擦筆的擦拭端擦拭線段中間。
- (2) 計算每格擦拭的來回次數。如果擦拭 50 次仍無法完全擦拭，則停止擦拭。
- (3) 觀察記錄擦拭結果。

2.結果：

表 1-3.魔擦筆擦拭端擦拭其他筆墨水的效果

控制變因：紙張、魔擦筆擦拭端

操作變因：筆的種類

應變變因：擦拭效果（○：完全擦拭 x：無法擦拭）、擦拭次數

筆		魔擦筆	筆樂 原子筆	SKB 原子筆	三菱 中性筆	百樂 中性筆
魔擦筆	擦拭效果	○	x	x	x	x
擦拭端	擦拭次數	4	50	50	50	50



魔擦筆、筆樂原子筆、SKB 原子筆、
三菱中性筆、百樂中性筆



魔擦筆擦拭端擦拭其他筆墨水的
結果

3.發現：

- (1) 只有魔擦筆的墨水可以被擦拭，其他廠牌的墨水無法被擦拭。

4.討論：

- (1) 綜合以上實驗結果，魔擦筆的擦拭端可以完全擦拭魔擦筆的墨水，但不能擦拭其他廠牌的墨水；用其他廠牌橡皮擦擦拭魔擦筆的墨水，顏色有變淡的現象。我們曾在三年級時上過『熱與溫度』單元時，學到摩擦會產生熱，所以我們推測魔擦筆的墨水可以被擦拭，可能是墨水含有特殊成分，在擦拭過程中**因摩擦生熱**而使墨水顏色產生變化。接著就探討熱對魔擦筆墨水的影響。

(四) 探討熱對魔擦筆墨水的影響

1.方法：

- (1) 將黑色、藍色、紅色、綠色的魔擦筆顏色端分別畫在紀錄表格及紙片。
- (2) 畫線之紙片分別以筆尾擦拭端摩擦、打火機加熱、吹風機加熱、70℃ 熱水

浸泡部分線段。

(3) 觀察記錄加熱部位線段的墨水顏色變化結果。

2.結果：

表 1-4.熱對魔擦筆墨水的影響

控制變因：紙張、魔擦筆

操作變因：熱源

應變變因：加熱部位線段的顏色變化（○：顏色消失 x：顏色不變）

熱源 \ 魔擦筆顏色	黑筆	藍筆	紅筆	綠筆
	擦拭端摩擦	○	○	○
打火機加熱	○	○	○	○
吹風機加熱	○	○	○	○
70°C 熱水	○	○	○	○



擦拭端摩擦中半部線段



打火機加熱左半部線段



吹風機加熱上半部線段



70°C 熱水浸泡下半部線段

3.發現：

(1) 以筆尾擦拭端摩擦、打火機加熱、吹風機加熱、70°C 熱水浸泡的部分線段墨水顏色消失了。

4.討論：

(1) 由這實驗結果，證明魔擦筆的墨水遇到熱確實會讓顏色消失。

(2) 魔擦筆墨水的顏色會因為高溫而消失，至於溫度是幾度時，才會使魔擦筆墨水顏色消失？而顏色消失的筆跡遇到低溫時會恢復顏色嗎？這是我們進一步

熱源 \ 顏色	黑筆	藍筆	紅筆	綠筆
熱源				
擦拭端	—	—	—	—
打火機	—	—	—	—
熱水	—	—	—	—
吹風機	—	—	—	—

需要探討的問題。

(五) 探討溫度對魔擦筆墨水顯色的影響

實驗一、找出魔擦筆墨水顏色消失的溫度區間

1.方法：

- (1) 將黑色、藍色、紅色、綠色的魔擦筆顏色端分別畫在紙片，並以透明膠帶護貝紙片。
- (2) 畫線之紙片部分線段分別以浸入 30°C、40°C、50°C、60°C、70°C 的清水。
- (3) 觀察記錄浸泡清水部份線段的顏色變化結果。

2.結果：

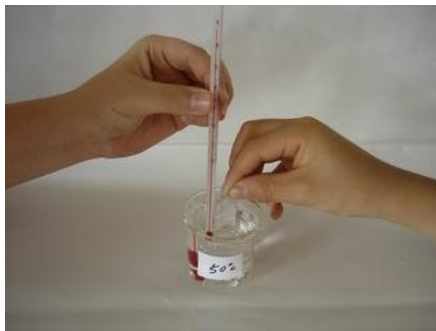
表 1-5-1.溫度 (30°C ~ 70°C) 對魔擦筆墨水顯色的影響

控制變因：紙張、魔擦筆

操作變因：水溫

應變變因：浸泡清水部份線段的顏色變化 (○：顏色消失 x：顏色不變)

魔擦筆顏色 水溫	黑筆	藍筆	紅筆	綠筆
30°C	x	x	x	x
40°C	x	x	x	x
50°C	x	x	x	x
60°C	○	○	○	○
70°C	○	○	○	○



畫線之紙片部分線段浸入 50°C 的清水



畫線之紙片部分線段浸入 60°C 的清水

3.發現：

- (1) 浸入 60°C、70°C 清水的部分線段顏色馬上消失，而 50°C 以下水溫對魔擦筆墨水顏色沒有影響。

4.討論：

- (1) 由實驗結果得知，魔擦筆墨水顏色消失的溫度區間可能為 51°C 至 60°C，更精確的變色溫度區間需經進一步實驗得知。



實驗二、找出魔擦筆墨水精確的顏色消失溫度區間

1.方法：

- (1) 將黑色、藍色、紅色、綠色的魔擦筆顏色端分別畫在紙片，並以透明膠帶護貝紙片。
- (2) 畫線之紙片部分線段分別以浸入 51°C、52°C、53°C、54°C、55°C、56°C、57°C、58°C、59°C、60°C 的清水。
- (3) 觀察記錄浸泡清水部份線段的顏色變化結果。
- (4) 以上步驟重複 3 次。

2.結果：

表 1-5-2.溫度 (51°C ~60°C) 對魔擦筆墨水顯色的影響

控制變因：紙張、魔擦筆

操作變因：水溫

應變變因：浸泡清水部份線段的顏色變化

(○：顏色消失 △：顏色暫時消失 ×：顏色不變)

魔擦筆 顏色 水溫	黑筆			藍筆			紅筆			綠筆		
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次	第 3 次
51°C	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
52°C	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
53°C	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
54°C	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
55°C	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
56°C	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
57°C	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
58°C	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
59°C	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
60°C	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

3.發現：

- (1) 浸入 55°C ~58°C 清水的部分線段顏色馬上消失，但是一離開清水紙片上的墨水顏色馬上顯現。浸入 59°C ~60°C 清水的部分線段顏色馬上消失，離開清水後顏色不會恢復。而 54°C 以下水溫對魔擦筆墨水顏色沒有影響。

4.討論：

- (1) 由實驗結果得知，魔擦筆墨水精確的顏色消失溫度區間為 55°C 至 59°C，59°C 以上顏色消失後呈穩定現象。
- (2) 本實驗魔擦筆墨水的顏色消失的溫度是 59°C 和網路上所說的 65°C，相差 6°C，經過重複實驗後確認應是 59°C。所以我們又學到了，網路的資料必須經過實驗證明，才能採用。

實驗三、顏色消失的筆跡遇到低溫時會恢復顏色嗎？

1.方法：

- (1) 將黑色、藍色、紅色、綠色的魔擦筆顏色端分別畫在紙片，並以透明膠帶護貝紙片。
- (2) 畫線之紙片部分線段浸入 70°C 清水，使顏色消失。
- (3) 步驟 2 之紙片分別浸入 25°C、20°C、15°C、10°C、5°C 的清水、0°C 冰塊水。
- (4) 觀察記錄浸泡清水的線段顏色變化結果。

2.結果：

表 1-5-3.溫度 (0°C ~ 25°C) 對魔擦筆墨水顯色的影響

控制變因：紙張、魔擦筆

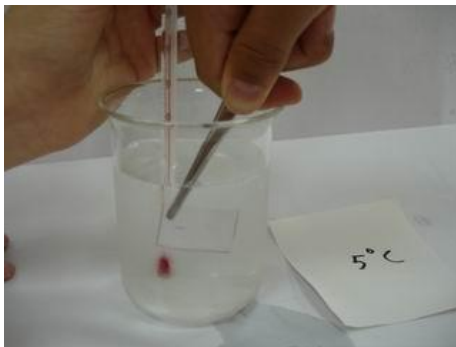
操作變因：水溫

應變變因：浸泡清水的線段顏色變化 (○：恢復顏色 x：未恢復顏色)

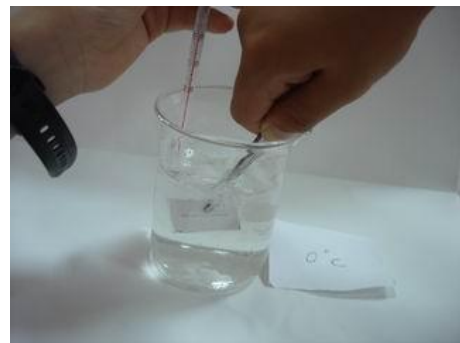
魔擦筆顏色 水溫	黑筆	藍筆	紅筆	綠筆
	25°C	x	x	x
20°C	x	x	x	x
15°C	x	x	x	x
10°C	x	x	x	x
5°C	x	x	x	x
0°C	○	○	○	○

3.發現：

- (1) 浸入 5°C 清水仍無法恢復筆跡顏色。
- (2) 紙片放入 0°C 冰塊水可以恢復筆跡顏色。



部分線段筆跡消失之紙片浸入 5°C 的清水



部分線段筆跡消失之紙片浸入 0°C 的冰塊水

4.討論：

- (1) 由實驗結果得知，魔擦筆墨水顏色恢復的溫度區間可能為 5°C 至 0°C，更精確的顯色溫度區間需經進一步實驗得知。

實驗四、找出魔擦筆墨水精確的恢復顏色溫度區間

1.方法：

- (1) 將黑色、藍色、紅色、綠色的魔擦筆顏色端分別畫在紙片，並以透明膠帶護貝紙片。
- (2) 畫線之紙片部分線段浸入 70°C 清水，使顏色消失。
- (3) 步驟 2 之紙片分別浸入 5°C、4°C、3°C、2°C、1°C 的清水、0°C 冰塊水。
- (4) 觀察記錄浸泡清水的線段顏色變化結果。
- (5) 以上步驟重複 3 次。

2. 結果：

表 1-5-4. 溫度 (0°C ~ 5°C) 對魔擦筆墨水顯色的影響

控制變因：紙張、魔擦筆

操作變因：水溫

應變變因：浸泡清水的線段顏色變化

(○：顏色完全恢復 △：部分顏色恢復 ×：未恢復顏色)

魔擦筆 顏色	黑筆			藍筆			紅筆			綠筆		
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次	第 3 次
5°C	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
4°C	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3°C	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2°C	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
1°C	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
0°C	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

3. 發現：

- (1) 紙片浸入 5°C、4°C、3°C 清水無法恢復筆跡顏色。
- (2) 紙片放入 2°C、1°C 清水，筆跡顏色有恢復的現象，但是顏色很淺。
- (3) 紙片放入 0°C 冰塊水，就可以完全恢復筆跡顏色。

4. 討論：

- (1) 由實驗結果得知，魔擦筆墨水精確的恢復顏色溫度區間為 2°C 至 0°C，0°C 以下恢復筆跡顏色後呈穩定現象。
- (2) 經過進一步測試，只要把被擦拭的魔擦筆墨水筆跡，放進冰箱冷凍區 (0°C 以下) 就可以恢復筆跡。

以上研究總結：

1. 不同顏色魔擦筆的擦拭端可以交互使用，而且擦拭效果相同，但不能擦拭其他廠牌的筆墨水。
 2. 用其他廠牌橡皮擦擦拭魔擦筆的墨水，顏色有變淡的現象。
 3. 魔擦筆墨水精確的顏色消失溫度區間為 55°C 至 59°C，59°C 以上顏色消失後呈穩定現象。精確的顏色恢復溫度區間為 2°C 至 0°C，0°C 以下恢復筆跡顏色後呈穩定現象。
 4. 被擦拭的魔擦筆墨水筆跡，只要放進冰箱冷凍區就可以恢復筆跡。
- 所以實驗證明魔擦筆的墨水可以被擦拭，是因為墨水含有某種特殊成分，會隨著溫度的改變而發生顏色的變化

想要瞭解魔擦筆墨水的成分，經電話詢問生產魔擦筆的公司，但其公司以商業機密為由拒絕告知成分。爲了要解決問題，我們就蒐集及參考相關文獻，結果發現原來魔擦筆墨水所含的特殊成分是感溫粉，感溫粉是微膠囊顏料，膠囊內有染料 (A)、顯色劑 (B) 及變色溫度調整劑 (C) 3 種成分，在常溫下顯色劑和染料結合而顯現顏色；當摩擦生熱至變色溫度以上時，變色溫度調節劑會與顯色劑結合，使得染料無法顯色而致顏色消失。



感溫粉除了可以應用在書寫文字外，我們想到可以利用感溫粉的特性，研發『酷筆』應用在生活上，將酷筆畫在湯鍋、杯子、飲料罐外側...等，以外側顏色的變化就可以知道熱湯是否燙手或燙嘴、飲料是否已退冰可以健康的飲用、奶瓶內的乳品溫度是否安全。所以緊接著就繼續探討感溫粉的特性及應用。

二.探討不同的溶液對應用感溫粉的影響

- 1.想法：從化工材料行買的感溫粉爲細小粉末狀，無法直接塗抹在物體表面上，所以必須先找出適用的基底溶液。
- 2.方法：
 - (1) 採購較易取得而且可直接塗抹附著在物體表面的溶液，分別是保利龍膠、白色水彩、透明漆、膠水、指甲油、白膠、水、沙拉油。
 - (2) 採購廠商現存的 43°C 藍色感溫粉、22°C 紅色感溫粉。
 - (3) 依廠商建議比例，各取步驟 (2) 1 平匙感溫粉並各別加入步驟 (1) 所列溶液 3 平匙攪拌均勻。
 - (4) 用筷子沾取混和液畫在紀錄表格上。
 - (5) 觀察記錄不同的溶液對應用感溫粉的影響。



43°C 藍色感溫粉、22°C 紅色感溫粉



1 平匙感溫粉加入 3 平匙溶液攪拌均勻

3.結果：

表 2-1. 不同的溶液對應用感溫粉的影響

控制變因：紙張

操作變因：不同的溶液、不同的感溫粉

應變變因：混和液附著在紙張的情形

(○：完全附著 ◐：不完全附著 ×：無法附著)

感溫粉 溶液	43°C 藍色感溫粉	22°C 紅色感溫粉
保利龍膠	○	○
白色水彩	○	○
透明漆	○	○
膠水	○	○
指甲油	○	○
白膠	○	○
水	×	×
沙拉油	×	×

4.發現：

- (1) 當混和液乾燥時，發現溶液為水、沙拉油，其感溫粉無法附著在紙張。其他的混和液都可以完全附著在紙上。
- (2) 操作時，保利龍膠及指甲油混和液在短時間內容易乾燥而硬化，不易操作。
- (3) 感溫粉不會溶解在實驗中的任一溶液。



5.討論：

- (1) 水混和液、沙拉油混和液乾燥時，其中的感溫粉容易剝離無法附著在紙張，是因為水、沙拉油本身對紙無黏著性。

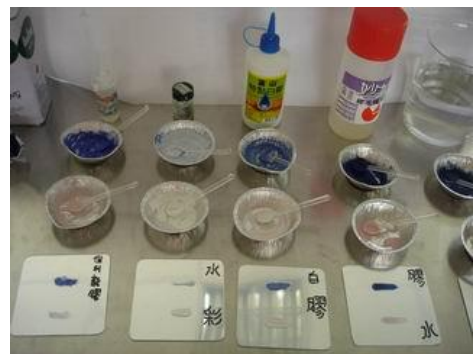
三.探討不同的材質對感溫粉混和液附著程度的影響

- 1.想法：由以上的實驗結果，得知水混和液、沙拉油混和液乾燥後無法附著在紙張，其他的混和液都可以完全附著在紙上。但是我們想要研發的『酷筆』不只是畫在紙上，也要能夠畫在其他材質上，所以想進一步探討不同的材質對感溫粉混和液附著程度的影響。
- 2.方法：
 - (1) 採購較易取得而且可直接塗抹附著在物體表面的溶液，分別是保利龍膠、白色水彩、透明漆、膠水、指甲油、白膠、水、沙拉油。
 - (2) 採購廠商現存的 43°C 藍色感溫粉、22°C 紅色感溫粉。
 - (3) 依廠商建議比例，各取步驟 (2) 1 平匙感溫粉並各別加入步驟 (1) 所列溶液 3 平匙攪拌均勻。

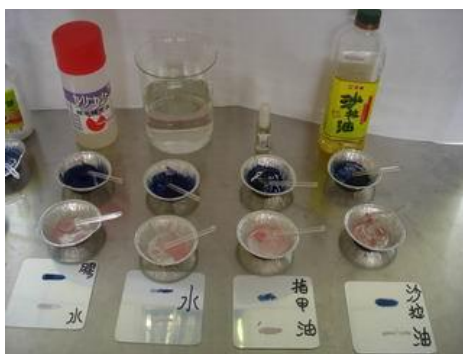
- (4) 用筷子沾取混和液分別畫在 PP 塑膠片、金屬蓋、鏡片、玻璃片、木條。
 (5) 觀察記錄不同的材質對感溫粉混和液附著程度的影響。



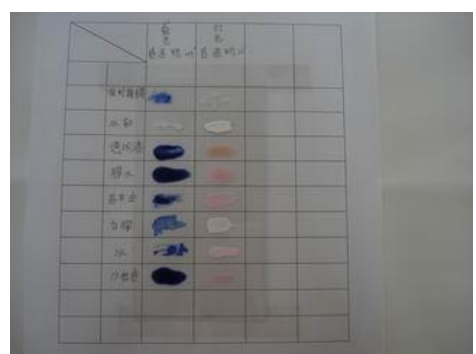
43°C 藍色感溫粉、22°C 紅色感溫粉及保利龍膠、透明漆等感溫粉混和液



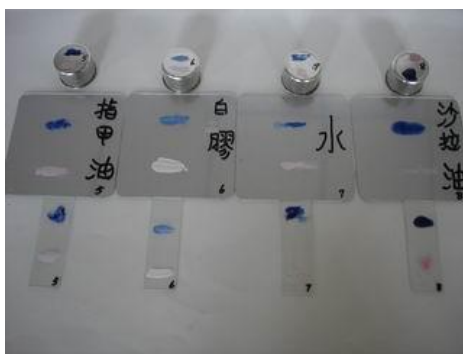
保利龍膠、白色水彩、白膠、膠水等感溫粉混和液



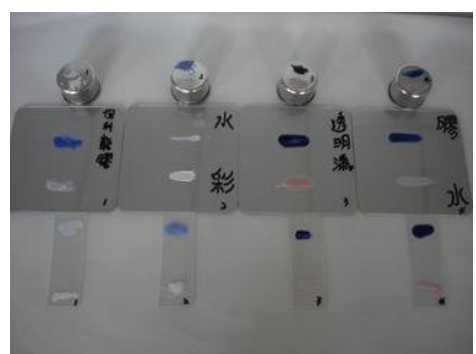
膠水、水、指甲油、沙拉油等感溫粉混和液



8 種感溫粉混和液分別畫在 PP 塑膠片



4 種感溫粉混和液分別畫在金屬蓋、鏡片、玻璃片



4 種感溫粉混和液分別畫在金屬蓋、鏡片、玻璃片

3.結果：

表 3-1. 不同的材質對感溫粉混和液附著程度的影響

控制變因：43°C 藍色感溫粉、22°C 紅色感溫粉

操作變因：不同的溶液、不同材質

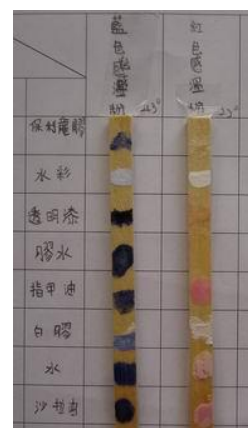
應變變因：混和液附著在不同材質的情形

(○：完全附著 D：不完全附著 x：無法附著)

材質 溶液	43°C 藍色感溫粉					22°C 紅色感溫粉				
	PP 塑膠 片	金 屬 蓋	鏡 片	玻 璃 片	木 條	PP 塑膠 片	金 屬 蓋	鏡 片	玻 璃 片	木 條
保利龍膠	D	D	D	D	○	D	D	D	D	○
白色水彩	D	D	D	D	○	D	D	D	D	○
透明漆	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
膠水	D	D	D	D	○	D	D	D	D	○
指甲油	D	D	D	D	○	D	D	D	D	○
白膠	D	D	D	D	○	D	D	D	D	○
水	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
沙拉油	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

4.發現：

- (1) 當水混和液、沙拉油混和液乾燥時，在 5 種材質上皆呈粉末狀，並無法附著在 5 種材質上。
- (2) 保利龍膠、白色水彩、膠水、指甲油、白膠的混和液塗抹在 PP 塑膠片、金屬蓋、鏡片、玻璃片等材質，當乾燥的時候成為薄片狀，容易以外力從這些材質上剝離；但是塗抹在木條上，較不易剝離。
- (3) 透明漆混和液塗抹在任何材質都能完全附著。
- (4) 操作時，保利龍膠及指甲油混和液在短時間內容易乾燥而硬化，不易操作。而白色水彩、白膠混和液的顏色較原感溫粉的顏色為淺。



5.討論：

- (1) 水混和液、沙拉油混和液乾燥時，其中的感溫粉容易剝離無法附著在 PP 塑膠片、金屬蓋、鏡片、玻璃片、木條，是因為水、沙拉油本身對這些材質無黏著性。
- (2) 保利龍膠、白色水彩、膠水、指甲油、白膠的混和液塗抹在 PP 塑膠片、金屬蓋、鏡片、玻璃片等材質，因溶液內含有不同的膠質，當乾燥的時候會成為薄片狀，容易以外力被剝離，是因為這些材質表面非常光滑，且這些溶液不易滲入材質內，所以無法牢固的附著。但是塗抹在木條上，乾燥時除了表層會形成薄片，且不易剝離，是因為木條有許多細孔，這些溶液內

的膠質滲入材質內，所以附著程度較好。

- (3) 透明漆因含有樹脂、固化劑、增塑劑...等成分，所以附著程度最好。但是使用透明漆需用香蕉水稀釋，而香蕉水具有毒性的有機溶劑，爲了安全及環保考量，所以不採用附著程度最好的透明漆作爲感溫粉混和液。

四.探討感溫粉混和液的變色溫度區間

想法：綜合以上實驗的發現及討論，下面的研究就以能真實呈現感溫粉顏色、操作方便、安全又環保、價錢便宜及容易取得的膠水，來製作『酷筆』內容物之感溫粉混和液。雖然感溫粉包裝上註明藍色感溫粉遇到 43°C 以上顏色會消失、紅色感溫粉遇到 22°C 以上顏色會消失，但是我們想要知道以膠水做成感溫粉混和液的變色溫度區間及顏色變化情形，才能夠進一步研發『酷筆』實際應用在生活上。

(一) 找出感溫粉混和液的變色溫度區間

1.方法：

- (1) 依廠商建議比例，取 1 平匙 43°C 藍色感溫粉加入 3 平匙膠水攪拌均勻。
- (2) 用筷子沾取混和液分別畫在紙片上，並以透明膠帶護貝紙片。
- (3) 將步驟 2 之紙片分別浸入 10°C、20°C、30°C、40°C、50°C、60°C、70°C 的清水。
- (4) 觀察記錄浸泡清水的紙片顏色變化情形。
- (5) 取 1 平匙 22°C 紅色感溫粉加入 3 平匙膠水攪拌均勻，重複步驟 (2)、(3)、(4)。
- (6) 取 1 平匙 43°C 藍色感溫粉、1 平匙 22°C 紅色感溫粉，加入 6 平匙膠水攪拌均勻，重複步驟 (2)、(3)、(4)。



2.結果：









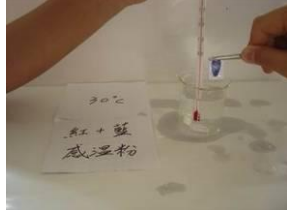









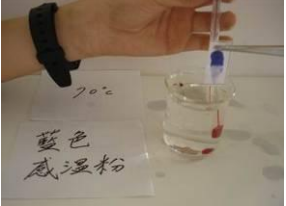
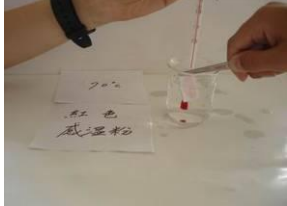
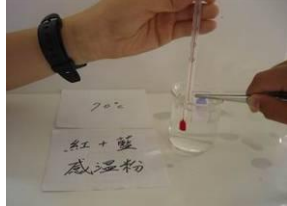
表 4-1. 感溫粉混和液的變色溫度區間

控制變因：紙張、膠水溶液、室溫 24°C

操作變因：水溫、43°C 藍色感溫粉、22°C 紅色感溫粉

應變變因：線段的顏色

感溫粉 水溫	43°C 藍色感溫粉	22°C 紅色感溫粉	43°C 藍色感溫粉 + 22°C 紅色感溫粉
10°C	藍色	紅色	深紫羅蘭
20°C	藍色	玫瑰紅	靛藍色
30°C	藍色	淺粉紅	紫藍色
40°C	藍色	淺粉紅	紫藍色
50°C	淺藍色	淺粉紅	淺紫色
60°C	淺藍色	淺粉紅	淺紫色

70°C	淺藍色	淺粉紅	淺紫色
感溫粉 水溫	43°C 藍色感溫粉	22°C 紅色感溫粉	43°C 藍色感溫粉 + 22°C 紅色感溫粉
10°C			
20°C			
30°C			
40°C			
50°C			
60°C			
70°C			

3.發現：

- (1) 藍色感溫粉混和液遇到 50°C 以上顏色會由藍色轉為淺藍色。
- (2) 紅色感溫粉混和液遇到 20°C 以上顏色會由紅色轉為玫瑰紅、30°C 以上再轉為淺粉紅。

(3) 藍色感溫粉加紅色感溫粉之混和液遇到 20°C 以上顏色會由深紫羅蘭色轉為靛藍色、30°C 以上轉為紫藍色、50°C 以上再轉為淺紫色。

4. 討論：

- (1) 由實驗結果得知，藍色感溫粉混和液變色溫度區間可能為 40°C 至 50°C，更精確的變色溫度區間需經進一步實驗得知。
- (2) 由實驗結果得知，紅色感溫粉混和液變色溫度區間可能為 10°C 至 30°C，更精確的變色溫度區間需經進一步實驗得知。
- (3) 由實驗結果得知，藍色加紅色感溫粉混和液變色溫度區間可能為 40°C 至 50°C 及 10°C 至 30°C，更精確的變色溫度區間需經進一步實驗得知。

(二) 找出感溫粉混和液精確的變色溫度區間

1. 方法：

- (1) 依廠商建議比例，取 1 平匙 43°C 藍色感溫粉加入 3 平匙膠水攪拌均勻。
- (2) 用筷子沾取混和液分別畫在紙片上，並以透明膠帶護貝紙片。
- (3) 將步驟 2 之紙片分別浸入 10°C、15°C、20°C、25°C、30°C、40°C、45°C、50°C 的清水。
- (4) 觀察記錄浸泡清水的紙片顏色變化情形。
- (5) 取 1 平匙 22°C 紅色感溫粉加入 3 平匙膠水攪拌均勻，重複步驟 (2)、(3)、(4)。
- (6) 取 1 平匙 43°C 藍色感溫粉、1 平匙 22°C 紅色感溫粉，加入 6 平匙膠水攪拌均勻，重複步驟 (2)、(3)、(4)。

2. 結果：


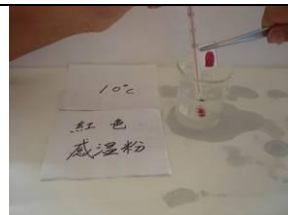
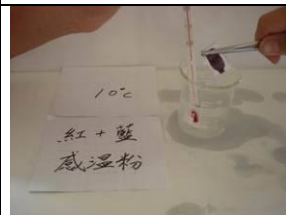
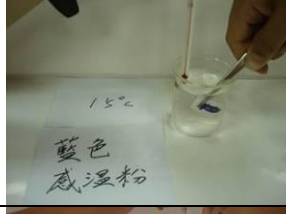





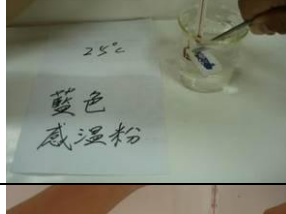
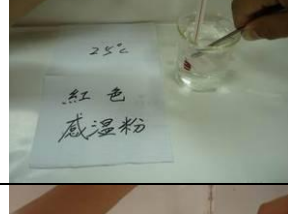
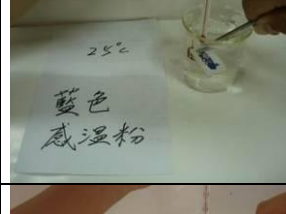


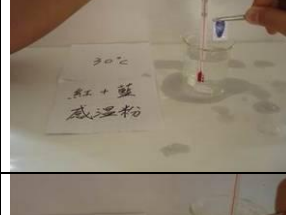
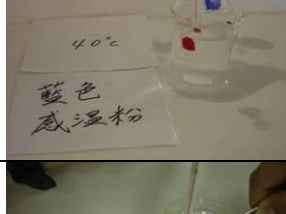

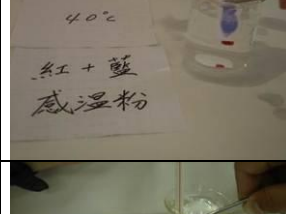
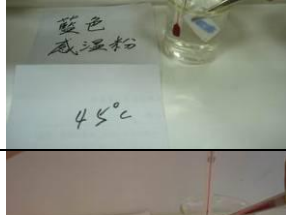


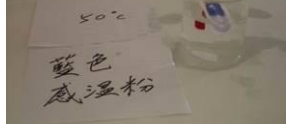
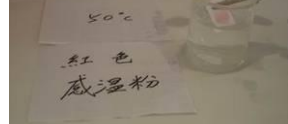
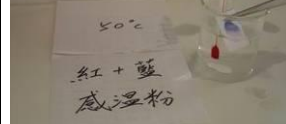
表 4-2. 感溫粉混和液的變色溫度區間

控制變因：紙張、膠水溶液、室溫 24°C

操作變因：水溫、43°C 藍色感溫粉、22°C 紅色感溫粉

應變變因：線段的顏色

感溫粉 水溫	43°C 藍色感溫粉	22°C 紅色感溫粉	43°C 藍色感溫粉 + 22°C 紅色感溫粉
10°C	藍色	紅色	深紫羅蘭
15°C	藍色	紅色	深紫羅蘭
20°C	藍色	玫瑰紅	靛藍色
25°C	藍色	淺粉紅	紫藍色
30°C	藍色	淺粉紅	紫藍色
40°C	藍色	淺粉紅	紫藍色
45°C	淺藍色	淺粉紅	淺紫色
50°C	淺藍色	淺粉紅	淺紫色

感溫粉 水溫	43°C 藍色感溫粉	22°C 紅色感溫粉	43°C 藍色感溫粉 + 22°C 紅色感溫粉
10°C	 10°C 藍色 感溫粉	 10°C 紅色 感溫粉	 10°C 紅+藍 感溫粉
15°C	 15°C 藍色 感溫粉	 15°C 紅色 感溫粉	 15°C 紅+藍 感溫粉
20°C	 20°C 藍色 感溫粉	 20°C 紅色 感溫粉	 20°C 紅+藍 感溫粉
25°C	 25°C 藍色 感溫粉	 25°C 紅色 感溫粉	 25°C 藍色 感溫粉
30°C	 30°C 藍色 感溫粉	 30°C 紅色 感溫粉	 30°C 紅+藍 感溫粉
40°C	 40°C 藍色 感溫粉	 40°C 紅色 感溫粉	 40°C 紅+藍 感溫粉
45°C	 藍色 感溫粉 45°C	 紅色 感溫粉 45°C	 45°C 紅+藍 感溫粉
50°C	 50°C 藍色 感溫粉	 50°C 紅色 感溫粉	 50°C 紅+藍 感溫粉

3.發現：

- (1) 藍色感溫粉混和液遇到 45°C 以上顏色會由藍色轉為淺藍色。
- (2) 紅色感溫粉混和液遇到 20°C 以上顏色會由紅色轉為玫瑰紅、25°C 以上再轉為淺粉紅。
- (3) 藍色感溫粉加紅色感溫粉之混和液遇到 20°C 以上顏色會由深紫羅蘭色轉為靛藍色、25°C 以上轉為紫藍色、45°C 以上再轉為淺紫色。

4.討論：

- (1) 由實驗結果得知，藍色感溫粉混和液較精確的變色溫度區間為 40°C 至 45°C，與感溫粉包裝上註明變色溫度相近。
- (2) 由實驗結果得知，紅色感溫粉混和液較精確的變色溫度區間為 15°C 至 20°C，顏色深淺差異較明顯，與感溫粉包裝上註明變色溫度不相符。
- (3) 由實驗結果得知，藍色加紅色感溫粉混和液較精確的變色溫度區間為 40°C 至 45°C 及 15°C 至 20°C。
- (4) 綜合以上實驗的發現及討論，藍色加紅色感溫粉混和液遇高溫、低溫時，顏色會產生變化，很符合我們想要研發『酷筆』的應用需求。

(三) 找出感溫粉混和液更精確的變色溫度

1.方法：

- (1) 依廠商建議比例，取 1 平匙 43°C 藍色感溫粉加入 3 平匙膠水攪拌均勻。
- (2) 用筷子沾取混和液分別畫在紙片上，並以透明膠帶護貝紙片。
- (3) 將步驟 2 之紙片分別浸入 16°C、17°C、18°C、19°C、20°C、21°C、41°C、42°C、43°C、44°C、45°C 的清水。
- (4) 觀察記錄浸泡清水的紙片顏色變化情形。
- (5) 取 1 平匙 22°C 紅色感溫粉加入 3 平匙膠水攪拌均勻，重複步驟(2)、(3)、(4)。
- (6) 取 1 平匙 43°C 藍色感溫粉、1 平匙 22°C 紅色感溫粉，加入 6 平匙膠水攪拌均勻，重複步驟(2)、(3)、(4)。

2.結果：

表 4-3. 感溫粉混和液的變色溫度區間

控制變因：紙張、膠水溶液、室溫 24°C

操作變因：水溫、43°C 藍色感溫粉、22°C 紅色感溫粉

應變變因：線段的顏色

感溫粉 水溫	43°C 藍色感溫粉	22°C 紅色感溫粉	43°C 藍色感溫粉 + 22°C 紅色感溫粉
16°C	藍色	紅色	深紫羅蘭
17°C	藍色	紅色	深紫羅蘭
18°C	藍色	紅色	深紫羅蘭
19°C	藍色	紅色	深紫羅蘭

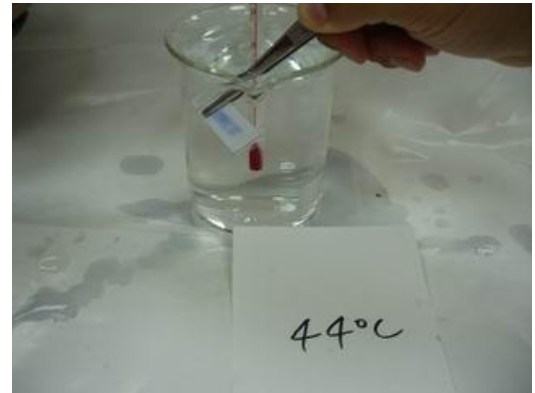
感溫粉 水溫	43°C 藍色感溫粉	22°C 紅色感溫粉	43°C 藍色感溫粉 + 22°C 紅色感溫粉
20°C	藍色	玫瑰紅	靛藍色
21°C	藍色	淺粉紅	紫藍色
41°C	藍色	淺粉紅	紫藍色
42°C	藍色	淺粉紅	紫藍色
43°C	藍色	淺粉紅	紫藍色
44°C	淺藍色	淺粉紅	淺紫色
45°C	淺藍色	淺粉紅	淺紫色

3.發現：

- (1) 藍色感溫粉混和液遇到 44°C 以上顏色會由藍色轉為淺藍色。
- (2) 紅色感溫粉混和液遇到 19°C 以下顏色會由玫瑰紅轉為紅色。
- (3) 藍色感溫粉加紅色感溫粉之混和液遇到 19°C 以上顏色會由深紫羅蘭色轉為靛藍色、21°C 以上轉為紫藍色、44°C 以上再轉為淺紫色。



紅色感溫粉混和液遇到 19°C 以下顏色會由淺粉紅轉為紅色



藍色感溫粉混和液遇到 44°C 以上顏色會由藍色轉為淺藍色

4.討論：

- (1) 由實驗結果得知，藍色感溫粉混和液最精確的變色溫度區間為 44°C，與感溫粉包裝上註明變色溫度相近。
- (2) 由實驗結果得知，紅色感溫粉混和液較精確的變色溫度區間為 19°C，顏色深淺差異較明顯，與感溫粉包裝上註明變色溫度不相符。
- (3) 由實驗結果得知，藍色加紅色感溫粉混和液較精確的變色溫度區間為 44°C 及 19°C。
- (4) 綜合以上實驗的發現及討論，藍色加紅色感溫粉混和液遇高溫、低溫時，顏色會產生變化，很符合我們想要研發『酷筆』的應用需求。

五.研發冷熱兩用的酷筆及應用

想法：雖然可以利用藍色加紅色感溫粉混和液遇高溫、低溫時，顏色會產生變化的特性，來判別冷、熱，但是這感溫粉混和液遇高溫時是呈現不明顯的淺紫色，難以達到提示熱燙的作用。所以必須在膠水中加入顯眼的底色，才

能發揮警示的效用。因為感溫粉的顏色已是三原色中的藍、紅色，因此接著我們就採用三原色之一的黃色作為底色，再進一步研發『酷筆』以實際

(一) 找出加入底色之混和液的最佳比例

1.方法：

- (1) 取黃色水彩 6 克，溶入 60 cc 膠水，攪拌均勻。
- (2) 參考廠商建議比例感溫粉：溶液 = 1：3，設計四種加入底色之混和液的比例，黃色膠水：紅色感溫粉：藍色感溫粉分別為 A (6：1：1)、B (6：1：2)、C (6：2：1)、D (6：2：2)。
- (3) 依照步驟 2 的比例調配混和液攪拌均勻後，用筷子沾取混和液分別畫在紙片上，並以透明膠帶護貝紙片。
- (4) 將步驟 3 之紙片分別浸入 10°C、15°C、20°C、30°C、40°C、45°C、50°C、60°C、70°C 的清水。
- (5) 觀察記錄浸泡清水的紙片顏色變化情形。

2.結果：

表 5-1. 在不同溫度下混和液的變色情形










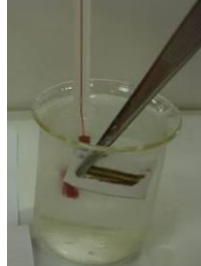

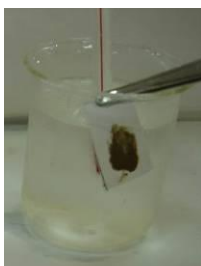



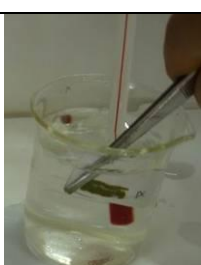


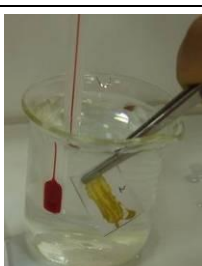

控制變因：紙張、室溫 24°C






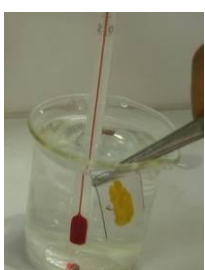
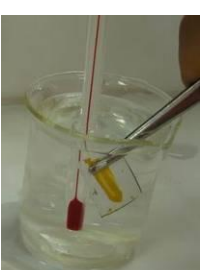
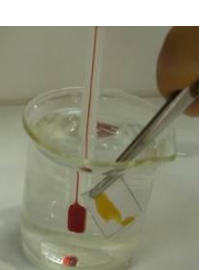





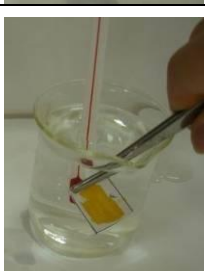


操作變因：水溫、混和液成分的比例

應變變因：線段的顏色

應用在生活上。

水溫	黃色膠水：紅色感溫粉：藍色感溫粉			
	A 型 6：1：1	B 型 6：1：2	C 型 6：2：1	D 型 6：2：2
10°C	咖啡色	咖啡色	咖啡色	咖啡色
15°C	咖啡色	咖啡色	咖啡色	咖啡色
20°C	墨綠色	墨綠色	墨綠色	墨綠色
30°C	墨綠色	墨綠色	墨綠色	墨綠色
40°C	黃綠色	黃綠色	黃綠色	黃綠色
45°C	黃色	黃色	黃色	黃色
50°C	黃色	黃色	黃色	黃色
60°C	黃色	黃色	黃色	黃色
70°C	黃色	黃色	黃色	黃色

比例 水溫	黃色膠水：紅色感溫粉：藍色感溫粉			
	A 型 6：1：1	B 型 6：1：2	C 型 6：2：1	D 型 6：2：2
10°C				
15°C				
20°C				
30°C				
40°C				

比例 水溫	黃色膠水：紅色感溫粉：藍色感溫粉			
	A 型 6：1：1	B 型 6：1：2	C 型 6：2：1	D 型 6：2：2
45°C				
50°C				
60°C				
70°C				

3.發現：

- (1) 混和液遇到 15°C 以下顏色會呈現咖啡色，其中以 D 型比例溶液最為明顯。
- (2) 混和液遇到 20°C 至 40°C 顏色會呈現墨綠色，45°C 以上顏色會呈現黃色。

4.討論：

- (1) 混和液遇到 15°C 以下顏色會呈現咖啡色，其中以黃色膠水：紅色感溫粉：藍色感溫粉=6：2：2 的比例溶液最為明顯，應是紅色、藍色感溫粉各與溶液的比例維持 1：3，感溫粉的顏色溶液表現出來。
- (2) 由以上結果得知，感溫粉在高於其變色溫度時，其顏色會消失而顯現底色。所以將此混和液塗抹在容器外側，如果顏色變成黃色表示容器內的溶液可能會燙嘴；如果顏色由咖啡色變成墨綠色，表示容器內的溶液已退冰可以健康飲用。

(二) 找出最佳比例之含底色混和液的精準變色溫度區間

1.方法：

- (1) 取黃色水彩 6 克，溶入 60 cc 膠水，攪拌均勻。
- (2) 取黃色膠水 12 平匙、紅色感溫粉 4 平匙、藍色感溫粉 4 平匙，攪拌均勻。
- (3) 用筷子沾取混和液分別畫在紙片上，並以透明膠帶護貝紙片。
- (4) 將步驟 3 之紙片分別浸入 16°C、17°C、18°C、19°C、20°C、21°C、41°C、42°C、43°C、44°C、45°C 的清水。
- (5) 觀察記錄浸泡清水的紙片顏色變化情形。

2.結果：

表 5-1. 在不同溫度下混和液的變色情形

控制變因：紙張、室溫 24°C

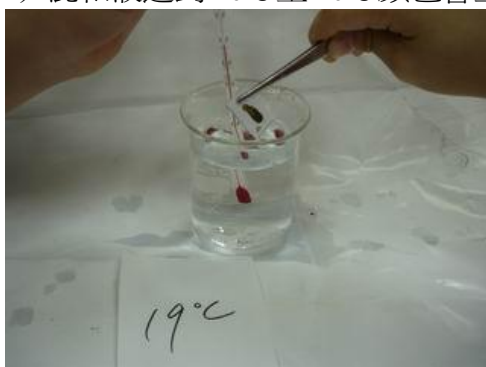
操作變因：水溫

應變變因：線段的顏色

水溫	線段的顏色
16°C	咖啡色
17°C	咖啡色
18°C	咖啡色
19°C	咖啡色
20°C	墨綠色
21°C	墨綠色
41°C	黃綠色
42°C	黃綠色
43°C	黃綠色
44°C	黃色
45°C	黃色

3.發現：

- (1) 混和液遇到 19°C 以下顏色會呈現咖啡色。
- (2) 混和液遇到 20°C 至 40°C 顏色會呈現墨綠色，44°C 以上顏色會呈現黃色。



混和液遇到 19°C 以下顏色會呈現



混和液遇到 44°C 以上顏色會呈現黃色

(二) 自製冷熱兩用的酷筆及其應用

1.想法：想要瞭解前面配置的混和液在生活中實際應用的情形，前面實驗的數據是不是也與生活中實際應用的結果相符。

2.方法：

- (1) 取黃色水彩 6 克，溶入 60 cc 膠水，攪拌均勻。
- (2) 取黃色膠水 12 平匙、紅色感溫粉 4 平匙、藍色感溫粉 4 平匙，攪拌均勻後裝入有小刷子的瓶中。
- (3) 用小刷子沾取混和液分別在不鏽鋼湯鍋、玻璃瓶、塑膠杯、飲料鐵罐畫上圖形。
- (4) 將步驟 2 之容器內分別倒入 10°C、15°C、20°C、40°C、45°C、50°C 的水。
- (5) 觀察記錄容器外側筆跡顏色變化情形。

咖啡色



自製的『酷筆』



用酷筆在飲料罐畫上圖形



室溫下用自製的『酷筆』畫上圖案



倒入 10°C 冰水時筆跡顏色開始變化

3.結果：

表 5-2. 在不同溫度下容器塗抹混和液的筆跡變色情形

控制變因：感溫粉混和液、室溫 24°C

操作變因：水溫、容器材質

應變變因：筆跡的顏色

容器 水溫	不鏽鋼湯鍋	玻璃瓶	塑膠杯	飲料鐵罐
10°C	咖啡色	咖啡色	咖啡色	咖啡色
15°C	咖啡色	咖啡色	咖啡色	咖啡色

容器 水溫	不鏽鋼湯鍋	玻璃瓶	塑膠杯	飲料鐵罐
20°C	墨綠色	墨綠色	墨綠色	墨綠色
40°C	黃綠色	黃綠色	黃綠色	黃綠色
45°C	黃色	黃色	黃色	黃色
50°C	黃色	黃色	黃色	黃色

4.發現：

- (1) 盛裝 15°C 以下溶液的 4 種容器，外側筆跡顏色會呈現咖啡色。
- (2) 盛裝 45°C 以上溶液的 4 種容器，外側筆跡顏色呈現黃色。
- (3) 顏色變化最快的是飲料鐵罐，其次是不鏽鋼湯鍋，再來是玻璃瓶，最後是塑膠杯。



盛裝 10°C 的冰水，外側圖形顏色變成咖啡色



盛裝 15°C 的冰水，外側圖形顏色變成咖啡色



盛裝 20°C 的水，外側圖形顏色維持墨綠色



盛裝 40°C 的溫水，外側圖形顏色變成黃綠色



盛裝 45°C 的溫水，外側圖形顏色變成黃色



盛裝 50°C 的冰水，外側圖形顏色變成黃色

5.討論：

- (1) 以上的結果和前一項實驗結果相符，是因為溶液的溫度傳導到容器的外壁。我們在六年級時上過『熱和我們的生活』單元時，學到不同物質的導熱性會不同，所以筆跡顏色變化的快慢和容器材質導熱的速率有關。
- (2) 雖然酷筆的墨水無法永久附著於容器，但是一枝安全無毒簡易的『酷筆』花費不到 15 元，又可以同時來判別溶液冷、熱，無須更新購買因溫度而變色的餐具，酷筆可以直接畫在不同材質現有的容器，應用範圍大，更可以自己 DIY 製成酷筆，以達到提示熱燙、退冰的效果，是很值得推廣。



溫變杯

- (3) 爲了增加應用層面，可以將酷筆內容液（感溫粉混和液）裝在透明管內，不僅能辨識冷熱，也可充當攪拌棒。

陸.結論：

一.在「探討 Pilot 魔擦筆可被擦拭的原因」的實驗中，得知：

- (一) 魔擦筆墨水含有感溫粉，會因為摩擦生熱而溫度升高至 59°C 以上時，導致墨水顏色消失，消失的筆跡在 0°C 以下會恢復顏色。
- (二) 不同顏色魔擦筆的擦拭端可以交互使用，但不能擦拭其他廠牌的筆墨水。用其他廠牌橡皮擦擦拭魔擦筆的墨水，顏色有變淡的現象，但是不能完全擦拭乾淨。
- (三) 魔擦筆墨水精確的顏色消失溫度區間爲 55°C 至 59°C，59°C 以上顏色消失後呈穩定現象。精確的顏色恢復溫度區間爲 2°C 至 0°C，0°C 以下恢復筆跡顏色後呈穩定現象。
- (四) 被擦拭的魔擦筆墨水筆跡，只要放進冰箱冷凍區就可以恢復筆跡。
- (五) 本實驗魔擦筆墨水的顏色消失的溫度是 59°C 和網路上所說的 65°C，相差 6°C，經過重複實驗後確認應是 59°C。所以我們又學到了，**網路的資料必須經過實驗證明**，才能採用。

二.在「探討不同的溶液對應用感溫粉的影響」之實驗中，得知：**感溫粉不會溶解**。感溫粉分別加入保利龍膠、白色水彩、透明漆、膠水、指甲油、白膠時，能完全附著在紙張上。但是感溫粉分別加入水、沙拉油時，當乾燥時無法附著在紙張上。

三.在「探討不同的材質對感溫粉混和液附著程度的影響」的實驗中，得知：

- (一) 水混和液、沙拉油混和液乾燥時，其中的感溫粉容易剝離，無法附著在 PP 塑膠片、金屬蓋、鏡片、玻璃片、木條。
- (二) 保利龍膠、白色水彩、膠水、指甲油、白膠的混和液塗抹在 PP 塑膠片、金屬蓋、鏡片、玻璃片等材質，當乾燥的時候會成爲薄片狀，容易以外力被剝離，無法牢固的附著。但是塗抹在木條上，其附著程度較好。
- (三) 透明漆混和液的附著程度最好。但是使用透明漆需用香蕉水稀釋，而香蕉水具有毒性的有機溶劑，爲了安全及環保考量，所以不採用附著程度最好的透明漆作爲感溫粉混和液。

- (四) 以能**真實呈現感溫粉顏色、操作方便、安全又環保、價錢便宜及容易取得的膠水**，

來製作『酷筆』內容物之感溫粉混和液最為適合。

四.在「探討感溫粉混和液的變色溫度區間」的實驗中，得知：

- (一) **藍色感溫粉混和液**最精確的變色溫度區間為 **44°C**，與感溫粉包裝上註明變色溫度相近。
- (二) **紅色感溫粉混和液**最精確的變色溫度區間為 **19°C**，顏色深淺差異較明顯，與感溫粉包裝上註明變色溫度（22°C）不相符。
- (三) 由實驗結果得知，**藍色加紅色感溫粉混和液**較精確的變色溫度區間為 **44°C及19°C**。
- (四) **藍色加紅色感溫粉混和液**遇高溫、低溫時，顏色會產生變化，很符合我們想要研發『酷筆』的應用需求。

五.在「研發冷熱兩用的酷筆及應用」的實驗中，得知：

- (一) 冷熱兩用的『酷筆』以黃色膠水：紅色感溫粉：藍色感溫粉=3：1：1的比例溶液最為理想。
- (二) 感溫粉在高於其變色溫度時，其顏色會消失而顯現底色。如果筆跡顏色變成黃色表示容器內的溶液可能會燙嘴（44°C以上）；如果筆跡顏色呈現咖啡色，表示容器內的溶液還未退冰（19°C以下），最好等到轉變為墨綠色（20°C以上）時再健康飲用。
- (三) 雖然酷筆的墨水無法永久附著於容器，但是一枝安全無毒簡易的『酷筆』花費不到 15 元，又可以同時來判別溶液冷、熱，無須更新購買因溫度而變色的餐具，酷筆可以直接畫在不同材質現有的容器，應用範圍大，更可以自己 DIY 製成酷筆，以達到提示熱燙、退冰的效果，是很值得推廣。
- (四) 爲了增加應用層面，可以將酷筆內容液（感溫粉混和液）裝在透明管內，不僅能辨識冷熱，也可充當攪拌棒。

柒.參考資料：

- 一.南一自然和生活科技學習領域國小課程研發中心（民 96）。國小自然和生活科技三上。熱與溫度。台南：南一書局企業股份有限公司。
- 二.南一自然和生活科技學習領域國小課程研發中心（民 96）。國小自然和生活科技六下。熱和我們的生活。台南：南一書局企業股份有限公司。
- 三.癮科技網站（民 97）。筆科技：Pilot Frixion 百樂魔擦鋼珠筆。民 97 年 2 月 23 日，取自<http://chinese.engadget.com/2007/12/01/pilot-frixion/>
- 四. PILOT 公司網站（民 97）。Pilot Frixion 。民 97 年 3 月 28 日，取自<http://www.pilot.co.jp/campaign/frixion/>

【評語】 080803

1. 以感溫墨水筆替代感溫貼紙，應用於生活(飲水、飲料溫度揭示)，具經濟性及進步性。
2. 探討溫度對顏色變化的影響，具學術性。
3. 宜說明溫度變化如何改變顏料之顯色化學或發射光譜變化。