中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　自然科

最佳創意獎

081535

感熱紙的第二春

學校名稱：嘉義縣朴子市朴子國民小學

作者：	指導老師：
小六 許菁云	黃佳慧
小六 郭勝風	葉明宗
小六 陳麗宇	
小六 李承祐	
小六 侯芝妤	
小六 趙硯柔	

關鍵詞：感熱紙　酸鹼指示劑　隱形信件

感熱紙的第二春

壹、摘要：

感熱紙是一種遇熱就會變色的紙，但除了加熱，硬物刮或遇到酸鹼溶液都會使它變色。

雖然稱為「紙」，卻不能紙類回收再利用。但我們可以利用感熱紙溶液遇強酸會變墨綠色；遇弱酸、弱鹼會變紫紅色；遇強鹼紫紅色會變淡消失的特性，將感熱紙回收再製為酸鹼指示劑。而塗上強鹼的白色感熱紙雖然不變色，但經過加熱後卻因此顯現出白色的筆跡，能製成神奇的隱形信件。

貳、研究動機：

有一天，我和家人去吃火鍋，一不小心媽媽的刷卡簽帳單黏到火鍋的鍋子旁，我看見時那張紙的一角已變成黑色，我很驚訝為什麼會變成這樣呢?於是我拿到學校去與同學和老師討論，老師說:「這叫做感熱紙」。

感熱紙變色的原因和我們五年級曾經上過的單元---「物質與熱」、「酸鹼水溶液」變色原理不知是否相同？我們都很好奇感熱紙為什麼會變色？於是我們決定一起研究感熱紙。

叁、研究目的：

1. 探討溫度對感熱紙的影響。
2. 探討感熱紙表面的物質。
3. 探討影響感熱紙變色的其他因素。
4. 探討浸泡過感熱紙的酒精遇酸鹼溶液的變化。
5. 尋找廢棄感熱紙的新用途。

肆、研究設備與器材:

器材: 感熱紙、鑷子、電子秤、酒精燈、工業酒精、三角架、石棉心網、錐形瓶、燒杯、小量杯、小湯匙、吹風機、離子夾、打火機、溫度計、水彩筆、彩色筆、針筆、油性筆、棉花棒、色票、針筒、滴管、自製色卡、通用指示劑。

溶液: 硼酸、醋酸、檸檬酸、雙氧水、藥用酒精、去光水、氨水、石灰水、水、小蘇打粉、氫氧化鈉、洗髮精、泡泡水、檸檬汁、糖水、鹽水、漂白水、洗衣粉。

伍・研究過程與方法：

研究一：探討溫度對感熱紙的影響

＜假設＞溫度是造成感熱紙變色的原因

實驗＜一之１＞：模擬吃飯時的場景、並記錄感熱紙受熱溫度與顏色變化。

動機:吃火鍋時，簽帳單碰到很燙的鍋子變色了。

方法：將感熱紙放在裝水的錐形瓶外，加熱錐形瓶，記錄水的溫度與感熱紙的顏色變化。

結果：

溫度	感熱紙變化情形
48℃	外圍變黑(自製色卡編號 7)
68℃	外圍變深黑(自製色卡編號 4)
77℃	中間也開始變淡黑(自製色卡編號 16)

發現：水溫慢慢升高時，感熱紙的外圍最先變色，而且只有一面會變色。

實驗＜一之２＞：使用吹風機吹感熱紙，感熱紙變化情形?。

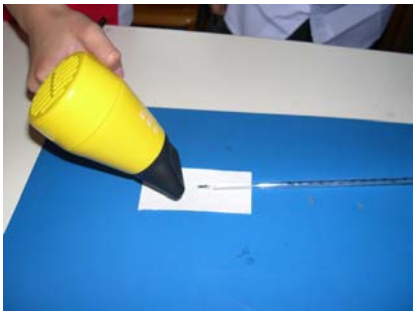
動機：吹風機也會產生熱，他能使感熱紙變色嗎？

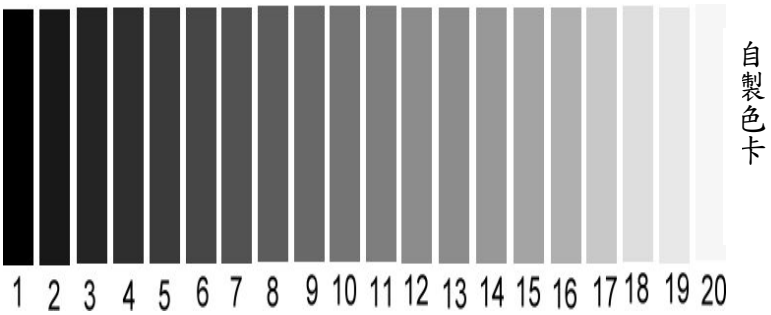
方法：1. 準備 1 張感熱紙，上方放水銀溫度計。

2. 利用吹風機同時吹感熱紙和溫度計，觀察感熱紙變色時的溫度變化及變色情形。

結果：

次數	感熱紙顏色開始變化的溫度	感熱紙變化情形	自製色卡編號
一.	64℃	只有一面變色	9
二	66℃	同上	8
三	64℃	同上	9
四	63℃	同上	9
五	63℃	同上	9
平均	64℃	同上	9





發現：用吹風機吹感熱紙平均６４℃時會變色，但顏色不是很深。

實驗＜一之３＞：將感熱紙放在不同溫度的離子夾上，觀察感熱紙的變色情形。

動機：前兩項實驗溫度最高只達(100℃、110℃)，因此改用離子夾當熱源。

方法：1. 將離子夾分別調高溫度 125℃、150℃、175℃。夾感熱紙５秒後放開。

2. 觀察感熱紙變色程度，並以自製色卡表找出各顏色的代碼。

結果：

離子夾的溫度	125℃	150℃	175℃
感熱紙的變化	離子夾放開，感熱紙只有一面變色，表面顏色灰灰的接著馬上變深黑。	同左但顏色較深。	離子夾夾感熱紙時，有一股白煙往上飄，離子夾放開時，感熱紙表面雖然有變色，但不是很均勻的黑，有的地方深黑，有的地方淺黑。
自製色卡編號	深黑(編號 5)	深黑(編號 3)	淺黑(編號 9) 深黑(編號 4)

發現：1. 175℃溫度太高，感熱紙變色的情形較差。

2. 150℃溫度適中，感熱紙變色的情形較好。因此接下來的實驗皆用此溫度加熱感熱紙。

研究二：探討感熱紙表面的物質

＜假設＞感熱紙加熱時僅有一面變色，那面塗有不同物質。

實驗＜二之１＞：觀察感熱紙和影印紙的相異處。

方法：1. 用肉眼和顯微鏡觀察感熱紙和影印紙。

結果：

觀察方法	一般影印紙	感熱紙
肉眼觀察	白色的 摸起來粗粗的	白色的 摸起來滑滑的
顯微鏡觀察	一條條紙纖維交錯匯集在一起。	一條條紙纖維交錯，但纖維表面好像塗了一層物質，使得紙纖維看起來不是很明顯。
顯微鏡裡的情形		

實驗＜二之１＞：刮一刮感熱紙，看看其變化情形。

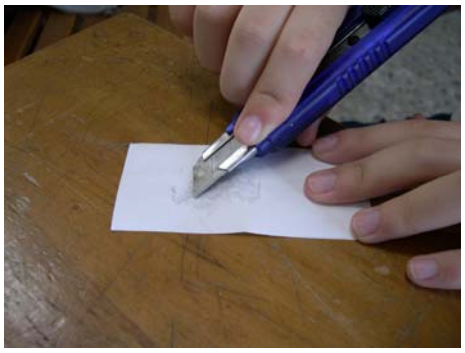
方法：1. 用刀片刮一刮感熱紙會變色的那一面，並用顯微鏡觀察其表面變化。

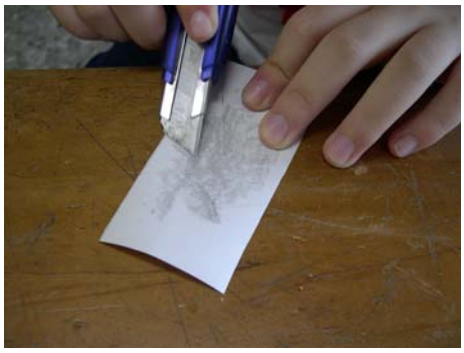
2. 再次加熱刮乾淨的紙張，觀察其變化。

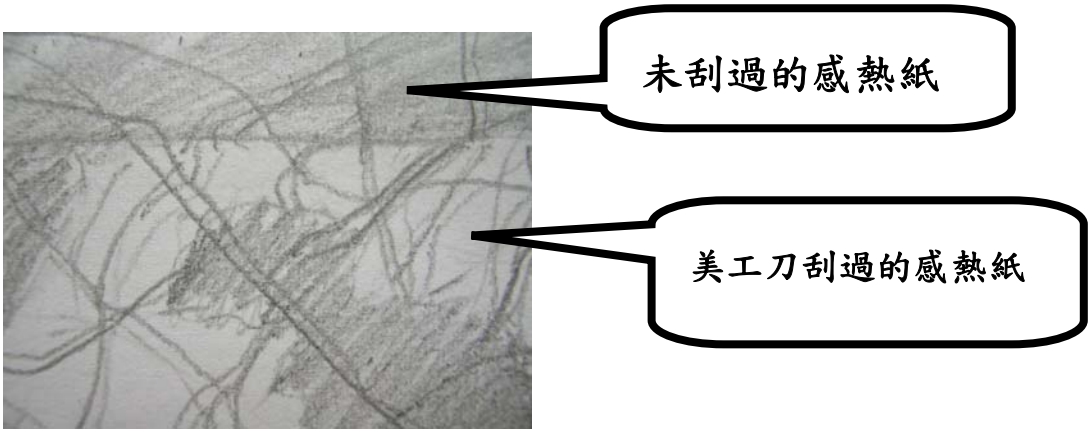
結果：1. 美工刀刮感熱紙時，沒有白白的粉末，反而是灰灰的粉末，感熱紙表面也變得灰灰的。

2. 從顯微鏡裡看刮過的感熱紙表面，紙纖維看得很清楚，而沒刮到的部份表面仍塗有一層厚厚的物質。

3. 再次加熱感熱紙，感熱紙依然會變色。







發現：1.用刮的方法無法有效刮下感熱物質。

2.感熱紙除了加熱後會變色，用硬物刮也會變色。

實驗＜二之２＞：感熱紙浸在清水中的變化情形。

動機：刮的方法不理想，改用浸泡的方式，看看表面的物質會不會溶解出來。

方法：1.測 3 組 1.0g 的白色感熱紙。

2.分別浸泡 50c.c.的水。

3.浸泡 10 分，20 分，30 分後，取出感熱紙吹乾後、再秤重。

結果：

時間		**10 分**	**20 分**	**30 分**
浸泡『水』時顏色變化	**感熱紙**	顏色不變		
	水	透明色	乳白色	
吹乾感熱紙	**顏色變化**	感熱紙表面像噴霧黑色不均勻	感熱紙從水中夾起的時候摸起來白白黏黏的 感熱紙表面像噴霧黑色不均勻	
	重量（g）	0.94	0.93	0.93
	重量變化（g）	-0.06	-0.07	-0.07

發現 :1.泡水後的感熱紙爛爛的，表面上的物質變的黏黏糊糊的，還不時會沾在墊板上，因此吹乾後的重量雖減少，但有部分的重量應留在墊板上，而不是水中。

2.泡水後的感熱紙加熱仍然會有不均勻的黑色色塊產生，感熱物質不太容易溶解在水中

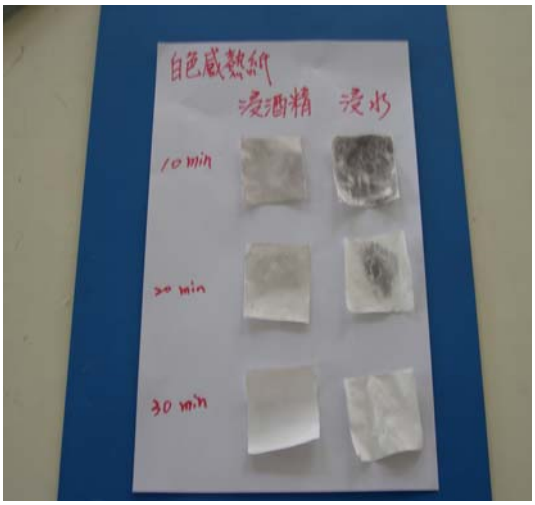
實驗＜二之３＞：感熱紙浸在酒精中的變化情形。

動機：浸泡水再取出吹乾的感熱紙仍然會變色，有可能表面感熱物質不溶於水。因此改用有機溶劑（酒精）再試一次。

方法：同**實驗＜二之２＞**，但將溶液改成酒精。

結果：

時間		10 分	20 分	30 分
浸泡『酒精』時顏色變化	感熱紙	感熱紙碰到酒精的上方馬上變黑，泡下去之後變成白色。		
	酒精	透明無色	淡粉紅色	有點黑的粉紅色
吹乾感熱紙	顏色變化	一大片淡灰	小範圍變淡灰色 比較容易吹乾	不再變色—白色 比較容易吹乾
	重量(g)	0.96	0.90	0.88
	重量變化(g)	-0.04	-0.10	-0.12



發現：1. 浸泡過酒精的感熱紙加熱後不會變色，可能感熱紙表面的感熱物質溶到酒精中。

2. 感熱紙浸泡酒精的時間越久，重量減輕越多。

研究三：探討影響感熱紙變色的其他因素

＜假設＞感熱紙碰到酸鹼溶液會變色。

實驗＜三之１＞：感熱紙碰到酸鹼溶液變色情形。

動機：用油性筆在感熱紙上寫字時，字體的邊緣多出一圈灰灰的痕跡。也許除了高溫還有別種方法可以使感熱紙變色。

方法：1. 用離子夾夾感熱紙，使感熱紙中間出現一塊黑色痕跡。

2. 用水彩筆沾酸性溶液、鹼性溶液、中性溶液，塗抹在方法 1 的感熱紙上，觀察其變化。

結果：

溶液	感熱紙顏色變化	
	白色部份	黑色部分
NaOH	劃過的地方留有水痕	劃過的地方變白色
氨水	同上	劃過的地方有水痕
小蘇打	同上	劃過的地方有一點變白
石灰	同上	劃過的地方有一點變白
水	同上	劃過的地方有水痕
酒精	劃過的地方顏色變淡綠色	劃過的地方顏色變淺變淡綠色
去光水	劃過的地方慢慢的變成淡灰色，外圍有一圈灰色	劃過的地方瞬間變白但馬上變淡綠色
硼酸	劃過的地方有水痕	劃過的地方有水痕
檸檬酸	劃過的地方變淡綠	劃過的地方變淡綠
醋酸	劃過的地方變墨綠	劃過的地方變墨綠

發現：1.醋酸、檸檬酸水溶液能使白色感熱紙變色。

2.NaOH、小蘇打、石灰水溶液能使黑色感熱紙變色。

3. NaOH 水溶液可使黑色感熱紙變白。

4.酒精、去光水能使黑色、白色感熱紙變色。

實驗＜三之２＞：塗了各種溶液的感熱紙加熱後變色情形。

方法：將**實驗＜三之１＞**塗了各種溶液的感熱紙加熱，觀察其顏色變化並記錄。

結果：

塗在感熱紙上的溶液	感熱紙加熱後顏色變化
NaOH	塗過 NaOH 的地方不變色，其餘的地方都變黑
氨水	塗過氨水的地方顏色變淡灰，其餘的地方都變黑
小蘇打	變黑
石灰	塗過石灰的地方顏色變淡灰，其餘的地方都變黑
水	變黑
酒精	塗過酒精的地方顏色不變，其餘的地方都變黑
去光水	塗過去光水的地方顏色不變，其餘的地方都變黑
硼酸	變黑
檸檬酸	變黑
醋酸	變黑

發現：1.感熱紙塗過 NaOH 水溶液、酒精、去光水的地方再加熱也不變黑。

研究四：探討浸泡過感熱紙的酒精遇酸鹼溶液的變化

＜假設＞溶解在酒精裡的感熱物質碰到酸鹼溶液會變色。

實驗＜四之１＞：溶解在酒精裡的感熱物質碰到酸鹼溶液變色情形。

動機：感熱紙會因酸鹼溶液而變色，那浸泡過感熱紙的酒精遇酸鹼也會變色嗎?。

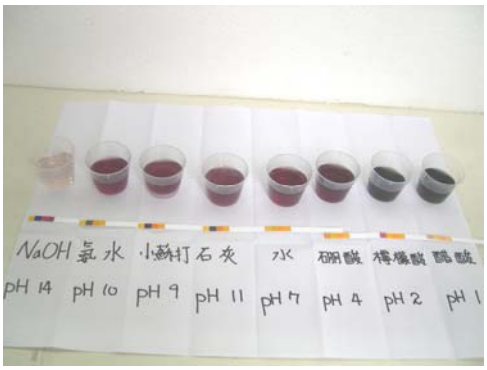
方法：1.將酸性溶液倒 5c.c.到小量杯中，用通用試紙測其酸鹼值。

2.利用針筒將浸泡過感熱紙的酒精滴入（方法 1）的溶液中，直到溶液顏色不再變化，觀察其顏色變化。

3.同方法 1.2 將酸性溶液改成鹼性溶液、中性溶液。

結果：

溶液	pH 值	顏色變化(色票編號)
NaOH	14	3161
氨水	10	2145
小蘇打	9	上層 2145 、下層 2131
石灰	11	2145
水	7	2145
硼酸	4	2145
檸檬酸	2	3280
醋酸	1	3280



發現：1. 氨水、小蘇打、石灰、水、硼酸滴入浸泡過感熱紙的酒精顏色變化相近接近紫紅色。

2. 檸檬酸、醋酸滴入浸泡過感熱紙的酒精顏色接近墨綠色。

3. NaOH 滴入浸泡過感熱紙的酒精剛開始變紫紅色不到一分鐘的時間變成透明無色。

4. 小蘇打溶液滴入浸泡過感熱紙的酒精呈現出上下兩層。上層偏紫紅色、下層偏白。

研究五：尋找廢棄感熱紙的新用途

實驗＜五之１＞：自製隱形信件

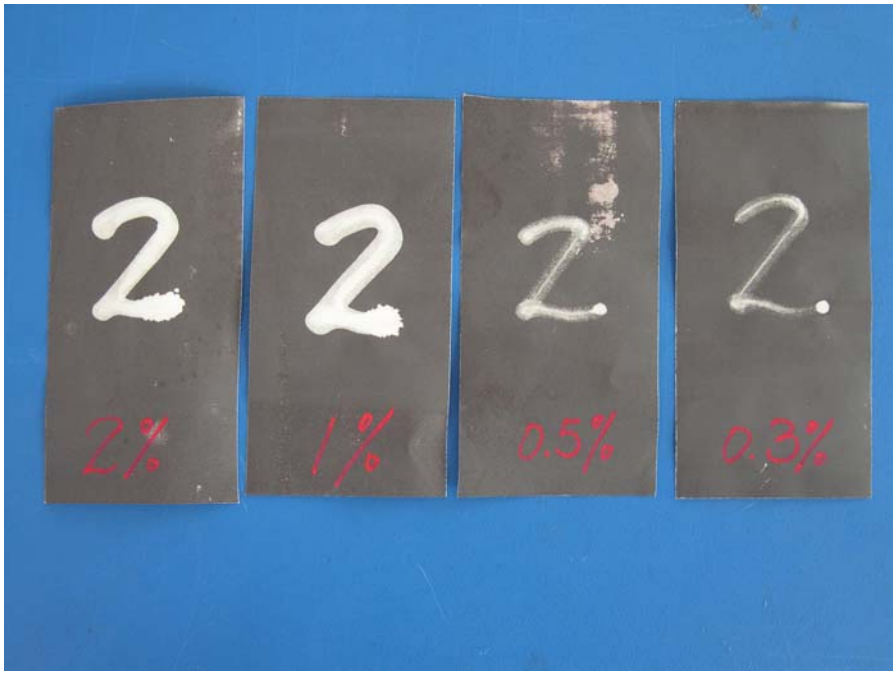
動機：從＜**實驗三之２**＞中，我們知道：塗過 NaOH 水溶液的感熱紙再加熱，塗過溶液的部份保持白色不變色，可以利用此特性製成隱形信件。

實驗<五之１之1>：尋找最適合做隱形信件的 NaOH 水溶液濃度

方法：1.將 NaOH 水調至成濃度 2%、1%、0.5%、0.3%的 A、B、C、D 溶液，用水彩筆沾上述在感熱紙上寫字，待溶液乾後用吹風機吹感熱紙觀察其顏色變化。

結果：

溶液	**濃度**	**PH 值**	**感熱紙塗上溶液自然乾後情形。**	**熱紙加熱後顏色變化。**
A	2%	14	水痕很明顯有一點白白黃黃的。	塗過 NaOH 水溶液的地方不變黑，字跡很清楚。
B	1%	14	水痕不是很明顯。	塗過 NaOH 水溶液的地方不變黑，字跡很清楚。
C	0.5%	13	水痕不是很明顯。	加熱後字跡邊緣不清楚。
D	0.3%	13	水痕不是很明顯。	加熱後字跡變的非常模糊。



發現：1.NaOH 水溶液濃度 2%塗在感熱紙會留下痕跡，不適合做隱形信件。

2.NaOH 水溶液濃度 0.5%、0.3%雖然不會留下痕跡，但加熱後白色的痕跡不是很明顯，不適合做隱形信件。

3.NaOH 水溶液濃度 1%乾燥後不會留下痕跡，加熱後白色的字體也很明顯，適合做隱形信件。

實驗<五之 1 之 2>：尋找適合畫隱形信件的筆

方法：1.將 1%NaOH 裝入彩色筆、針筆中。

2.水彩筆、棉花棒沾 1%NaOH。

3.將步驟 1.2 的筆劃在感熱紙，待乾再加熱感熱紙，觀察其顏色變化。

結果：

使用工具	感熱紙塗上溶液自然乾後情形	熱紙加熱後顏色變化
水彩筆	水痕不是很明顯。	字跡很清楚。
棉花棒	水痕不是很明顯。	字跡很清楚。
彩色筆	水痕很明顯，有刮痕。	加熱後字跡邊緣不清楚。
針筆	字跡很細但有很明顯的一條黑色刮痕。	加熱後字跡很細，看的出字型。

發現：1. 製作隱形信件效果最好的筆是棉花棒，但他的缺點是太粗了，有時也會沾太多溶液了。

2. 針筆可以寫出很細小的字，但他的缺點是書寫時會留下黑色的刮痕。

實驗＜五之２＞：自製酸鹼指示劑

動機：從**＜實驗四之１＞**中知道浸泡過感熱紙的酒精，遇到酸變墨綠色，遇到鹼變無色，是否能依此特性製成更穩定的酸鹼指示劑。

實驗＜五之２之１＞：找出感熱粉最佳溶解時間

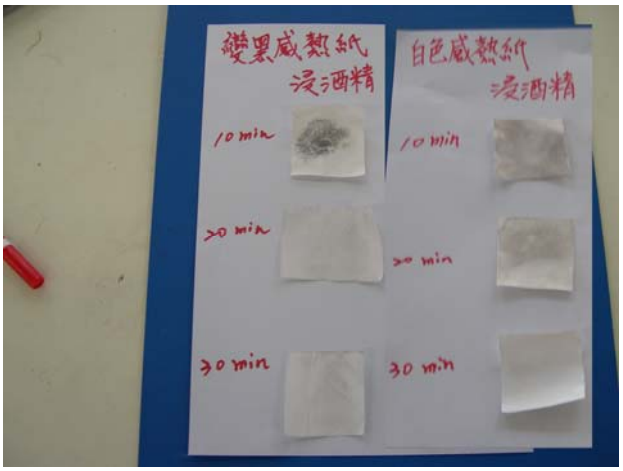
方法：1. 秤 3 組 1.00 g 的純白感熱紙，分別放入５０c.c. 酒精浸泡１０分，２０分，３０分，再拿出感熱紙吹乾測重觀察其變化，溶液編號 A.B.C

2. 同步驟 1，將純白感熱紙，換成夾黑的感熱紙，溶液編號 D.E.F

結果：

溶液編號		A	B	C
時間		10 分	20 分	30 分
白色感熱紙浸入酒精時變色情形		感熱紙碰到酒精的上方馬上變黑，泡下去之後變成白色。		
吹乾感熱紙	顏色變化	一大片淡灰	小範圍變淡灰色 比較容易吹乾	不再變色—白色 比較容易吹乾
	重量(g)	0.96	0.96	0.90
	重量變化（g）	-0.04	-0.04	-0.10

溶液編號		D	E	F
時間		10 分	20 分	30 分
夾黑的感熱紙浸入酒精時變色情形		夾黑的感熱紙浸入酒精之後馬上變成白色。		
吹乾感熱紙	顏色變化	有變黑，但沒有佔全部的面積	比較黑一點 (自製色卡編號 6)	一點點淡灰
	重量(g)	0.98	0.98	0.96
	重量變化(g)	-0.02	-0.02	-0.04



發現：1.浸泡時間愈久，感熱紙的物質溶解愈多，感熱紙愈不容易吹黑。

2.無論白色感熱紙（未使用過）或黑色感熱紙（使用過）浸泡過酒精後皆不容易變色。

實驗＜五之２之２＞：浸泡過黑色或白色感熱紙的酒精，遇到酸鹼溶液變色情形。

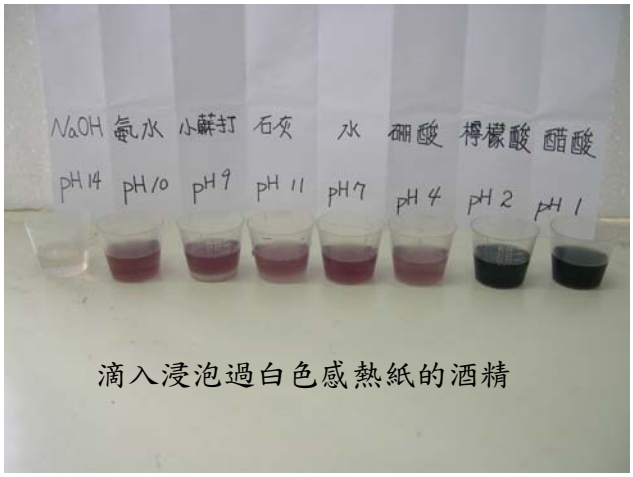
方法：1.取酸性、鹼性、中性溶液各５ c.c.放在小量杯中並測其 pH 值。

2.將<實驗五之２之１＞的 C 溶液用針筒取出分別滴入方法１的小量杯，直到顏色不再改變，觀察其顏色變化。

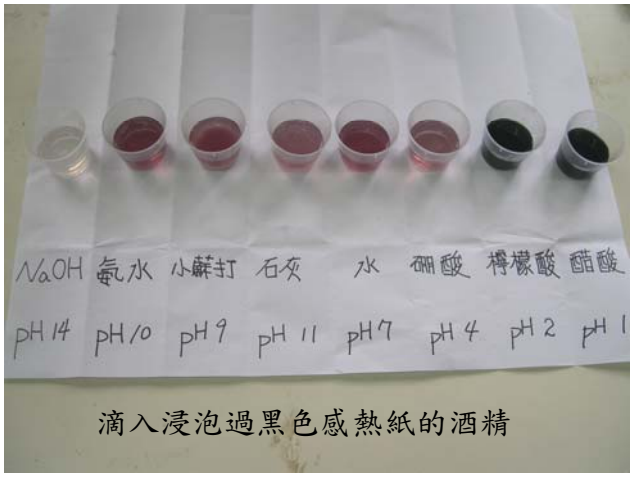
3.同（方法 1.2.）但將**<實驗五之２之１＞**的 C 溶液改成**<實驗五之２之１＞**的 F 溶液

結果：

溶液	pH 值	滴入 C 溶液顏色變化(色票編號)	滴入 F 溶液顏色變化(色票編號)
NaOH	14	3161	3161
氨水	10	2145	3233
小蘇打	9	上層 2145 下層 2131	上層 3233 下層 2131
石灰	11	2145	3233
水	7	2145	3233
硼酸	4	2145	3233
檸檬酸	2	3280	3285
醋酸	1	3280	3285



滴入浸泡過白色感熱紙的酒精



滴入浸泡過黑色感熱紙的酒精

發現：1.白色感熱紙（未使用過）或黑色感熱紙（使用過）浸泡過酒精後滴入酸鹼溶液中顏色變化大致相同。

2.回收的感熱紙也可以製成酸鹼指示劑。

實驗＜五之２之３＞：浸泡感熱紙的酒精溶液濃度會不會影響其變色

方法：1.1ｇ的純白感熱紙，放入 100c.c.酒精３０分，夾出感熱紙，製成 a 溶液。

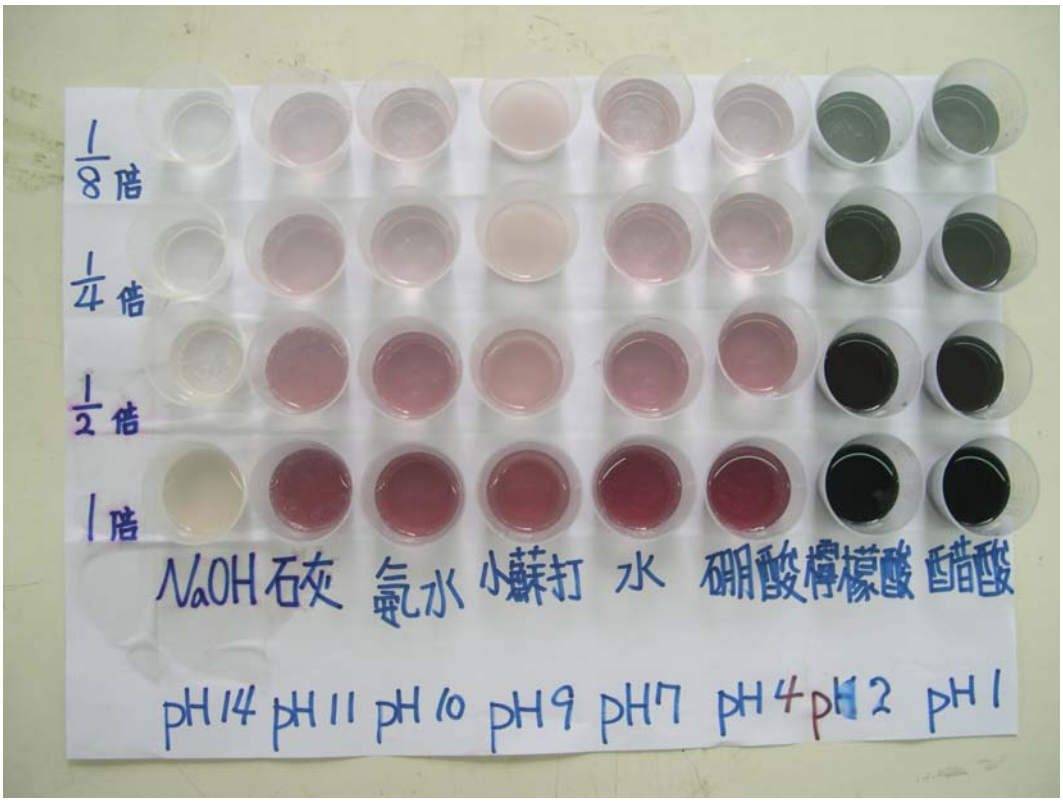
2.從 a 溶液中取出 50c.c.加水至 100c.c. 製成 b 溶液。

3.同方法 2.依序製成 c.d.e 溶液。

4. 取酸性溶液、鹼性溶液、中性溶液，各 5 c.c. 放在小量杯中並測其 pH 值。
5. 將 a 溶液用針筒取出分別滴入（方法 5）的小量杯，直到顏色不再改變，觀察其顏色變化。
6. 同（方法 4.5.），但將滴入溶液改成 b、c、d 溶液。

結果：

溶液	pH 值	顏色變化情形(色票編號)			
		a（1/2 濃度）	b(1/4 濃度)	c(1/8 濃度)	d（1 倍濃度）
NaOH	14	透明無色	透明無色	透明無色	3161
氨水	10	2137	透明無色	1011	2145
小蘇打	9	上層 2137 下層 2137	上層 2067 下層 2067	上層 2066 下層 2137	2145
石灰	11	2137	2132	2066	2145
水	7	3259	2067	2066	2145
硼酸	4	3259	2067	2066	2145
檸檬酸	2	3280	3270	3244	3280
醋酸	1	3280	3270	3244	3280



發現：1. 浸泡過感熱紙的酒精用酒精稀釋，濃度愈淡，遇酸鹼溶液顏色變化

愈淡，如醋酸水溶液、檸檬酸水溶液，從墨綠色變淡綠。

硼酸、水、氨水、石灰，從紫色變到白色；

小蘇打，從紫色變到白色，但有上下兩層；

NaOH 水溶液顏色慢慢變透明。

實驗＜五之２之４＞：浸泡過感熱紙的酒精，遇到不同濃度的檸檬酸水溶液和ＮａOH水溶液，顏色變色情形。

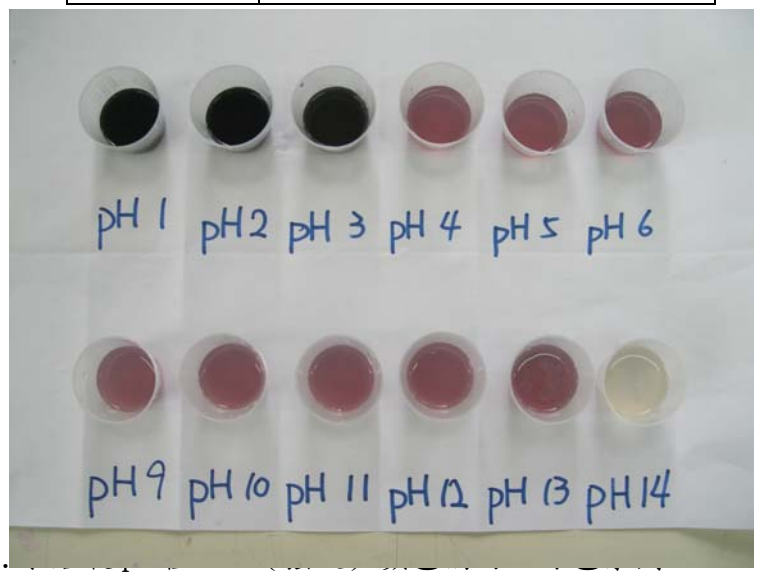
動機：**實驗＜五之２之２＞**所用的溶液雖然酸鹼濃度不同，但溶液本身的成分也不同。因此我們想:如果是用同一種酸或鹼只是 pH 值不同是否會影響 C 溶液變色情形。

方法：1.調製 pH 值＝1. 2. 3. 4. 5. 6 的檸檬酸水溶液，pH 值＝10. 11. 12. 13. 14.的 NaOH 水溶液，各取 5c.c.置於小量杯中。

2.同**實驗＜五之２之２＞方法２。**

結果：

pH 值	放置一段時間(色票編號)
1	3280
2	3280
3	3280
4	2144
5	2144
6	2144
9	2144
10	2144
11	2144
12	2144
13	2144
14	3161



發現：1.

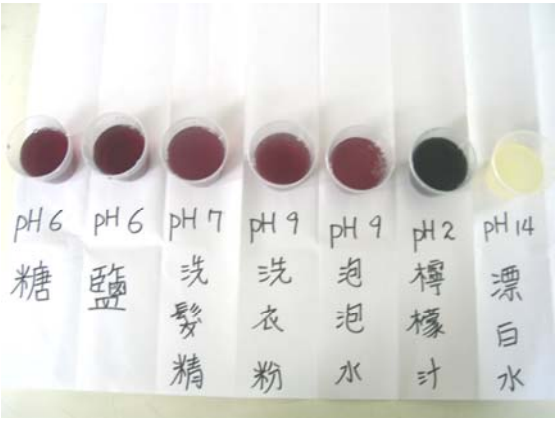
2. 水溶液 pH 值 4、5、6、9、10、11、12、13，顏色偏紫紅色系列 。
3. 水溶液 pH 值 14（強鹼）顏色趨於透明無色。

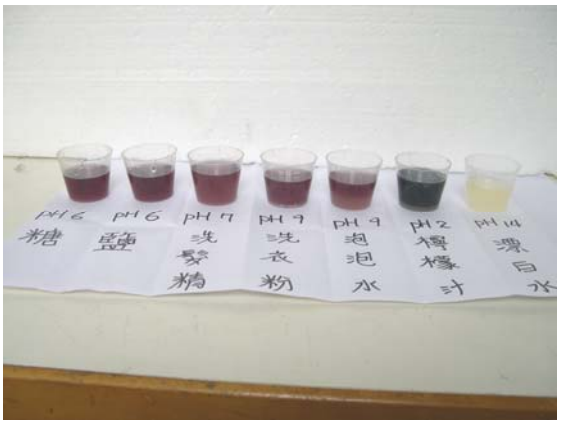
實驗＜五之 2 之 5＞：浸泡過感熱紙的酒精，遇到日常生活常見的水溶液變色情形。

方法 1. 取日常生活中常見的水溶液---糖水、鹽水、洗髮精、洗衣粉、泡泡水、檸檬水、漂白水，各取 5c.c. 置於小量杯中。
2. 用通用試紙測上述水溶液的酸鹼值。
3. 同**實驗＜五之 2 之 2＞方法 2。**

結果：

溶液	pH 值	顏色變化(色票編號)
糖	6	2145
鹽	6	2145
洗髮精	7	2145
洗衣粉	9	2145
泡泡水	9	2145
檸檬水	2	3285
漂白水	14	滴下去變紫色，然後馬上消失變回原來得顏色





發現：1. 糖、鹽、洗髮精、洗衣粉、泡泡水，顏色變化偏向於紫色系列。
2. 檸檬汁變為墨綠色。
3. 漂白水為米黃色（原來的顏色）。

陸、討論與結論：

一、由研究一我們發現感熱紙在攝氏 48℃時紙張的邊緣就會變黑，當溫度達到攝氏 64℃時紙張中間呈現灰黑色，但必須達到攝氏 125℃以上感熱紙才能變的跟傳真機列印的字體一樣黑。感熱紙會因高溫而變黑，但卻不會因低溫又變回原來的顏色，猜想他應不是真正的感熱紙，而是因熱激發他某種元素而改變顏色。

二、感熱紙浸到水或酒精中其表面物質都會溶解出來，但浸入酒精的感熱紙重量變化較大，而且再將感熱紙張吹乾時紙張也不再變色，由此可知浸入酒精的感熱紙表面物

質溶解的較完整；

三、由研究三我們發現感熱紙遇到強酸會變黑，遇到強鹼會變回原色（白色），變回白色的部份再加熱也不能再變黑，因此我們可以利用此特性製作一張隱形信件，既好玩又有趣。

四、白色感熱紙或黑色感熱紙浸入酒精中所得的溶液遇到強酸溶液都會變成墨綠色系；遇到強鹼溶液一開始紫紅色，過一下子變成有點透明；遇到弱酸、弱鹼、中性溶液會變成紫紅色系。因此，不管是否使用過的感熱紙皆可再生製成酸鹼指示溶液。

五、製作隱形信件時所使用的強鹼溶液濃度不能太強，否則在製作隱形信件時會留下痕跡；但溶液濃度也不能太低，否則隱形信件再顯色時會變得模糊不清。

六、感熱紙浸入酒精中所得的溶液濃度也不能太淡，否則遇酸鹼溶液顏色變化就不太明顯了。

柒、參考資料及其他：

一、陳偉民。感熱紙？感酸紙！ 遠哲發現月刊。2006 年 5 月第 117 期月刊，取自 http://www.ytlee.org.tw/publish/find/menu_show.asp?period=117

二、奇妙的水。牛頓自然與生活科技五上教科書。台北市：牛頓出版股份有限公司。

三、物質與熱。牛頓自然與生活科技五下教科書。台北市：牛頓出版股份有限公司。

四、溶液的性質。小牛頓科學百科 4。台北市：牛頓出版股份有限公司。

【評　語】　081535　感熱紙的第二春

1.實驗頗有新創意，使用過之感熱紙製作出檢測溶液的酸鹼性，

PH≦3 爲墨綠色，PH=14 爲無色，並做出可測出感熱之隱性文字。

2.配置 PH=1.2.3 之檸檬酸水溶液似乎不容易。

3.對於 PH=3~13 溶液在感熱紙之酒精萃取溶液爲紫紅色無法辨識。