

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 生活與應用科學科

佳作

080834

從高鐵紀念車票注入感熱紙新生命

學校名稱：臺北市中山區長安國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳亭宇	趙瑩婷
小六 徐唯珊	

關鍵詞：感熱紙 高鐵車票

作品名稱: 從高鐵紀念車票注入感熱紙新生命

摘要

由高鐵紀念車票的新聞，讓我們徹底研究感熱紙的特性:從紙上文字的出現到消失的各種因素。我們發現感熱紙真的可以製成紙色均勻的再生紙，並不會污染環境。最重要的是文字消失後的感熱紙可以再次使用。別以為文字消失就很安全，它可是無字天書呢！大家也不必再擔心便利商店的繳費收據變為白紙後，會發生認證上的困難，家庭必備的電熨斗可以讓證據再現！

壹、研究動機

正當全台灣大眾歡欣鼓舞慶賀高鐵通車帶來南來北往不可思議的便利時，許多辛苦排了半天買到第一班通車紀念票的收藏迷，卻對感熱紙製成的車票發出怒吼，唯恐經過一段時日後這張紀念票成了無字天書，或是護貝後會變成黑鴉鴉一片。這倒引起我的好奇心，生活中隨處可見的感熱紙，究竟是什麼奇妙的紙張，字跡會自行消失又不能護貝保存呢？我們想找出它的另類用法。在這次的科學實驗中，也讓我們重溫了五年級自然課有關水溶液的酸鹼值(牛頓版第五冊第三單元奇妙的水)。

貳、研究目的

- 一、設計實驗分析感熱紙的特性
 - (一) 測試感熱紙文字圖像出現的原因
 - (二) 找出可能影響感熱紙文字圖像消失的因素
- 二、發掘感熱紙的新用法

參、研究設備及器材

- 一、感熱紙 1 捲
- 二、電熨斗
- 三、吹風機
- 四、不銹鋼湯匙
- 五、水
- 六、不銹鋼鍋
- 七、烹飪用溫度計
- 八、廣用試紙
- 九、氫氧化鈉
- 十、鹽酸
- 十一、食用醋
- 十二、漂白水
- 十三、藥用酒精
- 十四、小蘇打粉
- 十五、螺帽

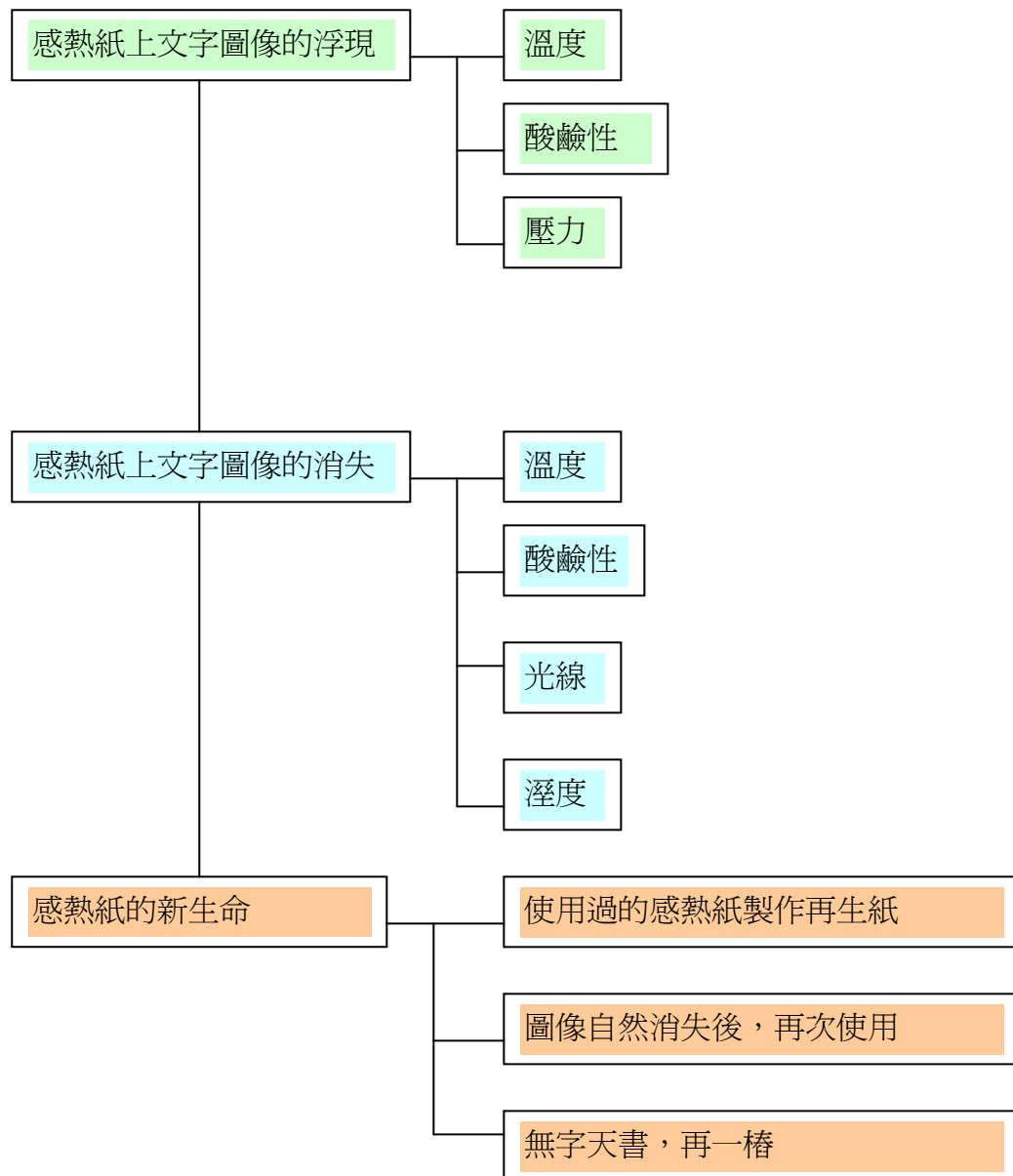


PANTONE 色票

- 十六、 黑色紙袋
- 十七、 真空密封罐
- 十八、 普通紙
- 十九、 燒杯
- 二十、 抄網
- 二十一、 果汁機
- 二十二、 棉花棒
- 二十三、 護貝機
- 二十四、 博士膜
- 二十五、 PANTONE 色票

肆、研究過程或方法

一、 實驗流程



二、 實驗方法

(一) 感熱紙顯現文字資料

1. 溫度:

- (1) 取 1000cc 自來水，和不鏽鋼湯匙及溫度計置入不鏽鋼鍋中，以瓦斯爐加熱。於溫度到達 40°C、50°C、60°C、70°C、80°C、90°C、100°C 時，分別將不鏽鋼湯匙拿起，立刻放置於感熱紙光滑面上。
- (2) 步驟(1)時，於水溫到達 40°C、50°C、60°C、70°C、80°C、90°C、100°C 時，舀一湯匙水放置於感熱紙光滑面上。
- (3) 將電熨斗加熱至 40°C、50°C、60°C、70°C、80°C、90°C、100°C 時，分別將電熨斗放置於感熱紙光滑面上。
- (4) 將溫度計置於感熱紙光滑面上，用吹風機直接對著溫度計及感熱紙吹熱風。

2. 酸鹼性

- (1) 取 6 個 50 ml 小燒杯，分別注入鹽酸、食用醋、糖水、酒精、氫氧化鈉水溶液、小蘇打水，各 30cc。
- (2) 先以廣用試紙檢測各溶液的酸鹼值
- (3) 依序在每張感熱紙上滴一滴溶液，並用棉花棒沾溶液在感熱紙上寫字。
- (4) 觀察並紀錄。

3. 壓力

- (1) 筆桿上黏接一個小塑膠罐。
- (2) 塑膠罐內不裝螺帽，將筆桿輕推劃過感熱紙。
- (3) 塑膠罐內分別裝入每個 10 克的螺帽 5 個、10 個、15 個、20 個、25 個、30 個、35 個、40 個，並將筆桿輕推劃過感熱紙。
- (4) 觀察並紀錄。

(二) 感熱紙文字資料的消失

1. 溫度

- (1) 由傳真機印出文字的感熱紙剪成三份，一份放入冰箱冷凍庫，一份放入冰箱冷藏室，一份置於室溫。
- (2) 每 1 小時觀察一次變化。

2. 酸鹼性

- (1) 取 7 個 50 ml 小燒杯，分別注入鹽酸、食用醋、水、小蘇打水、氫氧化鈉水溶液、藥用酒精、漂白水，各 30cc。
- (2) 將用電熨斗燙黑的感熱紙分別置入各溶液中。
- (3) 觀察紀錄，並比較風乾前後的感熱紙顏色。

3. 光線

- (1) 將用電熨斗燙黑的感熱紙分割為 15 等份，除保留一張為對照組存放於黑色袋子中，其餘分別置於陽光下 1-14 天。
- (2) 觀察並紀錄。

4. 溼度

- (1) 將傳真機印出之文件感熱紙，分為 2 等分。一份置於真空密封罐中，另一份以膠帶貼在罐上。
- (2) 將罐子置於浴室中，每日抽取真空密封罐中空氣，以保持真空罐內空氣的乾燥。
- (3) 觀察並紀錄。

(三) 感熱紙單據的新生命

1. 再生紙

- (1) 將 20 公克用電熨斗燙黑的感熱紙撕成小片加入 1000cc 的水，用食物調理機打成紙漿，手工抄紙，製成再生紙。
- (2) 將鹽酸滴在乾燥後的再生紙上。

2. 感熱紙文字自然消失後再次使用

- (1) 以鹽酸滴落在上面
- (2) 用 90°C 熱湯匙寫
- (3) 塑膠罐內裝入每個 10 克的螺帽 40 個，並將筆桿輕推劃過感熱紙。
- (4) 浸入裝有藥用酒精的燒杯
- (5) 捲入傳真機紙筒中，依傳真機正常使用方式影印文件

3. 以高溫電熨斗燙整張文字自然消失後的感熱紙收據

伍、研究結果

一、感熱紙文字資料的顯現

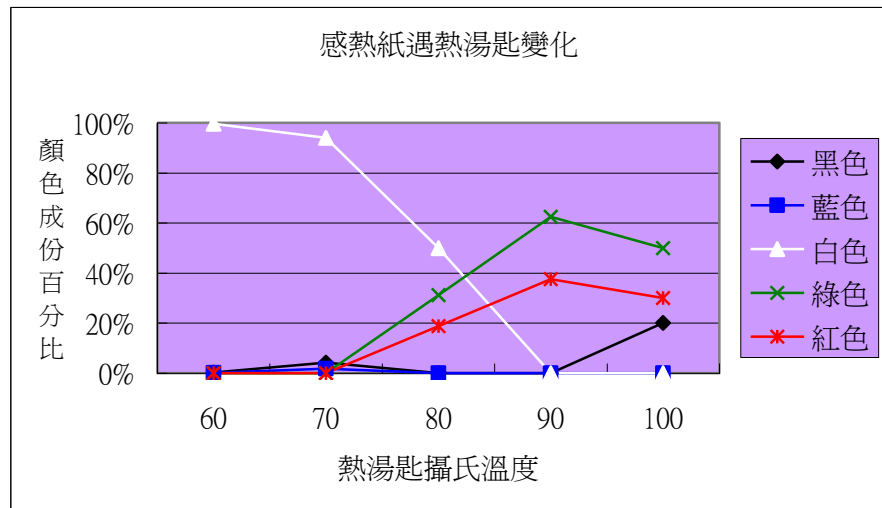
1. 溫度:

顏色 溫度 熱源	熱湯匙	熱水	吹風機	電熨斗
30°C	white	white	white	white
40°C	white	white	white	white
50°C	white	white	white	white
60°C	Cool Gray 1 C	Cool Gray 1 C	white	white
70°C	Cool Gray 6 C	Cool Gray 8 C	Cool Gray 6 C	Cool Gray 7 C
80°C	437 C	Cool Gray 9 C	Cool Gray 8 C	439 C
90°C	438 C	Cool Gray 10 C	Cool Gray 9 C	440 C
100°C	440 C	Cool Gray 11 C	Cool Gray 10 C	426 C

(1) 熱湯匙

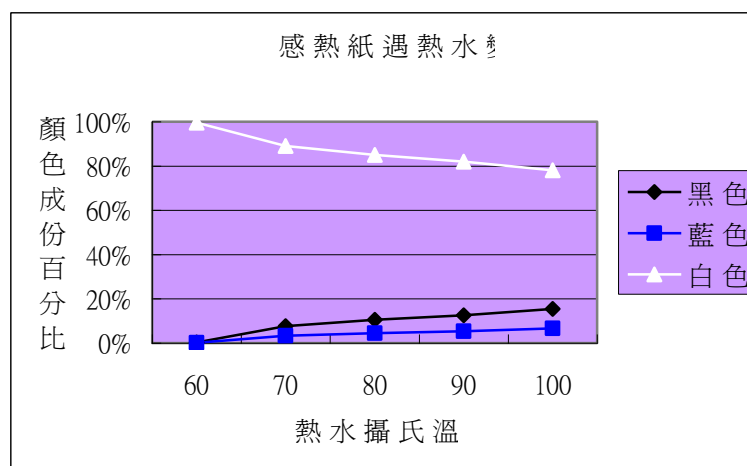
湯匙 溫度	感熱紙顏色 (PANTONE 色 票編號)	PANTONE 顏色組成百分比				
		黑	藍	白	紅	綠

60°C	Cool Gray 1 C	0.28%	0.12%	99.60%		
70°C	Cool Gray 6 C	4.20%	1.80%	94%		
80°C	437 C			50%	18.8%	31.2%
90°C	438 C				37.5%	62.5%
100°C	440 C	20%			30%	50%



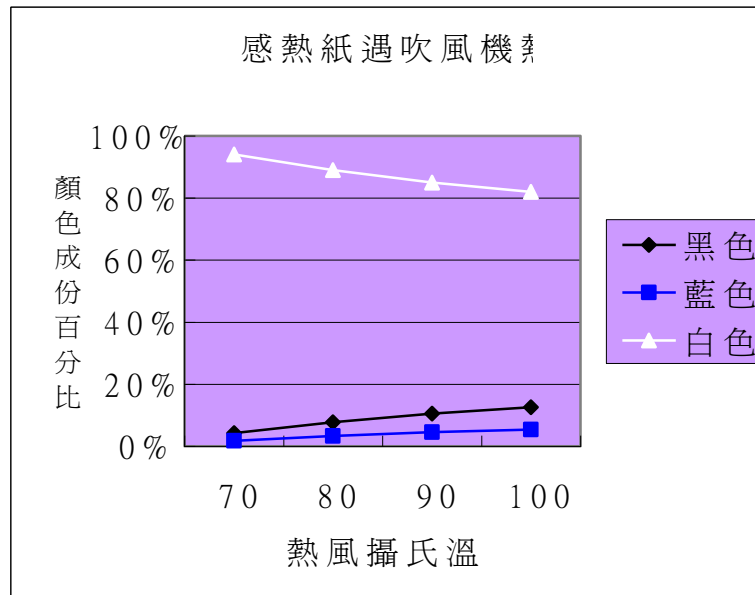
(2) 熱水

熱水溫度	感熱紙顏色 (PANTONE 色票編號)	PANTONE 顏色組成百分比		
		黑	藍	白
60°C	Cool Gray 1 C	0.28%	0.12%	99.6%
70°C	Cool Gray 8 C	7.7%	3.3%	89%
80°C	Cool Gray 9 C	10.5%	4.5%	85%
90°C	Cool Gray 10 C	12.6%	5.4%	82%
100°C	Cool Gray 11 C	15.4%	6.6%	78%



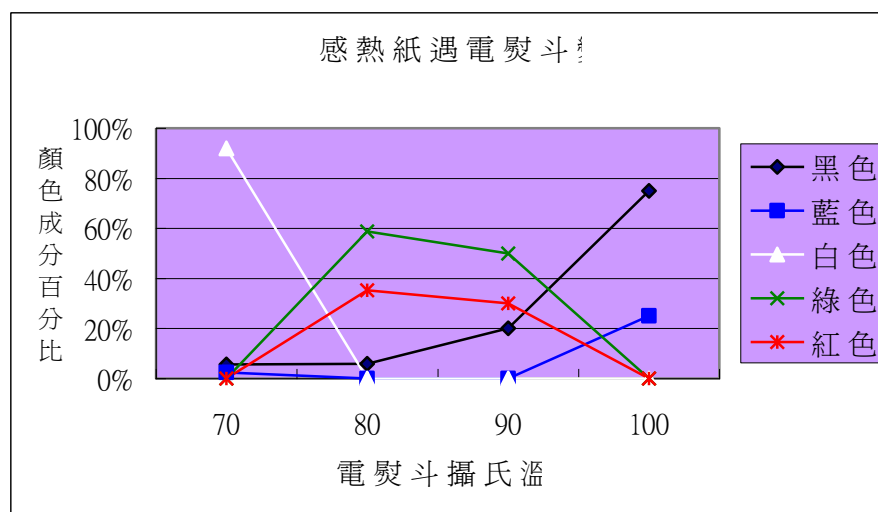
(3) 吹風機

吹風 機溫 度	感熱紙顏色 (PANTONE 色 票編號)	PANTONE 顏色組成百分 比		
		黑	藍	白
70°C	Cool Gray 6 C	4.2%	1.8%	94%
80°C	Cool Gray 8 C	7.7%	3.3%	89%
90°C	Cool Gray 9 C	10.5%	4.5%	85%
100°C	Cool Gray 10 C	12.6%	5.4%	82%

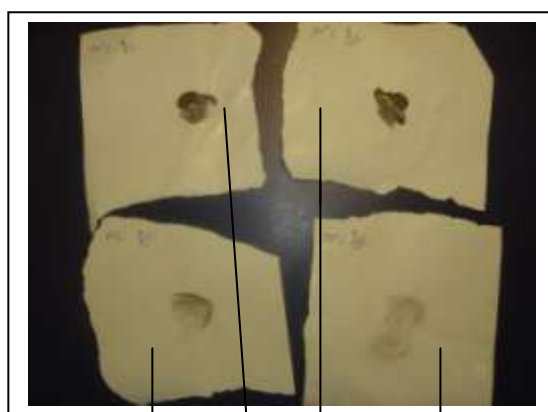


(4) 電熨斗

電熨 斗溫 度	感熱紙顏色 (PANTONE 色 票編號)	PANTONE 顏色組成百分比				
		黑	藍	白	紅	綠
70°C	Cool Gray 7 C	5.6%	2.4%	92%		
80°C	439 C	5.9%			35.3%	58.8%
90°C	440 C	20%			30%	50%
100°C	426 C	75%	25%			



水及湯匙加熱中，並以烹飪用溫度計測量溫度。



80°C 熱湯匙碰觸感熱紙後

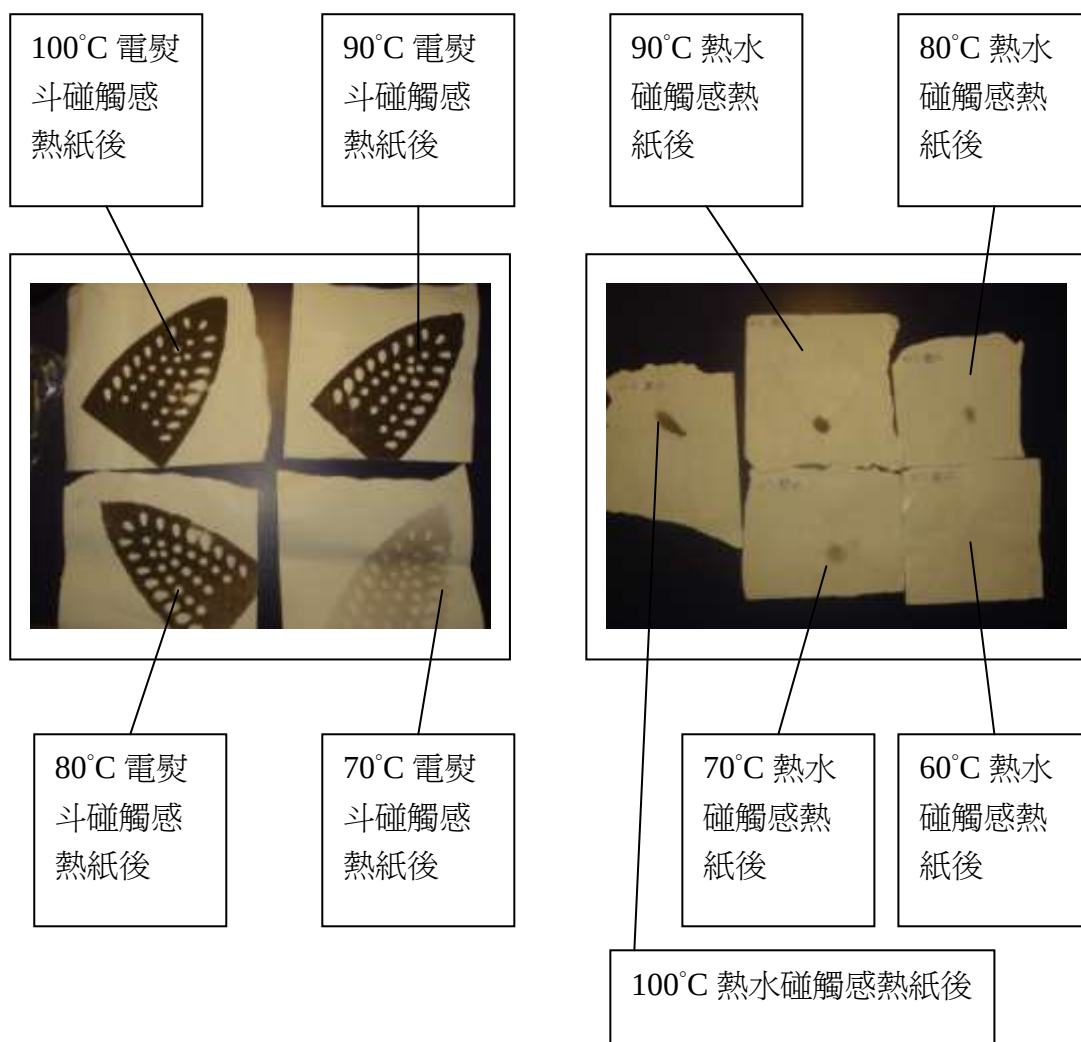
70°C 熱湯匙碰觸感熱紙後

以吹風機加熱感熱紙並以烹飪用溫度計測量溫度。

100°C 熱湯匙碰觸感熱紙後

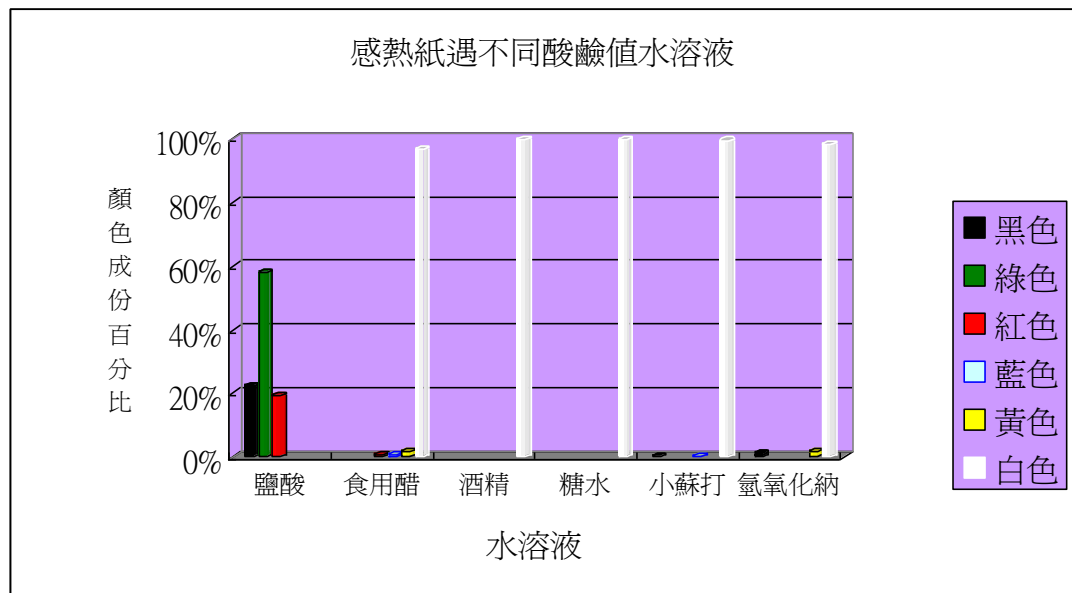
90°C 熱湯匙碰觸感熱紙後





2. 酸鹼性

溶液	酸鹼 值	感熱紙顏 色 (PANTON E 色票編 號)	PANTONE 顏色組成百分比					
			黑	紅	綠	白	黃	藍
鹽酸	PH1	447C	22.4	19.4	58.2			
食用醋	PH3	454C	96.8	0.8			1.6	0.8
糖水	PH7	white				100		
藥用酒精	PH6	white				100		
氫氧化鈉水 溶液	PH11	607 C	0.09			98.44	1.47	
小蘇打水	PH9	Cool Gary 1 C	0.28			99.60		0.12



食用醋滴
於感熱紙
風乾後

氫氧化鈉
水溶液滴
於感熱紙
風乾後

鹽酸滴
於感熱紙
風乾後

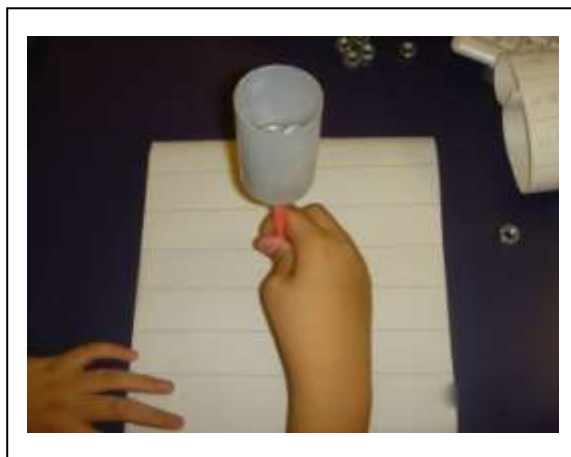
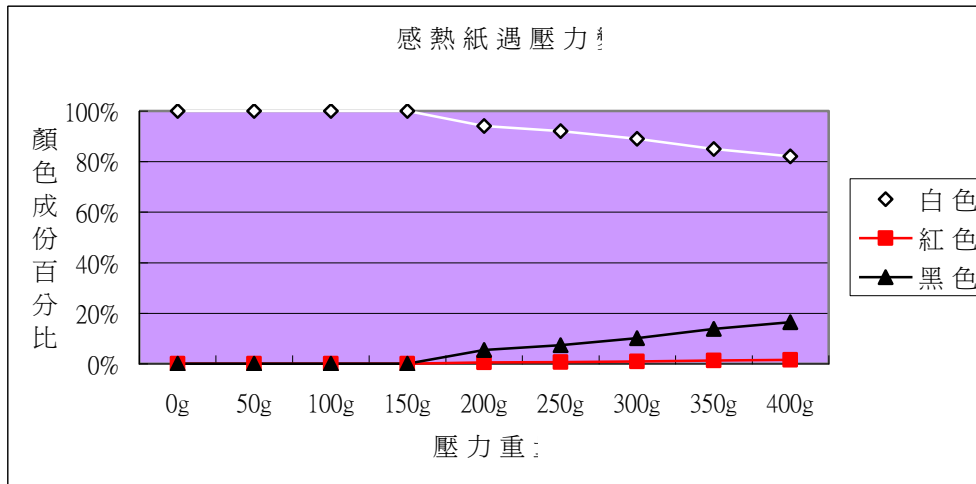


鹽酸滴於感熱紙並以棉花棒
沾鹽酸畫圖

3. 壓力

重量壓力	感熱紙顏色 (PANTONE 色 票編號)	PANTONE 顏色組成百分比		
		黑	紅	白
0 克	white			100%
50 克	white			100%
100 克	white			100%

150 克	white			100%
200 克	Warm Gray 6C	5.49%	0.51%	94%
250 克	Warm Gray 7C	7.32%	0.68%	92%
300 克	Warm Gray 8C	10.07%	0.93%	89%
350 克	Warm Gray 9C	13.72%	1.28%	85%
400 克	Warm Gray 10C	16.474%	1.53%	82%



自製重量壓力筆實驗



400g 壓力

5g 壓力

0g—400g 壓力實驗結果

二、感熱紙文字資料的消失

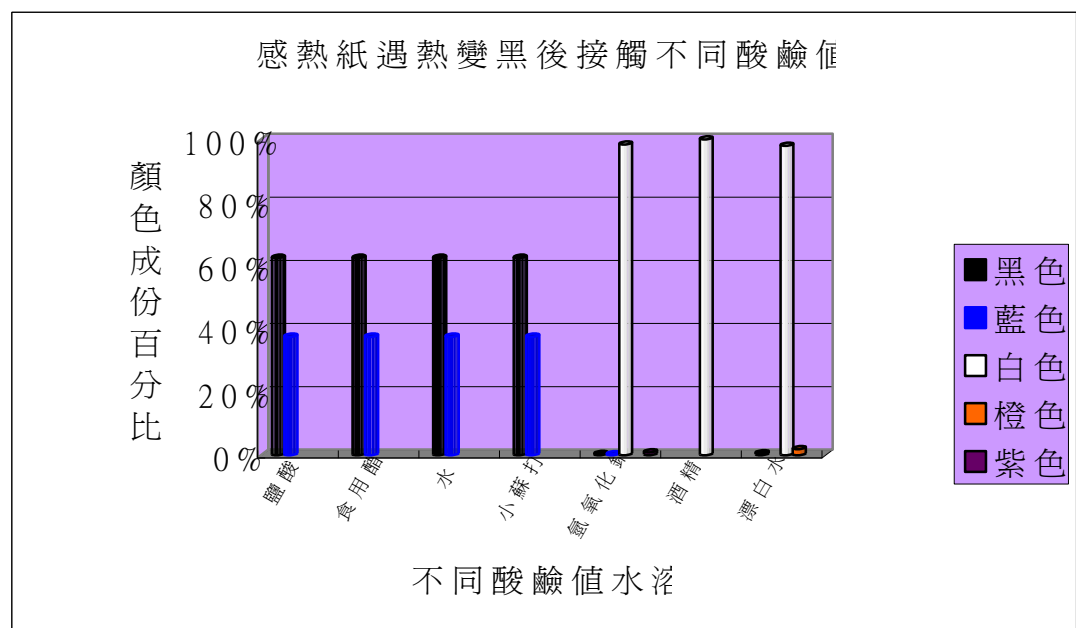
1. 溫度

感熱紙顏色 (色票號碼)	環境溫度	25°C	5°C	-10°C
放置時數				

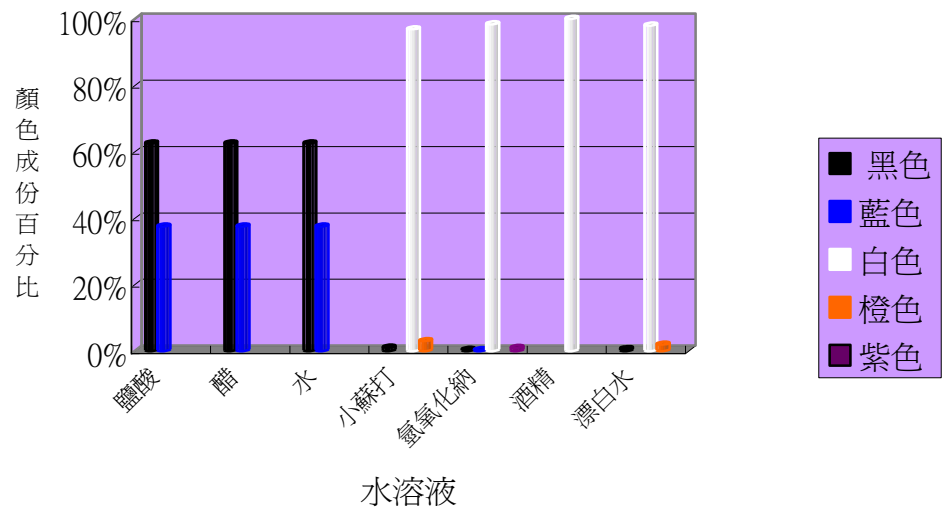
1 小時	440 C	440 C	440 C
2 小時	440 C	440 C	440 C
3 小時	440 C	440 C	440 C
4 小時	440 C	440 C	440 C
5 小時	440 C	440 C	440 C
6 小時	440 C	440 C	440 C

2. 酸鹼性

溶液	酸鹼值	感熱紙顏色 (PANTONE 色票編號)	PANTONE 顏色組成百分比				
			黑	藍	白	橙	紫
鹽酸	PH1	433U	62.5%	37.5%			
食用醋	PH3	433C	62.5%	37.5%			
水	PH7	433U	62.5%	37.5%			
小蘇打水	PH9	433U (濕) →713C(乾)	62.5%	37.5%			
			1%		96.9%	3%	
氫氧化鈉 水溶液	PH11	5315U	0.4%	0.3%	98.4%		0.9%
藥用酒精	PH6	white			100%		
漂白水	PH11	712C	0.6%		98%	1.94%	



感熱紙遇熱變黑後放入不同酸鹼值水溶液中風乾後的顏色



燙黑感熱紙浸泡小蘇打水後

燙黑感熱紙浸泡氫氧化鈉水溶液後

燙黑感熱紙浸泡鹽酸後

燙黑感熱紙浸泡醋後

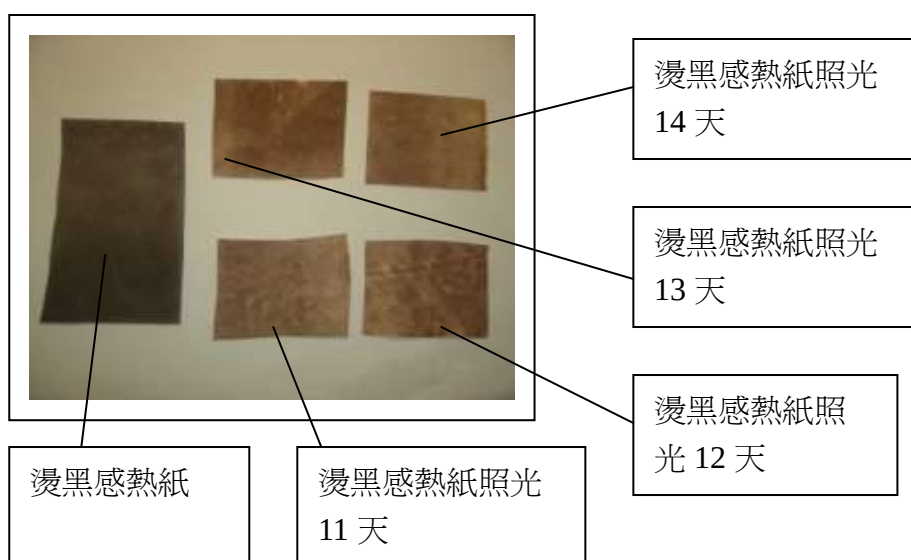
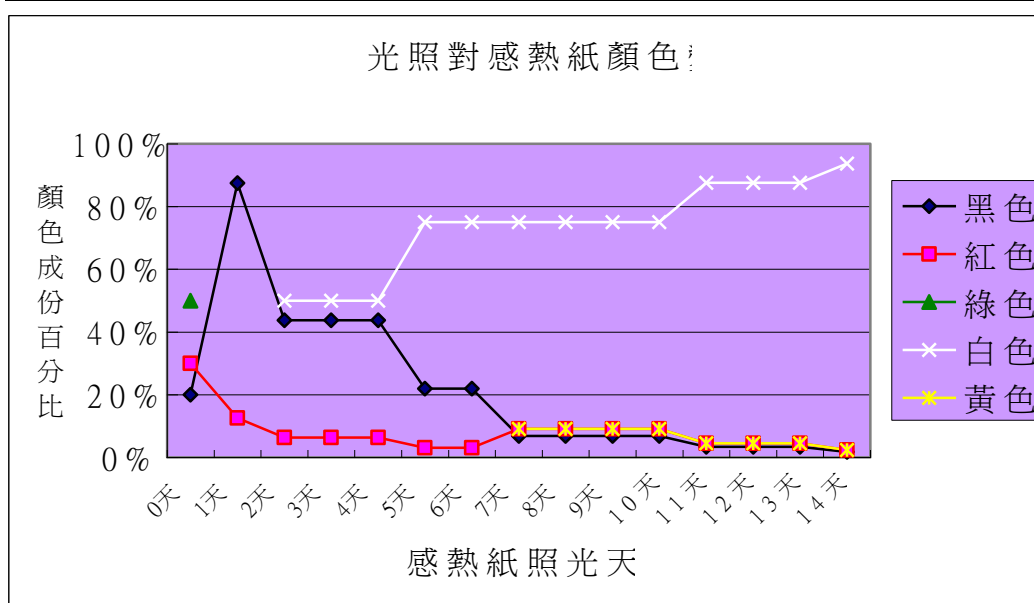


浸泡各種溶液的燙黑感熱紙風乾後，由上至下分別為浸泡漂白水、氫氧化鈉水溶液、小蘇打水、藥用酒精、食用醋、鹽酸。

3. 光線

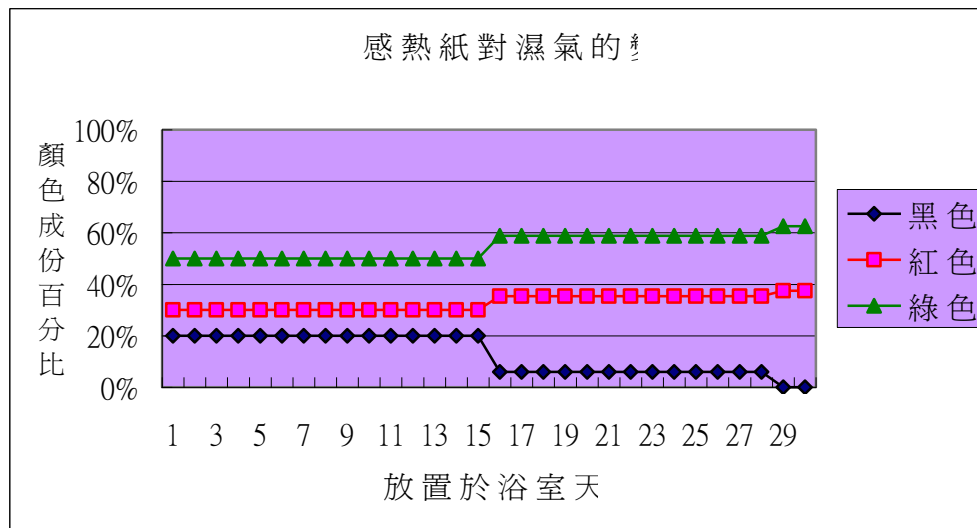
照光天數	感熱紙顏色 (PANTONE 色票編號)	PANTONE 顏色組成百分比				
		黑	紅	綠	白	黃
0 天	440C	20%	30%	50%		
1 天	412C	87.5%	12.5%			
2 天	411C	43.7%	6.3%		50%	

3 天	411C	43.7%	6.3%		50%	
4 天	411C	43.7%	6.3%		50%	
5 天	410C	21.9%	3.1%		75%	
6 天	410C	21.9%	3.1%		75%	
7 天	4715C	6.8%	9.1%		75%	9.1%
8 天	4715C	6.8%	9.1%		75%	9.1%
9 天	4715C	6.8%	9.1%		75%	9.1%
10 天	4715C	6.8%	9.1%		75%	9.1%
11 天	4725C	3.4%	4.5%		87.6%	4.5%
12 天	4725C	3.4%	4.5%		87.6%	4.5%
13 天	4725C	3.4%	4.5%		87.6%	4.5%
14 天	4735C	1.7%	2.3%		93.7%	2.3%



4. 溼度

放置於 浴室天 數	真空罐中 感熱紙顏色 (PANTONE 色票編號)	曝露空氣中			
		感熱紙顏色 (PANTONE 色票編號)	黑色	紅色	綠色
1 天	440C	440C	20%	30%	50%
2 天	440C	440C	20%	30%	50%
3 天	440C	440C	20%	30%	50%
4 天	440C	440C	20%	30%	50%
5 天	440C	440C	20%	30%	50%
6 天	440C	440C	20%	30%	50%
7 天	440C	440C	20%	30%	50%
8 天	440C	440C	20%	30%	50%
9 天	440C	440C	20%	30%	50%
10 天	440C	440C	20%	30%	50%
11 天	440C	440C	20%	30%	50%
12 天	440C	440C	20%	30%	50%
13 天	440C	440C	20%	30%	50%
14 天	440C	440C	20%	30%	50%
15 天	440C	440C	20%	30%	50%
16 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
17 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
18 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
19 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
20 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
21 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
22 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
23 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
24 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
25 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
26 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
27 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
28 天	440C	439C	5.9%	35.3%	58.8%
29 天	440C	438C	0%	37.5%	62.5%
30 天	440C	438C	0%	37.5%	62.5%



感熱紙置於真空罐內、外放在浴室中



暴露於空氣中 1 個月的感熱紙

1 個月後真空罐中的感熱紙

三、感熱紙的新生命

(一) 感熱紙再生

1. 感熱紙製成之再生紙滴入鹽酸後，仍舊呈現藍黑色。
2. 感熱紙紙漿呈中性。
3. 酒精浸泡再生紙後，滴入鹽酸，酒精顏色由無色轉為深藍綠色。

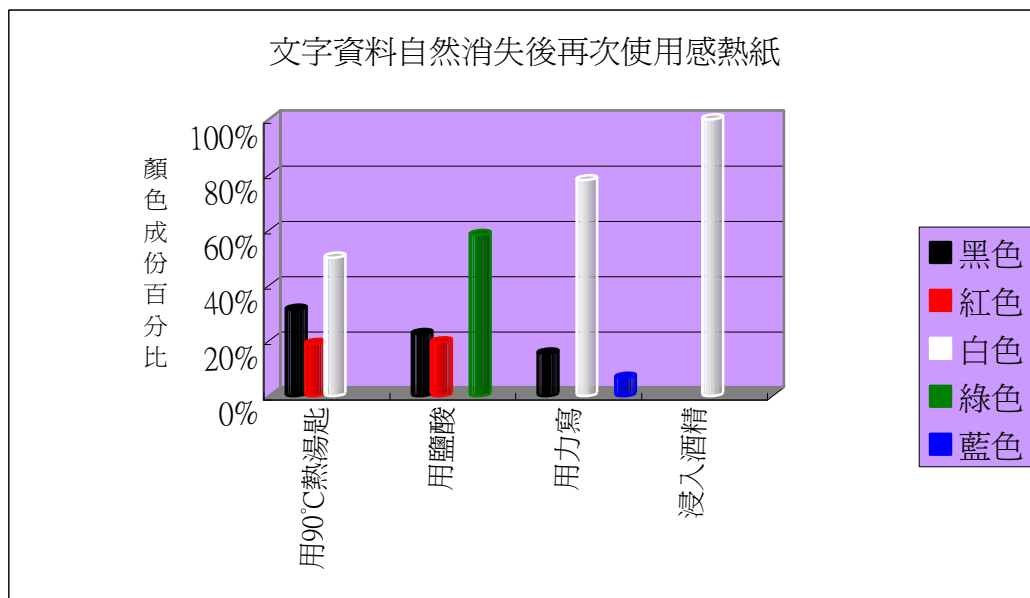


鹽酸滴於感熱紙再生紙

鹽酸滴於普通白紙

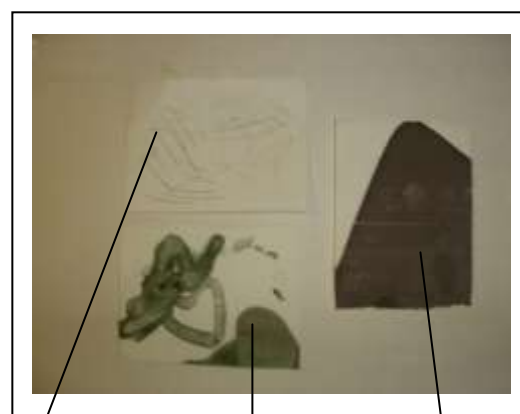
(二) 感熱紙文字自然消失後

實驗方式	感熱紙顏色 (PANTONE 色 票編號)	PANTONE 顏色組成百分比				
		黑	紅	白	綠	藍
用 90°C 熱湯匙	432C	31.2%	18.8%	50%		
用鹽酸	447C	22.4%	19.4%		58.2%	
用力寫	Cool Gray 11 C	15.4%		78%		6.6%
浸入酒精	white			100%		



黑色文字完全
消失變白的感
熱紙

尚有黑色文字
的感熱紙



變白後的
感熱紙用力
寫

變白後的
感熱紙滴鹽
酸

變白後的
感熱紙用熱
電熨斗燙

(三) 無字天書

1. 白色感熱紙加熱變為黑色，上面會有淺灰色的原來印出的資料出現。



燙黑後出現原來感熱紙上的資料

陸、討論

一、感熱紙出現黑色文字圖像

(一) 感熱紙出現黑色文字圖像的條件:

1. 須要接觸到 70°C 以上的高溫。
2. 強酸(Ph1)
3. 壓力

(二) 不論使用任何熱源

1. 70°C 時均出現肉眼可辨識的灰色
2. 80°C 時均出現深灰色但非傳真機印出的黑色
3. 90°C 以上就能出現如同傳真機印出的黑色

(三) 我們可以推論出感熱紙表面應該有一層化學塗料遇到強酸就會產生化學變化而呈現出黑色：而且此一塗層必含有另一物質只要遇到 70°C 以上的熱或是壓力就可產生酸性讓化學塗料呈現出黑色。

(四) 在感熱紙加熱過程中，由色票顏色成份可以看到白色隨溫度升高而減少，黑色隨溫度升高而增加。

(五) 雖然許多報導食用醋在可以在感熱紙上寫出字，但是我們實驗了三種市面上販售常見的不同品牌的醋(Ph 值均為 3)，都沒有出現黑灰色的字，僅有淡黃色水痕。

二、感熱紙黑色字或圖消失

(一) 感熱紙黑色字或圖消失的條件:

1. 立即消失的因素:
 - (1) 碰觸到強鹼(Ph11)

- (2) 碰觸到酒精
- (3) 碰觸到漂白水
- 2. 緩慢消失的因素
 - (1) 光線
 - (2) 濕氣

(二) 被酒精洗白的感熱紙晾乾後，再用熱風吹或電熨斗燙，均不再變黑，塗鹽酸也不變黑，可以證明感熱紙上的化學塗料全被洗掉了。而浸泡過感熱紙的酒精，加入鹽酸後由透明變為深藍綠色，由此更可以證明感熱紙上的化學塗料變黑，是由酸導致。

(三) 感熱紙遇熱出現黑色圖文後，放置於低溫中(如:冰箱冷藏室或冷凍庫)並不會改變顏色。若遇到 80°C 以上高溫，則白色感熱紙部分會變黑，當然原來黑色圖文部份仍舊保持黑色。

(四) 燙黑的感熱紙浸泡小蘇打水溶液，並沒有立刻變色，而是在風乾的過程中慢慢褪色。

三、感熱紙新生命

(一) 感熱紙製作再生紙

- 1. 感熱紙再生後，表面雖然粗糙但是滴上鹽酸仍舊變回藍黑色，顯示再生紙中仍含有無色塗料。而加熱及壓力均無法使感熱紙再生後變黑。
- 2. 抄紙過程中紙漿的酸鹼值經測試為中性，所以可以證明化學塗料並不溶於水，且造紙過程中產生的廢水並不會對環境造成污染。

(二) 文字經自然消失後的感熱紙，是可以再一次經由高溫、強酸、壓力再次出現黑色。所以我們將文字自然消失變白的感熱紙，再次捲入熱感式傳真機的捲筒，感熱紙真的就可以如同新的傳真紙般印出文字。



文字自然消失後的感熱紙，捲回傳真機紙筒



傳真紙筒放入傳真機

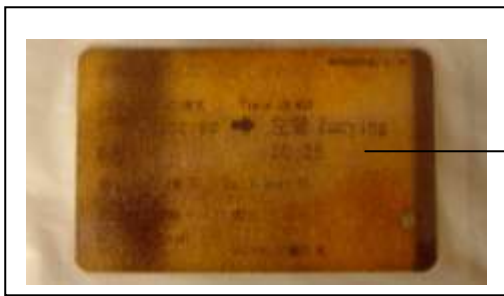


傳真機以捲入的再次使用感熱紙，印出文字

(三) 最新無字天書的製作法:

1. 將要呈現的字或圖先以 80°C 的物體書寫完成或由熱感式傳真機影印。
2. 置於陽光充足處待文字消失。
3. 將變為白紙的感熱紙以電熨斗燙或吹風機吹，則變為黑色的感熱紙會有淺灰色的字或圖出現。
4. 所以不要隨便丟棄變白的自動提款機的感熱紙紀錄，他人可以經由加熱讓你的資料完全顯現。

四、有關感熱紙單據的保存，我們嘗試將高鐵車票護貝，果真變黑了！所以長時間的保存感熱紙單據，除了絕對避免碰觸到酒精、漂白水、鹽酸(強酸)、氫氧化鈉水溶液(強鹼)外，平日應存放於黑色真空罐(袋)中，以減少光線及濕氣的干擾。



護貝後變黑的高鐵車票

柒、結論

- 一、經由此實驗我們了解感熱紙的特性為:
 - (一) 遇強酸、熱會變色。
 - (二) 酒精會溶解感熱紙的化學塗料。
- 二、長期保存感熱紙並不難，只要能將紙存放於真空密封罐(袋)存放於陰暗處，避免高溫陽光，將可長期保存。
- 三、廢棄的感熱紙可以製成再生紙，紙色均勻並沒有黑點產生，而原先光滑不利原子筆書寫的表面也變為粗糙適合書寫。
- 四、再生紙製作過程中的廢水呈中性，應不至於對環境造成污染，所以我們認為感熱紙應可回收製成再生紙。
- 五、即使感熱紙上文字經自然消失後，仍可再次如新的感熱紙般使用，紙上的化學物質並未消失。
- 六、偶然發現的無字天書要提醒大家:感熱紙上的文字雖然消失，但是仍可讓它重現，所以雖然不見文字還是要撕毀不要隨手亂扔。
- 七、便利商店以感熱紙呈現的繳款收據，再也不必擔心資料消失苦無證據，只要以電熨斗加熱就不會有爭執產生了！

捌、參考資料

- 一、 古建國(無日期)。令人感到有趣的熱感紙。科學研習月刊，44:3，18-25。民 96 年 1 月 29 日，取自:http://www.ntsec.gov.tw/file/pdf/44-3_p18-25

二、 陳偉民(2006 年 5 月)感熱紙?感酸紙!發現月刊，117。民 96 年 1 月 29 日，取自:http://www.ytlee.org.tw/publish/find/menu_show.asp?period=117

【評語】 080834 從高鐵紀念車票注入感熱紙新生命

主題不夠明確。但作品中對於感熱紙的再回收，製作，有相當不錯的成果。對於消失字的感熱紙，利用熨斗燙紙面使字重見的作法，相當實用。作者的表達能力須加強。