

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(二)科

052407

溫度對鈷黃變色的探討與應用

學校名稱：新北市立中和高級中學

作者： 高二 簡翊宸 高二 何承恩 高二 陳冠諺	指導老師： 劉宗憲 許泰銘
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：鈷黃、溫度、顏色表

摘要

本實驗最一開始主要是探討鈷黃的顏色變化原因，我們想到改變鈷黃顏色的主要要素為加熱時間、加熱溫度和加熱的鈷黃量，我們加熱的方法主要是用加熱板，將鈷黃平均整齊的放置在加熱版上，溫度計放在加熱板旁。而做完實驗、觀察及測量後我們發現，加熱時間改變並不會導致顏色的改變，而加熱的鈷黃藥品量做出調整後，顏色也不會改變，鈷黃主要變色的原因，便是鈷黃本身受加熱溫度的改變，因此我們想要將它運用在生活中的各個地方，顏料能作為在防偽顏料，將其加熱就能改變畫中用鈷黃作為原料的黃色顏料，轉換為橘色。或是當作警告用試紙，也就是我們要做的排氣管的檢測，甚至我們把它當作電烙鐵的警示用品，用途多樣。

壹、研究動機

因為聽說訪問有一種能根據內容液體溫度變化而改變杯子本身顏色的馬克杯，我們也想做相似的物件，因此我們找到了類似的化學物品：鈷黃，他能根據溫度變化而轉換自身的顏色，我們想可以把鈷黃放在一些容易改變溫度的物品上，讓那件物品有獨特的意義，如果那件物品有危險性，可能會達到 100 度，那麼或許能提醒人們那件物品很危險，以達成我們想做的目的。

貳、研究目的

一、探討溫度對鈷黃顏色的影響

鈷黃的製作

加熱的改變

分層探討

二、探討顏色變化中三原色數值移動

探討三原色的顏色原理

製成圖

數值的不同

三、探討畫中畫的成果與顏料應用

四、生活中的應用

警示用試紙

汽車排氣管測試

電烙鐵

參、研究器材

一.實驗藥品

	實驗藥品			
鈷黃 $K_3 [Co(NO_2)_6]$	含水氯化鈷 $CoCl_2 \cdot 6H_2O$	亞硝酸鉀 KNO_2	冰醋酸 CH_3COOH	蒸餾水 H_2O

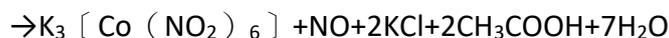
二.實驗器材

器材	規格	數量	器材	規格數	數量
燒杯	400ml	1 個	研杵		1 個
量筒	100ml	1 個	研鉢		1 個
量筒	10ml	1 個	玻璃攪拌棒		1 個
滴管	3ml	2 支	圖畫紙	A4	5 座
秤紙	10*10cm	1 包	電子秤	0.01g~500.00g	1 座
烘乾爐	標準型 150L	150L 1 台	電熱板	均勻式	1 座
磁石攪拌子	2 x 0.5cm	3 個	加熱攪拌器	IACF-PC420D	1 座
玻璃瓶	25ml	5 罐	刮勺	15cm	1 支
吸濾瓶	250ml	1 個	橡膠管		1 條
濾紙	90mm	1 張	布氏漏斗	100mm	1 個
水彩筆		1 支	橡皮塞		1 個
護貝			水彩(黃色)		1 瓶
電烙鐵		1 支	烤箱		1 台
銅膠帶		1 捲	銅箔		1 片

表一:實驗用具

肆、研究過程或方式

鈷黃原理： $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 7\text{KNO}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOH}$



實驗一：鈷黃製作

步驟：

- 一、將 6.00g 的含水氯化鈷溶於 60ml 蒸餾水中。
- 二、將 15.00g 亞硝酸鉀溶於 60ml 蒸餾水中。
- 三、用滴定管吸取 3ml 冰醋酸至氯化鈷溶液中。
- 四、將溶液放置在加熱盤上加熱至 80 度（加熱溫度過高，故在抽風櫥內反應且看著）。
- 五、將亞硝酸溶液添加入氯化鈷溶液，攪拌燒杯至均勻，產生沈澱物並釋放氣體。
- 六、使用布氏漏斗和濾瓶收集沈澱物（沈澱物為芥末黃，濾液為透明的淺粉）
- 七、，再用蒸餾水沖洗沈澱物，取下濾紙並在乾燥箱中乾燥過夜。
- 八、用玻棒將沉澱物取下並放在研鉢中，再用杵將混合物磨至粗細大小一致，接著再轉移到玻璃瓶儲存。



圖一：鈷黃成品

實驗二:加熱對鈷黃的影響

步驟:

- 一、將鈷黃加水塗在銅箔
- 二、把試銅箔試紙放置在電熱板上並用溫度計確認實際溫度
- 三、以每 20 度為基準紀錄顏色變化
- 四、觀察顏色變化
- 五、持續加熱直到鈷黃變成黑色 (無法復原)
- 六、記錄結果

實驗三:探討顏色變化三原色數值的移動

步驟:

- 一、在加熱後的所以圖取相同點
- 二、查出三原色的數值
- 三、製成趨勢圖
- 四、分層進行分析
- 五、觀察現象
- 六、記錄數據

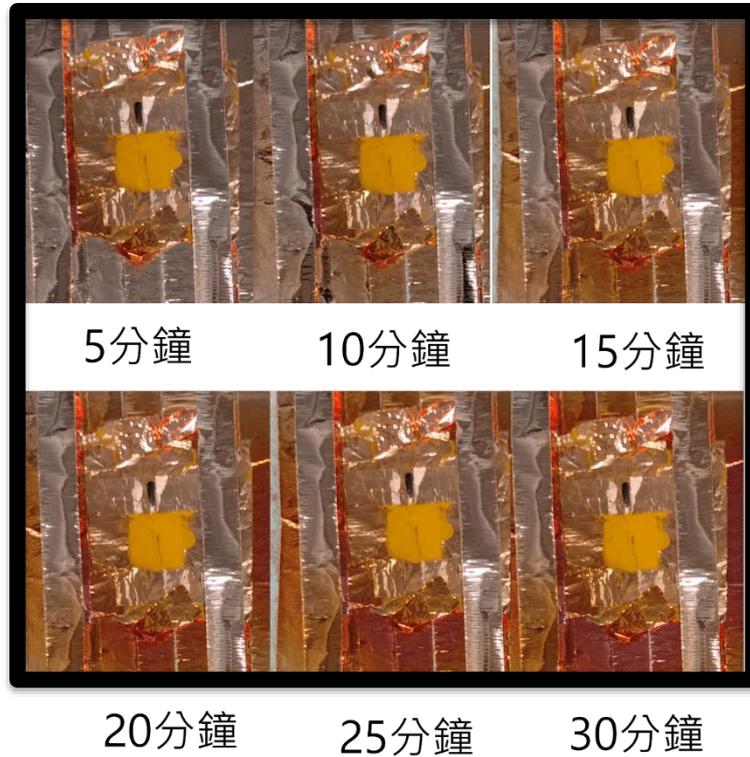
實驗四:畫中畫

步驟:

- 一、將水彩調製成和鈷黃溶液同色
- 二、將水彩和鈷黃塗在相同處
- 三、加熱圖畫處一段時間直到變色
- 四、觀察變化

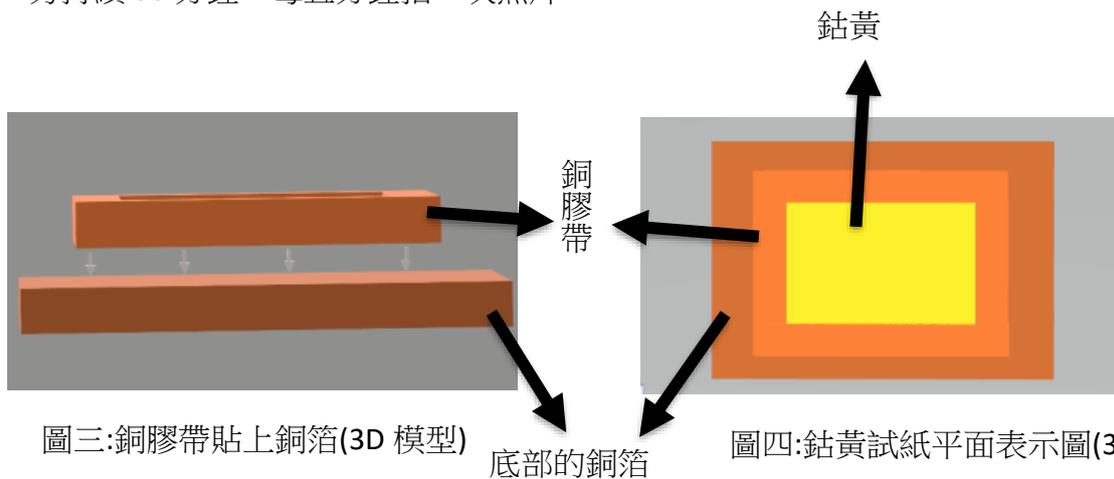
伍、研究結果

結果一:加熱對鈷黃的影響



圖二:一層的鈷黃試紙之恆溫表現合集

上圖是實驗恆溫的研究，將加熱板溫度固定在 150 度，鈷黃試紙只放置在上
方持續 30 分鐘，每五分鐘拍一次照片



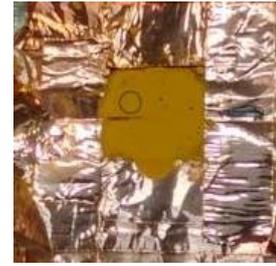
上述兩張圖是鈷黃試紙製作的示意圖，圖三是標示將銅膠帶貼上銅箔，圖
四是鈷黃試紙的平面圖，深橘色視銅箔，淺橘色是銅膠帶，黃色是鈷黃。



圖五:一層鈷黃
80~100 度



圖六:一層鈷黃
100~120 度



圖七:一層鈷黃
120~140 度



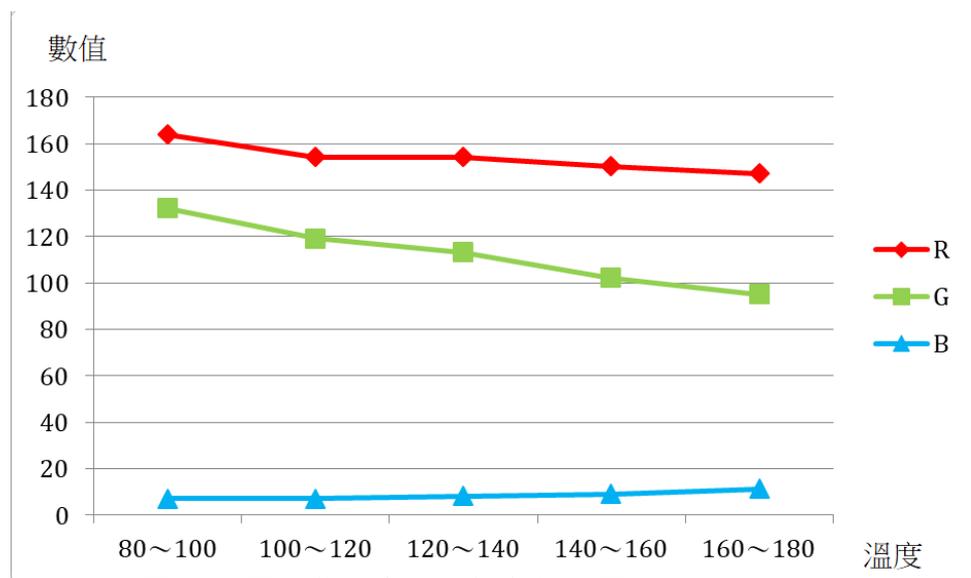
圖八:一層鈷黃 140~160 度



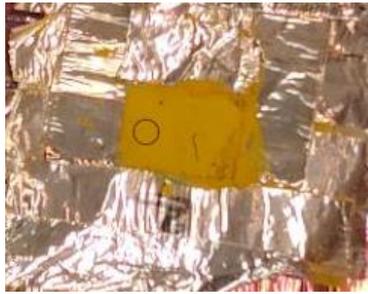
圖九:一層鈷黃 160~180 度

1	80~100	100~120	120~140	140~160	160~180
R	164	154	154	150	147
G	132	119	113	102	95
B	7	7	8	9	11

表二:一層鈷黃溫度對應顏色數值



圖十:一層鈷黃溫度對應顏色折線圖



圖十一:二層鈷黃
80~100 度



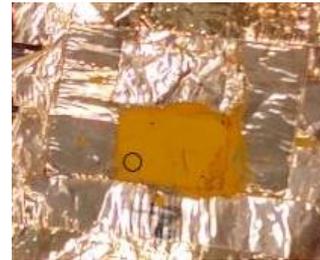
圖十二:二層鈷黃
100~120 度



圖十三:二層鈷黃
120~140 度



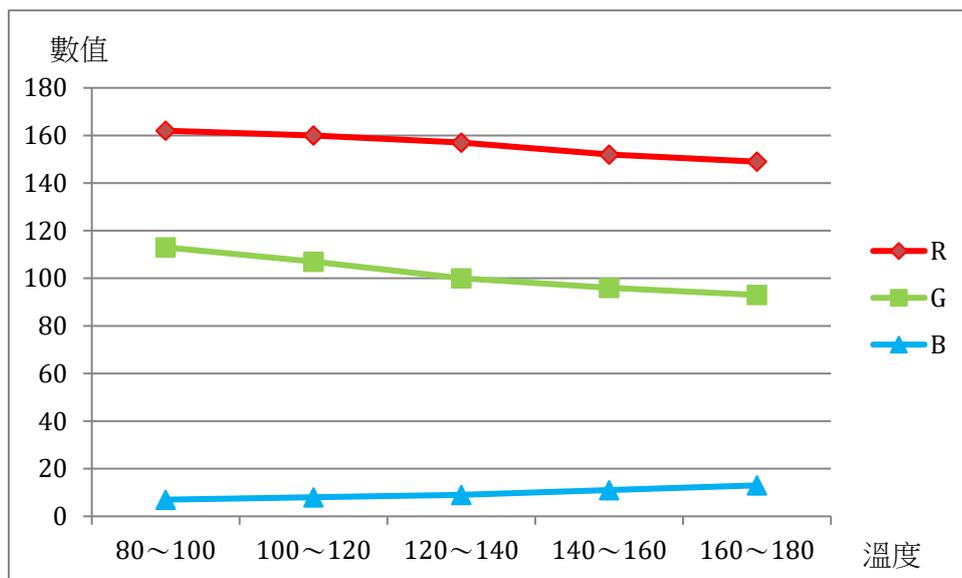
圖十四:二層鈷黃
140~160 度



圖十五:二層鈷黃
160~180 度

2	80~100	100~120	120~140	140~160	160~180
R	162	160	157	152	149
G	113	107	100	96	93
B	7	8	8	11	13

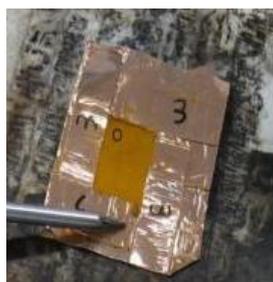
表三:二層鈷黃溫度對應顏色數值



圖十六:二層鈷黃溫度對應顏色折線圖



圖十七:三層鈷黃
80~100 度



圖十八:三層鈷黃
100~120 度



圖十九三層鈷黃
120~140 度



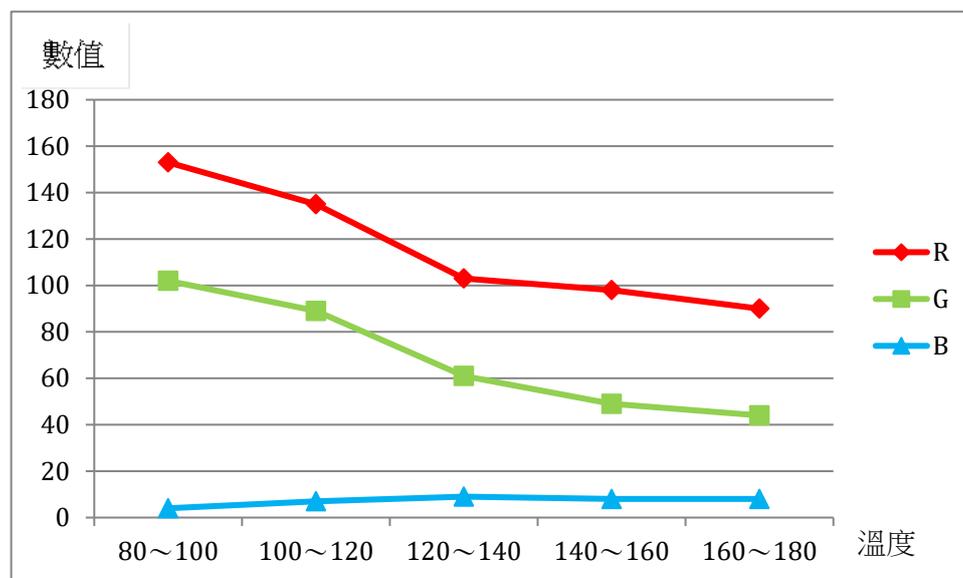
圖二十:三層鈷黃
140~160 度



圖二十一:三層鈷
黃 160~180 度

	80~100	100~120	120~140	140~160	160~180
R	153	135	103	98	90
G	102	89	61	49	44
B	4	7	9	8	8

表四:三層鈷黃溫度對應顏色數值



表二十二:三層鈷黃溫度對應顏色折線圖



圖二十三:四層鈷黃
80~100 度



圖二十四:四層鈷黃
100~120 度



圖二十五:四層鈷黃
120~140 度



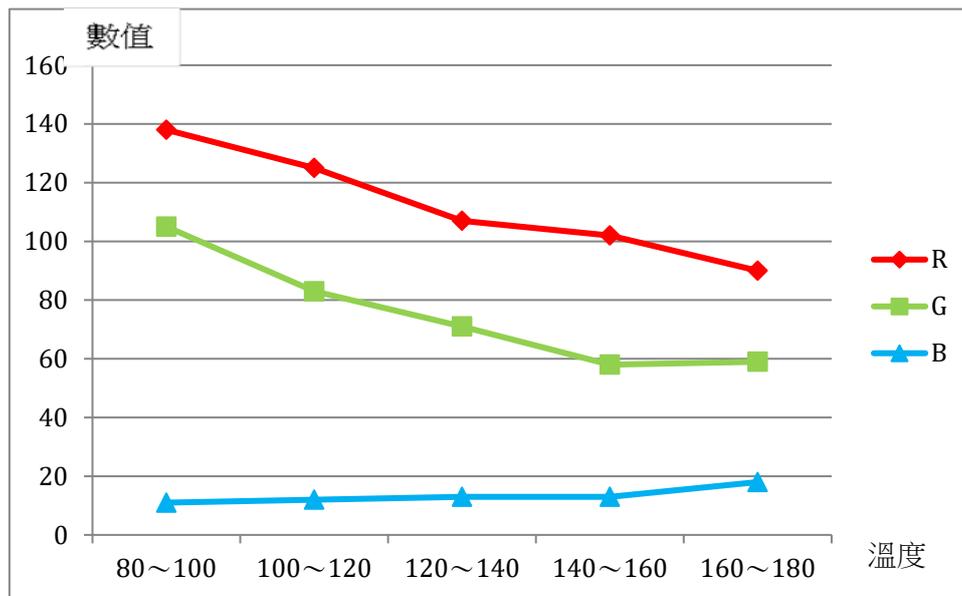
圖二十六:四層鈷黃
140~160 度



圖二十七:四層鈷黃
160~180 度

	80~100	100~120	120~140	140~160	160~180
R	138	125	107	102	90
G	105	83	71	58	59
B	11	12	13	13	18

表五:四層鈷黃溫度對應顏色數值



圖二十八:四層鈷黃溫度對應顏色折線圖



圖二十九:五層鈷黃
80~100 度



圖三十:五層鈷黃
100~120 度



圖三十一:五層鈷黃
120~140 度



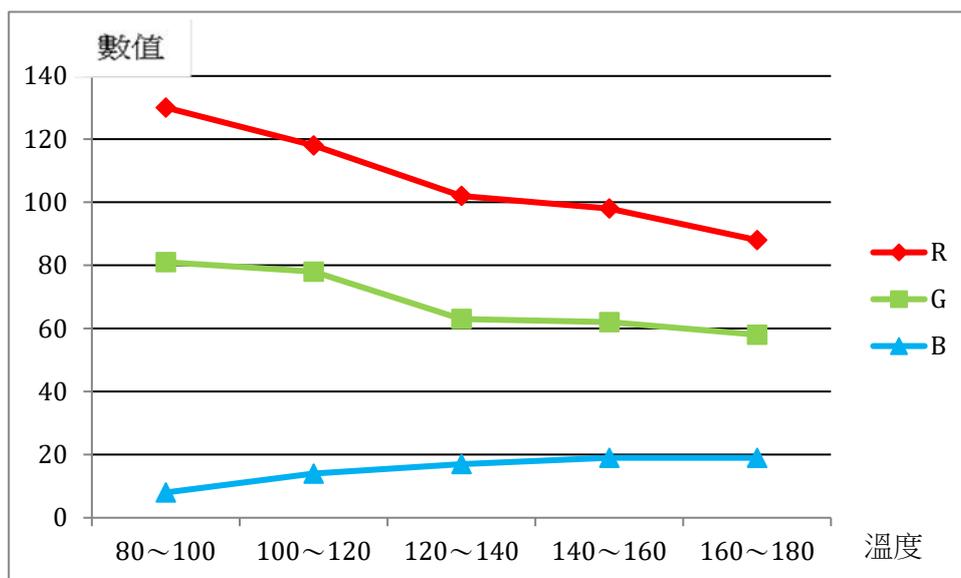
圖三十二:五層鈷黃
140~160 度



圖三十三:五層鈷黃
160~180 度

	80~100	100~120	120~140	140~160	160~180
R	130	118	102	98	88
G	81	78	63	62	58
B	8	14	17	19	19

表六:五層鈷黃溫度對應顏色數值



圖三十四:五層鈷黃溫度對應顏色數值

上面那些圖是剛開始我們將鈷黃加水塗在銅箔放置在 20 度的加熱板開始加熱，並且利用溫度計以每 20 度為基準測量變化，當溫度計顯示 80 度時拍下第二張圖，100 度時拍下第三張，觀察變化，以此類推，當溫度計顯示 180 度，且鈷黃快開始變黑時，即停止實驗。

而觀察結果發現當溫度超過 100 度顏色慢慢變深，從剛開始的淡黃變成橘色，到了 200 多度後慢慢變黑，不過只要冷卻後顏色最終會變回原樣，但是如果因為溫度過高變成黑色即使冷卻也無法變回原樣。

我們認為在實驗的鈷黃必須塗抹均勻，且受熱面積也要均勻，免得出現鈷黃一邊溫度不夠高，而一邊溫度太高，而導致溫度低的部分還是黃色，溫度太高的部分已經變成了黑色，所以我們使用了銅當底部材質，接著溫度得要控制得當，為避免鈷黃變黑而無法變回原本的黃色，我們必須時刻注意溫度計上測量，顯示加熱版的溫度。

結果二: 探討顏色變化三原色數值的移動

挑選圖片上的顏色

上傳你的圖檔

選擇你電腦/手機裡的圖片

選擇檔案 285890797_1...82787_n.png

或是指定圖檔的網址(url)

http://....

可用的檔案格式 (jpg,gif,png,svg,webp...)

開始上傳圖檔

X=108,Y=131
HEX #a26700
RGB (162,103,0)
CMYK (0,36,100,36)

選擇的顏色色碼
HEX #9c6500
RGB (156,101,0)
CMYK (0,35,100,39)

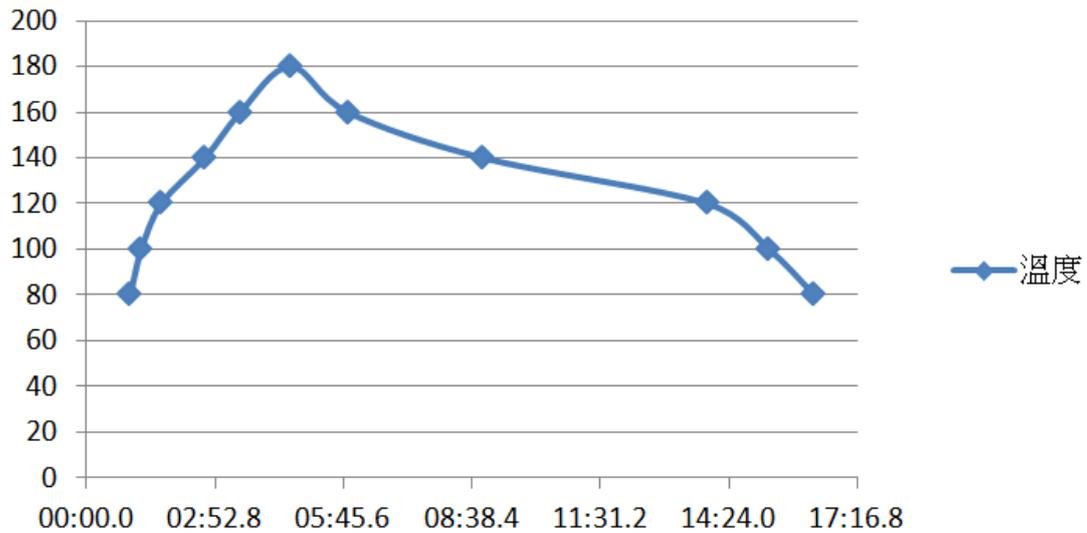
圖三十五:我們所使用之
取色軟體介面

圖三十六:取色後顯示
的數值介面

一開始我們將前面鈷黃加熱的實驗完成圖，整理出所有不同溫度和層數的圖後，將每個溫度做排序，從低溫到高溫，接著我們運用顏色辨識的程式，取相同的點，觀察其三原色的數值。

我們發現三原色的數值在每張圖都發生了改變，隨著溫度變高顏色從紅色變成橘色再變成黑色，圖表上的數值也從黃色變成橘色的過程中，紅色和綠色的數值慢慢下降，藍色的數值維持不變，橘色變成黑色的過程中，紅色和綠色數值下降更劇烈，藍色數值明顯上升，因此可知溫度在 **180** 度之後使得顏色明顯改變時，數值改變也最明顯，而之後我們將數值做成表格和圖形來觀察變化。

溫度



圖三十七:鈷黃試紙時間對應溫度折線圖

1(上)	80~100	100~120	120~140	140~160	160~180
R	164	154	154	150	147
G	132	119	113	102	95
B	7	7	8	9	11

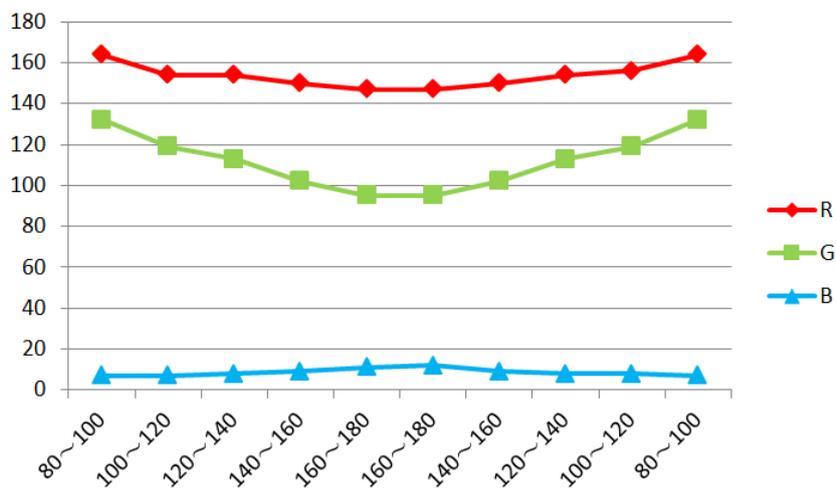
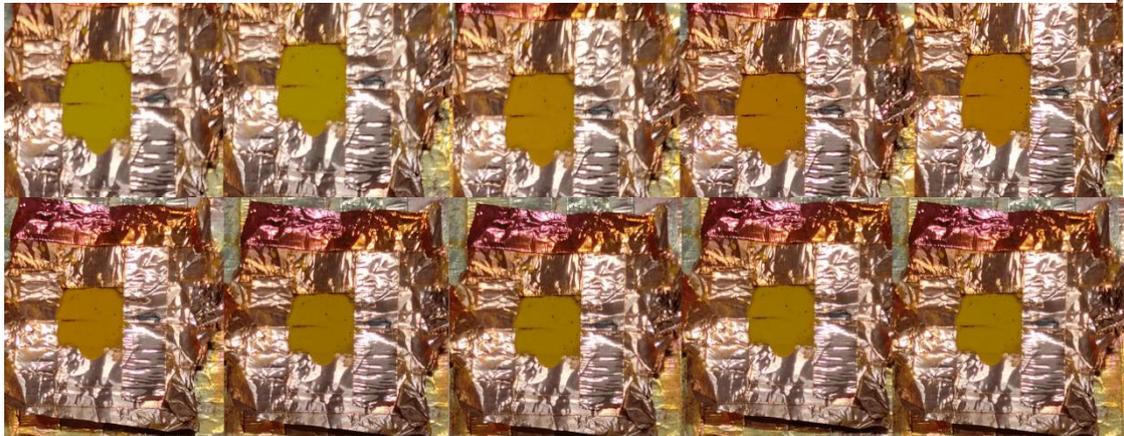
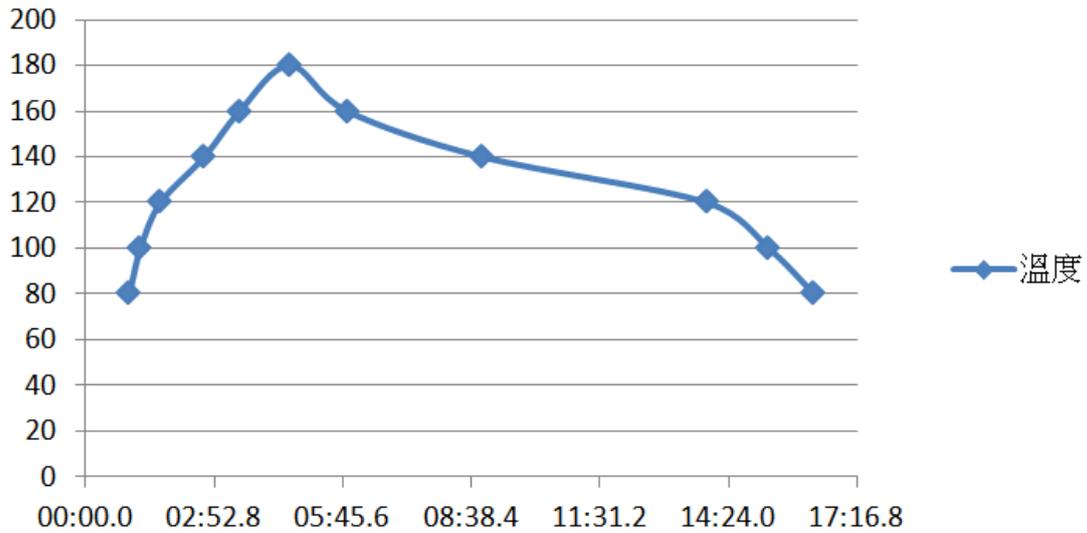
表七:一層鈷黃溫度對應顏色數值

1(下)	80~100	100~120	120~140	140~160	160~180
R	147	150	154	156	164
G	95	102	113	119	132
B	12	9	8	8	7

表八:一層鈷黃溫度對應顏色數值

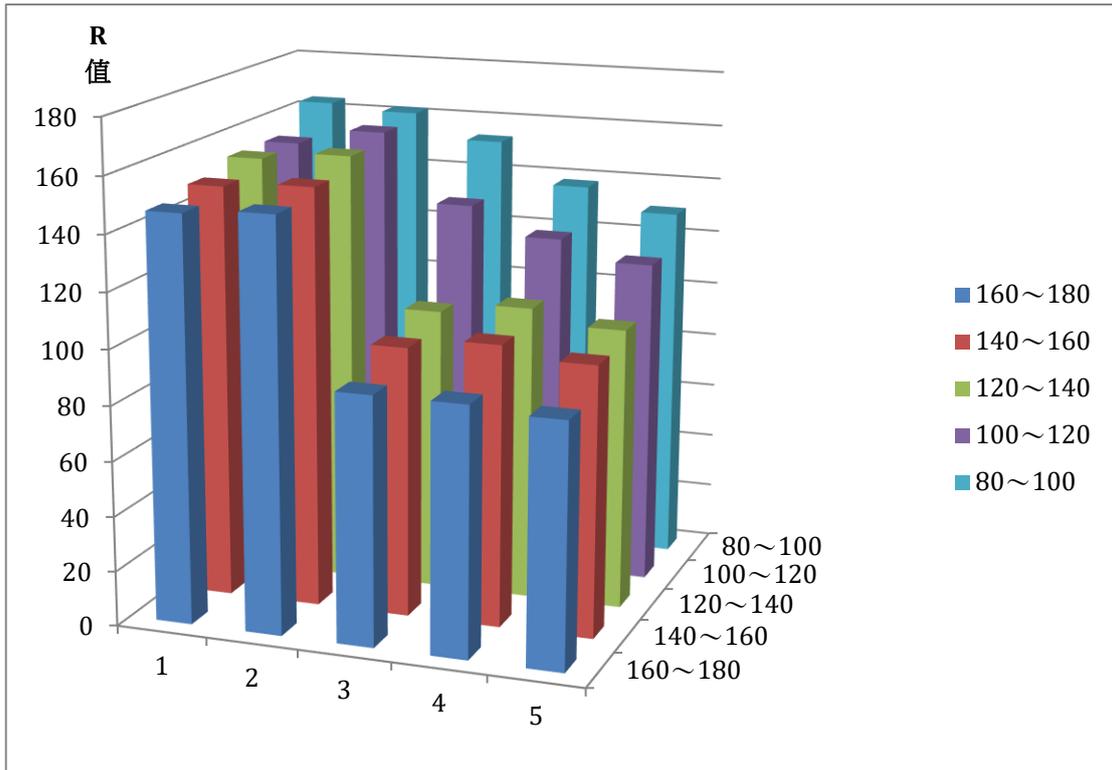
這是我們將一層的鈷黃試紙放置在加熱版上，在 4 分鐘前將加熱版設置在 180 度，當 4 分鐘時，溫度達到 180 度時，開始降溫，上述是我們將這些數據製成的圖表，從圖片和圖表中我們可以發現，溫度上升時，R、G 值會下降，B 值會些微上升，溫度下降則反之。

溫度

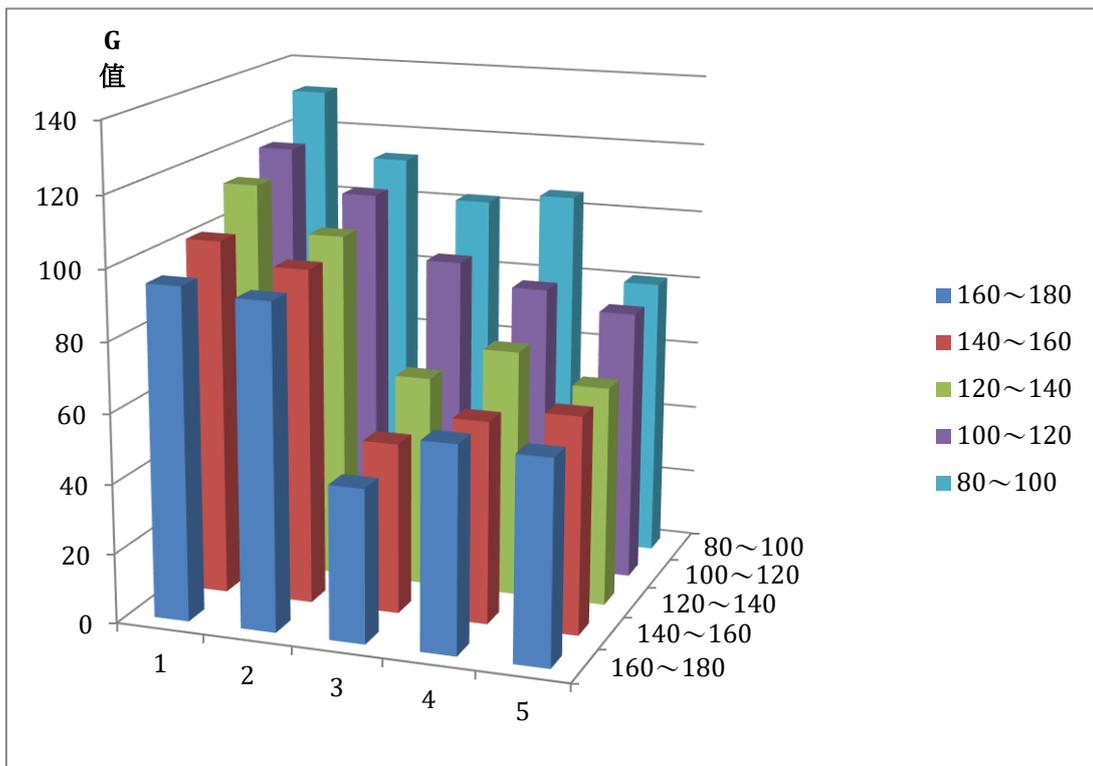


圖三十八:升降溫實驗合集圖

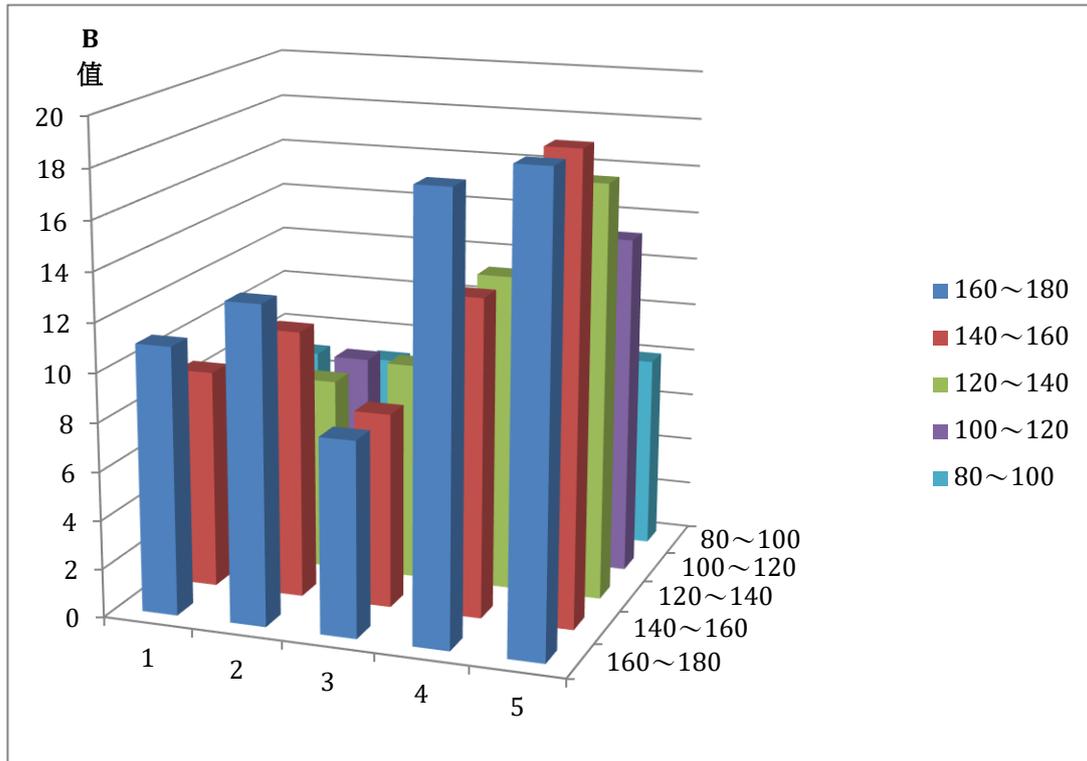
這是將鈷黃試紙加熱完後放置降溫，在 4 分鐘前溫度設置在 180 度，180 度後開始降溫，溫度區試圖在最上面，之後再將些接溫度所呈現的顏色做顏色分析，此實驗主要目的是為了瞭解鈷黃升溫和降溫所需的時間，可發現鈷黃降溫變成原本顏色的時間增長很多



圖三十九:各個層數及不同溫度的 R 值三維圖



圖四十:各個層數及不同溫度的 G 值三維圖



圖四十一:各個層數及不同溫度的 B 值三維圖

上面三張圖是我們將各層鈷黃試紙的溫度所表現的顏色數值輸入 EXCEL 中，所製成的三維空間圖表，由此類型的表格可以明顯的發掘其趨勢，一般情況下，R、G 值中，層數越高、溫度越高，數值就越小，反之則越大，B 值中，層數越高、溫度越高，數值就越大，反之則越小。在相同溫度下可發現 R 值和 G 值會因為層數變多而下降。

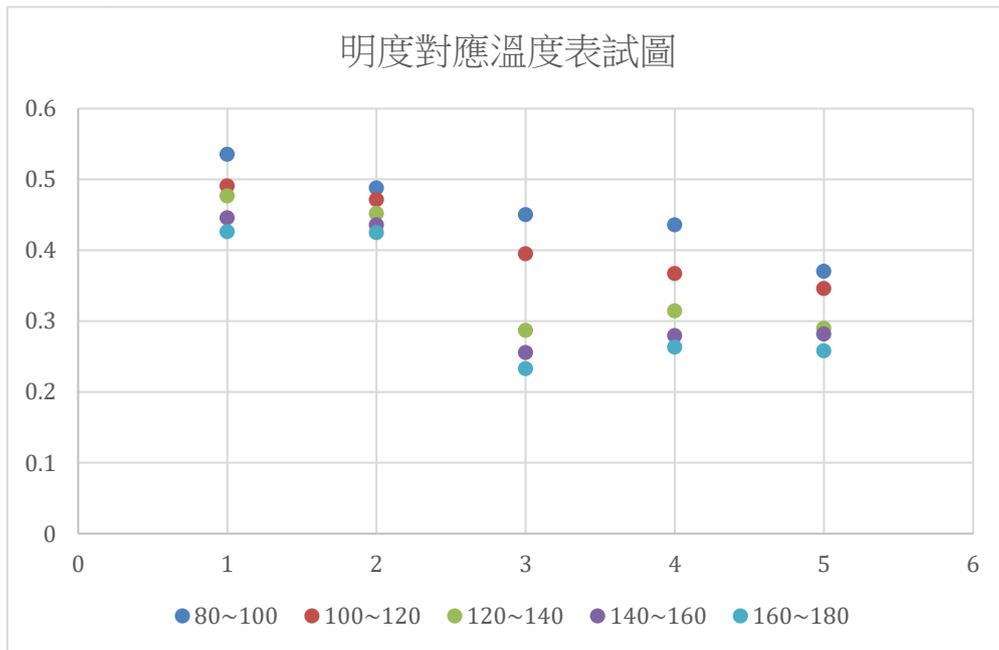
RGB明度計算公式：

$$L = \sqrt[2.2]{\frac{\left(\frac{R}{255}\right)^{2.2} + \left(1.5\frac{G}{255}\right)^{2.2} + \left(0.6\frac{B}{255}\right)^{2.2}}{1 + 1.5^{2.2} + 0.6^{2.2}}}$$

圖四十二:RGB
明度計算公式

	1層	2層	3層	4層	5層
80~100	0.535258	0.487744	0.450067	0.435852	0.370216
100~120	0.490655	0.471431	0.394953	0.367115	0.345872
120~140	0.476496	0.451718	0.286776	0.314236	0.289708
140~160	0.445736	0.435645	0.255402	0.279284	0.281626
160~180	0.425958	0.424751	0.232781	0.263116	0.25805

表九:各層的明度



圖四十三: 明度對應溫度表試圖

這是我們將前面各個層數所檢測出的 RGB 值，帶入公式後所得出的明度值，明度值是將 RGB 值用不同的加權比重放進去，明明鈷黃都是黃色的，但它們所呈現的黃會因 RGB 不同導致明度不同。由明度對應溫度表試圖中，我們可以得知在 100~140 度的區間，明度變化最為劇烈，我們認為這是因為這段溫度正好是鈷黃開始變化顏色的時機。而當溫度相同時，不同層數所持有的明度值也不相同，層數越高明度越低。

結果三:畫中畫



圖四十四:初始圖
一開始



圖四十五:加熱 30
30 秒



圖四十六:加熱分 1 分鐘
1 分鐘



圖四十七:加熱 1 分 30 秒
1 分 30 秒



圖四十八:加熱 2 分鐘
2 分鐘



圖四十九:加熱 2 分 30 秒
2 分 30 秒



圖五十:加熱 3 分鐘
3 分鐘



圖五十二:完成圖
最後

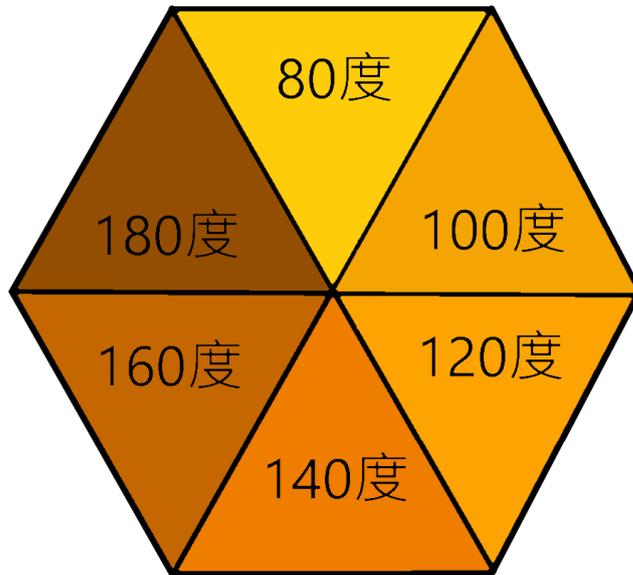


圖五十一:加熱 3 分 30 秒
3 分 30

我們先將先前調配好與鈷黃顏色相近的水彩顏料塗抹在圖畫紙上，接著從其中間左右的位置塗上鈷黃，使其看似只有一種顏色，再將塗好顏料及鈷黃的圖畫紙放置在加熱版上，由 20 度開始加熱，每 30 秒拍照做紀錄，觀測加熱後鈷黃對於溫度變化所做出的改變。

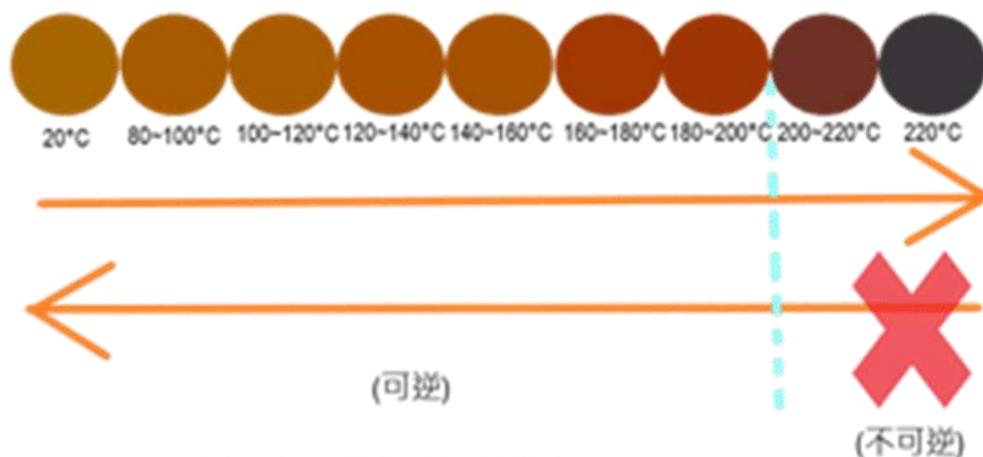
我們在實驗後發現經過加熱板將紙不斷加熱，隨著時間溫度的上升，塗抹鈷黃的地方慢慢變成橘色，和原本的與鈷黃顏色相近的顏料產生差別，使得原本的圖變成不同樣貌。

觀察到這種現象後，我們認為可以將其利用在辨別畫作真偽方面，因為市面上的詐騙行為頻繁，為了防範詐騙，可將鈷黃參雜於畫作內，需要判別真偽時，將其加熱觀察是否有變色，以便防止被詐騙的風險。除了在防偽方面，也可運用在畫作顏色方面，使一幅畫不單只有一種樣式，經由加熱改變其風貌。



圖五十三:鈷黃顏色標明圖

我們利用鈷黃加熱變色後，根據不同溫度所拍攝的照片，並利用製圖軟體，將其複製顏色所製作出顏色標明圖，也就是上圖，鈷黃在 20 度時顏色是最接近黃色的，而隨著溫度提升，逐漸接近橘色，且超過 180 就轉為深咖啡色，們能將這張顏色對比圖放在鈷黃試紙旁，當顏色變化時就能提醒人們試紙使用的對象之溫度，可以成為一個淺顯易懂的物品，而此圖也能作為搭配排氣管的使用工具，讓我們的生活變得更便利。



圖五十四:鈷黃顏色演變圖

這張圖是鈷黃顏色演變圖，因為我們覺得鈷黃它的溫度及顏色變化，受到某種事物而改變其表示型態，在某個限度以內都能變換自如，但要是過了那樣限度，就將無法再回到最初的型態。

圖中上方的是鈷黃受溫度的不同，所導致的顏色變化及其顏色表現，當溫度提升時，鈷黃就開始變換顏色，提升到 200 度，變成黑色時，就變不回來了，也就是圖中下方箭頭虛線右側的叉叉表示(不可逆)，但在這之前都還能來的及變回原本的黃色，也就是圖中虛線左側左右箭頭的可逆表現。

這張圖的用意是在提醒使用鈷試紙的使用者們，一旦鈷黃試紙超過 200 度，變為黑色時，就無法再使用，無法再測量溫度，當溫度變高使得試紙顏色發生改變達到接近黑色，就是在警告，溫度已超過 200 度有危險，利用溫度的改變來做為試紙檢測標準，得再換一張試紙，避免使用者們疑惑為何鈷黃試紙永遠維持在黑色，就算降溫也沒用。

二、摩托車排氣管檢測



圖五十五:將鉛黃試紙放在排氣管上

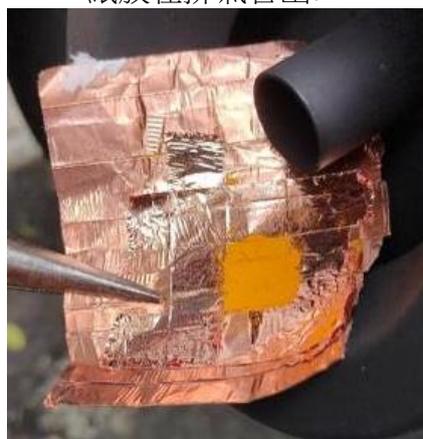


圖五十六:將鉛黃試紙放在排氣管上



圖五十七:將鉛黃試紙放在排氣管上

圖五十九:將鉛黃試紙放在排氣管出口



圖五十八:將鉛黃試紙放在排氣管上

此機車實做測試是為了實驗我們鉛黃試紙的實用性，我們在座這次測試的事前準備要有溫度計、鉛黃試紙、有排氣管的機車，先發動機車，讓排氣管發燙，將溫度計放置在排氣管上測量排氣管上的溫度，當到 100 度左右時，將鉛黃也放置到排氣管上，接著等待溫度上升，看著溫度計上的溫度上升，以及鉛黃試紙慢慢變色，當溫度計上顯示快 180 度時，將機車熄火，以避免鉛黃變黑，等鉛黃冷卻後再將其取下。

圖中能發現當放鉛黃試紙到排氣管時，試紙明顯變深黃，如果再更燙會變橘色，目的是為了方便了解測量物的溫度，進而達到警戒功能。



圖六十:將銦黃塗在電烙鐵 30 秒



圖六十一:將銦黃塗在電烙鐵 1 分鐘



圖六十二:將銦黃塗在電烙鐵 1 分 30 秒



圖六十三:將銦黃塗在電烙鐵 2 分鐘



圖六十四:將銦黃塗在電烙鐵放置 10 分鐘

這是電烙鐵的實驗，將銦黃塗抹均勻在電烙鐵的上，將電烙鐵接上電源，並開始加熱，接這隨著時間的進行，每隔 30 秒拍一次紀錄的照片，實驗完成後，我們發現加熱兩分鐘後，達到最高溫度時，顏色之後都不會再變化，會做這個實驗是為了提醒使用者電烙鐵的高溫，由銦黃的顏色表現我們可以知道其中之一是，電烙鐵上的溫度超級高，不能直接觸摸，其二是我們可以知道最適合塗上銦黃的部份便是圖中橘色的區域，也就是略為中間的地方，而且如果要讓電烙鐵降溫時，由銦黃能讓使用者一目瞭然的知道電烙鐵完全降溫了沒，能避免我們以為電烙鐵降完全了，直接用手去觸碰電烙鐵前端，導致手燙傷的憾事。

陸、討論

鈷黃的實用性

警告性物品，可以用在逃生標示，當溫度達到 100 度時，鈷黃會開始變色，隨著溫度升高，鈷黃會變得越來越橘，可以用來提醒溫度已經超過 100 度了，而當到 200 度時，會慢慢轉黑色。

鈷黃的顏色變化很明顯，能做成有提醒用意的物品，我們決定將它做成試紙，並把它拿來當作警示物品。

討論一、鈷黃溫度對顏色的變化

從實驗結果中可以發現，當溫度超過 100°C 顏色慢慢變深，從剛開始的淡黃變成橘色，到了 200 多度後慢慢變黑，不過只要冷卻後顏色最終會變回原樣，但是如果因為溫度過高變成黑色即使冷卻也無法變回原樣。

在做實驗時，溫度盡量要控制在 100~180 度，當超過 200 度時，就必須再換一組鈷黃，當變成黑色時，就會散發出燒焦的味道。

討論二、變色時三原色的數據變化

經由上方圖表也能發現到各個數值在溫度不同時變化經由上述實驗測得的結果，從結果得知，當顏色變為橘紅色時，因顏色變深，導致綠色數值下降，當顏色變為黑色時，因為又變更深，所以導致原本較高的數值下降，反之，較低的上升，導致總數值越來越低，越接近黑色。

討論三、畫中畫 顏料的應用

可以利用鈷黃可製成熱致性顏料，加熱會變色的性質，我們可以把它放進和他相近的顏色，在常溫時，就像是普通的黃色，一旦加熱後，就會產生顏色變化，讓原本看似黃色的地方變成橘色，能夠使用在畫作上，達到防偽的作用。

討論四、試紙的製成

經由膠水和鈷黃溶液做出的試紙，可以用來當作是警示用品，也因為我們在外面鋪了一層銅箔使得試紙既能防水又能耐高溫導熱又快，而使用試紙時可以看到，如果那樣東西溫度過高，則試紙馬上變成深橘色，也就代表物品溫度過高有危險，如果變成黑色，表示溫度已超過 200 度，沒辦法碰觸，可運用在各種地方

討論五，電烙鐵的應用

電烙鐵是個能使自身溫度提升到非常高的一項工具，雖然它的用處十分方便，但伴隨而來的便是它的危險性，因為溫度非常高，卻又無從得知他的溫度，這時就需要鈷黃的幫助了，我們能藉由鈷黃明確的瞭解電烙鐵的溫度，一看就知道能不能摸。

柒、結論

1.實驗結論:

許多不同的化學藥品都會因為受到不同的因素產生各種變化，而這種變化可能是像分子結構改變、化學性質改變、嗅覺的味道改變或是顏色改變。

我們研究的對象”鈷黃”就是顏色發生了變化，而使這種化學物質受到改變的因素正是溫度，溫度對鈷黃的影響有巨大的變化，從攝氏 20 度時到攝氏 200 度，過程中發生了名顯的變化，從最初攝氏 20 度的鮮黃色，慢慢加溫而形成了攝氏 120 度的橘色，最後轉為攝氏 200 度的黑色，

2.未來展望:

反應結束後，我們發現這項化學藥品到了 200 度，也就是黑色時，即使降溫也無法變回原樣，這便是這項藥品的特性，而正是這種特性能使應用的範圍更廣，在日常生活中，我們能當成警示試紙，用在可能會發生高溫的地方，溫度越高，鈷黃就變得越橘，高到一定溫度時還會變成黑色，代表相當的危險，需要趕緊降溫，能用在畫作中作為黃色顏料，必要情況時，也能是防偽的好幫手，甚至我們把它運用在排氣管和電烙鐵上達成提醒功能，最後我們明白天生我材必有用，各種不同化學藥品都擁有自己獨特的用途，還能因他們的特性做出意想不到的應用

捌、參考資料

上屆鈷化合物與鈷配位化合物的顏色探討與應用

化學藥品顏料用途

<https://kknews.cc/zh-tw/culture/qqjo6zo.html>

高二上龍騰化學課本

熱敏塗料的概述、變色原理，常見種類、應用領域及使用問題解決

<https://kknews.cc/home/kv29j9v.html>

高二上美術課本

【評語】 052407

針對鈷黃變色可能原因，包括加熱時間、加熱溫度與加熱鈷黃量，藉由自主設計簡易試驗系統，確認主要變因為加熱溫度，溫度由低至高，鈷黃顏色由淡黃色漸變橘色終成黑色，同時，將鈷黃應用於防偽顏料或警告用試紙。研究內容之陳述說明與圖表之呈現方式，較缺乏文辭流暢性、邏輯連貫性與科學分析方法，另外，如何確保鈷黃塗抹與受熱面積皆均勻，以避免試驗結果之正確性。研究結果照片由於背景，很難觀察鈷黃於不同變因的變色程度，許多機制探討已於前期成果完成，本作品是延續性作品，創新性稍嫌不足。此作品雖然提出二個實際的應用但完整度不足。分析圖表中應清楚標示出軸座標之名稱，而全篇研究中之錯別字與格式排版宜改進。另外加熱時間對於其顏色變化的討論偏少，而應用在電烙鐵時，其加熱溫度過高（通常超過 200°C），超過鈷黃變色範圍，故應用價值待評估。

作品簡報

鈷黃對顏色變化的探討與應用

科別:工程學科 (二)

組別:高級中學學校組

關鍵詞:鈷黃、溫度、顏色

研究動機與目的

熱致變色：

為何加熱後物品顏色會發生改變？

而顏色改變的原因又是什麼？

除了運用在馬克杯上還能用在哪？



第一階段：

鈷黃加熱實驗，
探討鈷黃熱致變
色原理主因。



第二階段：

電腦製圖實驗
利用電腦製圖，探
討鈷黃加熱RGB數
值變化與趨勢



第三階段：

實際應用
利用鈷黃製成試紙，
應用在排氣管與電烙
鐵進行生活上的應用

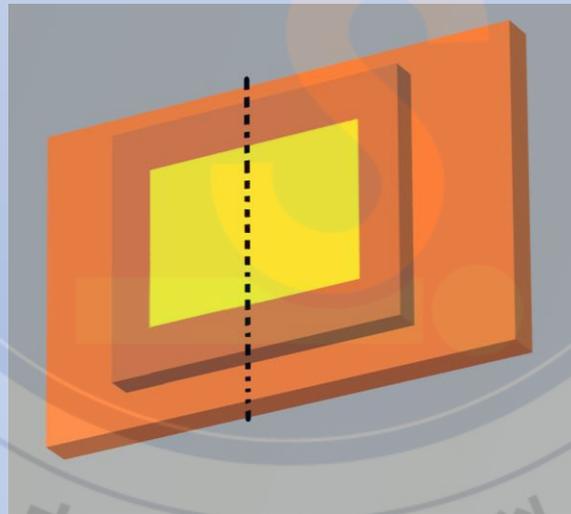
研究方法與過程

- 一: 鈷黃樣品製備
- 二: 鈷黃熱致變色
- 三: 鈷黃顏色三原色分析

鈷黃樣品製備



鈷黃顏色變化



鈷黃三原色分析

挑選圖片上的顏色

上傳你的圖檔
選擇你電腦/手機裡的圖片
選擇檔案 285890797_1...82787_n.png
或是指定圖檔的網址(url)
http://.....
可用的檔案格式 (jpg,gif,png,svg,webp...)

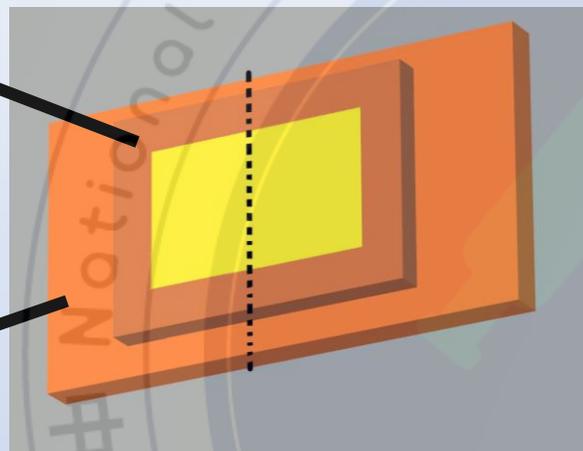
開始上傳圖檔

X=108,Y=131
HEX #a26700
RGB (162,103,0)
CMYK (0,36,100,36)

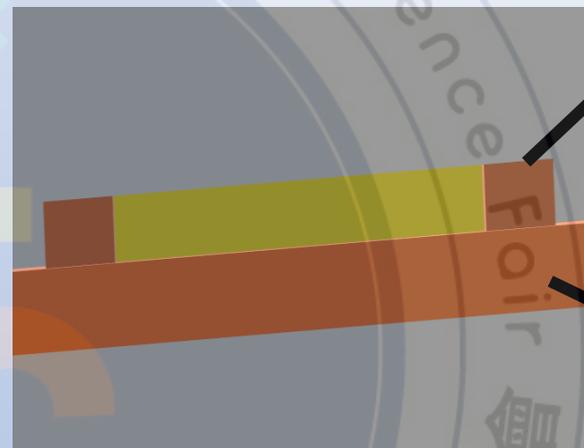
研究結果

鈷黃熱致變色

銅膠帶
鈷黃試紙
俯視圖(3D)
底部的
銅箔



銅膠帶
鈷黃試紙
剖面圖(3D)
底部
的銅箔



100度



120度



140度



160度



180度

結果:鈷黃顏色隨著溫度變化

鈷黃顏色連續變化(左到右)

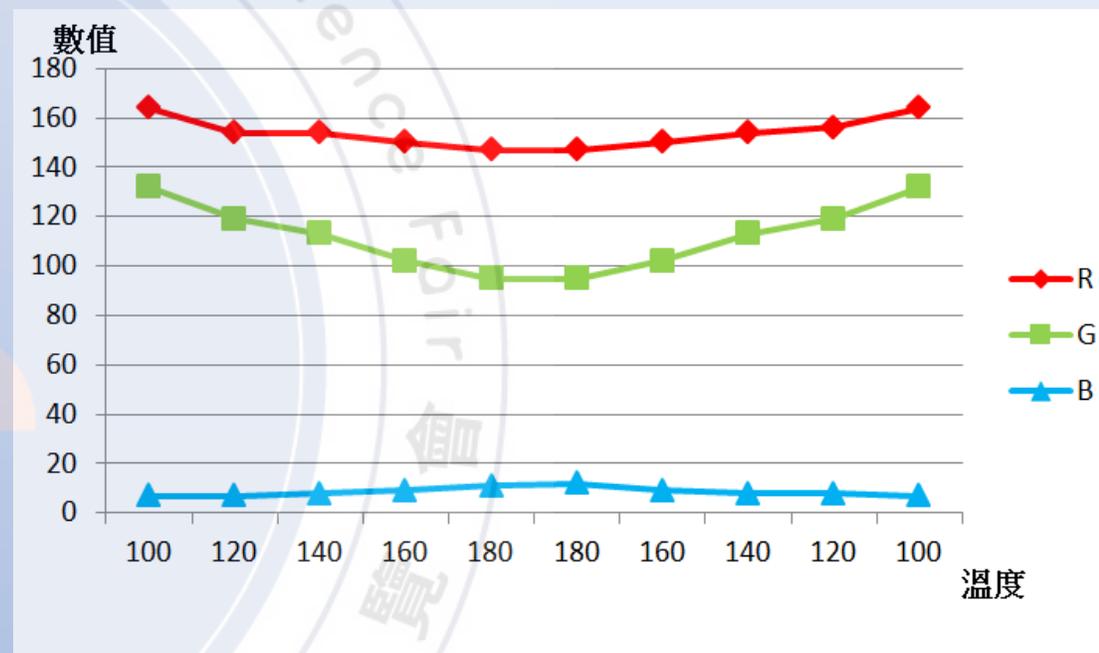
鈷黃的可逆性



100°C 120°C 140°C 160°C 180°C



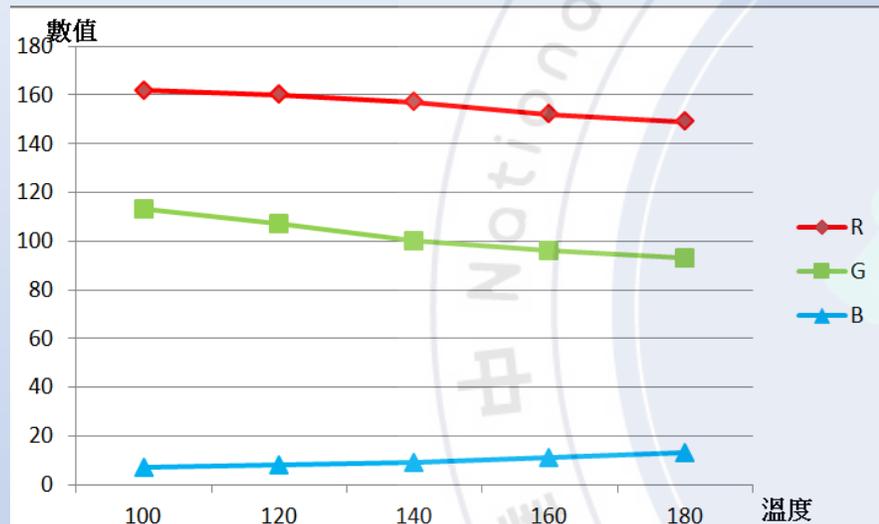
180°C 160°C 140°C 120°C 100°C



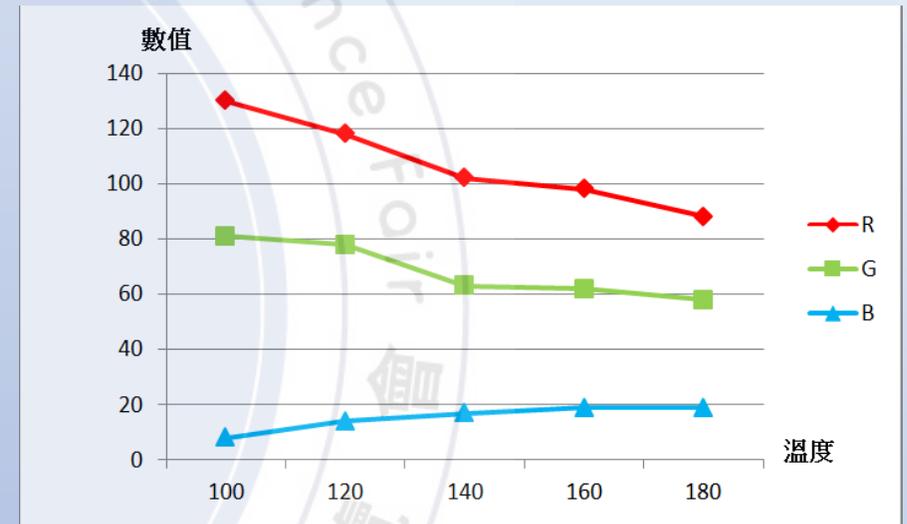
結果:實驗後發現, 鈷黃顏色會因加溫降溫發生顏色變化, 因而具有可逆性,

結果二、顏色變化三原色數值的移動

顏色折線圖與顏色數據表



第一層鈷黃試紙RGB折線圖

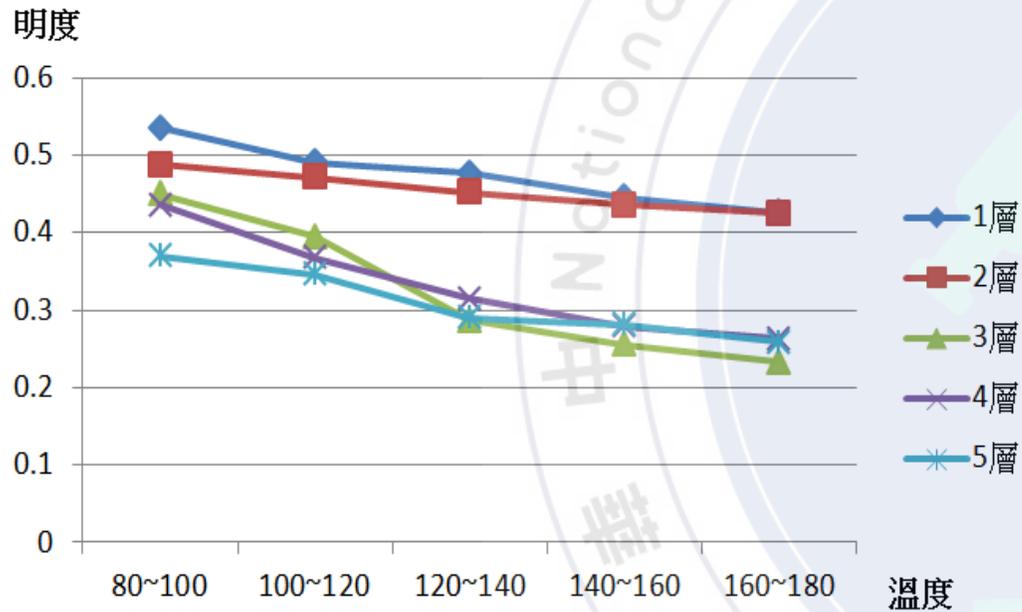


第五層鈷黃試紙RGB折線圖

結果:可發現溫度升高時,
RG數值下降, B值上升

結果:隨著層數增加, 使RG
值下降更快, B值上升更快

結果三、RGB明度



RGB明度計算公式：

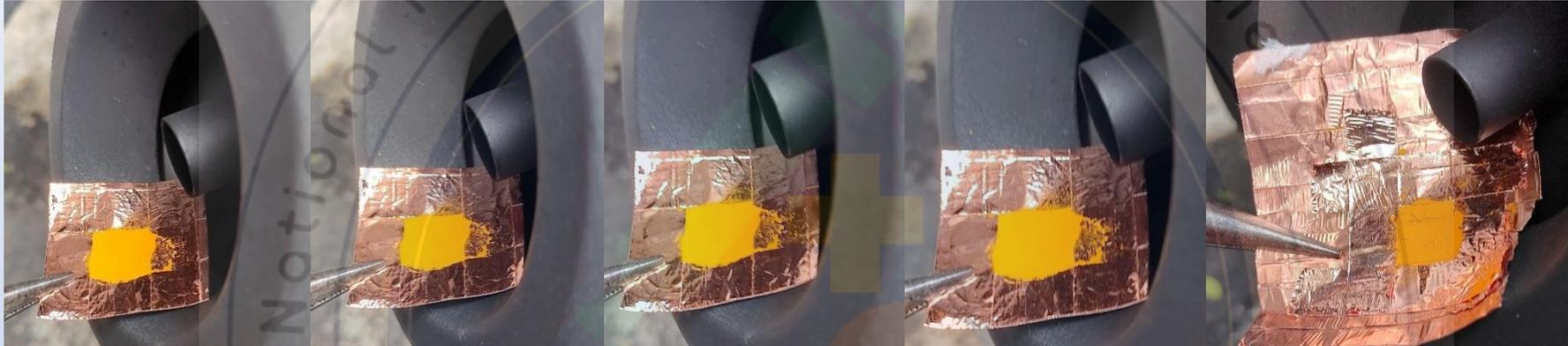
$$L = \sqrt[2.2]{\frac{\left(\frac{R}{255}\right)^{2.2} + \left(1.5\frac{G}{255}\right)^{2.2} + \left(0.6\frac{B}{255}\right)^{2.2}}{1 + 1.5^{2.2} + 0.6^{2.2}}}$$

	1層	2層	3層	4層	5層
80~100	0.535258	0.487744	0.450067	0.435852	0.370216
100~120	0.490655	0.471431	0.394953	0.367115	0.345872
120~140	0.476496	0.451718	0.286776	0.314236	0.289708
140~160	0.445736	0.435645	0.255402	0.279284	0.281626
160~180	0.425958	0.424751	0.232781	0.263116	0.25805

各層對應溫度的明度數值

結果:溫度越高, 受RGB影響, 明度越低

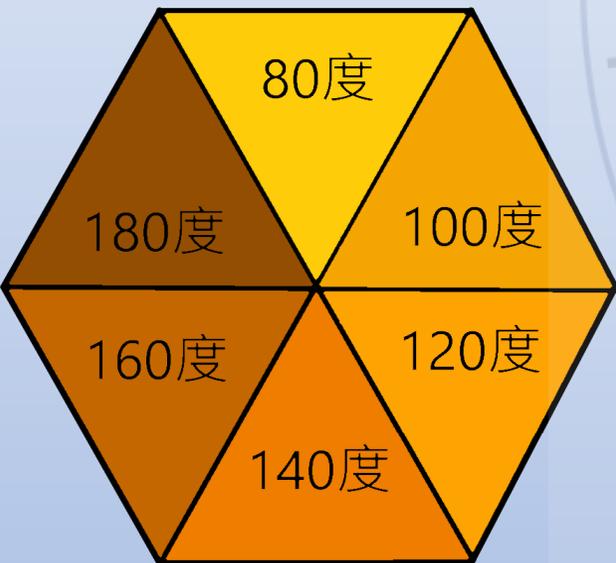
應用一、鈷黃在排氣管上的作用



鈷黃試紙與機車排氣管

**結果:當發動時間過久, 溫度達到
140°C左右時, 試紙變為深橘色**

**討論:可利用左方的標明圖, 貼在車上
搭配試紙應用**



顏色標明圖

應用二、電烙鐵的實測



加熱30秒



加熱1分鐘



加熱1分30秒



加熱2分鐘



放置10分鐘



結果:中間部分溫度剛好可變回原顏色

討論:經由左方可逆圖, 可將鈷黃應用在不會變黑的地方

顏色轉變圖

(可逆)

(不可逆)

結論

	鈷黃顏色	RGB顏色
溫度	溫度越高，鈷黃顏色越深，180度變黑色。	溫度越高，RG值下降，B值上升。
層數	層數越多，加熱後顏色變化越明顯。	層數越高，鈷黃RG數值下降越快，B值上升越快。
明度	隨著溫度提升，明度越來越低。	RGB數值帶動明度。

溫度與塗抹厚度是實際影響顏色的主因

實際應用

鈷黃應用範圍	應用方式	用途
警示用試紙	鈷黃塗在銅箔中	測試工具
排氣管	貼在排氣管上	觀測是否過熱
電烙鐵	塗抹在電烙鐵中	判斷加熱程度

未來展望

顏色對於生活來說，是個分辨事的重要條件，我們希望未來能用更多能變色的藥品做實驗，來發現更多的應用，使我們生活更便利。

參考資料

- 上屆鈷化合物與鈷配位化合物的顏色探討與應用
- 化學藥品顏料用途
- 熱敏塗料的概述、變色原理，常見種類、應用領域及使用問題解決
- 化工產品手冊（第六版）
- 周家茵, 綦尤訓, 周世光 等. 稀土配合物熱致變色性能研究(VI)-稀土鉻天青S配合物的熱致變色性能. 國防科技大學學報. 1991. 13(1): 64-68
- 蘇海濤, 郭虹, 王學軍. 熱致變色材料與防偽應用[J]. 標準化報導. 1997. 18(4): 26-27

報告結束，謝謝教授評審