

中華民國第四十五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

081518

「熱」情傳導、3D 立體彩繪顏料見證—發現
溫度與 3D 立體顏料的親密關係

高雄市三民區獅湖國民小學

作者姓名：

小五 張簡湘玲 小四 劉黛蓉 小六 葉建緯

指導老師：

羅妍婷 蔡玫吟

摘要

整個實驗是探討「3D 立體彩繪顏料」膨脹的原因，其最大特色是：利用吹風機加熱後，顏料有膨脹效果並且不會焦化，我們試著比較出 3D 立體彩繪顏料和一般顏料不同的特質，結果發現 3D 立體彩繪顏料加熱後會產生氣體而膨脹。

進而再繼續探究哪些因素會影響膨脹，結果發現，影響 3D 立體彩繪顏料加熱膨脹的因素：不同品牌、不同顏色顏料、溫度變化、吹風機的遠近、吹風機的強弱風、吹風機風口集中吹風、顏料體積不同、顏料冷藏、顏料放置時間、不同顏色的瓶子傳熱、高溫吹風機的位置、高溫吹風機的遠近、高低溫吹風機、加入的膨脹劑等。

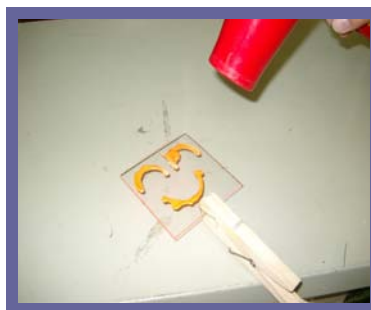
最後，利用周遭隨手可得的材料 DIY「立體彩繪顏料」，發現廣告顏料加 10g 白膠加 0.3g 小蘇打混合，和市面上的 3D 立體彩繪顏料有相同膨脹效果，並且不會焦化。

壹、研究動機：

上美勞課時，有位同學帶來一套立體顏料，露出詭異的笑容說：「我的顏料是立體的哦！」。在大家半信半疑之際，只見他拿起吹風機，左吹右吹，不一會兒，顏料真的慢慢膨脹起來，變成立體形狀，這時自然老師正巧進來，我們請教她原由，她說從六下「自然與生活科技」課本第一單元「熱和我們的生活」探索起，一定可以找到答案。於是我們在老師的協助下，做了一連串關於立體顏料的實驗，終於發現了他們的親密關係！



各種顏色 3D 立體彩繪顏料



用吹風機加熱顏料



用立體彩繪顏料畫在馬克杯上



吹風機加熱



顏料膨脹情形

貳、研究目的：

(一) 觀察 3D 立體彩繪顏料

- 實驗 1：比較顏料的不同
- 實驗 2：觀察不同材質對顏料膨脹影響
- 實驗 3：測試加熱後是否有產生氣體
- 實驗 4：添加物對顏料的影響

(二) 比較不同傳熱方式的影響

- 實驗 1：觀察用火加熱對顏料膨脹影響
- 實驗 2：觀察用火直接加熱對顏料膨脹影響
- 實驗 3：觀察隔水加熱對顏料膨脹影響

(三) 探討影響 3D 立體彩繪顏料加熱膨脹的因素

- 實驗 1：比較不同品牌顏料用吹風機加熱的膨脹情形
- 實驗 2：不同顏色顏料用吹風機加熱的膨脹情形
- 實驗 3：觀察顏料膨脹時的溫度變化
- 實驗 4：吹風機的遠近對顏料膨脹的影響
- 實驗 5：吹風機強弱風對顏料膨脹的影響
- 實驗 6：吹風機風口集中吹風對顏料膨脹的影響
- 實驗 7：體積不同對顏料膨脹的影響
- 實驗 8：冷藏對顏料膨脹的影響
- 實驗 9：放置時間對顏料膨脹的影響
- 實驗 10：不同顏色的瓶子傳熱對顏料膨脹的影響
- 實驗 11：高溫吹風機位置對顏料膨脹的影響
- 實驗 12：高溫吹風機對顏料膨脹的影響
- 實驗 13：高溫吹風機的遠近對顏料膨脹的影響
- 實驗 14：添加物對顏料膨脹的影響

(四) 自製 3D 立體彩繪顏料

- 實驗 1：利用膨脹劑自製 3D 立體彩繪顏料
- 實驗 2：探討自製 3D 立體彩繪顏料與膨脹劑的比例
- 實驗 3：利用自製 3D 立體彩繪顏料畫在各種材質上

參、研究設備器材：

培養皿、溫度計、量筒、燒杯、酒精、小蘇打、醋酸、鹽酸、硫酸銅、乙醇、石灰水、雙氧水、二氧化錳、天平、錐形瓶、滴管、各種顏色 3D 立體彩繪顏料、電茶壺、吹風機、泡打粉、酵母粉、阿母尼亞。



肆、研究過程：

(一) 觀察顏料

實驗 1：比較顏料的不同

方法：比較「3D 立體彩繪顏料」和「彩繪玻璃顏料」、「廣告顏料」的不同。

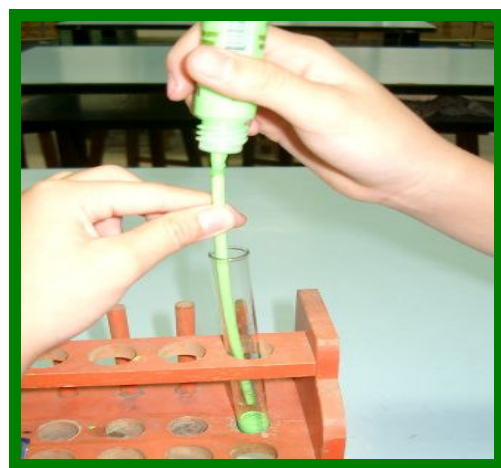
結果：

	品牌：LEEHO	品牌：AMOS	玻璃彩繪顏料	廣告顏料
氣味	塑膠味	塑膠味	白膠味	尿騷味
用手摸	冰冰的	很黏	溼溼、冰冰的	黏黏的
色澤度	很亮	比較暗	比較暗	亮
用吹風機加熱	有膨脹	有膨脹	沒有	沒有
價格	\$ 40	\$ 20	\$ 23	\$ 34
成分標示	無標示	水、乙基聚合物、色料、顏料、保濕劑	無標示	阿拉伯膠、甘油、水、顏料、防腐劑

討論：除了廣告顏料可以用滴管吸取，其他三種都太黏稠，不能用滴管吸取，必須用針筒抽取到試管，或顏料口加上管子，直接擠壓到試管，再繼續做實驗。



吹風機加熱顏料



顏料直接擠壓到試管

實驗 2：觀察不同材質對顏料膨脹影響

方法：取橘色顏料適量於不同材質上，觀察顏料用低溫、高溫吹風機加熱時的膨脹情形。

結果：

		紙類	布類	玻璃	壓克力
由表面吹	高溫	焦黑、硬硬的、摳不起。	硬的、黑的、衣服捲起來。	只有上面膨脹。有煙，很臭。	顏料不易外擴，迅速膨脹，但表面易燒焦，且易掉落。
	低溫	顏色變深，顏料易外擴，沒膨脹。	比較慢膨脹且外擴，表面凝固，裡面是溼的，較不易乾，邊緣已經凝固。	完全沒膨脹，漸漸乾。	沒膨脹，表面光滑，像一層薄膜，不易乾。
由底下吹	高溫	乾了變立體。	快速向四周擴散、膨脹，較厚的地方，顏料較慢乾，裡面是溼的，乾時表面凹凸不平，顏料附著的較緊，不易掉落。	和布一樣，但顏料附著性較差，易掉落。	底部變淡咖啡色、易變形，顏料裡面溼的，有 ㄅㄅㄅㄅㄅㄅㄅ聲音，因溫度過高，使壓克力板內有氣泡。
	低溫	沒有膨脹。	膨脹不明顯。	只有膨脹一點點。	只有膨脹一點點。

討論：1. 高溫吹風機溫度高、弱風，顏料比較快膨脹。一般吹風機強風，易造成顏料外擴、溫度低，膨脹慢。

2. 吹風機從顏料表面吹，膨脹比較快；由底下隔著材質吹，則顏料比較慢膨脹。



高溫吹風機由底下向上吹



顏料膨脹情形



高溫吹風機吹向顏料表面（紙類）



吹風機從底下吹（紙類）

推測：用手去壓一壓，加熱之後膨脹的顏料，結果有些會消下去，所以推測顏料加熱會膨脹的原因，是否和產生氣體有關係呢？

實驗 3：檢驗加熱後顏料產生的氣體

方法：先將顏料擠壓進錐形瓶中，用酒精燈於瓶底隔著石綿網加熱。

- (一) 觀察澄清石灰水是否有渾濁現象。
- (二) 收集氣體用點燃線香測試。
- (三) 收集氣體再通入水中 10 分鐘，用石蕊試紙測試氣體溶入水中的酸鹼度。

結果：

方法	品牌：LEEHO	品牌：AMOS
產生氣體 通入澄清 石灰水	1.澄清石灰水變混濁且有沉澱物，表示顏料膨脹會產生二氧化碳。 2.因顏料底部燒焦黏在瓶底，造成受熱不均勻，瓶底有裂痕。	1.第一次失敗，實驗到一半氣體產生的量太少，當氣體不產生時壓力小於澄清石灰水杯中的壓力，所以澄清石灰水倒流入錐形瓶中。 2.第二次氣體通入澄清石灰水，並沒有變渾濁表示顏料膨脹不會產生二氧化碳。
點燃線香 測試	熄滅	熄滅
石蕊試紙 測試通入 水中氣體	1.藍色石蕊試紙變粉紅色。 2.表示通入水中的氣體，會使瓶中溶液呈酸性。	1.紅色石蕊試紙變藍色。 2.表示通入水中的氣體，會使瓶中溶液呈鹼性。 3.產生氣體通入鹽酸溶液，會產生白色沉澱。由此推論顏料膨脹會產生氨氣

- 發現：1.品牌 LEEHO 的顏料，加熱之後膨脹所產生的氣體，通入澄清石灰水變混濁，且有沉澱物，表示顏料膨脹後會產生二氧化碳。
- 2.品牌 AMOS 的顏料，加熱之後膨脹所產生的氣體，通入水中使紅色石蕊試紙變藍色，表示通入水中的氣體，會使瓶中溶液呈鹼性。產生氣體通入鹽酸溶液，會產生白色沉澱。由此推論所以顏料膨脹會產生氨氣。
- 3.證實兩種 3D 立體彩繪顏料，加熱之後因為產生氣體而膨脹。



澄清石灰水有渾濁現象

(品牌：LEEHO)



收集氣體用點燃線香測試

(品牌：AMOS)



紅色石蕊試紙變藍色

(品牌：AMOS)

實驗 4：添加物對顏料的影響

方法：觀察不同添加物對顏料的影響

結果：

添加物	反應	用吹風機吹後
小蘇打	沒有	膨脹
藥用酒精	顏色變淡	起泡不膨脹
硼砂	變顆粒狀	凝固變 QQ 的
水	溶於水	沒反應
丙酮	沒溶解結塊	沒反應
粉筆灰	變顆粒狀	膨脹
保利龍膠	冰冰黏黏的	起泡膨脹
白膠	黏黏的	膨脹

發現：加入其它物質會影響顏料的膨脹性質。

想法：除了吹風機加熱方式以外，還有哪些傳熱的方式會使 3D 立體彩繪顏料有膨脹效果？

(二) 比較不同傳熱方式的影響

實驗 1：觀察用火加熱對顏料膨脹影響

方法：取顏料適量於鐵盒，用酒精燈於鐵盒底直接加熱，觀察變化。

結果：

	品牌 LEEHO	品牌 AMOS	玻璃彩繪顏料	廣告顏料
發現	先從周圍變白接著開始起泡，約三分鐘就全部膨脹，然後冒煙，聞起來很臭，用藍色氯化亞鈷試紙測試液體部分，變粉紅色表示含有水分。實驗完發現底部燒焦，挖出來後變成一陀一陀的。	從周圍開始膨脹，中央冒大泡泡，完全脹開像一層薄膜。燒焦變成黑色，用藍色氯化亞鈷試紙測試液體部分，沒變色表示不含水分。膨脹後的固體，再用夾子直接加熱會起火燃燒，最後全部沸騰燒完。	顏料一放上去就開始沸騰，有黑煙，發出ㄅㄅㄅㄅㄅㄅ聲音，顏色由綠轉褐，最後變得像黑色的脆片。	先由底部開始冒煙，沒沸騰就開始膨脹，但沒有完全凝固，顏料底部燒焦。
冒煙情形	黑煙 很臭	黑煙 很臭	黑煙 很臭	白煙 很臭
最後形狀	一陀一陀的。	膨脹完後摳出來是網狀。	一陀一陀的。	一陀一陀的。

發現：1. 只有 3D 立體彩繪顏料加熱會膨脹，玻璃彩繪顏料、廣告顏料加熱雖然有泡泡，但是馬上消失。

2. 不同品牌的 3D 彩繪顏料，用酒精燈於鐵盒底直接加熱，顏料膨脹情形不同，表示不同品牌顏料所含成分也不同。

實驗 2：觀察用火直接加熱對顏料膨脹影響

方法：取適量顏料於鐵絲球上，用酒精燈直接加熱，觀察變化。

結果：

	品牌 LEEHO	品牌 AMOS	玻璃彩繪顏料	廣告顏料
發現	燃燒後會膨脹並且產生小火花，並無ㄅ、ㄅ、ㄅ、ㄅ、ㄅ的聲音，但有惡臭味，燒完後僅剩一小塊黑色固體，用手輕輕一捏變成黑色粉末。	燃燒後會膨脹的很嚴重，有ㄅ、ㄅ、ㄅ、ㄅ、ㄅ的聲音，會冒黑煙並有惡臭，燃燒到最後沸騰氣化消失的無影無蹤。	顏料一放上去就開始沸騰有黑煙、臭味。過程有著火，顏色由綠轉褐，褐轉黑，最後碰到水會有嘶嘶的聲音。	先膨脹且冒白煙，烤焦變黑色；之後起火燃燒，體積逐漸變小成黑色固體脆片，一壓就碎。
臭味	有（黑煙）	有（黑煙）	有（黑煙）	有（白煙）
沸騰	沒有	有	有	沒有
產生黑塊	有	沒有	有	有

推論：1.由直接加熱後，發現顏料會燃燒起來，表示含有可燃性的溶劑。

2.不同品牌的 3D 創意彩繪顏料，加熱膨脹的情形不同，表示不同品牌成分也不同。

3.二種品牌的 3D 創意彩繪顏料和玻璃彩繪顏料，直接加熱燃燒時，發現都有冒出黑煙，而像塑膠燃燒的臭味，我們推論膨脹顏料和玻璃彩繪顏料，都可以塗在布料、玻璃、木材等，不同於廣告顏料適用於紙類，所以添加了可以使顏料附著力較好溶劑。



鐵盒底直接加熱



顏料於鐵絲球上直接加熱

實驗 3：觀察隔水加熱對顏料膨脹影響

方法：觀察不同顏料用電茶壺隔水加熱（90℃）的膨脹情形。

發現：1.隔水加熱的方式最多只有到 90℃，所以傳熱速度慢，顏料膨脹速度也比吹風機慢。

2.除了吹風機、隔水加熱、直接加熱的方式以外，用太陽曬 1 小時後，顏料會乾掉，並沒有膨脹，表層有點凝固，且軟軟的。



隔水加熱



吹風機加熱，觀察試管中刻度

(三) 探討影響 3D 創意彩繪顏料加熱膨脹的因素

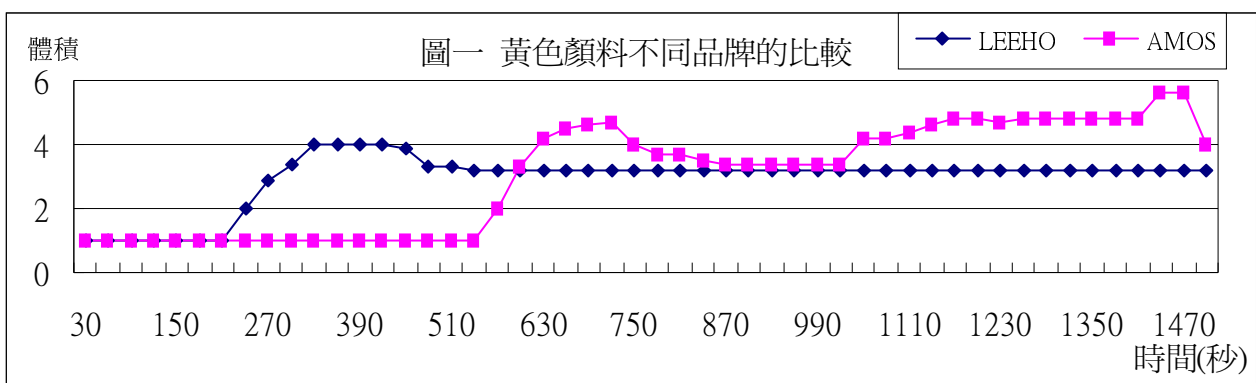
實驗 1：不同品牌顏料用吹風機加熱的膨脹情形

方法：1.將不同品牌的 3D 立體彩繪顏料，各擠入 1ml 於試管中。

2.用吹風機（距離:4.5 公分，風速:強）加熱 25 分鐘，觀察其體積膨脹情形。

結果：(1) 顏色:黃色 (容量:1c.c.) (品牌:LEEHO) (品牌:AMOS)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.9	3.4	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	3.3	4.2	4.5	4.6	4.7	4.0	
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
體積	3.7	3.7	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	4.2	4.2	4.4	4.6	4.8	4.8	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	5.6	5.6	4.0



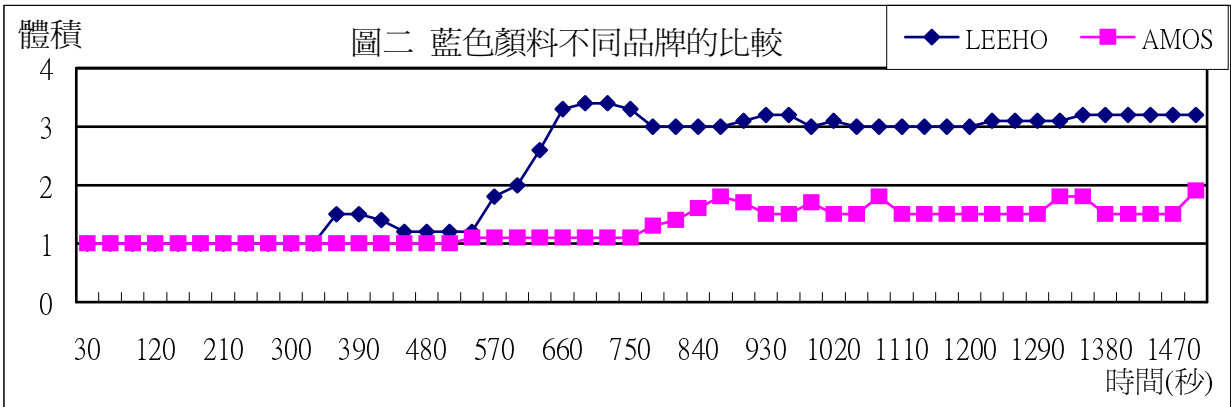
發現：1.品牌 LEEHO 的顏料在 240 秒時，就開始膨脹，但是到 420 秒時會萎縮，480 秒後就維持一定體積，不再改變。

2.品牌 AMOS 的顏料在 540 秒時，才開始膨脹，但是後來膨脹的體積比較不穩定。

3.相同顏色的不同品牌，膨脹情形就不同。

(2) 顏色:藍色 (容量:1c.c.) (品牌: LEEHO) (品牌: AMOS)

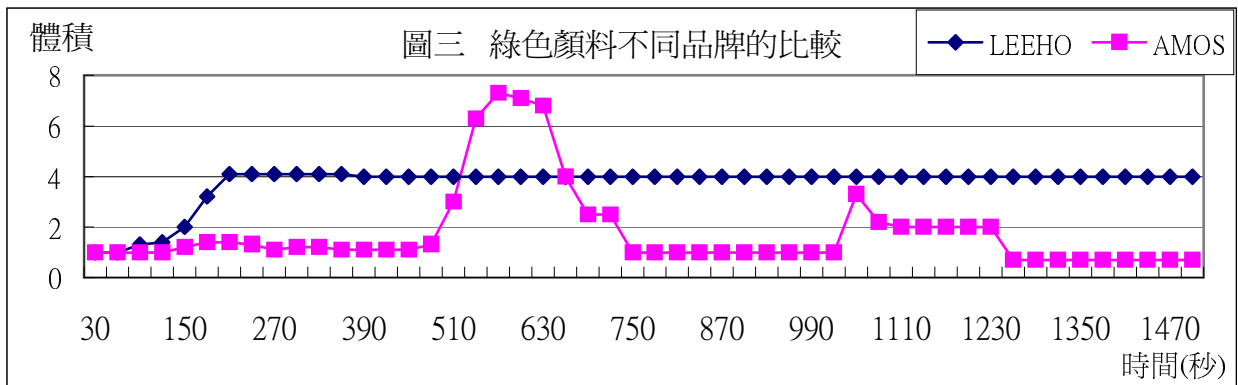
秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.8	2.0	2.6	3.3	3.4	3.4	3.3
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.2	3.0	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
體積	1.3	1.4	1.6	1.8	1.7	1.5	1.5	1.7	1.5	1.5	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.8	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.9



發現：藍色品牌 LEEHO 膨脹速度快，而且膨脹體積比較大。

(3) 顏色:綠色 (容量:1c.c.) (品牌: LEEHO) (品牌: AMOS)

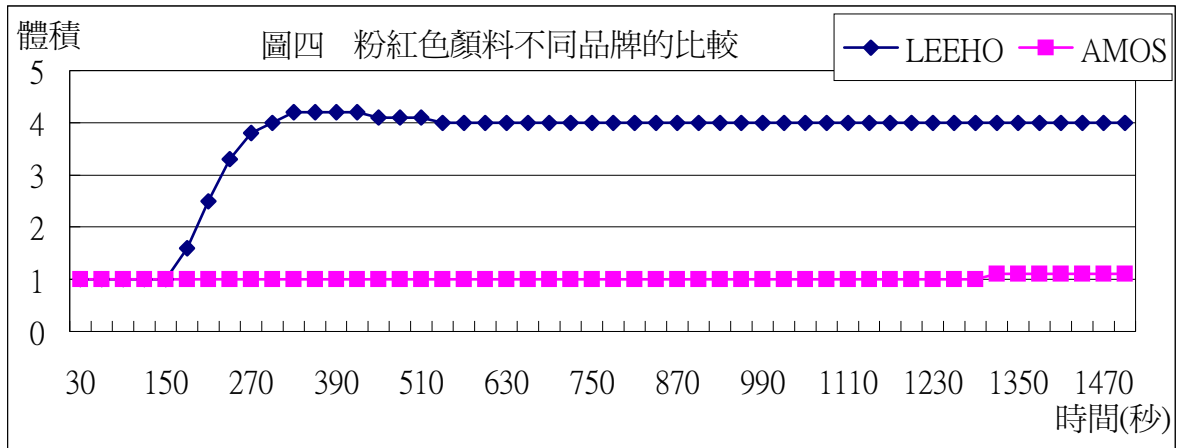
秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.3	1.4	2.0	3.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.3	3.0	1.1	4.0	4.0	4.0	4.0	6.3	7.3	7.1	6.8	4.0	2.5	2.5	1.0
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.3	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7



- 發現：1.品牌 LEEHO 加熱 150 秒就開始膨脹，一直到 210 秒以後都維持一定的膨脹高度。
 2.綠色品牌 AMOS 加熱 510 秒後，開始膨脹，一直到 660 秒，膨脹的顏料中空且有整團往下掉的現象，可以直接看到底部有東西黏在旁邊，全都乾了。

(4) 顏色:粉紅色 (容量:1c.c.) (品牌: LEEHO) (品牌: AMOS)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.6	2.5	3.3	3.8	4.0	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1



- 發現：1.品牌 LEEHO 加熱 180 秒就開始膨脹，一直到 540 秒以後都維持一定。
 2.品牌 AMOS 一直到 1320 秒才開始有一點點膨脹，上層有變色又凝固，下層卻沒有。
 顏料下面是暗紫色的，紅色側面是透明的，而且顏料分成三層。



吹風機加熱，觀察試管中顏料膨脹情形

實驗 2：不同顏色顏料用吹風機加熱的膨脹情形

方法：1.將不同顏色的 3D 立體彩繪顏料，各擠入 1ml 於試管中。

2.用吹風機（距離:4.5 公分，風速:強）加熱 25 分鐘，觀察其體積膨脹情形。

結果：(1) 顏色:黃色（容量:1c.c.）（品牌：LEEHO）

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.9	3.4	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2

觀察時間	反應	觀察時間	反應
3 分 25 秒	膨脹底下變淡黃色	13 分 49 秒	底部縮的更小
7 分 25 秒	底部變粉粉的	14 分 17 秒	周圍變小
10 分 13 秒	下面縮小，頭大身體小	20 分 11 秒	顏料上面分裂
12 分 38 秒	上面開始凝固	20 分 50 秒	顏料上方有一邊凹陷下去
13 分 18 秒	頂部出現泡泡	23 分 24 秒	顏料上面變粉狀（溫度:66 度）

(2) 顏色:螢光粉紅色（容量:1c.c.）（品牌：LEEHO）

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.6	2.5	3.3	3.8	4.0	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

觀察時間	反應	觀察時間	反應
3 分 9 秒	下面變成粉紅色，有點分裂。	16 分 27 秒	旁邊有點下陷。
3 分 44 秒	上面冒小泡泡。	17 分 4 秒	顏料有水流下來。
7 分 04 秒	粉狀一邊分開。	18 分 58 秒	底面的水有沸騰現象出現
8 分 12 秒	下面開始凝固縮小與試管剝離	20 分 28 秒	固體接觸水顏色變的更深
11 分 13 秒	下面顏色較深。	21 分 13 秒	上層有點裂開。
13 分 13 秒	上面凝固。	21 分 41 秒	上面變淡粉紅色。

(3) 顏色:綠色（容量:1c.c.）（品牌：LEEHO）

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.3	1.4	2.0	3.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

觀察時間	反應	觀察時間	反應
1 分 36 秒	底部變淡綠色且有雜質	5 分 27 秒	上層開始凝固
3 分 56 秒	底部有點脫離	6 分 25 秒	底部有水分
4 分 37 秒	底部提高 0.5	15 分 55 秒	上層凝固
5 分 59 秒	下層提高至 0.6	23 分 47 秒	底部變得更細

發現：3 分 56 秒時顏料底部有點脫離試管，推測是吹風機的熱風溫度，使底部顏料膨脹到了一定的極限後，反而使膨脹後的顏料萎縮，所以還要設計實驗測試膨脹時溫度的變化。

(4) 顏色:藍色 (容量:1c.c.) (品牌:LEEHO)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.8	2.0	2.6	3.3	3.4	3.4	3.3
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.2	3.0	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2

觀察時間	反應	觀察時間	反應
5 分 43 秒	底部變淡藍色且有點裂開	16 分 42 秒	底部開始提高
3 分 13 秒	周圍乾了	17 分 7 秒	底部縮小，提高至 0.6cm
7 分 24 秒	表面有點凝固	17 分 54 秒	底部縮小，提高至 0.7cm
10 分 37 秒	周圍變淡藍色	19 分 22 秒	上層凝固
12 分 42 秒	底部漸漸縮小	20 分 46 秒	底部有液體出現
13 分 10 秒	底部縮小 0.5cm	22 分 47 秒	底部下降至 0.3cm
15 分 13 秒	底部開始膨脹	24 分 20 秒	周邊成塊狀

(5)顏色:橘色 (品牌:LEEHO)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.8	2.4	2.8	3.0	3.1	3.2	3.2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.5
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	3.5	3.5	3.6	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.6	3.6	3.7	3.6	3.7	3.5	3.9	4.0	4.1	4.3	4.1

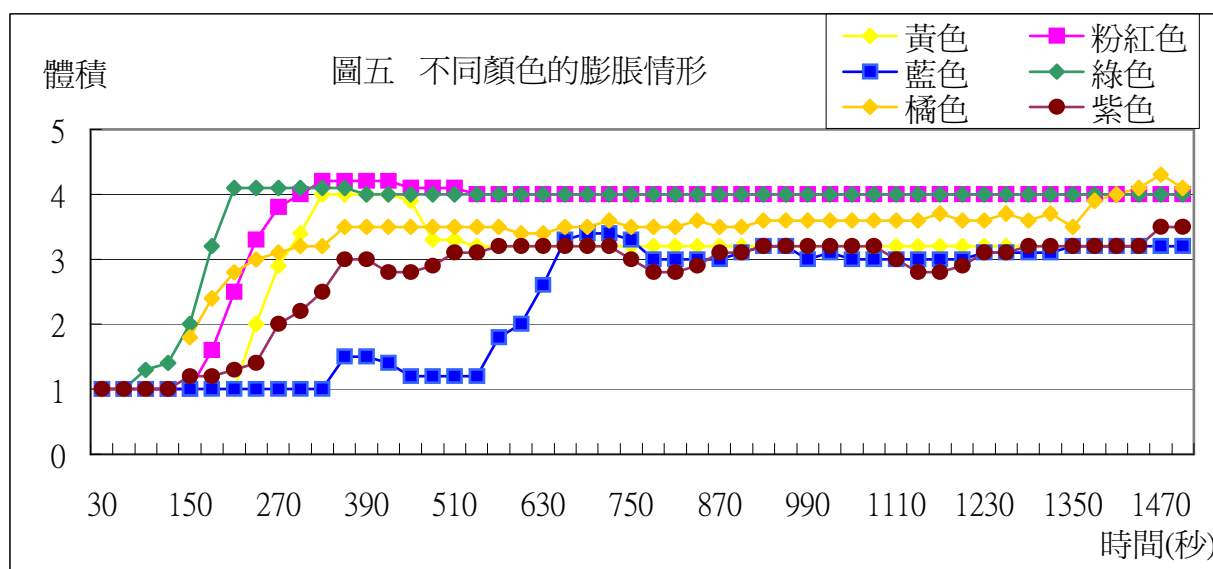
觀察時間	反應	觀察時間	反應
1 分 30 秒	底部變白，有洞有裂痕，有小液滴	24 分 10 秒	底部縮到 1 毫升的地方
3 分 30 秒	跟試管底部漸漸脫離且往上縮	25 分	取出後用手捏，發現有液體跑出味道像塑膠味。
12 分 7 秒	底部顏色變深		

發現：用氯化亞鈷試紙測試膨脹後的顏料溼溼的部份，發現氯化亞鈷試紙從藍色變成粉紅色，表示顏料裡面含有水份。

(6)顏色:紫色 品牌:LEEHO

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.3	1.4	2.0	2.2	2.5	3.0	3.0	2.8	2.8	2.9	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5

觀察時間	反應	時間	反應
3分54秒	底部呈現淡紫色，且與試管脫離	15分2秒	底部收縮又提升至0.2cm
7分32秒	嚴重脫離試管	16分10秒	底部漸漸內縮
10分54秒	底部收縮，提升至0.3cm	17分57秒	底部下降到底
12分22秒	底部下降到試管底	23分19秒	顏料縮小且提升至0.5cm
14分16秒	底部又開始收縮	25分0秒	完成後變成像海綿狀



發現：1.各顏色開始膨脹的時間、最大體積比較：

顏色	黃色	粉紅	藍色	綠色	橘色	紫色
時間(秒)	240	180	360	90	180	150
最大體積	4.0	4.2	3.4	4.0	4.1	3.5

- 顏色不同，膨脹的速度、體積，以及膨脹情形也不同，以綠色膨脹的速度最快，體積較大則是黃色、粉紅色、綠色三種。所以我們選用綠色繼續做以下實驗。
- 由實驗數據看出，並不是顏色愈深色，傳熱比較快，推測可能是每一種顏色的原料不同也會影響傳熱情形。

想法：綠色顏料最快膨脹，是否溫度是最高呢？

實驗 3：觀察顏料膨脹時的溫度

方法：1.將各顏色的 3D 立體彩繪顏料，分別擠入 1ml 於試管中。

2.用吹風機（距離:4.5 公分，風速:強）加熱 25 分鐘，觀察其膨脹時溫度變化情形。

結果：(1) 顏色:黃色 (容量:1c.c.) (品牌：LEEHO)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
溫度	33	46	56	63	69	73	76	78	79	80	81	81	81	80.5	80.5	80.5	80.5	80.5	80.5	81	81	80.5	81	81	81
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
溫度	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	81

(2) 顏色:藍色 (容量:1c.c.) (品牌：LEEHO)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
溫度	33	44	52	57	61	63	64	65	67	68	68	68	68	68	68	68	69	70	70	69	69	69	69	69	69
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
溫度	69	69	69	69	69	69	69	69	68	68	68	68	68	69	69	69	66	66	66	66	66	66	66	66	66

(3) 顏色:橘色 (容量:1c.c.) (品牌：LEEHO)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
溫度	43	56	67	73	77	81	85	82	88	89	89	90	90	91	92	92	92	92	92	92	92	92	91	90	90
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
溫度	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	91	91	91	91	92	92	91	90	88	88	88	88	88

(4) 顏色:綠色 (容量:1c.c.) (品牌：LEEHO)

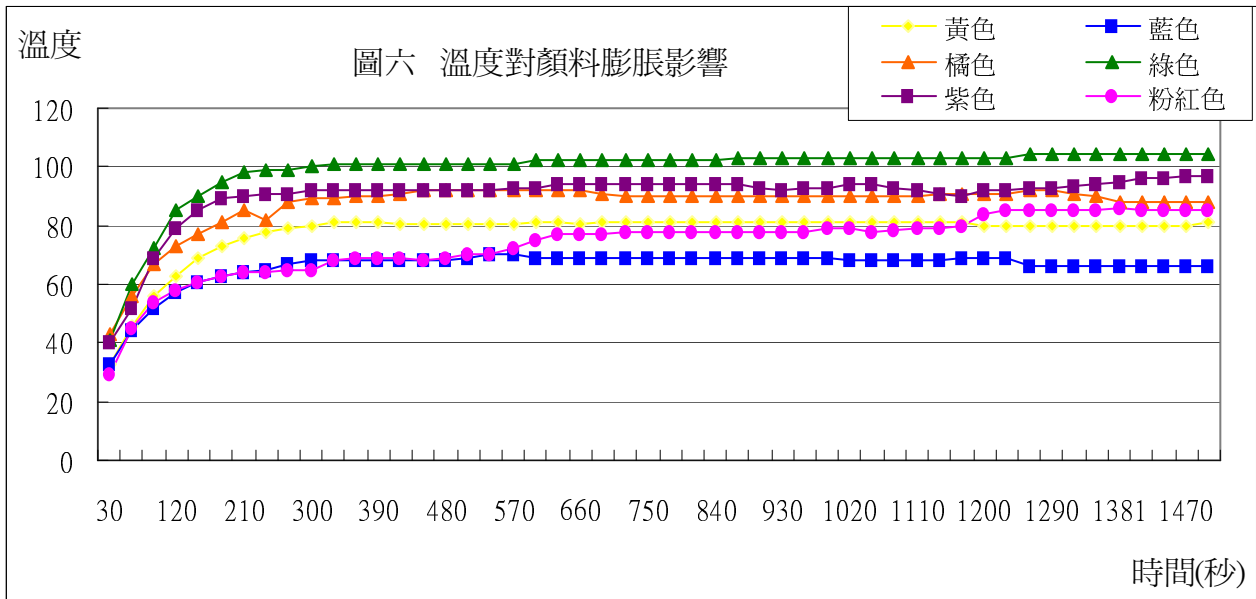
秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
溫度	41	60	72	85	90	95	98	99	99	100	101	101	101	101	101	101	101	101	101	102	102	102	102	102	102
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
溫度	102	102	102	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	104	104	104	104	104	104	104	104	104

(5)顏色:紫色 (容量:1c.c.) (品牌:LEEHO)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
溫度	40	52	69	79	85	89	90	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92	93	93	94	94	94	94	94
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
溫度	94	94	94	94	93	92	93	93	94	94	93	92	91	90	92	92	93	93	93.5	94	95	96	96	96.5	97

(6)顏色:粉紅色 (容量:1c.c.) (品牌:LEEHO)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
溫度	29	45	54	58	61	63	64	64	65	65	68	69	69	69	68.5	69	70	70	72.5	75	77	77	77	78	78
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
溫度	78	78	78	78	78	78	78	79	79	78	78.5	79	79	80	84	85	85	85	85	85	85	86	85	85	85



發現：1.各顏色開始膨脹的時間、最大體積、最高溫度比較：

顏色	黃色	粉紅	藍色	綠色	橘色	紫色
時間 (秒)	240	180	360	90	180	150
最大體積	4.0	4.2	3.4	4.0	4.1	3.5
最高溫度	81	86	69	104	92	97

2.綠色最快開始膨脹，而且也是膨脹溫度最高，藍色最慢開始膨脹，膨脹溫度最低。所以可以看出溫度會影響開始膨脹時間。



溫度計插入試管中



觀察加熱時溫度

實驗 4：吹風機的遠近對顏料膨脹的影響

方法：1.將綠色的 3D 立體彩繪顏料，分別擠入 1ml 於試管中。

2.吹風機距離試管底部 4.5、2.5、1.5 公分（風速:強）加熱 25 分鐘，觀察其膨脹情形。

結果：(1) 顏色:綠色 (容量:1c.c. 距離 2.5 公分) (品牌: LEEHO) (風速:強)

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.5	1.8	2.2	3.0	3.3	3.8	4.3	4.3	4.4	4.2	4.1	4.3	4.5	4.0	4.1	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3

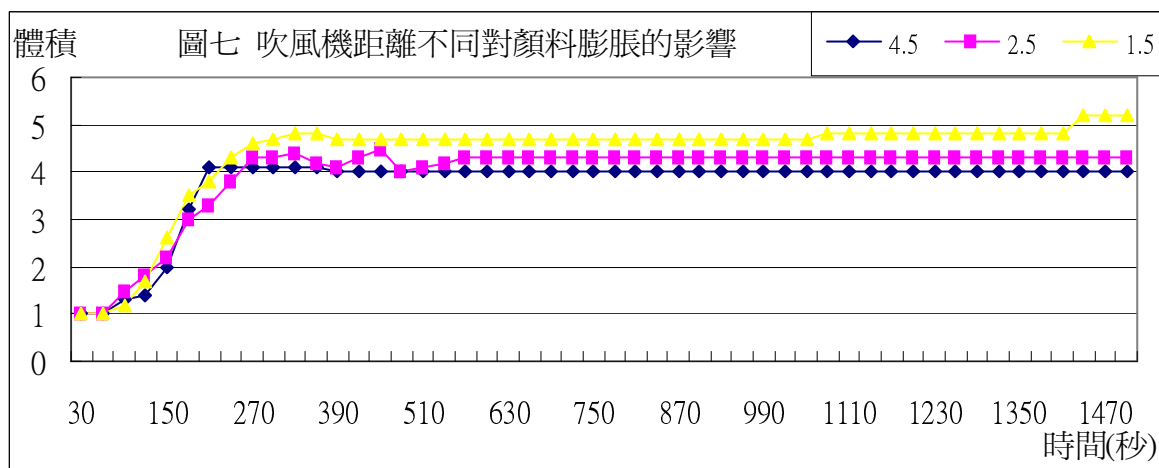
(2) 距離 1.5 公分

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750	
體積	1.0	1.0	1.2	1.7	2.6	3.5	3.8	4.3	4.6	4.7	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500	
體積	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	5.2	5.2	5.2

發現：1.不同吹風機距離，使顏色開始膨脹的時間、最大體積比較如下表：

距離	4.5	2.5	1.5
時間 (秒)	90	90	90
最大體積	4.0	4.3	5.2

2.不同的吹風機距離，使顏色開始膨脹的時間都是 90 秒，表示吹風機距離不同，但是不影響綠色開始膨脹的時間。吹風機距離越近，膨脹最大體積就越大，所以推測顏料越靠近熱風，熱越能傳到顏料內部，有助於膨脹。



實驗 5：吹風機強弱風對顏料膨脹影響

方法：1.將綠色的 3D 創意彩繪顏料，分別擠入 1ml 於試管中。

2.吹風機距離試管底部 1.5 公分（風速:弱）加熱 25 分鐘，觀察其膨脹情形。

結果：吹風機使用弱風吹綠色顏料，經過 25 分鐘體積都沒有變化，只有試管壁上有一些小水滴。所以弱風溫度比較低，不能使顏料膨脹。

實驗 6：吹風機風口集中吹風對顏料膨脹影響

方法：1.將綠色的 3D 立體彩繪顏料，分別擠入 1ml 於試管中。

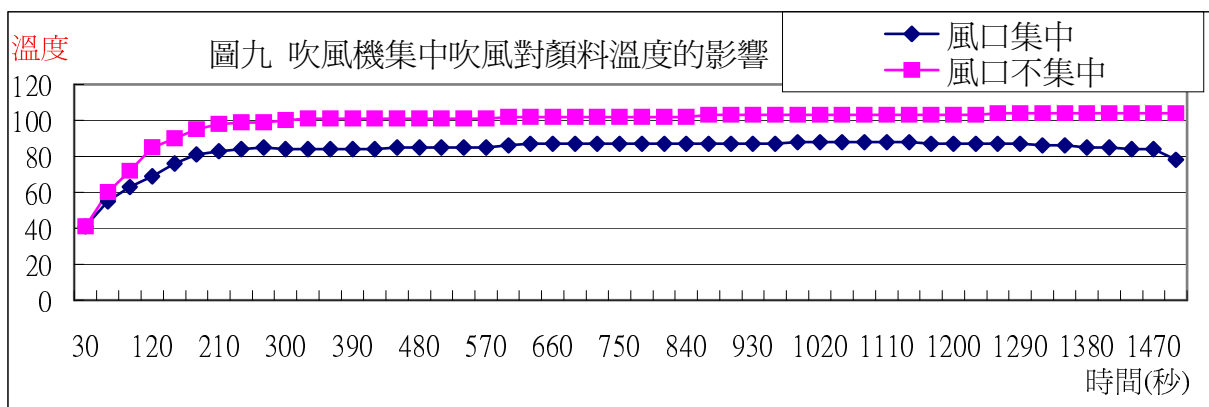
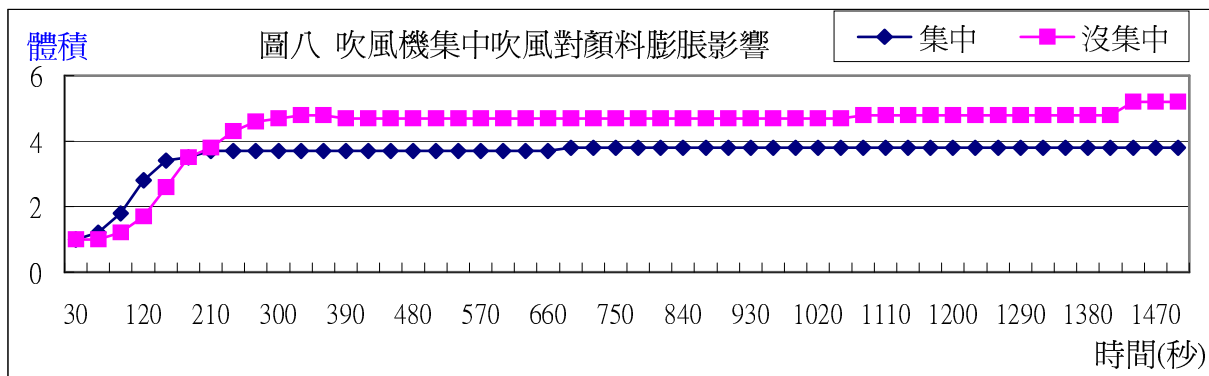
2.吹風機吹風口集中（距離 1.5 公分）加熱 25 分鐘，觀察體積膨脹情形和溫度關係。

結果：(1) 風口集中吹風，不集中吹風的體積變化（距離:1.5 公分，風速:強）

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.2	1.8	2.8	3.4	3.5	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	3.8
體積	1.0	1.0	1.2	1.7	2.6	3.5	3.8	4.3	4.6	4.7	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
體積	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	5.2	5.2	5.2

(2) 風口集中吹風，不集中吹風的溫度變化（℃）

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
溫度	41	55	63	69	76	81	83	84	85	84	84	84	84	84	85	85	85	85	85	86	87	87	87	87	87
溫度	41	60	72	85	90	95	98	99	99	100	101	101	101	101	101	101	101	101	101	102	102	102	102	102	102
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
溫度	87	87	87	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88	87	87	87	87	87	86	86	85	85	84	84	78
溫度	102	102	102	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	104	104	104	104	104	104	104	104	104



發現：吹風機風口集中比較快膨脹，也比較快乾掉。由溫度變化來看，風口集中只有使試管底部局部溫度升高，所以風口不集中吹風時，更能使顏料溫度比較高，而體積膨脹比較大。



吹風機風口集中



風口不集中

實驗 7：體積不同對顏料膨脹的影響

方法：1.將綠色的 3D 立體彩繪顏料，分別擠入 1、2、3ml 於試管中。

2.吹風機（距離:1.5 公分，風速:強）對不同體積綠色顏料加熱 25 分鐘，觀察膨脹情形。

結果：(1) 2ml

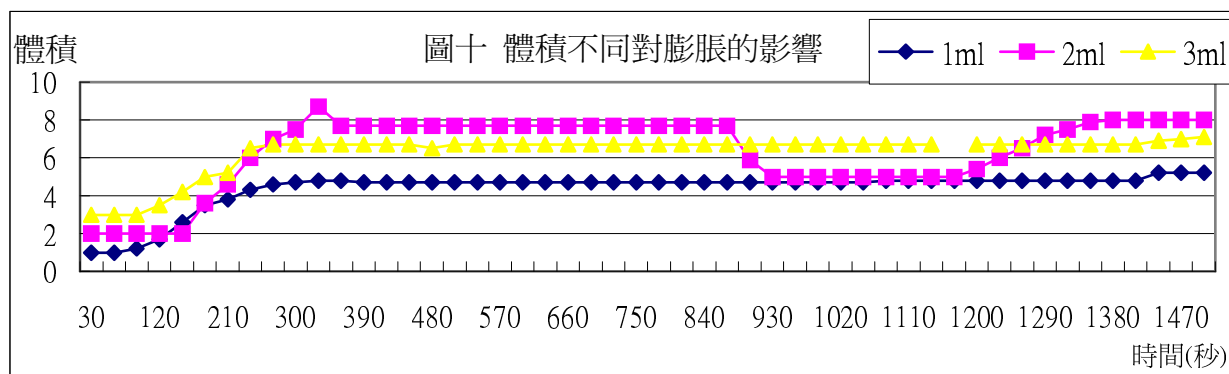
秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.6	4.6	6.0	7.0	7.5	8.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	7.7	7.7	7.7	7.7	5.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.4	6.0	6.5	7.2	7.5	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0

時間	反應	時間	反應
2 分 04 秒	底部變白	8 分 28 秒	顏料底部提升至 0.5
4 分 26 秒	頂端有泡泡	9 分 58 秒	顏料從中間斷裂
4 分 51 秒	顏料與試管脫離	13 分 32 秒	顏料底部開始出水
6 分 20 秒	顏料底部提升至 0.3	15 分 23 秒	顏料一直掉下來
7 分 22 秒	顏料底部提升至 0.4	18 分 08 秒	上半部顏料飄在空中

(2) 3ml

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750	
體積	3.0	3.0	3.0	3.5	4.2	5.0	5.2	6.5	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.5	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500	
體積	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.9	7.0	7.1

時間	反應	時間	反應
1 分 58 秒	底部變白	7 分 45 秒	底部漸漸縮小
5 分 28 秒	底部和側面與試管脫離	8 分 45 秒	底部出水
6 分 38 秒	底部提升至 0.1	11 分 33 秒	底部變的更小



發現：顏料體積愈多，膨脹的體積並沒有增加愈多。

推測：相同熱源情況下，3ml 體積比較多，反而熱比較不容易傳導到最遠的地方。

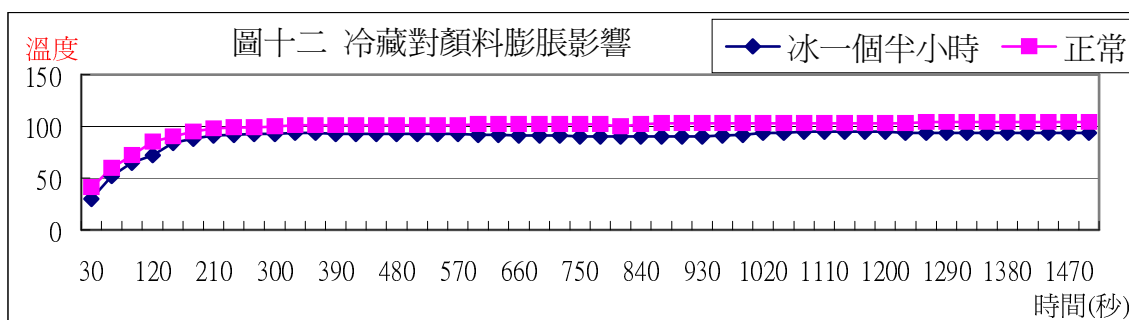
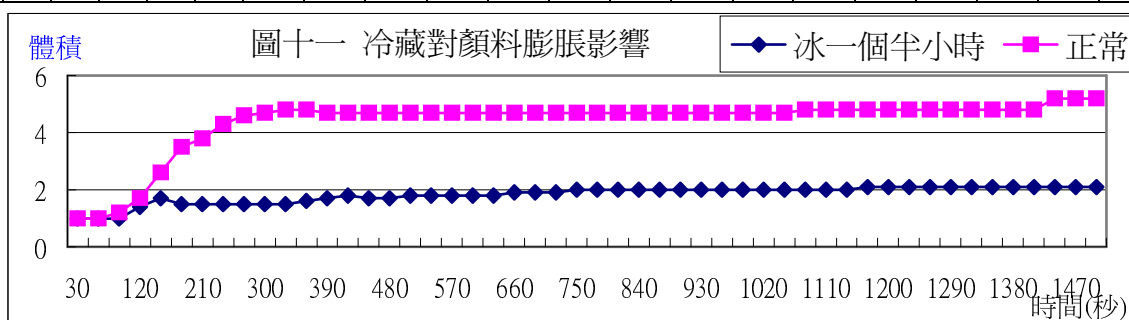
實驗 8：冷藏對顏料膨脹影響

方法：1.先將綠色 3D 立體彩繪顏料 1ml 裝在試管中，放在冰箱中冷藏 1 個半小時。

2.吹風機（距離 1.5 cm，風速:強）對顏料加熱 25 分鐘，觀察體積膨脹情形和溫度關係。

結果：冰一個半小時後溫度、體積變化（0°C 開始）

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
溫度	30	52	65	72	84	88	91	92	93	93	94	94	93	93	93	93	93	93	93	92	92	91	91	91	90
體積	1.0	1.0	1.0	1.4	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
溫度	90	90	90	90	90	90	91	92	94	94	95	95	95	95	95	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
體積	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1



發現：放在冰箱中冷藏 1 個半小時，會使顏料降溫到 0°C，而使加熱後的顏料膨脹體積變小。所以溫度降低會影響顏料膨脹情形。

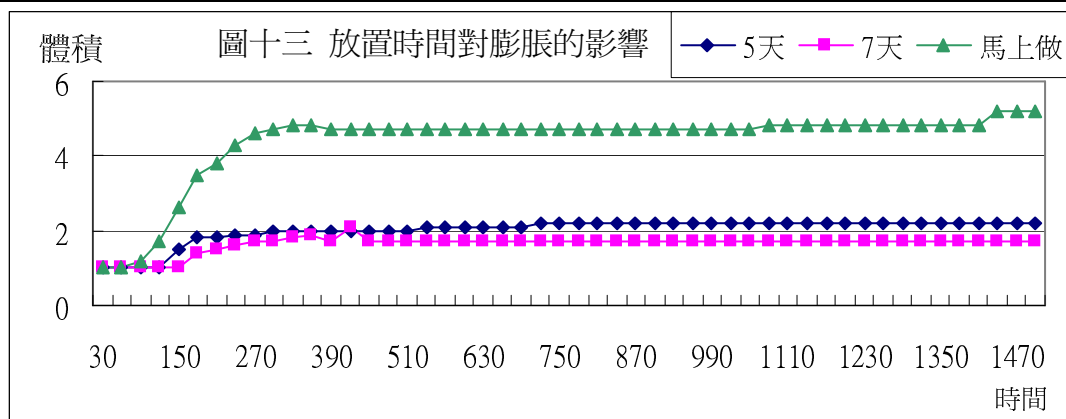
實驗 9：放置時間對顏料膨脹影響

方法：1.先將綠色顏料 1ml 裝在試管中，分別放置幾天。

2.吹風機（距離 1.5 cm，風速:強）對顏料加熱 25 分鐘，觀察體積膨脹情形和溫度關係。

結果：（放置 5 天）（放置 7 天）

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2
體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.7	2.1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	
秒數	780	810	840	870	900	930	960	990	1020	1050	1080	1110	1140	1170	1200	1230	1260	1290	1320	1350	1380	1410	1440	1470	1500
體積	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
體積	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7



發現：放置時間愈久，顏料接觸空氣愈久，所含溶劑愈容易揮發掉，加熱的膨脹效果就
不好。

想法：不同顏色的瓶子是否影響顏料膨脹情形？

實驗 10：不同顏色的瓶子傳熱對顏料膨脹影響

方法：1.先將綠色顏料 1ml 裝在不同顏色（棕、綠、藍色）的瓶子（體積刻度已經校正）。

2.置於石棉網上，以酒精燈加熱，觀察體積膨脹情形和溫度關係。

結果：（1）棕色體積膨脹情形

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
體積	1.0	2.1	4.0	7.0	9.0	11.2	11.2	11.3	11.3	11.3
溫度	32	44	78	93	104	121	140	156	168	182

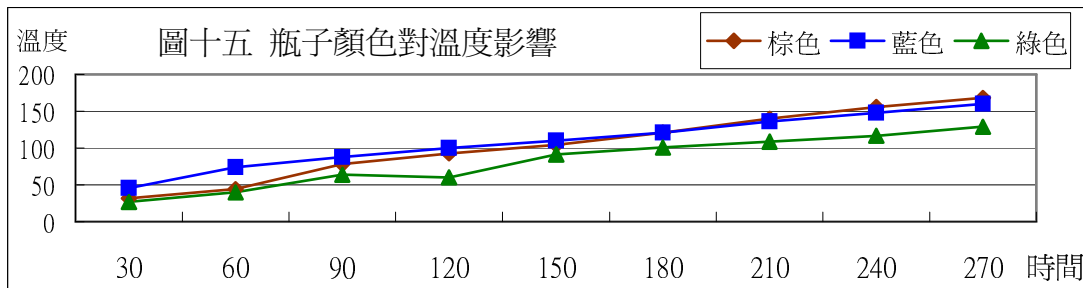
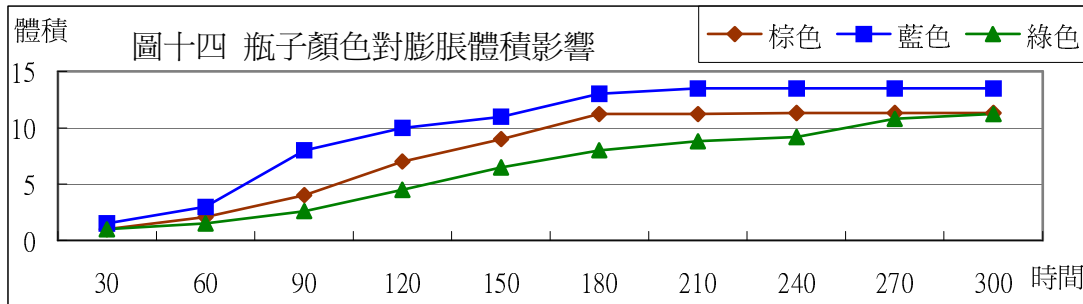
（2）藍色體積膨脹情形

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
體積	1.5	3.0	8.0	10.0	11.0	13	13.5	13.5	13.5	13.5
溫度	46	74	88	100	110	121	136	148	160	178

(3) 綠色體積膨脹情形

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
體積	1.0	1.5	2.6	4.5	6.5	8.0	8.8	9.2	10.8	11.2
溫度	27	40	64	60	91	101	109	117	129	141

- 發現：1.我們先用吹風機從瓶子底下對綠色顏料加熱，但是發現瓶子的玻璃太厚，傳熱效果不好，所以直接用酒精燈加熱。
- 2.藍色瓶子體積膨脹最快，顏料膨脹體積最大，溫度升高最快。推測是因為藍色瓶子的顏色最深，透光度最小，傳熱最快。



不同顏色瓶子



1ml 顏料在棕色瓶子裡加熱



用溫度計測試溫度



高溫吹風機



高溫吹風機從底下吹



量出距離

實驗 11：高溫吹風機位置對顏料膨脹影響

方法：1.先將綠色 3D 立體彩繪顏料 1ml 裝在試管中。

2.用高溫吹風機（距離:1.5 公分）分別從顏料上面、旁邊、底下加熱。

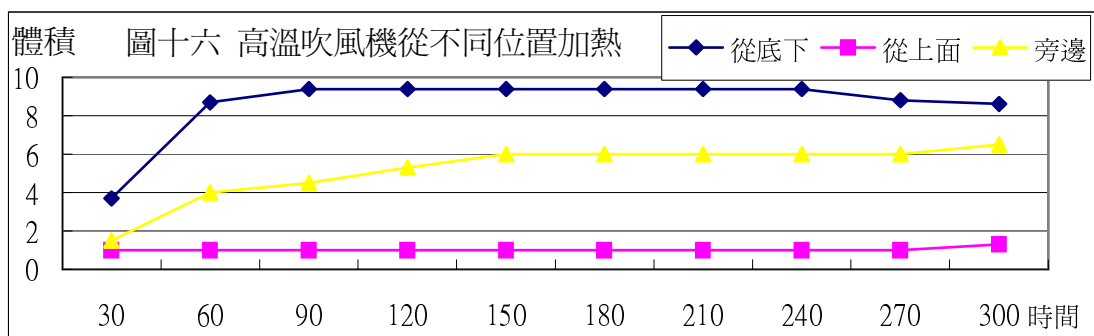
結果：

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
底下：體積	3.7	8.7	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	8.8	8.6
從上：體積	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
旁邊：體積	1.5	4.0	4.5	5.3	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.5

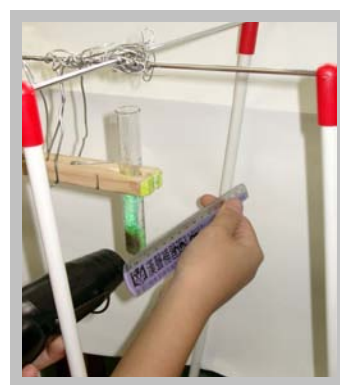
發現：1.吹風機從試管口吹下，距離顏料太遠，無法膨脹。

2.吹風機從試管旁邊吹，顏料只有一邊受熱而且一邊燒焦，膨脹也不均勻。

3.我們就選用吹風機從試管底部吹，來完成後續的實驗。



從試管口吹下



從試管旁邊吹

實驗 12：高溫吹風機對顏料膨脹的影響

方法：1.先將各色 3D 立體彩繪顏料 1ml 裝在試管中。

2.高溫吹風機（距離 1.5 公分）對不同顏色的顏料加熱，觀察體積、溫度變化。

結果：(1) 綠色

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
體積	3.7	8.7	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	8.8	8.6
溫度	60	104	118	146	180	210	240	256	270	280

發現：50 秒底部變褐色略為燒焦

(2) 紫色

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
體積	2.5	6.0	8.2	10.3						
溫度	78	105	112	130	144	164	190	216	230	240

發現：22 秒底部變淡紫色，1 分 43 秒顏料底部燒焦。

(3) 粉紅色

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
體積	2.0	9.0	9.7	9.8	10.0					
溫度	80	105	113	136	156	190	220	242	260	269

發現：12 秒底部變淡粉紅色，1 分 18 秒底部燒焦。

(4) 橘色

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
體積	3.0	8.5	8.7	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
溫度	60	102	120	146	174	206	220	246	260	267

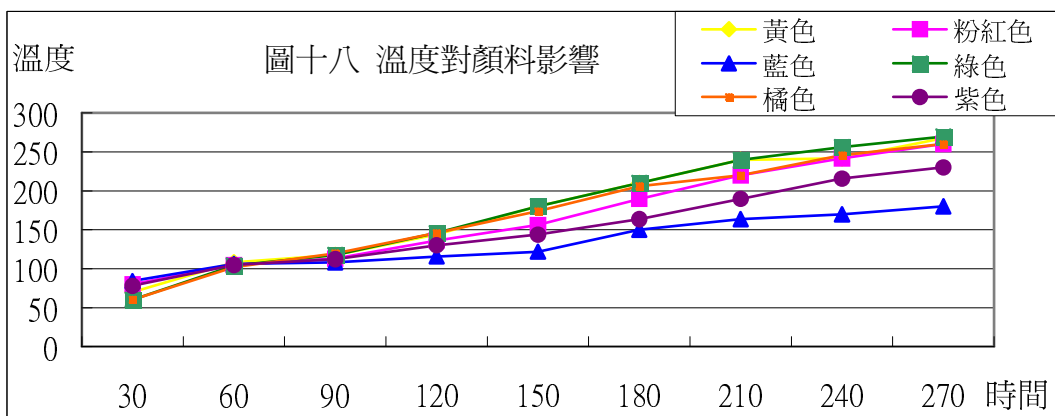
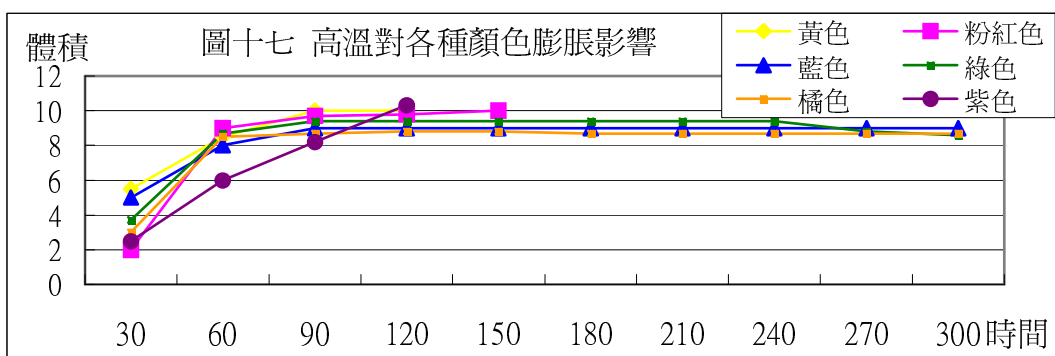
(5) 黃色

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
體積	5.5	8.5	10.0	10.0						
溫度	70	108	118	144	180	210	240	242	268	276

(6) 藍色

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
體積	5.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
溫度	84	106	108	116	122	150	164	170	180	190

發現：12 秒底部變淡粉藍色，1 分 30 秒底部烤焦。



顏色	黃色	粉紅	藍色	綠色	橘色	紫色
60 秒溫度	108	106	105	104	102	105
最高溫度	276	269	190	280	267	240

推測：高溫吹風機距離試管太近，容易使顏料燒焦。

實驗 13：高溫吹風機的遠近對顏料膨脹的影響

方法：吹風機距離試管底部 4.5、2.5、1.5 公分，對 1ml 的綠色顏料加熱。

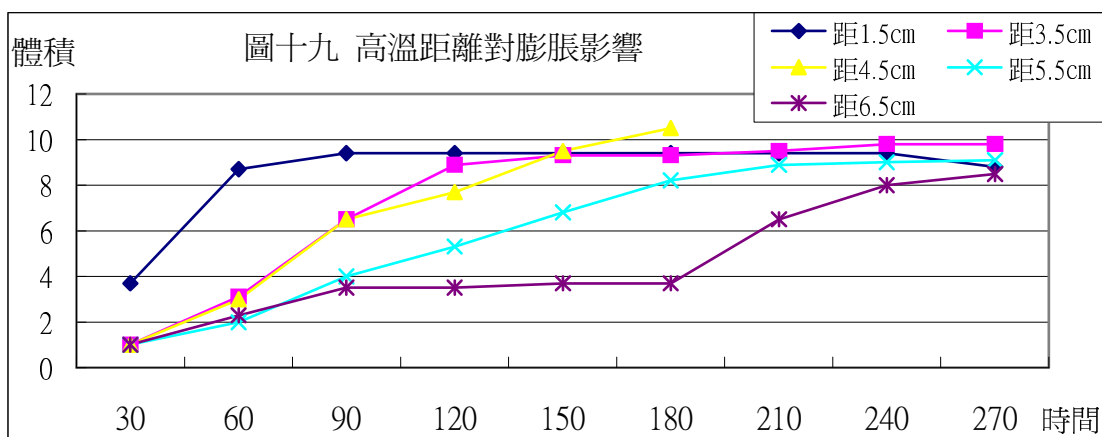
結果：

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
距 1.5 cm 體積	3.7	8.7	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	8.8	8.6
距 3.5 cm 體積	1.0	3.1	6.5	8.9	9.3	9.3	9.5	9.8	9.8	9.8
距 4.5 cm 體積	1.0	3.0	6.5	7.7	9.5	10.5				
距 5.5 cm 體積	1.0	2.0	4.0	5.3	6.8	8.2	8.9	9.0	9.1	9.1
距 6.5 cm 體積	1.0	2.3	3.5	3.5	3.7	3.7	6.5	8.0	8.5	8.5

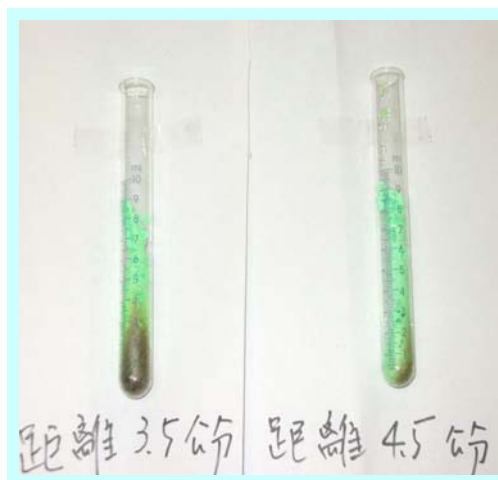
發現：1.距離試管底部 4.5 公分，體積最快膨脹到 10ml。

2.高溫吹風機距離太近，雖然很快就膨脹，但是顏料容易燒焦，不利於繼續膨脹。

3.距離愈遠，則傳熱愈差，膨脹也會影響。



顏料膨脹後有燒焦



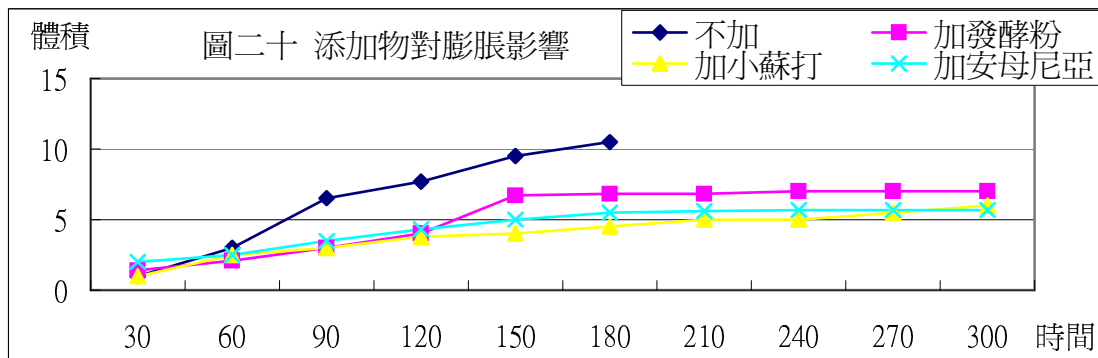
距離愈近愈燒焦

實驗 14：添加物對顏料膨脹的影響

方法：1.加入 0.4 毫克添加劑於 5ml 綠色顏料中，取 1ml 顏料於試管中。

2.用吹風機從試管底下（距離:4.5 公分，風速:弱）對顏料加熱，觀察膨脹體積。

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
發酵粉	1.4	2.1	3.0	4.0	6.7	6.8	6.8	7.0	7.0	7.0
小蘇打	1.0	2.5	3.0	3.8	4.0	4.5	5.0	5.0	5.5	6.0
安母尼亞	2.0	2.5	3.5	4.3	5.0	5.5	5.6	5.7	5.7	5.7



發現：加入小蘇打、發酵粉、安母尼亞等，雖然加熱會膨脹，並不會再增加膨脹體積。

(四) 自製 3D 立體彩繪顏料

實驗 1：利用膨脹劑自製 3D 立體彩繪顏料

方法：1.加入各種添加劑於廣告顏料、水彩中，並加入白膠混合均勻。

2.用針筒取出混合物，畫於厚紙板上，用高溫吹風機加熱，觀察膨脹情形。

發現：(1) **廣告顏料加白膠**：一下子就膨脹了，有白煙聞起來臭臭的，膨脹的不很大。

添加物 廣告料+白膠	小蘇打	安母尼亞	泡打粉
結果	很快就膨脹，摸起來有彈性，聞起來有臭味。	非常快就膨脹產生非常多氣泡，但很快又塌陷。	慢膨脹，乾的地方顏色比較深。

(2) **水彩加白膠**：膨脹時會變黑，味道有一點香香的，有氣泡。

添加物 水彩+白膠	小蘇打	安母尼亞	泡打粉
結果	比較慢膨脹，較沒有彈性，聞起來有臭味。	不會膨脹，有氣泡。	不會膨脹，摸起來軟軟、冰冰的。

結果：1.廣告顏料加白膠，加熱後就馬上膨脹了，但是膨脹的不很大。所以還是要加膨脹劑，增加膨脹效果。

2.不同廠牌的白膠含水量不同，含水量比較多的白膠，和小蘇打無法混合均勻。

3.廣告顏料加白膠加小蘇打、泡打粉，和市面上的 3D 立體彩繪顏料有相同膨脹效果，而加入安母尼亞，雖然非常快就膨脹，但很快又塌陷，所以比較不適合。

4.因水彩含水量比廣告顏料多，所以水彩加白膠，加熱後有氣泡，摸起來較沒有彈性，所以比較不適合做立體彩繪。



廣告顏料+白膠+小蘇打



高溫吹風機加熱膨脹結果

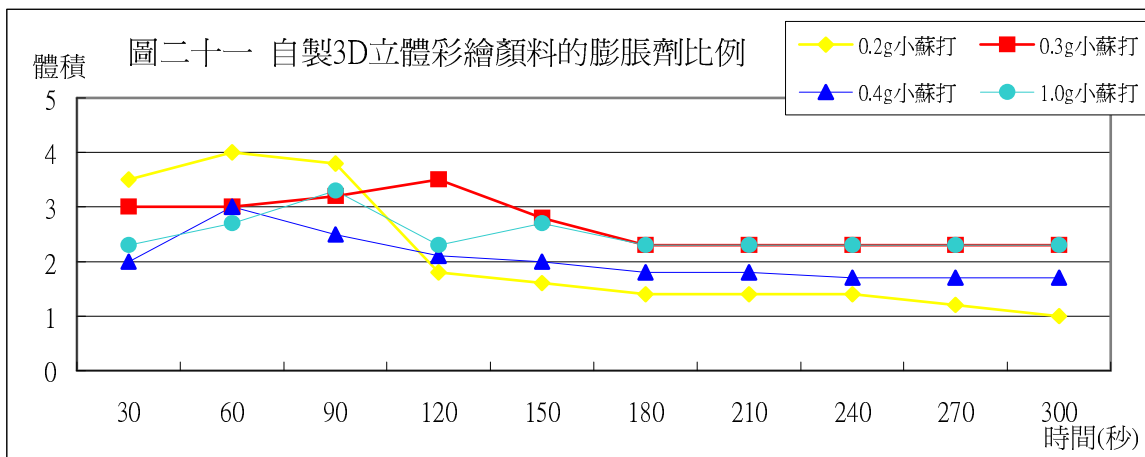


觀察自製顏料膨脹的體積

實驗 2：探討自製 3D 立體彩繪顏料與膨脹劑的比例

- 方法：1.取 10ml 白膠，分別加入 1、0.2、0.3g 小蘇打、1 滴紅色廣告顏料混合均勻，再取 2ml 於試管中。
- 2.用吹風機從試管底下（距離:4.5 公分）對自製顏料加熱，觀察膨脹的體積。

秒數	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
1.0g 小蘇打	2.3	2.7	3.3	2.3	2.7	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
0.4g 小蘇打	2.0	3.0	2.5	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7
0.3g 小蘇打	3.0	3.0	3.2	3.5	2.8	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
0.2g 小蘇打	3.5	4.0	3.8	1.8	1.6	1.4	1.4	1.4	1.2	1.0



- 發現：1.取 1ml 混合物加熱時，因為太輕了而容易飄浮，所以取 2ml 的混合物觀察加熱後膨脹的體積。
- 2.取 10ml 白膠，加入小蘇打混合後，都會先膨脹再稍微萎縮，而其中加入 0.3 g 小蘇打粉的比例，加熱後會慢慢膨脹，2 分鐘時，膨脹體積到最大，最後維持在一定的膨脹體積，所以是最佳的小蘇打添加比例。

實驗 3：利用自製 3D 立體彩繪顏料畫在各種材質上

方法：1.取 10ml 白膠，加入 0.3g 小蘇打、滴上各種顏色廣告顏料混合均勻。

2.用針筒取出混合物，畫於各種材質上，用高溫吹風機加熱，觀察膨脹情形。



在布料上的彩繪效果



塑膠杯上



相片上



壓克力片上

伍、綜合討論：

- 1.市售的 3D 立體彩繪顏料加入小蘇打、發酵粉、安母尼亞等，雖然加熱會膨脹，並不會再增加膨脹體積，反而有礙膨脹效果。但是自製的立體彩繪顏料，就必須加入小蘇打、泡打粉，增加膨脹效果。
- 2.基於不易找到不同材質，相同形狀的容器，所以希望找到適合的器材，能比較出不同材質傳熱對膨脹顏料的影響。
- 3.顏料對不同材質的附著力就不同，顏料在布料上容易水洗過而脫落，所以可以將顏料畫在布料上一段時間，使顏料完全滲透進入布料的纖維中，就不容易脫落了。
- 4.高溫吹風機是使用在美工製作上，溫度低、弱風，顏料比較快膨脹。一般吹風機強風，易造成顏料外擴、溫度低，膨脹比較慢。
- 5.我們日後可以深入研究增強顏料在各種材質上的附著性，以達產品的完美性，甚至可以申請專利上市。

陸、結論：

1. 高溫吹風機溫度高、弱風，顏料比較快膨脹。一般吹風機強風，易造成顏料外擴、溫度低，膨脹比較慢。
2. 不同品牌的 3D 彩繪顏料，直接加熱後膨脹情形不同，表示不同品牌顏料所含成分也不同。
3. 顏料直接加熱後，發現顏料會燃燒起來，表示**含有可燃性的溶劑**。
4. 品牌 LEEHO 的顏料，加熱後膨脹產生的氣體，通入澄清石灰水變混濁，表示**顏料膨脹後會產生二氧化碳**。
- 5 品牌 AMOS 的顏料，加熱之後膨脹所產生的氣體，通入水中使紅色石蕊試紙變藍色，表示**通入水中的氣體，會使瓶中溶液呈鹼性**。產生氣體**通入鹽酸溶液，會產生白色沉澱**。**由此推論**所以顏料膨脹**會產生氨氣**。證實兩種 **3D 立體彩繪顏料，加熱之後因為產生氣體而膨脹**。
6. 相同顏色的不同品牌，膨脹情形就不同。
7. 顏色不同，膨脹的速度、體積，以及膨脹情形也不同，以綠色膨脹的速度最快，體積較大則是黃色、粉紅色、綠色三種。
8. 綠色最快開始膨脹，而且也是膨脹溫度最高，藍色最慢開始膨脹，膨脹溫度最低。所以可以看出**溫度會影響開始膨脹時間**。
9. 不同的吹風機距離，顏色開始膨脹的時間都是 90 秒，表示吹風機距離不同，但是不影響綠色開始膨脹的時間。吹風機距離越近，膨脹最大體積就越大，所以推測**顏料越靠近熱風，熱越能傳到顏料內部，有助於膨脹**。
10. 吹風機使用弱風溫度比較低，不能使顏料膨脹。
11. 吹風機風口不集中吹風時，更能使顏料溫度比較高，而體積膨脹比較大。
12. 顏料體積愈多，膨脹的體積並沒有增加愈多。
- 13 溫度降低會影響顏料膨脹情形。
14. 顏料放置時間愈久，顏料**接觸空氣愈久，所含溶劑愈容易揮發掉**，加熱的膨脹效果就不好。
15. 藍色瓶子體積膨脹最快，顏料膨脹體積最大，溫度升高最快。推測是因為藍色瓶子的顏色最深，透光度最小，傳熱最快。
16. 吹風機從試管口吹下，距離顏料太遠，無法膨脹。吹風機從試管旁邊吹，顏料只有一邊受熱而且一邊燒焦，膨脹也不均勻。我們就選用吹風機從試管底部吹，來完成後續的實驗。
17. 高溫吹風機距離試管底部 4.5 公分，體積最快膨脹到 10ml。距離太近，雖然很快就膨脹，但是顏料容易燒焦，不利於繼續膨脹。距離愈遠，則傳熱愈差，膨脹效果也會影響。
18. 顏料中加入小蘇打、發酵粉、安母尼亞等，雖然加熱會膨脹，並不會再增加膨脹體積。
- 19 加入 0.3 g 小蘇打粉的比例，加熱後會慢慢膨脹，2 分鐘時，膨脹體積最大，最後維持在一定的膨脹體積，所以是最佳的小蘇打添加比例。
20. 影響 3D 立體彩繪顏料**加熱膨脹的因素**：不同品牌、不同顏色顏料、溫度變化、吹風機的遠近、吹風機強弱風、吹風機風口集中吹風、顏料體積不同、顏料冷藏、顏料放置時間、不同顏色的瓶子傳熱、高溫吹風機位置、高低溫吹風機、高溫吹風機的遠近、加入添加物。

柒、參考資料：

1. 教材參考：南一版六下「自然與生活科技」第一單元「熱和我們的生活」

2. <http://web.thu.edu.tw/jeni/www/classroom/material/leavning.htm>

附件

膨大劑：使產品膨脹的因素有：熱空氣、水蒸氣、CO₂(由化學膨大劑產生)、NH₃(由化學膨大劑產生)，使產品酥鬆可口，依麵糊之酸鹼程度或含水量之多寡，選擇適合之。

中文	英文	用途特性
泡打粉(BP)	Baking Powder	一般俗稱為鹼粉、發泡粉，為食品的膨脹劑 Baking Powder ，簡稱 BP 。主成份是碳酸鈣、硫酸鈉鋁、重碳酸鹽等的混合鹽類，主要用在西點蛋糕的製作(例如：烘烤餅乾、蛋糕、蒸發糰及油炸物等)，用法經常與麵粉混合過篩後，經加熱就會釋放出 CO ₂ 氣體使糕點產生膨鬆感，保存時要保持乾燥避免受潮。
小蘇打	Baking Soda	鹼性物質，可中和配方中的酸性材，同時產品顏色亦會較深。用於巧克力、巧克力蛋糕或小西餅中料。
塔塔粉	Cream of Tartar	酸性鹽類，用以中和蛋白的鹼性，並加強蛋白的韌性，如天使蛋糕。亦可用來煮轉化糖漿。其外觀與泡打粉一樣，不可與泡打粉替代使用。
碳酸氫氨	Ammonia Bicarbonate (NH ₄ HCO ₃)	化學膨大劑效用同碳酸氨，產氣速度快，多在水份含量較低的產品，如：油條、沙其瑪。

資料來源：<http://web.thu.edu.tw/jeni/www/classroom/material/leavning.htm>

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

最佳創意獎

081518

「熱」情傳導、3D 立體彩繪顏料見證—發現
溫度與 3D 立體顏料的親密關係

高雄市三民區獅湖國民小學

評語：

1. 作品題材新穎
2. 能將 3D 立體顏料印在衣物上頗具創意
3. 雖有原始數據可惜不太詳細