

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

探究精神獎

080116

天然的風扇-黑白條紋的空氣對流

學校名稱：國立臺中教育大學附設實驗國民小學

作者： 小六 蔡宜昕 小六 魏君宇 小六 賴承郁 小六 吳定謙	指導老師： 李宜萱 曾韋恩
---	-----------------------------

關鍵詞：斑馬條紋、黑白條紋、空氣對流

摘要

全球暖化越來越嚴重，想知道黑白條紋是否有助於空氣的對流或升降溫，可以減少能源消耗和耗電的降溫設備等。此研究在木板上塗黑白條紋的油漆，利用粗細、顏色，測試木板的升、降溫速度。並利用紋影法觀察氣流的變化。

研究發現，任何顏色的木板都有氣體的流動和對流。其中，有黑白條紋的對流較其它明顯。也發現，黑色區塊越大對流就越強烈，如果在黑色的區塊加入適當的白條紋，對流效果比純黑色強。

最後發現，粗黑細白氣體的對流效果最大，升降溫最快，可用在一些需要快速升降溫的物品。例如：太陽能板、杯子。細黑細白條紋升降溫最慢，可用在一些需要保溫或維持溫度的產品，例如保溫箱、孵蛋箱等設備，這樣不僅可以節省電費，讓生活變得更舒適。

壹、研究動機

選擇這個主題是因為想證明科學家研究黑與白到底會不會產生對流的謎題，於是我們研究了關於黑白條紋的對流、空氣移動速度、溫度升降等等條件。

原本想使用 micro bit 測量空氣品質 pm2.5，最後我們換主題的原因是因為要每隔幾個小時就要來測一次，在實驗設計上可能較無法精準地進行監測和測量。因對環境議題有興趣，剛好查詢到了黑白條紋等省能源的相關議題，避開使研究黑白條紋的主題。並利用使用紅外線測溫儀和顯像儀能較準確的測量溫度。

氣體流動和對流的部分，原本利用測風儀來測量空氣的對流，但因為空氣流動的幅度太小了，改用紋影法來呈現空氣流動的折射並用手機將畫面拍下來。如果我們的研究，可以發現斑馬條紋可以產生空氣對流且溫度會降低的話，以後就有很多器材設備可以利用相似的性質進行改造和調整了。

貳、研究目的

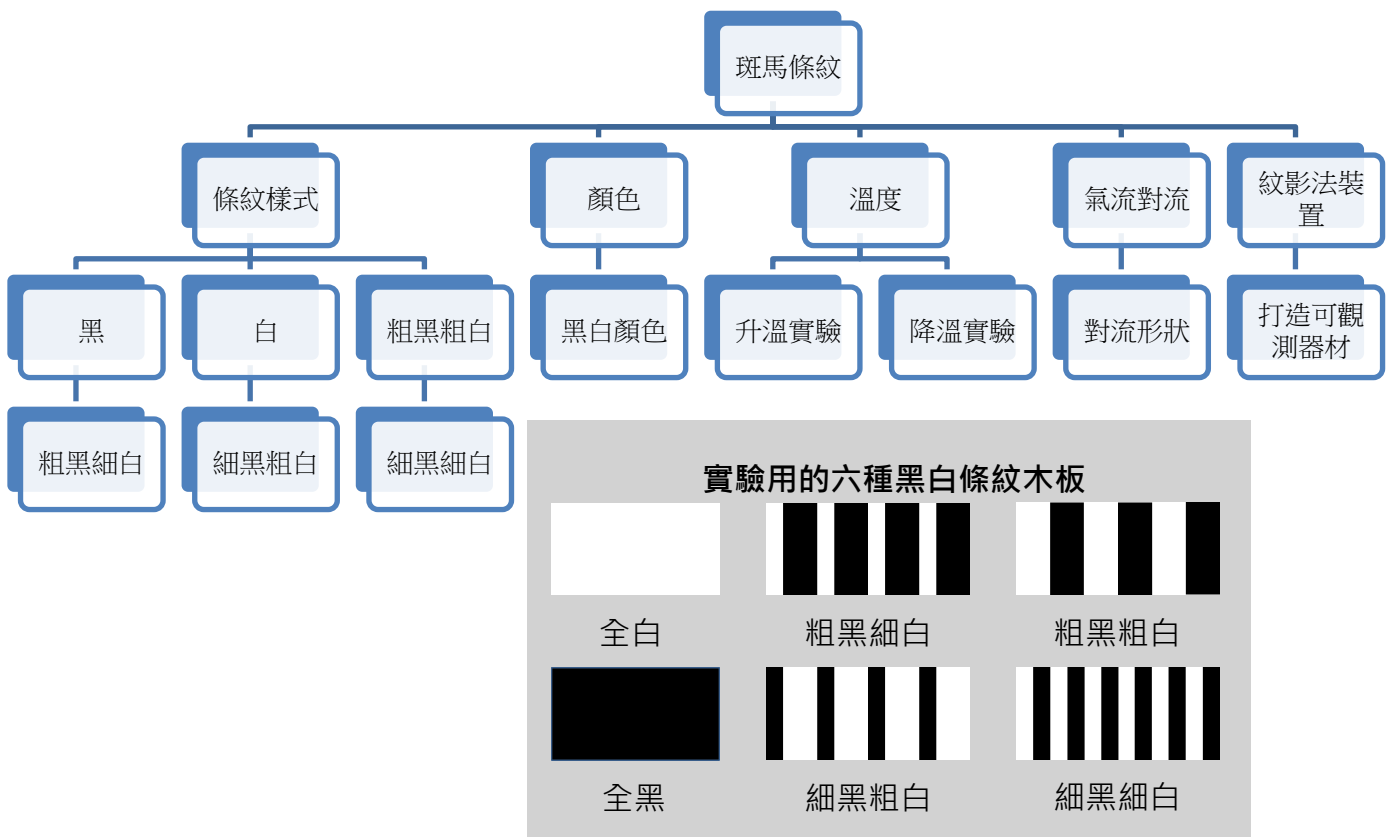
1. 製作出可觀測的紋影裝置
2. 觀察不同顏色和粗細線條對溫度的變化
3. 驗證不同顏色和粗細線條對溫度的變化
4. 觀察不同顏色和粗細線條散熱的空氣流動變化
5. 驗證不同顏色和粗細線條散熱的空氣流動變化
6. 探討不同顏色和粗細線條散熱的原因與結果

參、研究器材與設備

刀片	手機腳架	拍攝用手機
		
凹面鏡	拋物面凹面鏡	黑白條紋板子(六片)
		
手套	黑白油漆	砂紙
		
紅外線溫度計	紅外線熱顯像儀	加熱燈



肆、研究過程與結果



一、研究過程

研究 1. 製作出可觀測的紋影裝置

原定實驗希望透過風量檢驗機觀察氣體的流動與變化，但因器材有最低風力等限制，於是我們改變方法採用紋影法裝置來進行氣體流動的觀測。

紋影法就是觀察氣流變化的一種攝影技術，這是因為空氣密度不同的折射率差異，導致光線的偏折方向隨時在改變，進而造成所觀察物體的影像位置隨著時間而改變。

準備步驟：

- 1.準備凹面鏡、手機內建的手電筒、刀片、相機、腳架、木板及吹風機。
- 2.找到凹面鏡的焦距，將相機扣在腳架上並將腳架放在兩倍焦距處。
- 3.打開手電筒投射在凹面鏡上，找到他的焦點。
- 4.用刀片把焦點切一半。
- 5.把剩下的焦點對準手機的鏡頭。即可看到空氣的流動。

研究 2 觀察不同顏色和粗細線條對溫度的變化

1. 實驗內容：

實驗變相與變因	
操縱變因：	黑白粗細條紋木板共六片。
控制變因：	加溫時間(15 分鐘)、加溫距離(7 公分)、加熱來源(吹風機)、木板放置位置、測溫儀放置位置、測溫儀跟木板的距離。

2. 實驗步驟

準備材料(6 個木板、1 隻吹風機、1 隻測溫儀)

用吹風機加熱木板，吹風機要離木板 7 公分來加溫、測溫儀直接貼在木板測量溫度。

吹風機加熱裝置



利用溫度槍進行測量



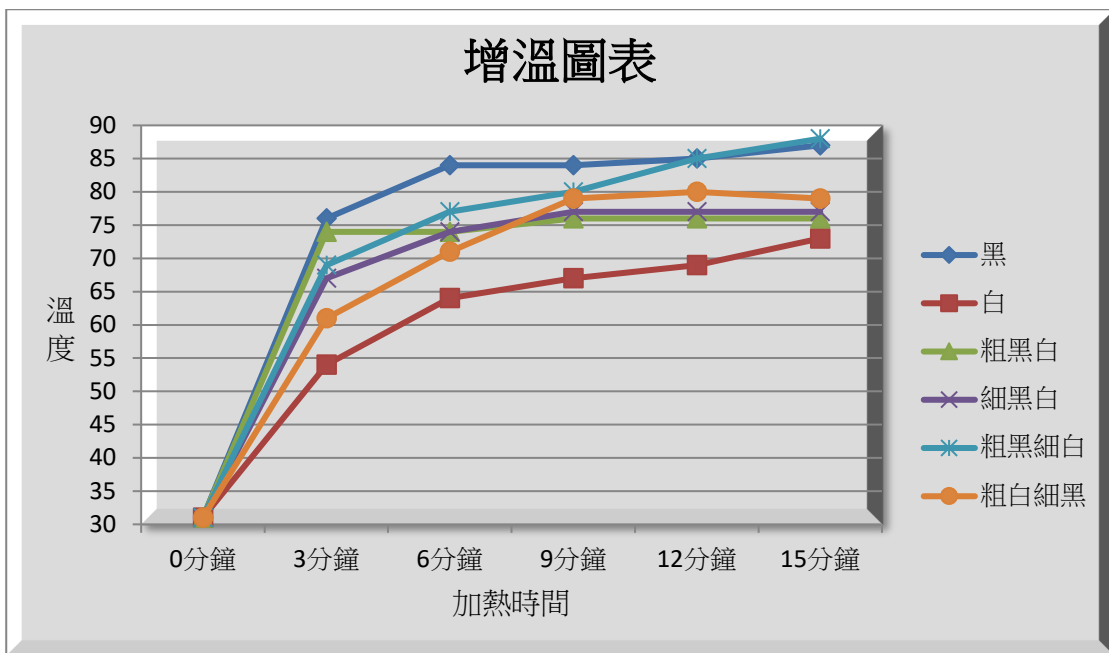
3.升溫實驗測量與紀錄

3-1 增溫表格

每 3 分鐘測量一次溫度，共測量 5 次。

加熱時間	條紋樣式	黑	白	粗黑粗白	細黑粗白	粗黑細白	細黑粗白
0 分鐘		31	31	31	31	31	31
3 分鐘		76	54	67	60	69	61
6 分鐘		84	64	74	74	77	71
9 分鐘		84	67	77	76	80	79
12 分鐘		85	69	77	76	85	80
15 分鐘		87	73	77	76	88	79
平均溫度		74.5	59.7	67.2	65.5	71.7	66.8

3-2 增溫圖表



3-3 增溫結果

條紋樣式	結果與說明
黑色	升溫速度最快，平均溫度也是最高的
白色	升溫速度是最慢的，平均溫度是最低的
粗黑細白	升溫速度僅次於黑，平均溫度也僅次於黑
粗黑粗白	升溫速度第三快，平均溫度也是第三高
細黑粗白	升溫速度第四快，平均溫度第四高
細黑細白	升溫速度僅快於白，平均溫度第五高

升溫速度快~慢	黑>粗黑細白>粗黑粗白>細黑粗白>細黑細白>白
平均溫度高~低	黑>粗黑細白>粗黑粗白>細黑粗白>細黑細白>白

4. 降溫實驗測量與紀錄

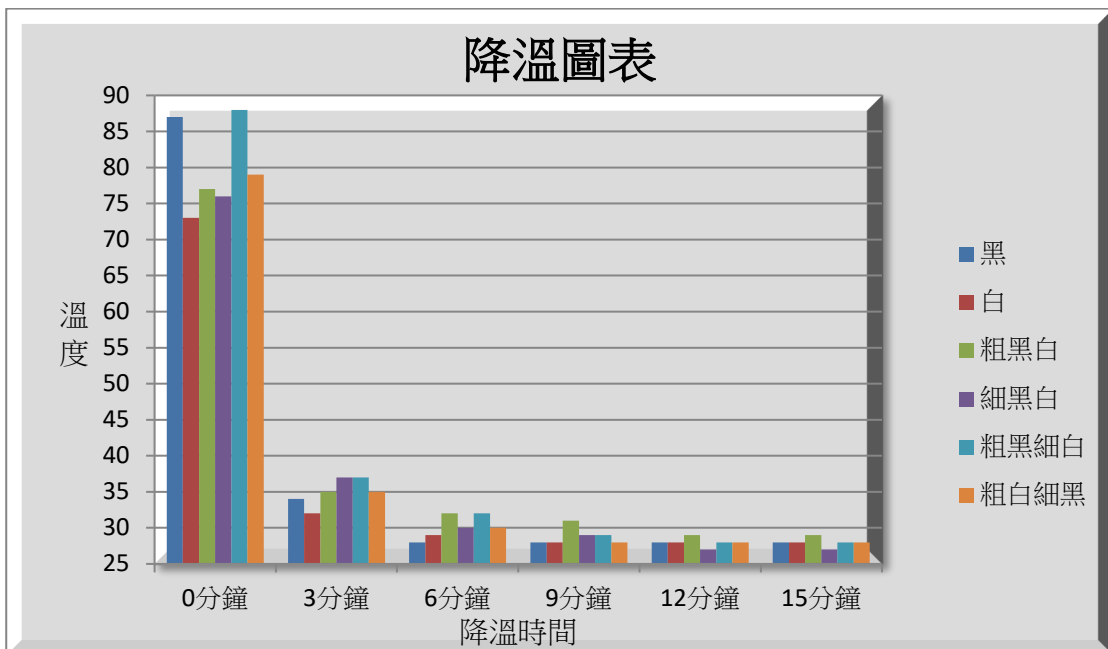
4-1 降溫表格

每 3 分鐘測量一次溫度，共測量 5 次。

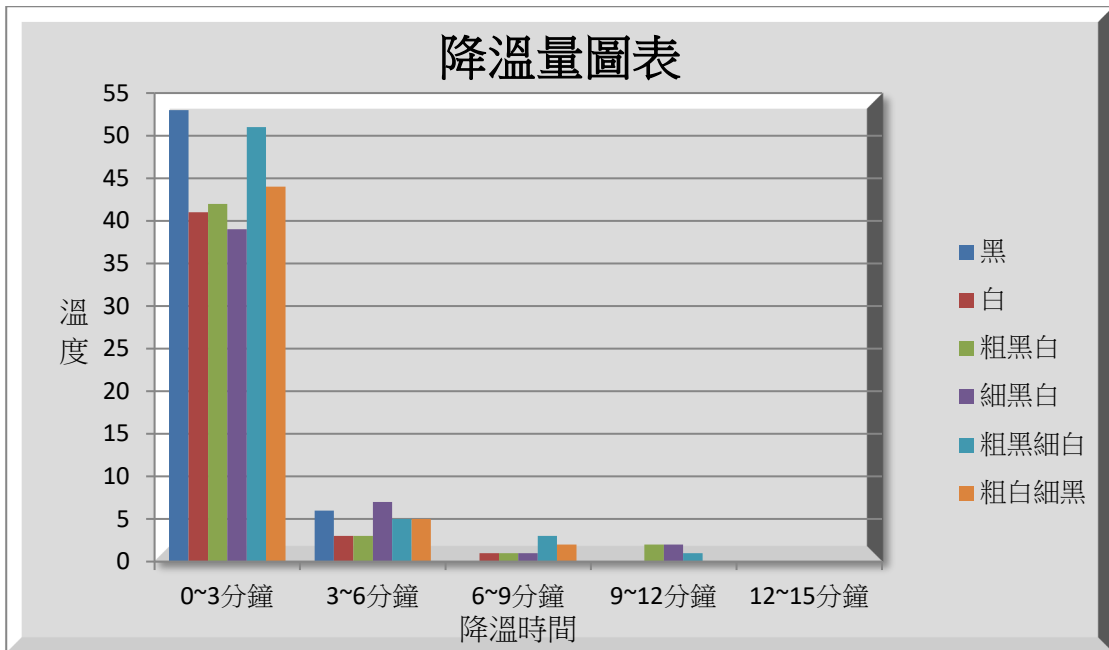
降溫時間	條紋樣式	黑	白	粗黑粗白	細黑細白	粗黑細白	細黑粗白
0 分鐘		87	73	77	76	88	79
3 分鐘		34	32	35	37	37	35
6 分鐘		28	29	32	30	32	30
9 分鐘		28	28	31	29	29	28
12 分鐘		28	28	29	27	28	28
15 分鐘		28	28	29	27	28	28
平均溫度		38.8	36.3	38.8	37.7	40.3	38

4-2 降溫圖表

因觀測溫度相近，若使用折線圖會重疊不易觀察圖表，以下兩個圖表改用長條圖。



降溫量表格



4-3 在實驗過程發現將溫實驗 0~6 分鐘，降溫速度最為明顯，於是實驗針對 0~6 分鐘區間的溫度進行降溫百分率的換算與調整。

實驗記錄與百分率計算

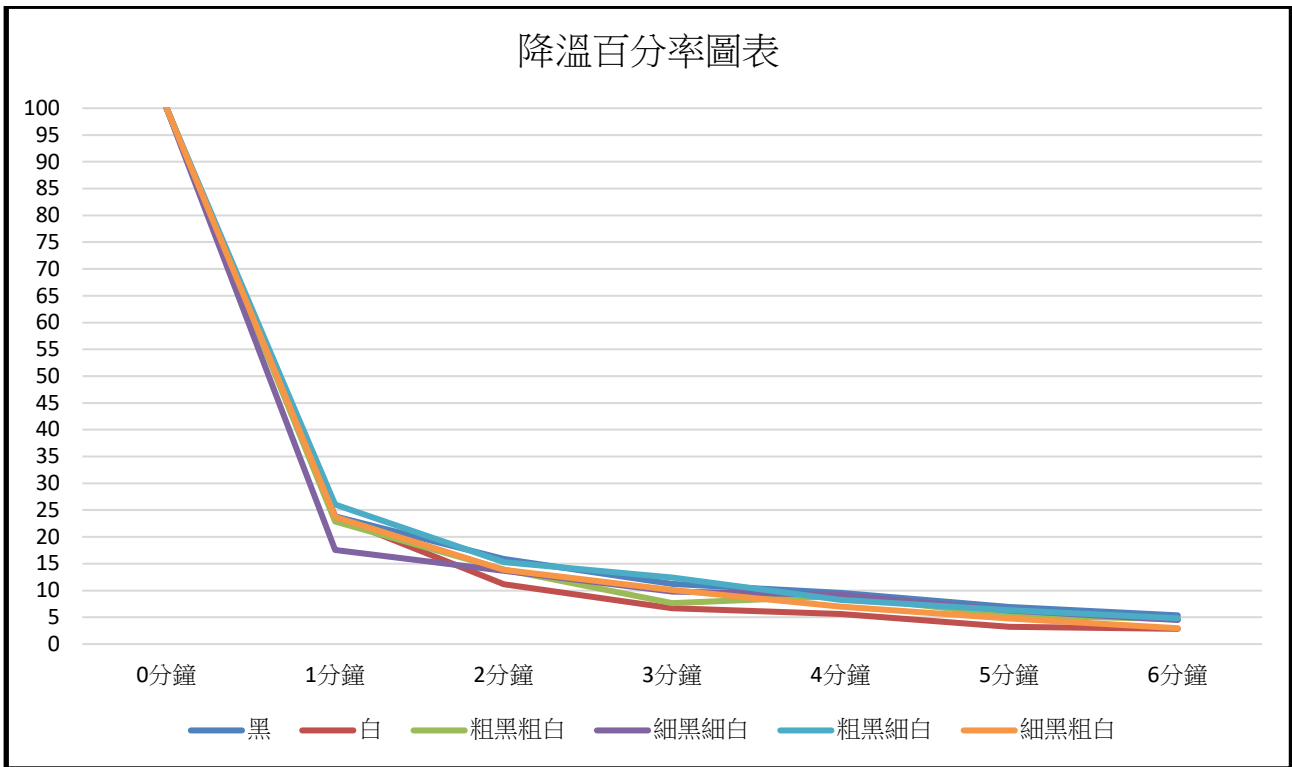
	黑					白				
實驗次數	1	2	3	4	平均	1	2	3	4	平均
起始溫度	87	87	87	87	87	73	73	73	73	73
1 分鐘		66	65	67.8	66.3		56	55.5	55.5	55.7
2 分鐘		55.5	54.5	57.2	55.7		49.9	49	49.4	49.4
3 分鐘	34	49.2	48.2	51	49.5	32	47	46	45.4	46.1
4 分鐘		44.2	44.2	45.8	44.7		44.5	43.3	42.8	43.5
5 分鐘		40.7	41.5	42.7	41.6		43	42	41.4	42.1
6 分鐘	28	38.5	39.3	40.4	39.4	29	41.7	40.9	40.2	40.9
0-3 分鐘降溫百分率	60.92%	43.45%	44.60%	41.38%	43.14%	56.16%	35.62%	36.99%	37.81%	36.80%
粗黑粗白						細黑細白				
1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	平均
77	77	77	77	77	77	76	76	76	76	76

	63	56.1	60	58.5	59.4		60.7	63.8	63.5	62.7
	54	48.7	50.7	51.2	51.2		52.7	54.4	55.2	54.1
35	48.4	44.3	50	46.3	47.3	37	46.9	50.5	49	48.8
	44.7	41	43.3	43.1	43.0		43.2	44.8	44.9	44.3
	42.4	38.7	41	40.8	40.7		40	42.4	42.2	41.5
32	40	37	39.5	38.8	38.8	30	38.6	40	40.4	39.7
54.55%	37.14%	42.47%	35.06%	39.87%	38.64%	51.32%	38.29%	33.55%	35.53%	35.79%
粗黑細 白					細黑粗 白					
1	2	3	4	平均	1	2	3	4	5	平均
88	88	88	88	88	79	79	79	79	79	79
	64.2	65	66	65.1		58.6	64	62.5	56	60.3
	53.9	55.5	55.9	55.1		50	55.8	53.2	48.7	51.9
37	47.4	48.2	49.2	48.3	35	45.5	50	48	43.2	46.7
	43.4	44.5	45	44.3		42.5	46.7	44.5	40	43.4
	40.9	41.4	42.2	41.5		40.6	44.4	42.4	38	41.4
32	39.2	39.8	39.5	39.5	30	39.4	42.6	42	36.5	40.1
57.95%	46.14%	45.23%	44.09%	45.15%	55.70%	42.41%	36.71%	39.24%	45.32%	40.92%

降溫百分率計算

	黑	白	粗黑粗白	細黑細白	粗黑細白	細黑粗白
0 分鐘	100	100	100	100	100	100
1 分鐘	23.8314	23.7443	22.8571	17.5439	26.0606	23.7025
2 分鐘	15.8954	11.1976	13.8889	13.6702	15.3176	13.8532
3 分鐘	11.244	6.67566	7.62463	9.79667	12.4017	10.1107
4 分鐘	9.56873	5.63584	8.9418	9.22131	8.21823	6.96304
5 分鐘	6.92996	3.21593	5.34573	6.2453	6.32054	4.77835
6 分鐘	5.36429	2.8481	4.66544	4.49438	4.81928	2.96252

降溫實驗百分率圖表



4-3 降溫結果

1. 以數值差異進行比較

比較降溫在 0 分鐘和 3 分鐘之間的降低溫度，得知降溫速度如下：

黑 > 粗黑細白 > 細黑粗白 > 粗黑粗白 > 白 > 細黑細白

2. 以百分率差異進行比較

比較降溫在 0 分鐘和 3 分鐘之間的降低溫度，得知降溫速度如下：

粗黑粗白 > 粗黑細白 > 黑 > 細黑粗白 > 白 > 細黑細白

4-4 降溫圖表小結與整理

1. 粗黑細白降溫最快，細黑細白條紋降溫最慢，白色降溫次慢。

2. 針對細黑粗白與白色板子比較：

因為黑色面積小(板子上面積比例 40%)，白色面積大(板子上面積比例 60%)。細黑粗白因氣流的對流較白色木板強，散熱較強，所以降溫比白木板快。

3. 針對粗黑粗白與細黑粗白的比較：

粗黑粗白，黑白比例面積相同，氣流對流沒那麼明顯流動，所以散熱較慢。

細黑粗白，黑色與白色面積差比例差距 20%，在紋影法觀察中會看到像龍捲風形狀的對流。較能有效的帶走板子中的熱量降低溫度。。

4. 細黑細白降溫最慢，白色和黑色的條紋只有 1 公分粗細，在紋影法觀察中發現有小圈圈的氣流形狀，無法有效的帶走板子熱量，所以散熱最慢。白木板可以集中產生氣流促使較為有效的散熱，故降溫速度比細黑細白的快。

5. 驗證不同顏色和粗細線條對溫度的變化

根據以上增溫、降溫實驗與觀察結果，驗證以下推論：

5-1 黑色是吸熱效率好的顏色溫度上升比較快，加熱時間相同下溫度會比較高。

5-2 白色是不易吸熱的顏色，加熱時間相同下以到達的溫度較低。

5-3 細黑細白條紋的木板上升溫度第二慢，僅比白木板快。降溫效果最後一名。推測因為細黑細白條紋的線條比較細，氣流對流比較小，產生了保溫的效果，才導致細黑細白條紋在增溫和降溫都慢。

5-4 粗黑粗白升到 77°C，就沒有再升高，推論粗黑粗白是因為線條太寬，氣流容易往外衝出去，對流較大的關係。熱氣上升後吸到的是比較外面的冷空氣，達到降溫的效果，所以才無法有效繼續升溫。

5-5 粗黑細白在 15 分鐘時，超過黑色的 87°C，達到 88°C，推測是因為對流將旁邊比較冷的熱空氣吸到白色那裡，又因黑色上方的熱空氣上升將較冷的熱空氣吸了過去，而產生加溫的效果。

5-6 細黑粗白的溫度中等，推測是因為黑色線條較細，產生對流後吸熱的面積又比較小，所以溫度比較低。

5-7 降溫最快的是(0 分鐘到 3 分鐘)粗黑細白，其次是細黑粗白。

5-8 平均溫度當中，粗黑細白達 40.3 度，比黑色的平均溫度還要高，推測不同比例的面積黑白條紋，黑色面積較大時，增溫和降溫都比較快。另外發現，白色有助於保溫，保溫效果好。

5-9 發現細黑細白增、降溫後的平均溫度僅次於白色，若撇除白色木板增、降溫時也是細黑細白木板速度最慢。所以推測當條紋面積的比例一樣，條紋越細，更有助於不吸收熱源，造成比較涼快的結果。

6. 觀察不同顏色和粗細線條散熱的空氣流動的變化

1. 實驗內容

實驗變相與變因	
操縱變因：	黑白粗細條紋木板共 6 塊
控制變因：	加溫時間(15 分鐘)、加溫距離(7 公分)、加熱來源(吹風機)、木板放置位置、測溫儀放置位置、測溫儀距離

2. 實驗步驟

<p>1.準備材料：6 個木板、1 隻吹風機、一面凹面鏡、一支手機腳架、刀片、手電筒。</p> <p>2.用吹風機加熱木板：放在木板正上方 7 公分加熱 15 分鐘。</p> <p>3.使用紋影法：找到凹面鏡的焦點，焦點到凹面鏡的距離，就是焦距。之後就把木板放在鏡子前，然後在焦距的兩倍距離上放手電筒，並放置手機錄影做為紀錄。</p>



尋找凹面鏡焦點



調整器材與手機位置



固定紋影攝影器材位置





固定紋影攝影器材位置


3. 實驗觀察結果：


條紋類型	黑	白	粗黑粗白	細黑細白	粗黑細白	細黑粗白
是否有流動	有	有	有	有	有	有


4. 紋影法氣流流動狀態觀察與說明

板子樣式	黑	
氣流觀察	<p>1~10 秒有微弱且方向不定的氣流。</p> <p>10~20 秒中間段出現微弱向上氣流。</p> <p>20~30 秒中後段向上氣流越來越強，方向統一。</p> <p>最後氣流變弱，只剩隨意亂飄的氣流。</p>	
觀察說明	<p>剛放上裝置，還沒有明顯氣流。</p> <p>開始產生力量較弱的氣流，氣流開始集中向上。</p> <p>氣流力量增強，產生方向完全往上的氣流。</p> <p>熱量散失得差不多了，只剩氣流方向隨風亂飄。</p>	


板子樣式	白	
氣流觀察	<p>前 10 秒氣流非常旺盛，往不規則方向飄動。</p> <p>10 秒到 18 秒時氣流成條狀向左上飄動。</p> <p>18 秒到 36 秒時氣流往上飄動。</p> <p>36 秒到 1 分 22 秒時氣流再次往左上方移動。</p> <p>1 分 22 秒到 1 分 40 秒在中間呈龍捲風狀逗留。</p>	
觀察說明	<p>前 10 秒氣流往不規則方向飄動，氣流通常都往左上移動，有時會往上移動。對流減弱時，會在中間呈漩渦狀在中間逗留。</p>	

板子樣式	粗黑粗白	
氣流觀察	<p>1-5 秒：對流劇烈，速度非常快，空氣隨便亂飄，推測是太劇烈所以不穩定。</p> <p>5-15 秒：對流很大，成漩渦狀。</p> <p>15-25 秒：還剩一點對流，空氣幾乎是直直往上飄，但對流速度較慢，比較不明顯。</p> <p>25-60 秒：幾乎沒有對流，空氣流動速度非常慢。</p> <p>60-90 秒：只剩向上氣流。</p>	
觀察說明	<p>粗黑粗白可能是散熱較快，所以在大約 15 秒之後對流就不明顯了。不過有可能因為白色和黑色面積較大，因此對流非常劇烈。</p>	

板子樣式	細黑細白	
氣流觀察	<p>觀察發現空氣流動是往右流動，十秒鐘前空氣流動一波接著一波，但十秒後流動就沒有那麼大了。</p> <p>1-10 秒：流向往右，流動劇烈。</p> <p>11-20 秒：空氣緩緩往上飄。</p> <p>21-30 秒：往上飄的空氣流動越來越少，之後突然往左強烈對流。</p> <p>31-40 秒：往右流動(流動很快但沒有很高)。</p> <p>41-50 秒：往右流動沒了後，流動從最右邊到左邊往上升。</p> <p>51-60 秒：有些微的往左飄動。</p> <p>61-70 秒：空氣往右流動。一開始是往右飄，然後中間就有一點點亂流。</p> <p>71-80 秒：往上飄動。</p>	
觀察說明	細黑細白的木板對流較久，可能是因為紋路較密，對流可以一波接著一波，讓對流維持比較久。	

板子樣式	粗黑細白	
氣流觀察	<p>1-50 秒流動的方向是由右往左上飄動。</p> <p>50-60 秒時看到的影像是由左往右上飄動，和第一項相反。</p> <p>1 分鐘-1 分鐘 15 秒的影像是往上飄動的。</p> <p>1 分鐘 15 秒-1 分鐘 40 秒對流已經逐漸減弱，往上飄動。</p>	
觀察說明	<p>氣流會從線條面積較大的會往面積較小的移動。</p> <p>氣流減弱時，氣流會往反方向移動。</p> <p>最後氣流只剩下一縷輕煙，且往上飄動。</p>	

板子樣式	細黑粗白	
氣流觀察	<p>1~10 秒只有向上的氣流。</p> <p>10~20 秒中間段出現了順時鐘水平旋轉(龍捲風狀)的對流。</p>	

	20~80 秒中後段除了水平對流外還有少許逆時鐘狀的垂直對流(上下)。 最後只剩向上氣流。	
觀察說明	剛放上裝置，還沒有明顯對流。 只有力量較弱的對流，加上旁邊的自然微風，形成水平對流。 對流力量增強，產生少許垂直對流。 熱量散失得差不多了，與空氣溫差變小，只剩向上氣流。	

5. 驗證不同顏色和粗細線條散熱的空氣流動的變化

根據以上針對不同顏色、粗細條紋之木板的氣流變化的直接觀察，將每片單獨木板與其他木板做兩相交錯比較，得到以下驗證推論：

比較項目	黑 VS 粗黑細白
內容	兩個顏色的板子都差不多在五秒前對流非常強烈，不過粗黑細白在二十秒前都有明顯的對流，但黑色卻在十秒後就沒什麼對流。這可以證明，黑白條紋的確會造成比較大的對流，而且黑色面積越大，對流就越強烈。

比較項目	黑 VS 白
內容	黑色對流速度非常的快，但是在大約十秒的時候就沒有明顯的對流了。白色剛好和黑色相反，對流速度比白色慢，但是持續了十五秒。推測是因黑色的散熱速度較快，溫度也較高，所以對流速度快，持續較短；白色的散熱速度較慢，溫度也較低，所以對流速度慢，持續較久。

比較項目	細黑細白 VS 細黑粗白
內容	0~10 秒：細黑細白-往右方移動；細黑粗白-往左上方移動 10~20 秒：細黑細白-往右再往左最後在中間呈龍捲風狀旋轉；細黑粗白-往上飄動，最後往右方移動。 20~30 秒：細黑細白-對流已經減弱，往左方移動；細黑粗白-往右方移動之後又往左方飄。 30~45 秒：細黑細白-迅速地往右邊移動；細黑粗白-往左又往右上飄 45~60 秒：細黑細白-在中間呈龍捲風狀旋轉，之後往左；細黑粗白-氣流減弱，還是往左上飄。 60~100 秒：細黑細白-往上方四處漂動；細黑粗白-最後只剩下一縷輕煙，緩緩的往左上方移動。

	從這兩塊木板可以看出木板顏色的面積分布會影響到對流的方向，細黑細白因為面積分布平均所以對流會在中間往上飄動，粗黑細白則是因為面積分布不平均，所以對流會往特定方向移動尤其以左方為多。
--	--

比較項目	細黑細白 VS 白
內容	<p>0~10 秒：細黑細白-往右方移動；白-氣流非常旺盛，往不規則方向飄動。</p> <p>10~18 秒：細黑細白-往右再往左最後在中間呈龍捲風狀旋轉；白-氣流成條狀向左上飄動。</p> <p>18~30 秒：細黑細白-對流已經減弱，往左方移動；白-氣流往上飄動。</p> <p>30~45 秒：細黑細白-迅速地往右邊移動；白-氣流往上飄動，37 秒時氣流又往左方移動。</p> <p>45~60 秒：細黑細白-在中間呈龍捲風狀旋轉，之後往左；白-氣流往左飄動，55 秒又往上飄動。</p> <p>60~100 秒：細黑細白-往上方四處漂動；白-氣流持續在往左又往上飄。</p> <p>我推測白是因為板子上沒有條紋所以對流沒有固定方向，細黑細白因為條紋分布平均所以對流會在中間往上飄動。</p>

比較項目	細黑細白 VS 黑：
內容	<p>一開始：細黑細白對流劇烈，而黑只有微弱的對流。</p> <p>中間：黑的氣流越來越強，細黑細白則是比較不穩定，一下有對流一下沒有。</p> <p>最後：都只剩微微的氣流。</p> <p>結論：推測黑木板應該是一開始氣流較弱，之後氣流集中，在中間產生氣流向上的強烈對流，並且方向統一。而細黑細白木板對流較久，可能是因為紋路較密，對流一波接著一波，讓對流維持比較久。</p>

比較項目	細黑細白 VS 粗黑粗白
內容	<p>一開始：流動都很劇烈。</p> <p>中間：細黑細白是有時候會大會小，粗黑粗白是剩一點點對流。</p> <p>最後：空氣都緩緩往上飄。</p> <p>結論：我們推測細黑細白紋路較密對流可以一波接著一波，讓對流維持比較久。粗黑粗白是一開始就對流劇烈，導致後面只有微微的流動。</p> <p>細黑細白 VS.粗黑細白：</p> <p>0~10 秒：細黑細白-往右方移動；粗黑細白-往左方移動。</p> <p>10~20 秒：細黑細白-往右再往左最後在中間呈龍捲風狀旋轉；粗黑細白-還是往左方移動。</p> <p>20~30 秒：細黑細白-對流已經減弱，往左方移動；粗黑細白-成條狀往左方移動。</p> <p>30~45 秒：細黑細白-迅速地往右邊移動；粗黑細白-成條狀往左方移動，最後有稍</p>

	<p>微向右上飄。</p> <p>45~60 秒：細黑細白-在中間呈龍捲風狀旋轉，之後往左；粗黑細白-成條狀往右方移動。</p> <p>60~100 秒：細黑細白-往上方四處漂動；粗黑細白-往左方移動。</p> <p>推測對流會從大面積的部分往小面積的部分移動，細黑細白則是因為面積分布平均，所以不會往固定方向移動。</p>
--	--

比較項目	粗黑細白 VS 白
內容	<p>粗黑細白垂直和水平的對流都很多。</p> <p>白只有向上的氣流。</p> <p>最後粗黑細白只剩微弱向上氣流。</p> <p>最後白色產生了龍捲風狀但不穩定的氣流。</p> <p>推論</p> <p>粗黑細白有黑白相間的條紋，粗黑粗白有明顯的對流。</p> <p>白都是同一個顏色，所以只有向上的氣流。</p> <p>粗黑細白，因為黑色降溫較快，所以最後黑白溫度相差較少時，加上黑色面積大，所以只剩向上氣流。</p> <p>白色本來吸熱能力就比較弱，降溫後，上升氣流力道極小，被旁邊的風影響後，就會產生龍捲風狀但不穩定的氣流。</p>

比較項目	粗黑細白 VS 粗黑粗白：
內容	<p>推測粗黑細白對流比粗黑粗白對流大一點，是因為黑色面積較白色面積大，導致對流非常旺盛。粗黑粗白雖然白色面積比粗黑細白的大，但推測白色可能比黑色對流小，以至於粗黑細白比粗黑粗白對流大。</p>

比較項目	粗黑粗白 VS 白
內容	<p>粗黑粗白有明顯對流。</p> <p>白只有向上的氣流。</p> <p>兩種一開始都有一段時間氣流不穩定的亂飄。</p> <p>最後粗黑粗白只剩向上氣流。</p> <p>最後白色產生了龍捲風狀但不穩定的氣流。</p> <p>推論</p> <p>粗黑粗白有黑白相間的條紋，粗黑粗白有明顯的對流。</p>

	<p>白都是同一個顏色，所以只有向上的氣流。</p> <p>木板剛拿到裝置上，氣流還不穩定，加上上升的氣流比較上較劇烈，所以會不穩定的亂飄。</p> <p>因為黑色降溫較快，所以最後黑白溫度相差較少時，就會只剩向上氣流。</p> <p>白色本來吸熱能力就比較弱，降溫後，上升氣流力道極小，被旁邊的風影響後，就會產生龍捲風狀但不穩定的氣流。</p>
--	---

比較項目	粗黑粗白 VS 黑
內容	<p>一開始：粗黑粗白對流劇烈，而黑只有微弱的對流。</p> <p>後來：黑的氣流越來越強，粗黑粗白則是越來越弱。</p> <p>最後：都只剩微微的對流。</p> <p>結論：推測黑木板應該是一開始氣流較弱，之後氣流集中，在中間產生氣流向上的強烈對流。而粗黑粗白一開始對流十分劇烈，但可能因為間隔大，所以散熱比較快。</p>

比較項目	細黑粗白 VS 粗黑細白
內容	<p>粗黑細白的明顯流動較短暫，雖然一開始對流強大且明顯，不過一分鐘後就只剩向上的氣流了。</p> <p>細黑粗白的明顯流動較持久，雖然對流比較不明顯，但是持續了 100 秒左右。</p> <p>粗黑細白的對流中，上升氣流明顯，跟上升氣流比較起來，下降氣流要仔細看才能看到。</p> <p>細黑粗白的對流中，下降氣流明顯，跟下降氣流比較起來，上升氣流要仔細看才能看到。</p> <p>推論</p> <p>粗黑細白黑色面積大，吸熱效果好，所以對流明顯，不過黑色散熱也快，所以不持久。</p> <p>細黑粗白白色面積大，吸熱效果差，所以對流比較不明顯，不過白色保溫效果極好，所以對流很持久。</p> <p>高溫的空氣會在黑色上方出現並下降，低溫的空氣會在白色上方出現並下降，粗黑細白黑色面積較大白色面積較小，所以上升氣流多而明顯。</p> <p>高溫的空氣會在黑色上方出現並上升，低溫的空氣會在白色上方出現並下降，細黑粗白白色面積較大黑色面積較小，所以下降氣流多而明顯。</p>

比較項目	細黑粗白 VS 粗黑粗白
內容	<p>細黑粗白在五秒前對流雖然沒有很劇烈，但二十秒前都有明顯的對流；粗黑粗白雖然五秒前對流非常劇烈，但十五秒後對流就不明顯了。推測細黑粗白因白色面積大，黑色面積小，所以散熱較慢，對流時間較久；粗黑粗白因白色面積和黑色面積</p>

	一樣大，所以散熱較快，對流時間較短。因此白色對流較緩慢，黑色對流較快速。
--	--------------------------------------

比較項目	細黑粗白 VS 黑
內容	<p>一開始：都只有向上微弱氣流。</p> <p>中間：氣流都越來越強，但是粗黑細白維持得比較久，而且氣流比黑木板弱一點。</p> <p>最後：兩個都變弱。只不過黑木板最後是隨意亂飄，而細黑粗白則是向上飄的氣流。</p> <p>結論：推測黑木板應該是一開始氣流較弱，之後氣流集中，在中間產生氣流向上的強烈對流，並且方向統一。而細黑粗白是氣流較久但對流沒有那強。</p>

比較項目	細黑粗白 VS 白
內容	<p>一開始：細黑粗白的木板只有一些向上的氣流，白木板也跟細黑粗白差不多強。</p> <p>後來：白木板對流跟一開始一樣對流很強，氣流也維持很久。細黑粗白對流也跟白一樣強。</p> <p>最後：白木板持續非常久，細黑粗白剩向上飄的氣流。</p> <p>結論：細黑粗白和白的對流強度沒有太大差異。</p>

6. 探討不同顏色和粗細線條散熱的原因與結果

6-1 經由以上將每片木板氣流變化差異兩相交差比較之後，歸納出四項氣流變化的綜和比較，連結增溫、降溫之結論，來探討不同顏色和粗細線條散熱的原因與結果。

6-2 結論

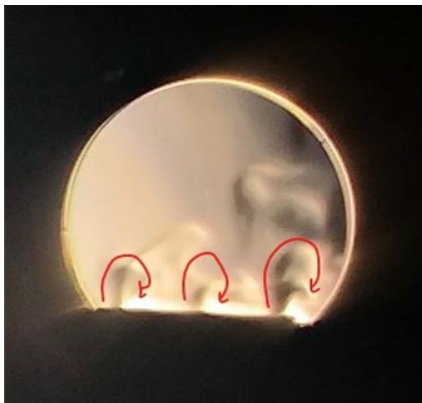
1. 同樣板子面積內，當黑色面積較大，白色面積較小會產生較強的氣流。
2. 黑色因為對流較小所以升溫快，降溫也快。
3. 氣流持續時間：細黑細白 > 粗黑細白 > 白 > 細黑粗白 > 粗黑粗白 > 黑
 - 3-1：細黑細白木板對流較久，是因為紋路較密，對流可以一波接著一波，讓氣流維持比較久。
 - 3-2：粗黑粗白木板是一開始就會產生大的對流，因為有 50% 的白色面積，氣流持續時間比黑木板維持較久。
 - 3-3：黑木板的氣流流動速度最快，一開始全部爆發出來，導致氣流無法持續很久。

6-3 氣流流動方向特殊性

木板樣式	氣流流動特殊性說明
黑	沒有流動方向特殊性
白	漩渦狀在中間轉
細黑細白	離木板約 3 公分處有小型氣流圈圈
粗黑粗白	氣流大致向上流動並無特殊方向性。
粗黑細白	在黑白交界處容易看到，垂直龍捲風狀向上明顯的氣流
細黑粗白	在黑白交界處容易看到，順時鐘水平旋轉(龍捲風狀)、逆時鐘垂直旋轉

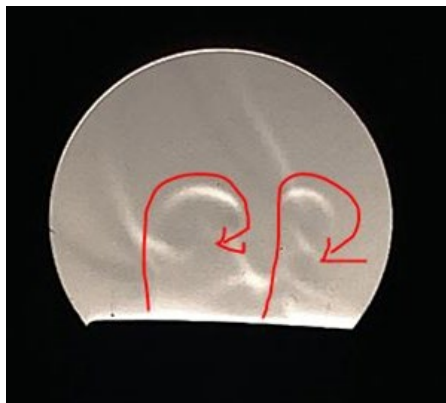
6-4 氣流流動方向結論：

1. 由於板子的設計是黑白色顏色交錯分布，常可以在顏色交界處，看到氣流產生龍捲風狀的對流。發現，從流動速度方向性觀察的報告，發現有龍捲風狀對流的通常都是不同顏色有氣流流動速度差異造成的。
2. 氣流流動速度快慢：黑→細黑細白→粗黑細白→粗黑粗白→細黑粗白→白。
3. 黑：溫度高，氣流爆發力強，流動速度最快。
4. 白：溫度低，一開始的爆發力較差，因此對氣流速度較慢，導致將溫效果不好。
5. 細黑細白：因為很多條黑白條紋，且條紋都很細。所以看到文影法理面的對流氣圈圈小，但氣流速度看起來較快。 <如左下圖>



6. 粗黑細白、粗黑粗白、細黑粗白三項目的綜合比較：

粗黑細白的黑色面積較白色面積大 20%，細黑粗白則相反。粗黑粗白面積各佔 50%。發現，只要有黑色氣流速度就會比較快。有黑白兩色相隔壁，就會造成對流圈。粗黑粗白和細黑細白相反：對流氣圈很大，但對流速度不快。 < 如左下圖 >



伍、研究結論與建議

根據四項氣流變化綜合比較，連結增溫、降溫實驗與觀察結論，以下為結論與建議

板子項目	結論與建議
黑	升降溫都很快，要用來加熱的餐具或器材可以製作成黑色。冬天想喝熱水時，放到微波爐裡加熱，杯子就容易升溫，導致水也會一起被加熱。拿出來時覺得太燙，黑色因散熱快，水的溫度很快就可以下降。太陽能板、戴陽能電熱水器等也可能製作成深色系產品，因為黑色能有效地吸收熱源和提高溫度。
白	升溫速度非常慢，除不容易吸收輻射熱外，整體上升平均溫度也是最低的。建議夏天時穿著淺色系衣物可以防止熱量積蓄在衣服上面傳入人體導致中暑。建築物的裝潢裝飾也可以選用淺色系的裝修，夏天較不易升溫，冬天也較不易降溫，十分適合。
細黑細白	在實驗中，降溫最慢，升溫第二慢且對流持續時間長。可以把它應用在保溫箱或人工孵蛋箱等需要維持穩定熱能的裝置里面，當器材加熱到一定程度溫度時，就可以持續維持氣體的對流保持溫度，非常適合用來製作保溫產品。

粗黑細白	降溫第二快，升溫第二快，最高溫度更是達到 88 度。紋影法中，產生的氣流強度最強。可以將它應用在需要快速降溫的器材內部，如電腦等會持續產生溫度的器材，粗黑細白的特性，讓裝置可以溫度較高的情況下產生一股較強勁的對流來幫助散熱，維持器材的溫度穩定性，讓運作時間變長。
粗黑粗白	可以用在增溫快，降溫慢的地方，產生的氣流強度強，保溫效果佳。例如:外套、杯子、保溫袋等。假如冬天很冷或寒流來，建議可以用粗黑粗白間隔的窗簾，可以讓室內比較暖和，也可以設計粗黑粗白條紋的衣服來保暖。
細黑粗白	可以製作成衣服、褲子等可以有效散熱但也不會增溫很快的產品，在降溫和升溫的實驗中階第四名。溫度上升後板子表面的氣體對流不強，可以達到組部分阻絕熱能吸收的功能但又兼具散熱效果。可以用在日常生活中的部分產品裡面。

陸、參考文件及資料

PanSci 泛科學·舊問題舊假說的新研究：斑馬的黑白條紋有助降溫嗎？·取自

<https://pansci.asia/archives/165113>

國家地理雜誌中文網·斑馬為什麼會有條紋？·取自

<https://www.natgeomedia.com/explore/article/content-5124.html>

DQ 地球圖輯隊 帶你看透全世界·斑馬黑白條紋有什麼用？·取自

<https://dq.yam.com/post.php?id=10775>

跟著鄭大師玩科學·紋影法·取自

<https://www.masters.tw/126911/schlieren>

臺灣網路科教館·黑與白的邂逅-探討黑與白條紋升溫降溫的變化·取自

<https://www.ntsec.edu.tw/Science->

<Content.aspx?cat=10049&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=2&sid=10055>

JoshTheEngineer·How To: Build Your Own Schlieren Setup·取自

https://www.youtube.com/watch?v=IZ0bYi9UFv8&feature=emb_title

Veritasium·Seeing the Invisible: SLOW MOTION Schlieren Imaging·取自

<https://www.youtube.com/watch?v=4tgOyU34D44>

Harvard Natural Sciences Lecture Demonstrations·Schlieren Optics·取自

https://www.youtube.com/watch?v=mLp_rSBztel

環宇廣播電台·生活中的拋物面 - 肆、拋物面或凹面鏡太陽爐·取自

<https://www.youtube.com/watch?v=2Fw5l23kjfE>

JoshTheEngineer·How To: DIY Laser Schlieren·取自

https://www.youtube.com/watch?v=JvHZT_wBpUE&t=641s

JoshTheEngineer·How To: Schlieren in Color!·取自

<https://www.youtube.com/watch?v=thjjEWlxCA5>

均一教育平台·【觀念】拋物面鏡的種類及特性·取自

<https://www.junyiacademy.org/junyi-science/junyi-physics/s5p-99/junyi-geometric-optics/v/5My3tPOjaU4>

均一教育平台·【觀念】凹面鏡成像作圖法及成像性質 (1 / 2) ·取自

https://www.junyiacademy.org/junyi-science/junyi-physics/s5p-99/junyi-geometric-optics/v/dVa1U_BrZag

均一教育平台·【觀念】凹面鏡成像作圖法及成像性質 (2 / 2) ·取自

<https://www.junyiacademy.org/junyi-science/junyi-physics/s5p-99/junyi-geometric-optics/v/b0UWR4XOrS8>

均一教育平台·【觀念】球面鏡與拋物面鏡的差異·取自

<https://www.junyiacademy.org/junyi-science/junyi-physics/s5p-99/junyi-geometric-optics/v/ORSdZqMahus>

【評語】 080116

1. 本作品的主題探討為黑白條紋的空氣對流，觀察並驗證不同顏色和粗細線條對溫度的變化以及散熱的空氣流動變化，並且探討散熱的原因與結果。此類的科展題目已經相當的多，並不算是非常有原創性的作品。
2. 陳述很多實驗觀察到的現象，缺乏進一步的討論，例如“黑色區塊越大，對流就越強，再加入一些白條紋對流會更強”及“黑色木板再加一點白色，量測到的最高溫度會比純黑色更高”。
3. 對於物理觀念"對流"未能深入釐清與詮釋宜需加強。整體而言，對本作品的作者之探究精神值得嘉許。

作品簡報



WELCOME

P

天然的電風扇- 黑白條紋的空氣對流

科別：物理

組別：國小組

研究問題



摘要

全球暖化越來越嚴重，想知道到底黑白條紋可否助於空氣對流或降溫。
利用紋影法觀察它的空氣對流並且用測溫儀觀察溫度。
發現有顏色的木板都有空氣對流，但是有黑白條紋的對流較明顯。
黑色區塊越大，對流就越強，再加入一些白條紋對流會更強。



研究動機

想知道斑馬的黑白條紋是否有助於散熱？
黑白條紋到底會不會產生空氣對流？
用紅外線測溫儀來測量黑白條紋加熱和降溫的溫度
一開始用測風儀進行檢測但流動的空氣幅度太小，所以改用紋影法來呈現效果



研究目的

研究一：製作可觀測的紋影裝置

研究二：觀察不同顏色和粗細線條對溫度的變化

研究三：驗證不同顏色和粗細線條對溫度的變化

研究四：觀察粗細線條散熱的空氣流動變化

研究五：驗證粗細線條散熱的空氣流動變化

研究六：探討粗細線條散熱的原因與結果

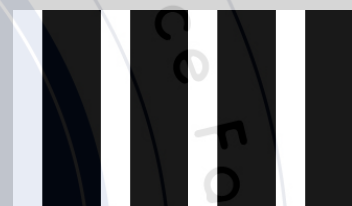
實驗用的六種黑白條紋木板



全白



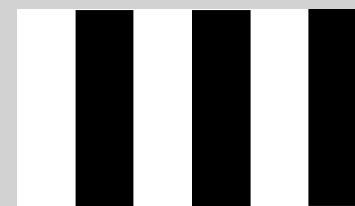
全黑



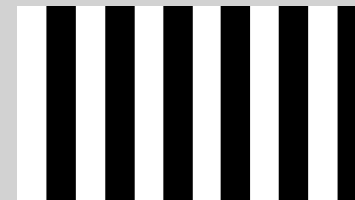
粗黑細白
黑2cm白1cm



細黑粗白
黑1cm白2cm



粗黑粗白
黑2cm白2cm



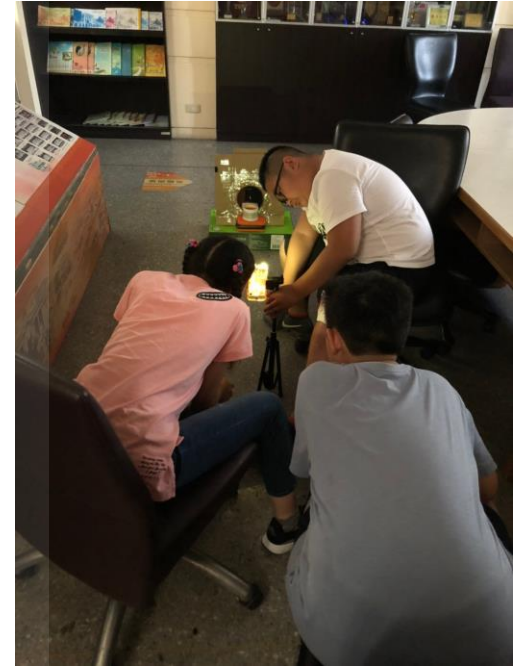
細黑細白
黑1cm白1cm

研究方法與過程



研究一：紋影裝置的設置與效用

- 紋影法是觀察氣流變化的一種攝影技術。
- 因為空氣密度不同的折射率差異（光速差異），導致光線的偏折方向隨時在改變，從而造成所觀察物體的影像位置隨著時間而改變的現象。





研究二：觀察不同顏色和粗細線條對溫度的變化



增溫實驗

• 增溫實驗設計說明

- 固定環境加溫
- 每3分鐘測量一次

• 增溫實驗表格

加熱時間	條紋					
	黑	白	粗黑粗白	細黑細白	粗黑細白	細黑粗白
0分鐘	31	31	31	31	31	31
3分鐘	76	54	67	60	69	61
6分鐘	84	64	74	74	77	71
9分鐘	84	67	77	76	80	79
12分鐘	85	69	77	76	85	80
15分鐘	87	73	77	76	88	79
平均溫度	74.5	59.7	67.2	65.5	71.7	66.8

• 增溫實驗小結

- 升溫速度快~慢：黑>粗黑細白>粗黑粗白>細黑粗白>細黑細白>白。
- 平均溫度高~低：黑>粗黑細白>粗黑粗白>細黑粗白>細黑細白>白。
- 額外發現：黑色木板再加一點白色，量測到的**最高溫度**會比純黑色更高。



研究二：觀察不同顏色和粗細線條對溫度的變化



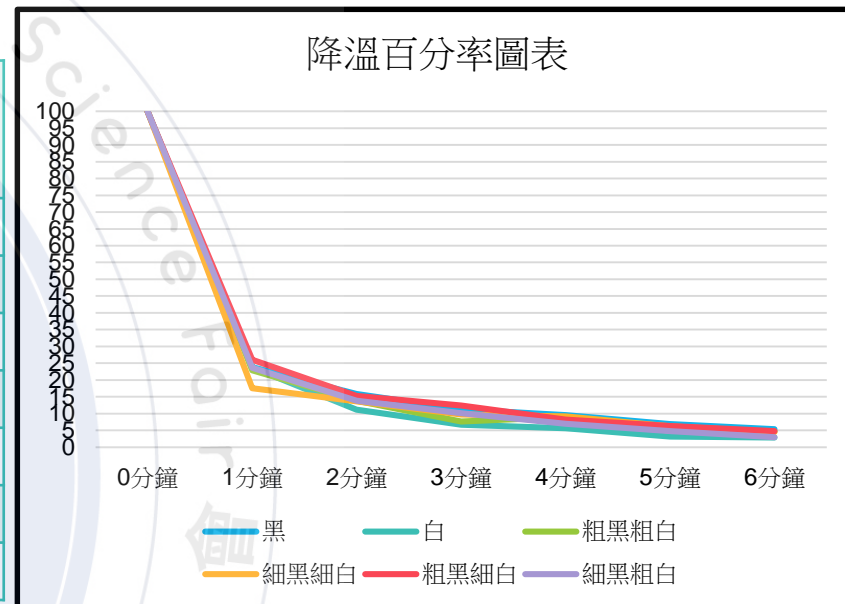
降溫實驗

降溫實驗設計說明

- 改用百分率計算

降溫實驗表格&折線圖

條紋	黑	白	粗黑粗白	細黑細白	粗黑細白	細黑粗白
加熱時間						
0分鐘	87	73	77	76	88	79
3分鐘	34	32	35	37	37	35
6分鐘	28	29	32	30	32	30
9分鐘	28	28	31	29	29	28
12分鐘	28	28	29	27	28	28
15分鐘	28	28	29	27	28	28
平均溫度	38.8	36.3	38.8	37.7	40.3	38



降溫實驗小結

- 降溫速度：粗黑細白 > 黑 > 細黑粗白 > 粗黑粗白 > 白 > 細黑細白。
- 粗黑粗白因黑白差距不大，推測對流沒那麼明顯，所以散熱較慢。
- 推測白木板可以集中散熱，故降溫速度比細黑白的快。
- 細黑粗白因白色面積大，黑色面積小，推測對流旺盛，較容易散熱，而降溫比白木板快。



研究三：驗證不同顏色和粗細線條對溫度的變化

- 細黑細白具有保溫效果之討論與驗證。
- 粗黑細白產生加溫效果之討論與驗證。
- 粗黑粗白產生降溫效果之討論與驗證。
- 條紋面積的比例一樣，條紋越細，更有助於保溫。

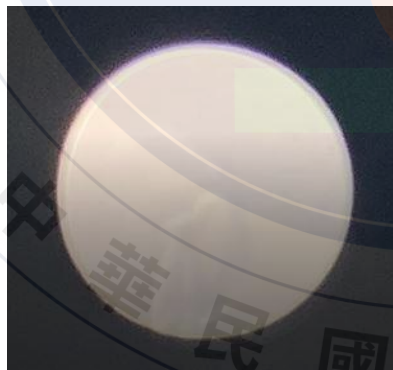


研究四：觀察不同顏色和粗細線條散熱的空氣流動變化



黑色

- 一開始產生力量較弱的氣流
- 氣流開始集中向上



白色

- 前十秒氣流呈不規則方向飄動
- 對流減弱時，出現漩渦狀





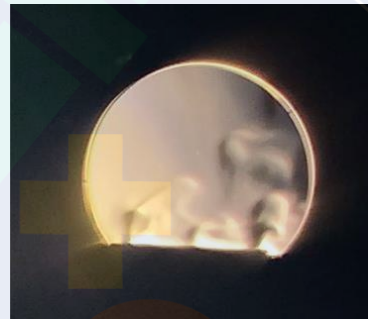
粗黑粗白

- 降溫快，大約15秒後就不明顯了
- 白色和黑色面積較大，對流非常劇烈



細黑細白

- 細黑細白空氣對流持續時間較久
- 靠近板子有明顯的漩渦產生



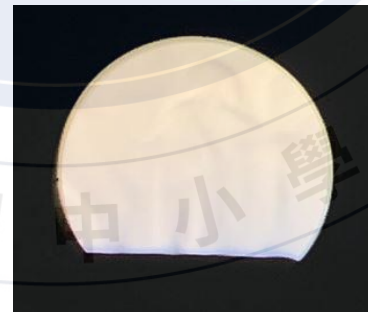
粗黑細白

- 氣流會從黑色往白色移動
- 多數氣流會從黑色部位升起



細黑粗白

- 剛放上裝置時無明顯對流
- 慢慢對流力量增強，產生少許垂直對流





研究五：驗證不同顏色和粗細線條散熱的空氣流動變化

- 根據不同顏色、粗細條紋之木板的氣流變化的直接觀察，將每片斑紋木板做**兩相交錯**比較的研究並紀錄。



研究六：探討不同顏色和粗細線條散熱的原因與結果

- 根據研究五歸納出**三項氣流變化**綜合比較，連結**增溫、降溫實驗**之結論，進而探討實驗原因與結果。

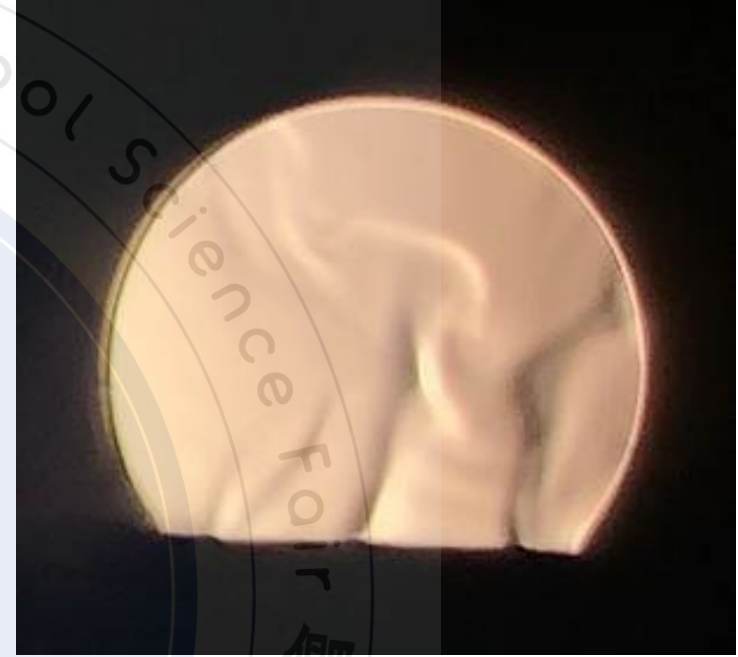


氣流持續時間：細黑細白 > 粗黑細白 > 白 > 粗黑粗白 > 粗白細黑 > 黑



氣流流動方向特殊性

- 粗黑細白：垂直方向有龍捲風狀向上對流。
- 細黑粗白：順時鐘龍捲風狀水平旋轉，逆時鐘垂直旋轉。
- 結論：面積分布不均，氣流有機會產生龍捲風狀的氣流流動。



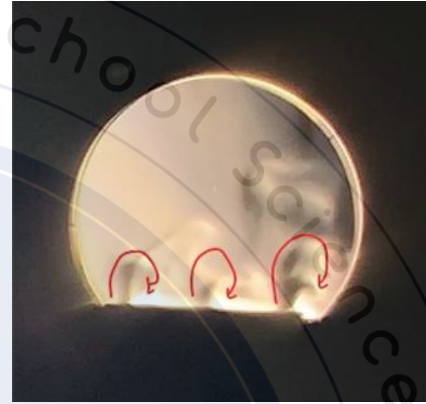
氣流流動速度快慢之比較

- 黑 > 細黑細白 > 粗黑細白 > 粗黑粗白 > 細黑粗白 > 白
- 黑色溫度較高，爆發力大，流速較快。
- 對流多數從黑色區域流向白色區域。

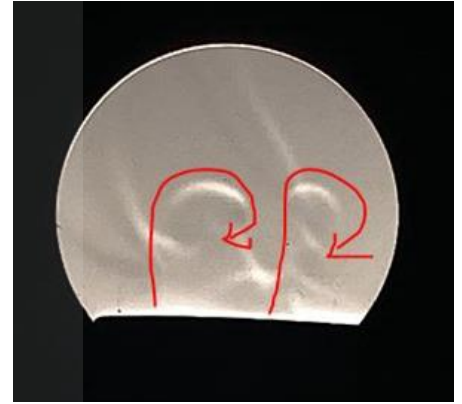


細黑細白與粗黑粗白氣流方向之比較

- 細黑細白有很多對流氣圈，對流氣圈不大但速度快。
- 粗黑粗白和細黑白對比起來，對流氣圈大大速度較慢。
- 細黑細白的氣流可能是造成降溫速度最慢的原因之一。



細黑細白



粗黑粗白

研究結果與建議

黑	白	粗黑粗白
<ul style="list-style-type: none"> • 升溫、降溫都最快。 • 黑色是較好的熱吸收體，有助於抵擋太陽輻射熱，防曬效果好。 	<ul style="list-style-type: none"> • 升溫速度非常慢。 • 夏天穿著白色的衣物可以防止中暑。房子裝潢時，可以選用白色油漆，因不易升溫。 	<ul style="list-style-type: none"> • 用在增溫快，降溫慢的地方，產生的氣流強度強，保溫效果佳。例如:外套、杯子、保溫袋等。

細黑細白	粗黑細白	細黑粗白
<ul style="list-style-type: none"> 降溫最慢，升溫第二慢，對流持續時間長。 應用在保溫箱或人工孵蛋箱，適合用來製作保溫產品。 	<ul style="list-style-type: none"> 在降溫第二快，產生的氣流強度最強。 高溫下可以產生一股較強的對流來幫助散熱。 	<ul style="list-style-type: none"> 對流強度大於全黑。 可以製成衣服、褲子等可以散熱但也不會增溫太快的產品。

參考資料（部分）

- PanSci 泛科學·舊問題舊假說的新研究：斑馬的黑白條紋有助降溫嗎？·取自<https://pansci.asia/archives/165113>
- 國家地理雜誌中文網·斑馬為什麼會有條紋？·取自<https://www.natgeomedia.com/explore/article/content-5124.html>
- DQ 地球圖輯隊 帶你看透全世界·斑馬黑白條紋有什麼用？·取自<https://dq.yam.com/post.php?id=10775>
- 跟著鄭大師玩科學·紋影法·取自<https://www.masters.tw/126911/schlieren>
- JoshTheEngineer·How To: Build Your Own Schlieren Setup·取自https://www.youtube.com/watch?v=IZ0bYi9UFv8&feature=emb_title
- 環宇廣播電台·生活中的拋物面 - 肆、拋物面或凹面鏡太陽爐·取自<https://www.youtube.com/watch?v=2Fw5l23kjfE>