

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組物理科

080111

臺南縣關廟鄉五甲國民小學

指導老師姓名

謝文山

劉英志

作者姓名

吳思恣

吳宜庭

程嘉敏

李玉如

黃郁婷

黃靖婷

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別： 物理科

組 別： 國小組

作品名稱： 火 燄 2004

關 鍵 詞： 白努力原理、中間遮蔽物、模型

編 號：

目 錄

壹、摘要	1
貳、研究動機	2
一、當中間遮蔽物體為球狀	
二、當中間遮蔽物體為長方體	
參、研究目的	3
肆、研究設備及器材	3
一、實驗所需材料	
二、實驗設計圖	
伍、研究過程及方法	4
陸、研究結果	5
模型 1、2、3	5
模型 4、5、6A	6
模型 6B、6C、7A	7
模型 7B、7C、7D	8
模型 8、9	9
風扇模組	10
柒、討論	11
一~三	11
四~五	12
六~七	13
八	14
捌、結論	15
玖、參考文獻及活動紀錄	15
照片	16

壹、摘要

我們從 2 個有趣的小實驗出發：就是在嘴巴和蠟燭的中間擺放一個物體，這三者必須等距約為 10~15cm 且必須在同一條線上；當中間擺放的物體為球體時：火燄很快得被嘴巴吹出的氣流吹滅。如果換成舊形火材盒大小(即長方體)那麼用力吹氣後，火燄不但不會熄滅，而且火燄的燭火也會朝向火材盒這邊。

這個有趣的現象，引起我們研究的興趣。

我們科展的實驗目的：是將上述會熄滅的想辦法，把他改成繼續燒，而原本不會熄滅的弄成會熄滅。

經由邊界條件、改變遮蔽物的外型、表面的粗糙或圓滑、或在中間遮蔽物上挖洞觀察其變化情形、或者乾脆將遮蔽物換掉改成風扇，藉由葉片的轉動來探討有哪些因素是與空氣流動有關，從而得到答案與分析實驗結果。

貳、研究動機

我們的實驗是從一個已經知道而且有趣的小實驗開始:

如果在嘴巴與蠟燭燭火中間放置一個遮蔽物體，此遮蔽物體可以是:球狀或是長方體形。那麼會出現 2 種有趣的現象:

一、當中間遮蔽物體為球狀(圓環狀):

嘴巴吹出的氣流會繞過遮蔽物，將燭火吹滅(如下圖 A)

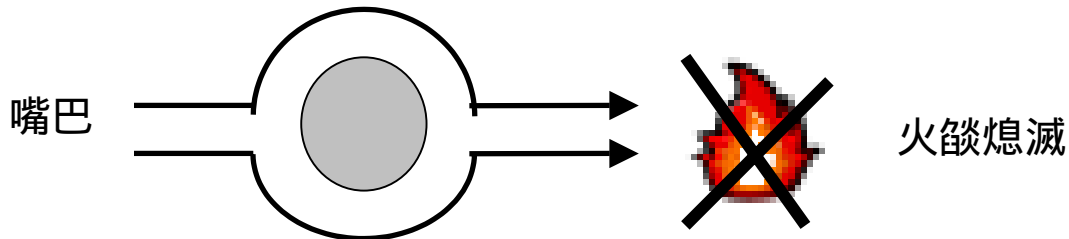


圖 A: 中間遮蔽物體為球狀(圓環狀)

二、當中間遮蔽物體為長方體:

此時嘴巴吹出的氣流將無法繞過遮蔽物，燭火繼續燃燒(下圖 B)，且蠟燭火焰的方向會朝向中間遮蔽物體。

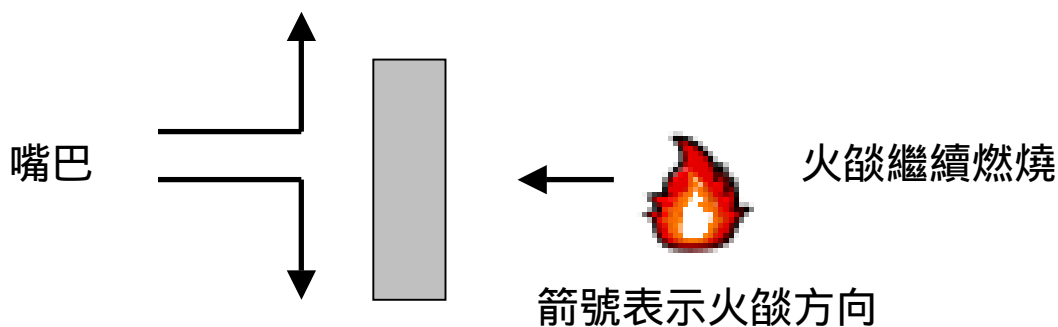


圖 B: 中間遮掩物體為長方體

當中間遮掩物是一粒蘋果時，火焰熄滅。將蘋果切一半，取其中一半的凸面朝向嘴巴，吹氣後火焰熄滅，如圖 A。反之，若將其剖面朝向嘴巴，吹氣後火焰仍會繼續燃燒，如圖 B。

這個有趣的現象，引起我們的興趣。本次科展，我們透過研究及實驗的方法，試圖找出改變氣流前進的因素，使得：讓原本會熄滅的燭火繼續燃燒，原本不會熄滅的燭火變得會熄滅。這才是我們這次實驗的真正目的與探討的地方。

本實驗在探討氣流的流動，這其實就是空氣的流動；在我們五年級自然與生活科技(康軒版五下第三單元)中提到：熱傳播有三種方式，其中之一所探討的是對流，對流就是空氣流動的現象之一。我們嘗試深入的了解空氣流動的現象。另外，在實驗接近尾聲時，我們也觀察到一些有趣的現象：能阻止氣流前進，不一定是長方體或是不會動的東西，如果將中間遮蔽物換成風扇葉片，也會出現一些令人驚喜的結果。

參、研究目的

這個實驗，其實讓我們進一步了解空氣流動的現象。

有哪些條件會限制氣流的流動，進而阻止空氣的流動，這因素使得火焰繼續燃燒；有哪些因素能使氣流輕易順暢的通過，這一因素使得火焰熄滅。

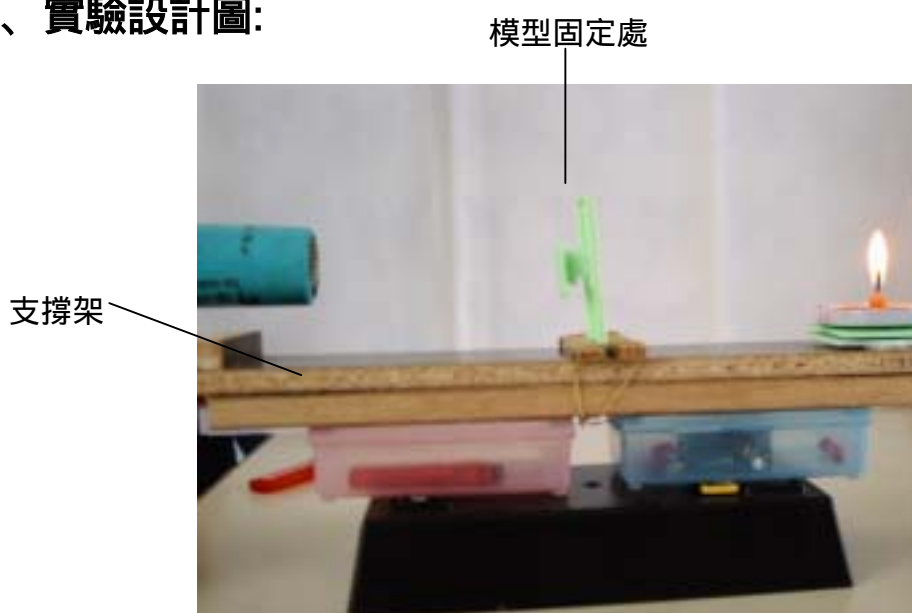
經由邊界條件、改變遮蔽物的外型、表面的粗糙或圓滑、或在中間遮蔽物上挖洞觀察其變化情形、或者乾脆將遮蔽物換掉改成風扇，藉由葉片的轉動來探討有哪些因素是與空氣流動有關，從而得到答案與分析實驗結果。

肆、研究設備及器材

一、實驗所需的材料:

珍珠板(學校割字所餘)、吸管、美工刀、白膠(南寶樹脂)、雙面膠、直尺、圓規、蠟燭、吹風機、製作支撐架、小型玩具風扇、鐵線、風扇葉片、熱熔膠槍、砂紙

二、實驗設計圖:





由上圖可以看到燭火有朝向吹風機的傾向。(當中間遮蔽物為長方形時)
我們將製作好的模型放置於模型固定處進行測試。

伍、研究過程及方法

(一)基於每個人吹氣的大小的不同，造成實驗的誤差，因此我們使用同一隻吹風機作為固定的風速來源，以中高速為主。(吹風機有三段風速)

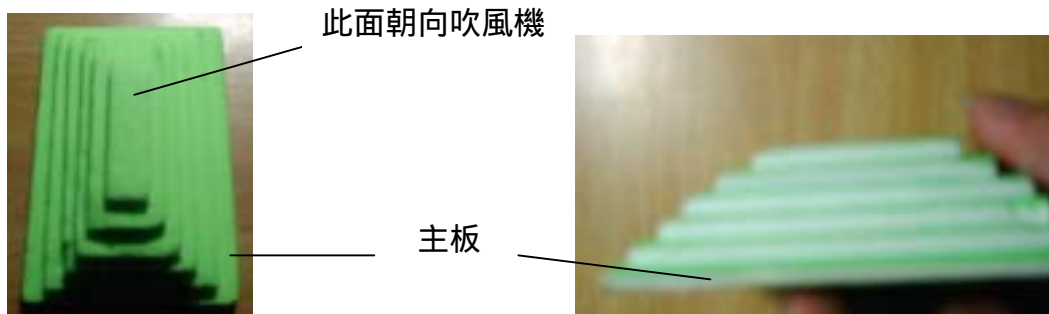
(二)經實驗發現:吹風機的出風口口徑大小(4.2cm)與我們所選的中間遮蔽物的大小有密切相關。在此，我們固定中間遮蔽物的大小，為 $5.5 \times 9 \text{cm}^2$ 的珍珠板(與一張名片大小相同)，我們稱此珍珠板為**主板**(厚 0.3cm)。我們將在主板上進行一連串的外型變化，並將之放置於支撐架上進行實驗。

(三)實驗過程中，吹風機與中間遮蔽物、中間遮蔽物與燭火間的距離必須保持等距離(即相互對稱)。此相互間的距離保持在 10~15cm 之間。

(四)我們改變主板上的變化，如加邊框、改變外型、增加主板前方的遮蔽等方法，我們將經過變化以後的中間遮蔽物稱為**模型**。詳述於陸、研究結果及柒、討論。

陸、研究結果

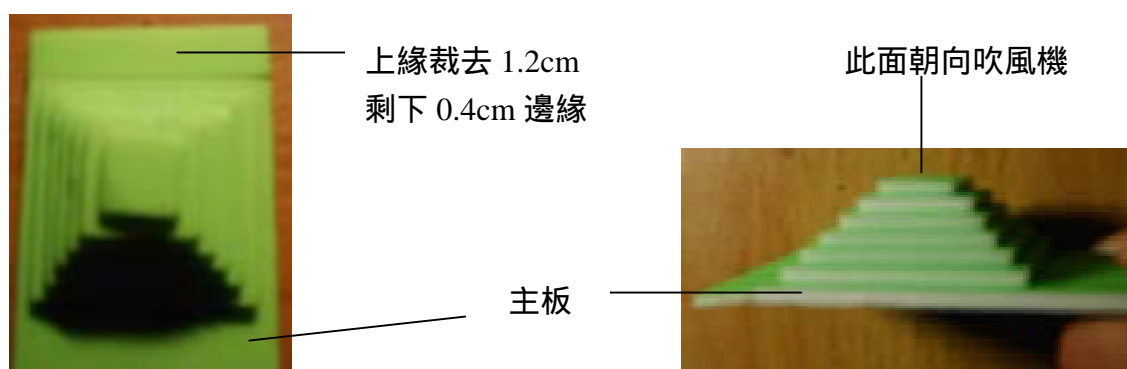
一、模型 1:



在主板上以矩形階梯狀遞減(每邊長約少 0.5cm)共六層(含主板)

實驗結果:燭火熄滅

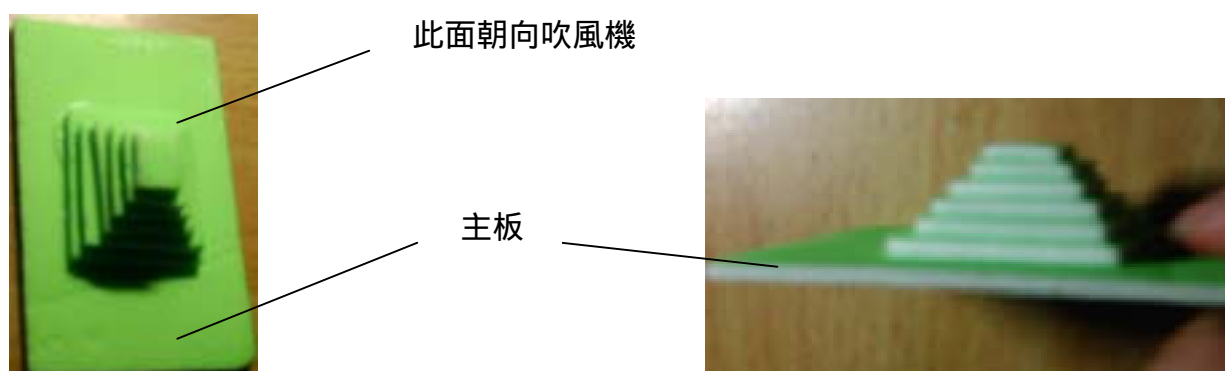
二、模型 2:



在主板上以正方形階梯狀遞減(每邊長約少 0.5cm)共六層(不含主板)

實驗結果:燭火不易熄滅。但是若將主板上緣裁去 1.2cm，剩下 0.4cm 的邊緣則燭火容易熄滅。

三、模型 3:



在主板上以矩形階梯狀遞減，但上下邊緣距離加大(2.5cm 寬)、左右邊緣距離加寬(1cm)。

實驗結果:燭火不熄滅。

四、模型 4:



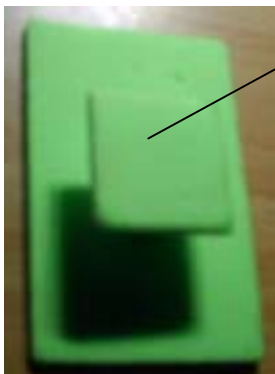
此面朝向吹風機

主板



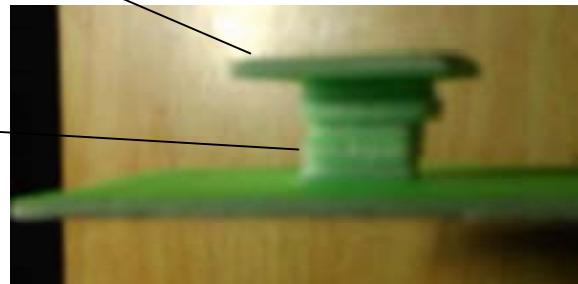
在主板上的橢圓形突出物($4.3 \times 7.5 \text{cm}^2$):先以吹風機測試可使火燄熄滅。再黏上主板($6 \times 10.8 \text{cm}^2$)。實驗結果:燭火不熄滅。

五、模型 5:



小擋板

支撐物



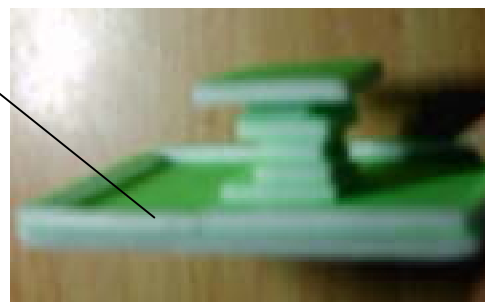
在主板之前作一點小小的變化,增加一個小擋板(面積大小有 $3 \times 2.8 \text{cm}^2$ 、 $3.5 \times 3.2 \text{cm}^2$ 、 $2.5 \times 2.3 \text{cm}^2$ 三種),支撐物的長度也很重要。

實驗結果:當支撐物的長度小於 1.5cm 時(5 塊珍珠板厚),燭火不易熄滅。小擋板為上述三種時,燭火都熄滅。

六、模型 6A:



由模型 5 衍生過來,只在周圍加上小框框成四方形(約 0.2cm)。



實驗結果:燭火不易熄滅

七、模型 6B:



仍由模型 5 衍生過來，在周圍加上小框框(寬約 0.2cm)，但是我們加 2 層珍珠板高，增加邊界的高度達 0.6cm。

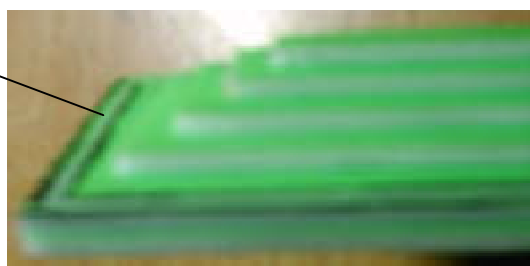


實驗結果: 燭火更不易熄滅

八、模型 6C:



此模型由模型 1 加小框框而來(約 0.2cm)。

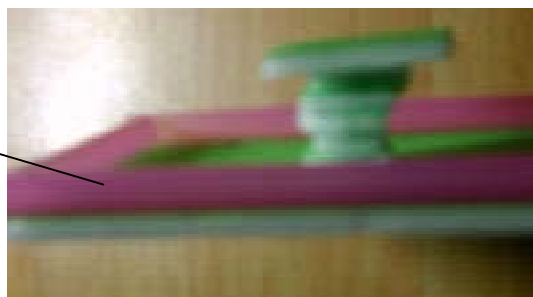


實驗結果: 原本模型 1 的燭火就容易熄滅，但是加上周圍的小框框後(模型 6C)火焰不易熄滅

九、模型 7A:

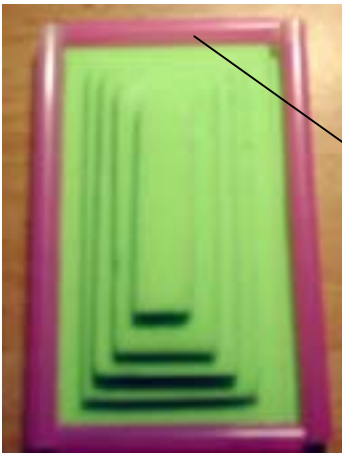


由模型 5 衍生過來，但在周圍改成吸管(目的在於比較:是圓弧的框影響大，還是方形框影響大)吸管直徑約為 0.5~0.6cm。



實驗結果: 原本模型 5 的燭火就易熄滅，該模型燭火也易熄滅

十、模型 7B:

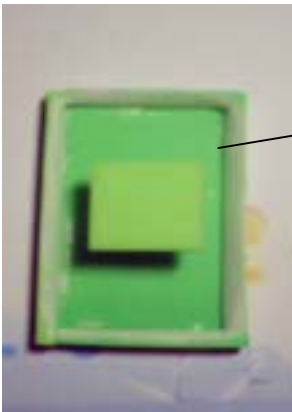


此模型由模型 1
加吸管框框而來

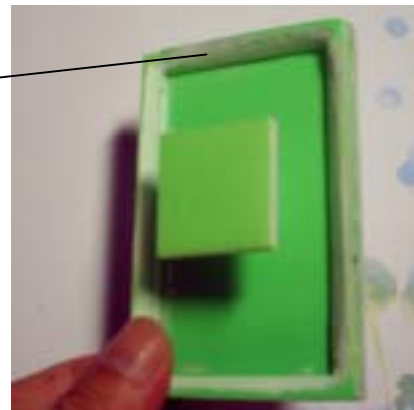


實驗結果: 原本模型 1 的燭火就易熄滅, 該模型燭火也易熄滅

十一、模型 7C:

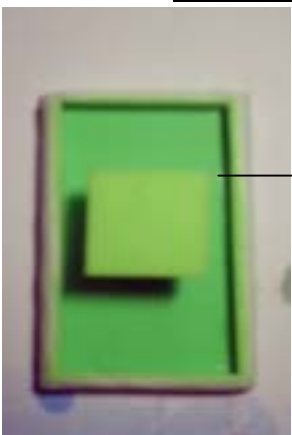


由模型 6B 衍生過來, 將四
方形的小框框(寬約 0.4cm
高約 0.6cm)用砂紙由內向
外磨出 1/4 半圓的邊界。



實驗結果: 燭火繼續燃燒。(見柒、討論第六點討論)

十二、模型 7D:

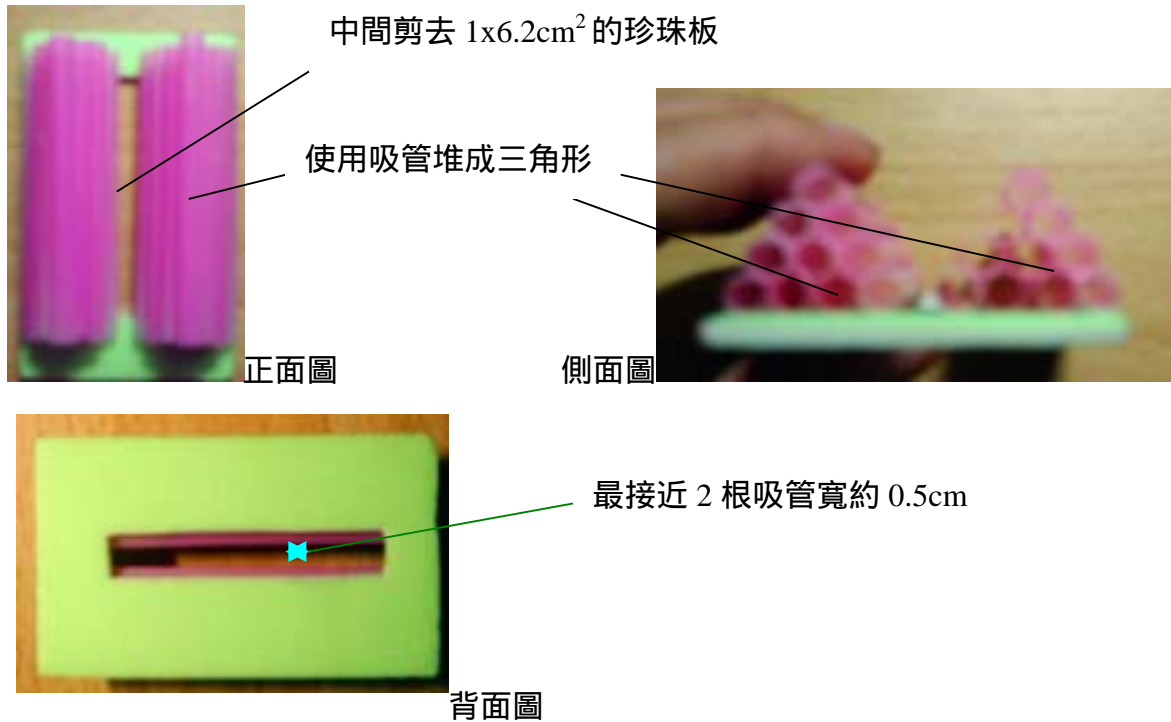


由模型 6B 衍生過來, 將四
方形的小框框(寬約 0.4cm
高約 0.6cm)用砂紙由外向
內磨出 1/4 半圓的邊界。



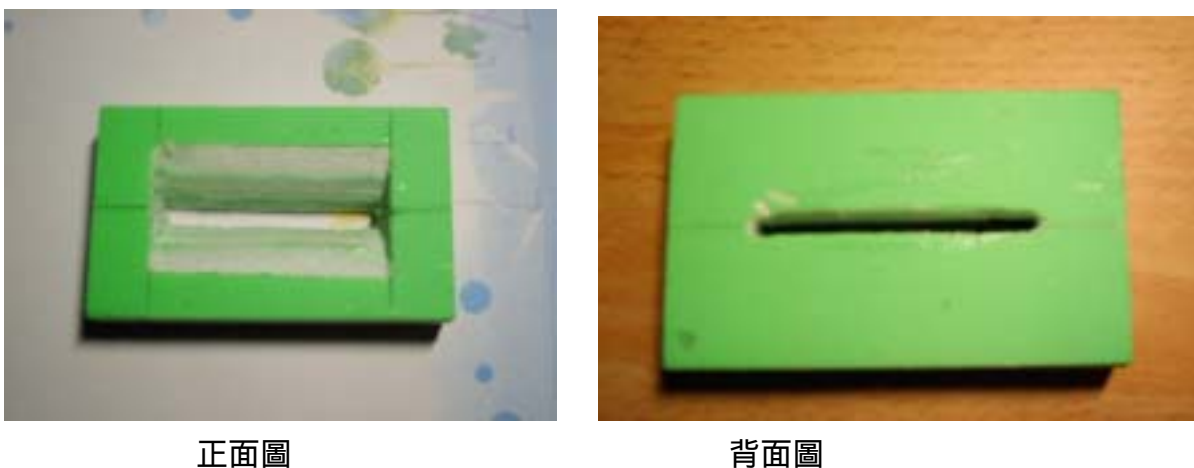
實驗結果: 該模型燭火熄滅。(見柒、討論第六點討論)

十三、模型 8:



實驗結果: (一)正面朝向吹風機(吸管面朝吹風機), 火燄一下子就熄滅。(有聚集氣流的效果, 導致風勢增強, 火燄熄滅)
(二)背面朝向吹風機, 火燄繼續燃燒, 火燄方向朝向模型。

十四、模型 9:



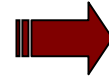
連續 5 塊珍珠板相黏合, 中間挖一長約 5.7cm、寬約 0.5cm 的洞, 但正面需削去洞口附近的珍珠板如上圖一般。

實驗結果: (一)正面朝向吹風機, 火燄一下子就熄滅。(結果與模型 8 同)
(二)背面朝向吹風機, 火燄繼續燃燒, 火燄方向朝向模型。

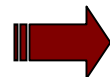
十四、風扇模組:



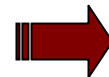
我們將原先作為風速來源的玩具風扇取代中間遮蔽物，當風扇轉動(風向朝向吹風機)時開啟吹風機，此時燭火繼續燃燒。(風扇直徑約6.5cm)
此一現象引起我們注意進行下一個實驗。



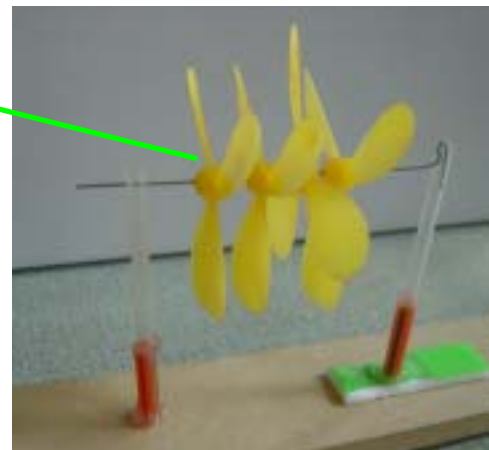
我們在主板加上風扇，嘗試火焰是否被吹熄。答案是和沒有裝風扇是一樣的，沒差別。(不熄滅)



將主板去掉，直接裝上葉片時，發現葉片半徑為4.5cm，吹風機開最高速，火焰不熄滅。
中型葉片(半徑為4cm)會出現有時熄滅、有時燃燒的現象。
我們於是考慮風扇組來進行實驗。



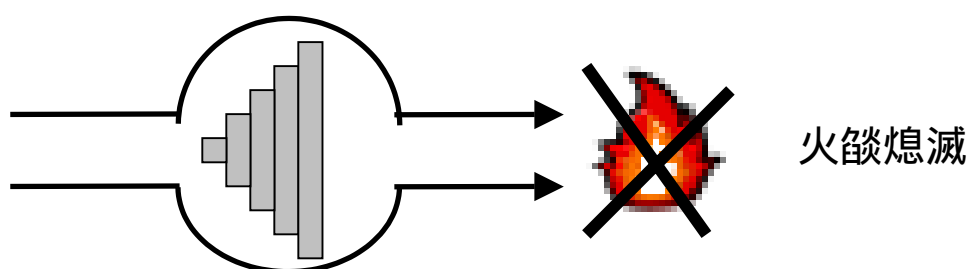
此面朝吹風機



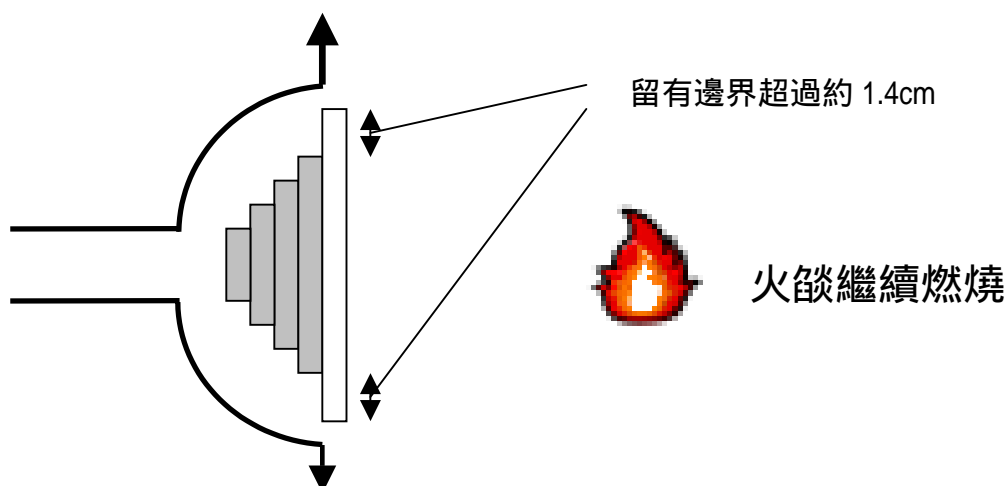
當 1-2 片風扇葉片時，火焰可能熄滅或不熄滅。
3 片以上風扇時，成功將吹風機的氣流阻擋下來火焰繼續燃燒。

柒、討 論

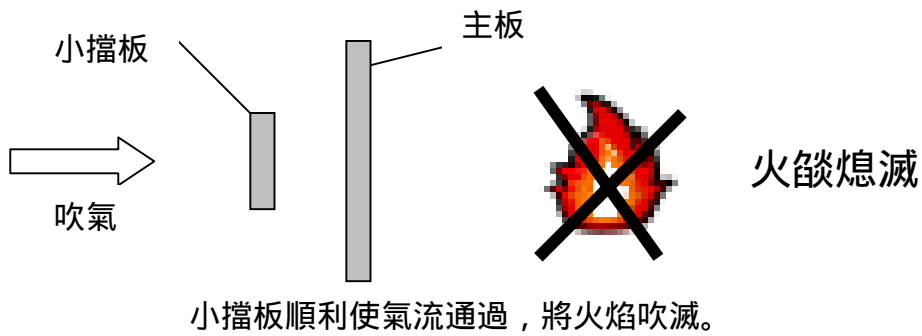
- 一、 從上述模型 1、2、4 的分析，可以得知中間遮蔽物體為圓弧狀(球形)時，不管表面是否平滑或成階梯狀，燭火均能熄滅(亦即表面粗糙平滑不影響實驗結果)。如下圖。



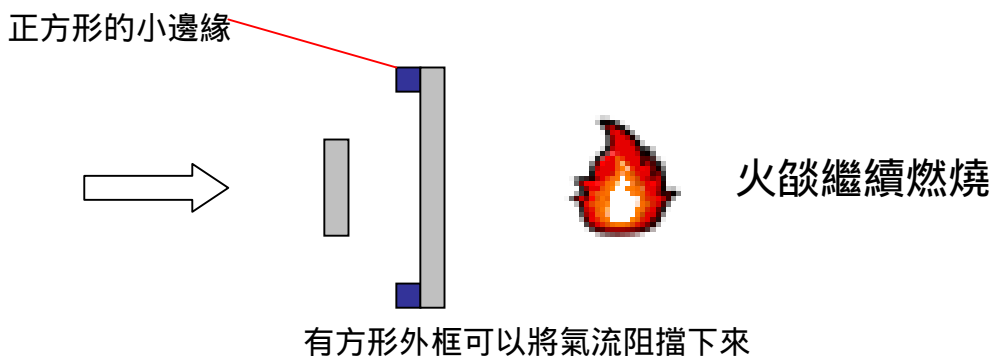
- 二、 從上述模型 1、2、3、4 的分析：可以知道即使中間遮蔽物體為圓球或階梯狀，只要主板的邊界超過約 1.4cm 的遮蔽物，就可以有效將氣流阻擋下來，火焰不熄滅。(這是一個邊界條件) 如下圖示。



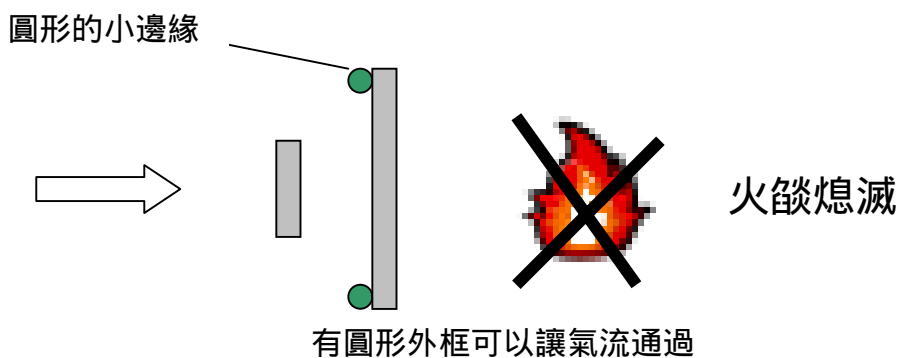
- 三、 從上述模型 5 的分析：可以知道當主板前有一小小的小擋板，其空氣可以順利繞過主板將燭火吹熄滅。從實驗中也發現：小擋板的面積不能太小(小到就像不存在一樣如： $0.5 \times 0.5 \text{cm}^2$)，面積太小時氣流仍無法繞過主板，火焰仍繼續燃燒。(中間突起物的影響) 如下頁圖。



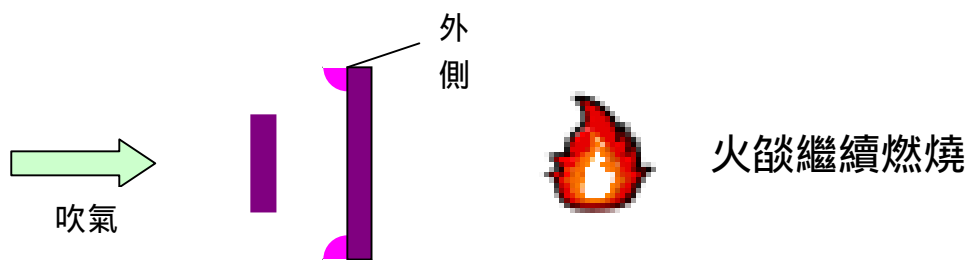
四、 從上述模型 5、6A、6B、6C：可以知道即使上述第三點有小擋板的存
 在或是如模型 1 呈階梯狀排列，只要在其邊界有正方形的小邊緣存在，是
 可以有效阻止氣流前進。(這是一個邊界條件)



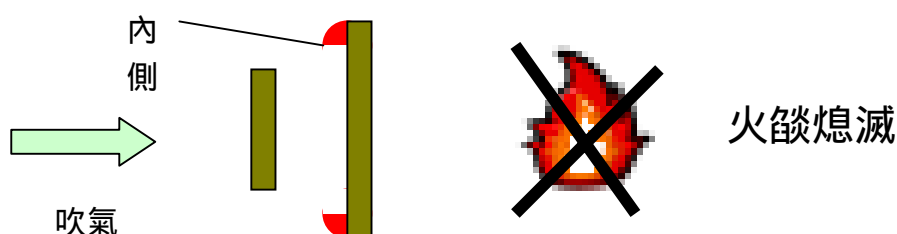
五、 從上述模型 7A、7B：可以知道即使上述第三點有小擋板的存
 在或是如模型 1 呈階梯狀排列，只要邊界有圓弧形的小吸管存在，火焰
 依舊熄滅，但是我們無法有效的指出，圓弧在此的實際影響為何，因為
 火焰都是熄滅的。(這是一個邊界條件)



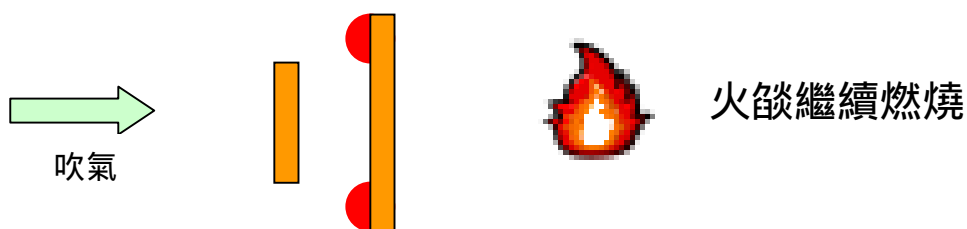
六、 從上述模型 7C、7D：我們製作此模型的目的，在於分析上述第四、五點中，究竟是何種邊框容易阻止氣流通過？從實驗得知：



1. 模型 7C 圖(內圓式)：成功阻止氣流，氣流不易通過



2. 模型 7D 圖(外圓式)：空氣容易通過，火焰熄滅

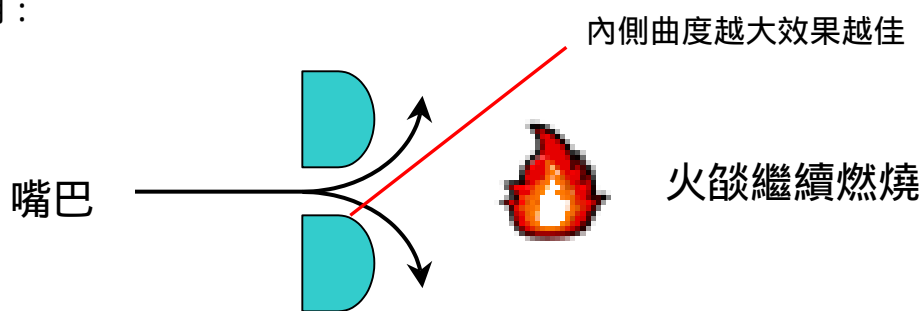


3. 半圓式

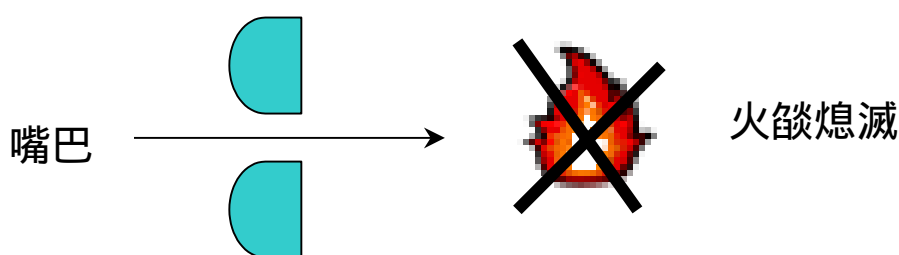
由圖形分析可知：以外圓式可以氣流順利的通過。模型 6A、6B 中，正方形框可以阻止氣流的前進的可能原因是，以外側與主板垂直較為重要。(邊界條件分析：以外側的影響最為重要)

七、 從上述模型 8、9：經過檢視可以知道這其實是白努力原理的應用。特別是背面朝吹風機，只要火焰、中間的洞、吹風機三者成一直線，吹風機開最高速氣流越強，火焰仍不會熄滅。

根據我們查閱文獻(見參考文獻說明)及實驗結果(下圖分析)發現，這是白努力原理的應用：



氣流分散，風速越強分散更強，火焰越朝向模型。



氣流集中，風速越強，火焰易於熄滅。

八、 風扇模組是我們科展小組，在無意間的嘗試所得到一個經驗。

(一)、電風扇在轉動時，背面會有吸氣的現象；在我們實驗過程中，只要能阻止氣流前進的，燭火都會朝向模型方向；所以我們推論電風扇轉動時，可以成功阻止氣流前進，使燭火繼續燃燒。我們使用玩具風扇可以得到此一結果。



(二)、將玩具風扇改為風扇葉片，可以不必自己主動轉動，只受到吹風機的風力便可引起轉動，也可以保護燭火不易熄滅。風扇葉片越多保護效果越佳。(吹風機必須對準葉片中心)。同時也觀察到火焰(燭火繼續燃燒)會出現遠離模型的狀況。



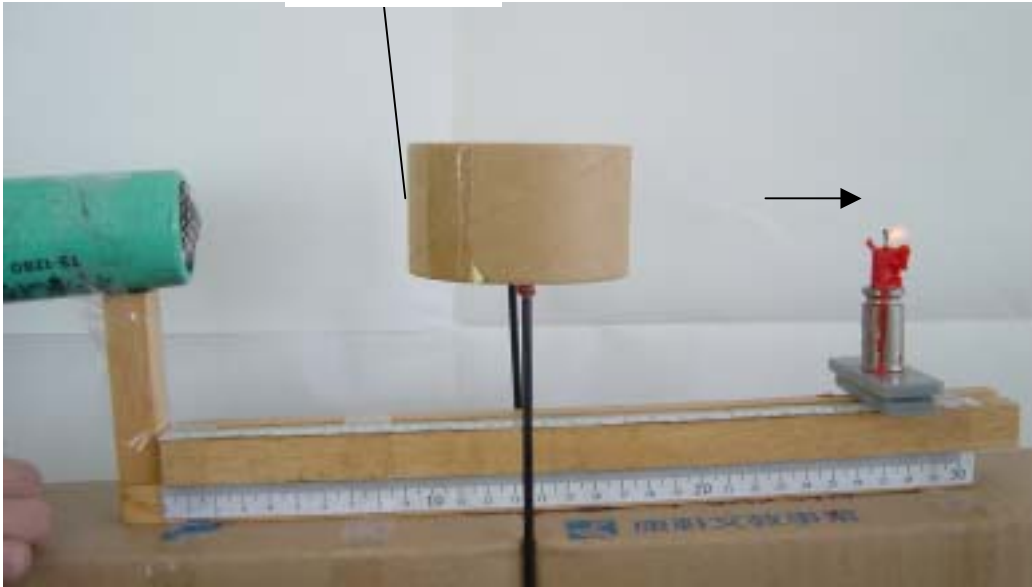
捌、結 論

- 一、我們的實驗可以將主板的面積給予縮小，改良以後的模型，可以成為教具。在教室一起跟同學做做看，有一些不錯的效果，特別是模型 8、風扇模組等。不可諱言的最佳的風速來源還是以吹風機為主，而不是嘴巴。
- 二、我們的實驗可以在建築物或日常生活中看到它的例證：
 - (一)、在矩形牆壁的背後遮風擋雨的效果較佳，但是若其四周邊緣有小的突出物(如柴、討論：四)，雖然遮風擋雨的效果更好，但可想而知這牆壁所承受的壓力也會比較大。
 - (二)、在圓形物或者前方有小型的障礙物(如小擋板)的背後，遮蔽最不理想，風和氣流可以輕易的通過到達背後。若有其他特殊的用途想要阻止氣流前進，那麼可以利用我們實驗的結論(如柴、討論：二、四或六)來進行調整。
- 三、從實驗過程中，我們可以推論：不一定是只有牆壁才能阻止氣流前進，轉動的風扇不管是主動(自己先動)或是被動的轉(先被風驅動轉動)都可以適度的發揮阻擋的效果。
- 四、本實驗於陸、研究結果中所用各種模型，皆為本科展團隊所創作，沒有涉及任何的抄襲模仿，特此說明。

玖、參考文獻及活動記錄

- 1.福島肇：奇妙物理入門，初版，台北，益智工房，頁 97-100，民 91。
- 2.林懿偉：魔法宅即變，初版，台北，方智，頁 76-81，民 91。
- 3.小暮陽三：圖解生活物理世界，初版，台北，世茂，頁 72-80，民 90。
- 4.杜鳳棋譯：流體力學，二版，台北，高立，頁 117-119，民 91。

中空圓環



從上圖可以清楚看到火焰方向(如箭頭)，此時吹風機風速為最低，中速一開火焰熄滅。如下圖。





上圖與左圖是我們的科展原理與可能的變因討論。



圖左:同學在記錄實驗結果。



評語

080111 國小組物理科

火燄 2004

1. 相關研究成果可應用於日常生活。
2. 研究深入，唯相關變因 氣流穩定性 應控制。
3. 研究精神與態度佳。