

臺北市第45屆科學展覽會

作品說明書封面

科 別：地球科學

組別：國小組

作品名稱：龍捲風的形成原因與模擬實驗

關鍵字：天氣、龍捲風

編號：



作品名稱：龍捲風的形成原因與模擬實驗

摘要：

上課有介紹龍捲風的形成原因，加上臺灣突然出現龍捲風，還捲起了一台車子，引起我們一想要了解龍捲風的相關知識。

首先搜尋龍捲風的相關資料，了解龍捲風在大自然中的形成原因，發現這是一個稀有的自然現象，於是我們便想要模擬龍捲風的形成，看是否可以在一個環境中，去模擬龍捲風的現象。

實驗過後，我們發現「空氣全進入」時是最明顯的，因為能夠產生空氣的捲動氣流。美國的平原較廣，空氣較容易流動，龍捲風形成的機率較大；而台灣地區的平原不多，相對的，龍捲風形成的機率就比美國地區還小。

不過，近來因為地球暖化，造成氣候的變化也十分的奇怪，連台灣都會出現了龍捲風的這一種異常的現象，所以我們真的是要做好環境保護，珍惜我們地球。

壹、研究動機：

五年級上學期，老師上『觀測天氣』的單元時，談到了：「在臺灣地區並不容易出現『龍捲風』」。可是，我們卻在民國一百年五月十二號時，看到了一則新聞：新店罕見龍捲風，2分鐘”風”雲變色。我們從電視的報導中，看到令人吒舌的畫面：龍捲風好像一條快速旋轉不停的灰白色巨龍，席捲起地面上的東西，甚至使得一臺約一千九百公斤重的汽車整個翻轉了過來。由此可見這個龍捲風的威力是很大的。



這個新聞引起了許多人的注目，對居住在臺灣的人們來說，龍捲風是個”發燒話題”。但是根據我們之前所得知的資料，在 DISCOVERY 頻道中，常常有美國當地的龍捲風報導，甚至還有一群人叫”追風部隊”(STORM CHASERS)，專門在追蹤與研究龍捲風的動態，常常看他們開著經過了改裝的汽車追著龍捲風跑。(有的是改裝成很重的車子，有的加上特殊機械裝置可以抓住地面，才不會被龍捲風捲起，有的還裝上了很堅固的裝甲，可以抵抗被龍捲風捲起的物體，不會被砸到)，而且在他們追風的紀錄片中，也可以看到被龍捲風破壞殆盡的房子、砸得歪七扭八的車子、變形的招牌……等等物體，由此可以看出美國當地龍捲風的威力更是驚人呀！



因為這是第一次在台灣北部發生這麼強大的龍捲風，第二天的自然課，教室內馬上捲起了「台灣北部第一次發生這麼強大的龍捲風」的話題。也因此這熱烈的討論，引起我們兩人的興趣，就開始研究龍捲風的形成及原理。藉這次科展研究的機會，我們決定親手做一個「手工」龍捲風，試著證實龍捲風的形成和原理。依據一些與龍捲風相關的現象，同時再探究：為什麼在美國的境內，時常會發生強大威力的龍捲風，而台灣卻幾乎是看不到大型龍捲風呢？在研究過程中，我們也希望能設計出產生較理想「手工」龍捲風的形成環境。

★ 與課程相關單元：自然與生活科技牛頓版(三年級上學期探索天氣)

★ 與課程相關單元：自然與生活科技牛頓版第二單元(五年級上學期天氣變了)

貳、研究目的：

- 【問題 1】龍捲風的形成和原理是什麼？
- 【問題 2】如何模擬龍捲風的形成？
- 【問題 3】如何運用簡易工具來設計模擬龍捲風？
- 【問題 4】龍捲風在臺灣及美國的發生機率為何？有什麼不同？

參、研究設備及器材：

1、一個大盒子	2、一片隔板	3、1.5 公升的水
4、刀片	5、膠帶	6、一個水霧震盪產生器
7、一個小型電風扇 A-小叮噹風扇-較弱	8、一個小型電風扇 B-10 公分風扇-較強	9、四片透明壓克力板做成的環境觀察盒子
10. 一個電鑽.	11 電腦一台，要有網路的功能，可以讓我們隨時上網尋找相關資料	

肆、研究過程及方法：

在開始進行研究之前，我們必須先蒐集資料，了解龍捲風形成的原因，再利用龍捲風形成的原理，建置出研究的項目以及組裝器材。以下將我們的研究過程做一個陳述：

一、研究過程：

(一)、蒐集資料：

1. 了解龍捲風：

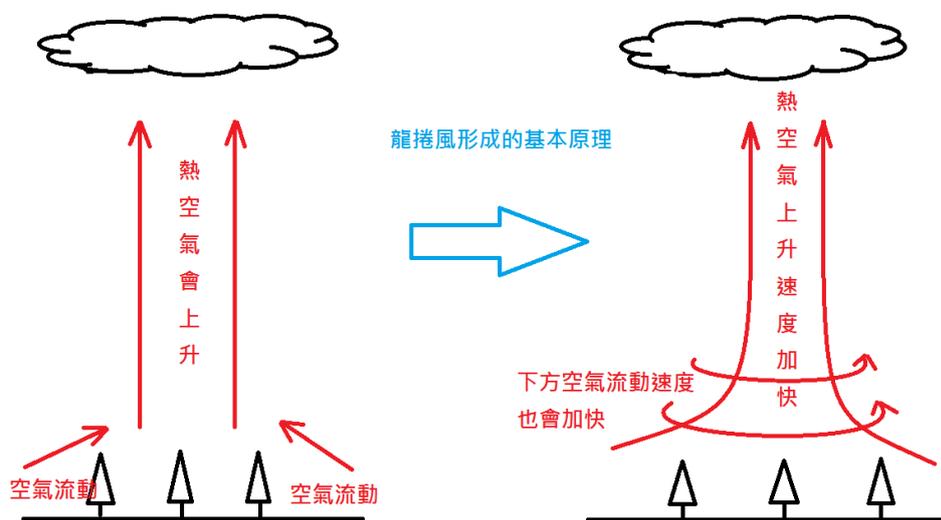
龍捲風，是自積雨雲(稱雷雨雲)下垂觸及地面強烈旋轉的氣柱，常出現「漏斗雲」(Tunnel Cloud)或「管狀雲」(Tuba)。龍捲風為所有大氣現象中破壞力最大的。

凡是會發生強烈雷雨的地方，都可能發生龍捲風。所以龍捲風在各大陸均有發生，但以美國及澳洲最為常見。台灣地區，亦有龍捲風，據分析統計顯示台灣除天氣系統篇1 2月份外，各月均曾發生過龍捲風，但以7月份為最多，台灣地區的龍捲風因受地理環境限制，一般強度較小。

發生龍捲風的雷雨，可由鋒面、各種輻合(低壓、颱風....等)局部地面加熱地形等所造成，所以龍捲風多與低壓、颱風、鋒面作用有關。在天氣圖中會發生龍捲風的地方，都是空氣極不穩定的區域，龍捲風可出現在深低壓中心南方、東南方數百公里處，亦可發生在低壓之任何部位，或隨鋒面、不穩定線、槽線而發生。龍捲風亦可發生於颱風外緣。

2. 龍捲風形成的基本原理：

我們上網查龍捲風的形成，整理過後，繪出下面的圖：



由繪製圖可以看出龍捲風形成的基本原理。因為熱的空氣會有上升的作用，當上空的空氣溫度比較高時，下方的冷空氣就向上升，因而產生空氣的流動，我們平常可以感覺到風吹在身上，就是因為這個原因。

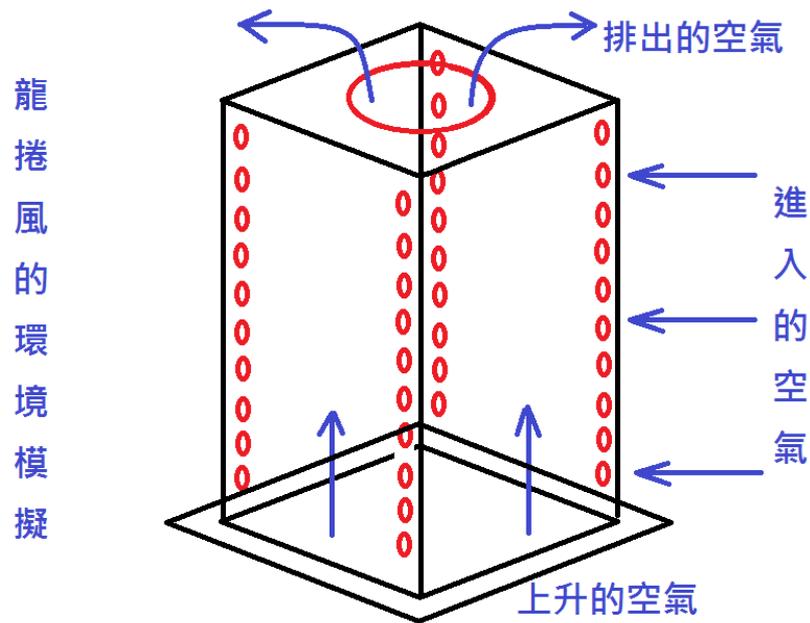
若是因為當大氣中的溫度發生的劇烈的變化，上空快速變化使得溫度快速變高，而且變化的速度一直加快的時候，熱空氣的上升速度就會變大，而使得下方的冷空氣快速上升。因為下方的冷空氣快速的上升，進而使得下方的冷空氣，加快了流動的速度，進一步產生的快速流動的現象，而發生了旋轉的空氣流動。

這些所有的現象，若是在幾分鐘內發生，就有可能會形成龍捲風現象。

(二)、設計實驗器材：

我們了解龍捲風的形成必須要有以下的條件：熱空氣、冷空氣。所以想要自製出龍捲風的實驗器材必須是：上面熱空氣，下面冷空氣(可藉水霧震盪產生器產生)，再加上旁邊從縫隙進來的冷空氣。我們做出假設：冷空氣流動，會使熱空氣上升速度加快，最後形成了迷你龍捲風。

我們構想了一個可以模擬龍捲風的環境，構想的圖如下方顯示：

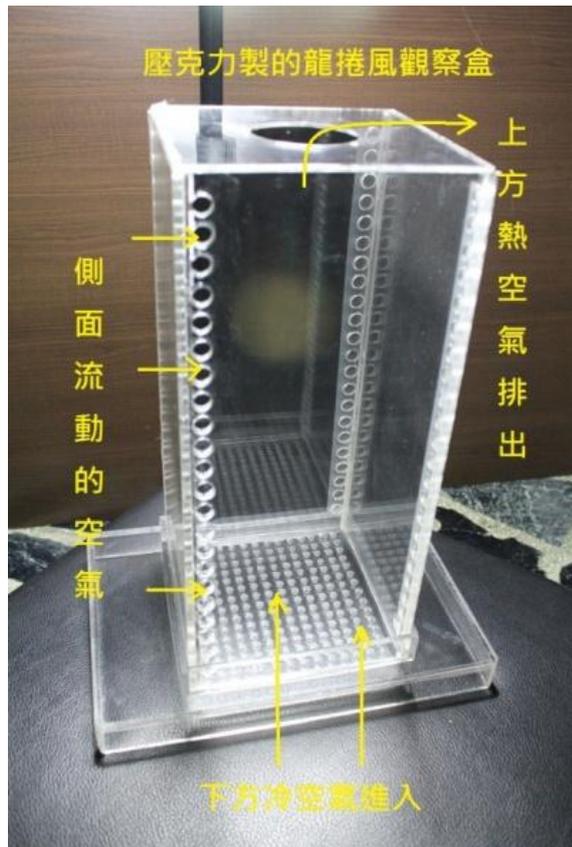


於是我們便根據這一張構想圖，準備了實驗器材：

- 1.訂做一個壓克力板的盒子，長 20 公分；寬 29 公分；高 50 公分。
- 2.在壓克力板盒子四個面的左邊都各挖十八個洞，來模擬進入的空氣，看是否能產生空氣的流動。
- 3.在壓克力板盒子上面挖一個洞，按實驗項目分別黏貼上風扇 A 和風扇 B，黏在洞口，用來將下方的空氣向上抽出，來模擬熱空氣的向上流動。
- 4.在壓克力板盒子下面再挖 196 個洞，放一個塑膠盒，並將盒子內裝水後放入水霧震盪產生器，藉由水霧震盪產生器，產生了白色的煙霧空氣，以便於讓我們觀察空氣的流動現象。

(三)、組裝實驗器材：

我們照著所設計的實驗步驟做了下面幾個裝置：



我們利用了龍捲風的原理，把龍捲風觀察盒組裝成：上面有熱空氣，下面是水霧震盪產生器產生的冷空氣，再加上旁邊從縫隙進來的冷空氣。我們想證明：龍捲風觀察盒裡大量的冷空氣流動，會使熱空氣上升速度加快，最後形成了迷你龍捲風。

四、研究方法：

我們準備了相關的設備與器材，就開始模擬龍捲風的形成原因與原理，進行實驗。首先，以兩種不同吸力的風扇，用來表示空氣的流動速度。風扇 A 的扇面為半徑 6 公分，為一般吸力，表示空氣流動速度為一般；風扇 B 的扇面為半徑 10 公分，為較強吸力，表示空氣流動速度較快。我們分別用這不同吸力的兩個電風扇，設計出九種空氣的流動情境，一一做實驗，列表如下：

風扇 A	風扇 B
1. 無空氣進入。 方法：將四個面左邊所有的十八個洞都貼起來。	1. 無空氣進入。 方法：將四個面左邊所有的十八個洞都貼起來。
2. 少量空氣全進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞都留約 0.5 公分的空隙。	2. 少量空氣全進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞都留約 0.5 公分的空隙。
3. 少量空氣由「上部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞分成三部分：「上部」、「中部」以及「下部」，每一分為六個洞。將上部的洞都留約 0.5 公分的空隙。	3. 少量空氣由「上部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞分成三部分：「上部」、「中部」以及「下部」，每一分為六個洞。將上部的洞都留約 0.5 公分的空隙。
4. 少量空氣由「中部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「中部」的洞都留約 0.5 公分的空隙。	4. 少量空氣由「中部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「中部」的洞都留約 0.5 公分的空隙。
5. 少量空氣由「下部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「下部」的洞都留約 0.5 公分的空隙。	5. 少量空氣由「下部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「下部」的洞都留約 0.5 公分的空隙。
6. 大量空氣全部進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個「上部」、「中部」以及「下部」的洞全打開，不貼膠帶。	6. 大量空氣全部進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個「上部」、「中部」以及「下部」的洞全打開，不貼膠帶。
7. 大量空氣由「上部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「上部」洞全打開，不貼膠帶。「中部」以及「下部」的洞全貼上膠帶，不留空隙。	7. 大量空氣由「上部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「上部」洞全打開，不貼膠帶。「中部」以及「下部」的洞全貼上膠帶，不留空隙。
8. 大量空氣由「中部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「中部」洞全打開，不貼膠帶。「上部」以及「下部」的洞全貼上膠帶，不留空隙。	8. 大量空氣由「中部」進入。 方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「中部」洞全打開，不貼膠帶。「上部」以及「下部」的洞全貼上膠帶，不留空隙。

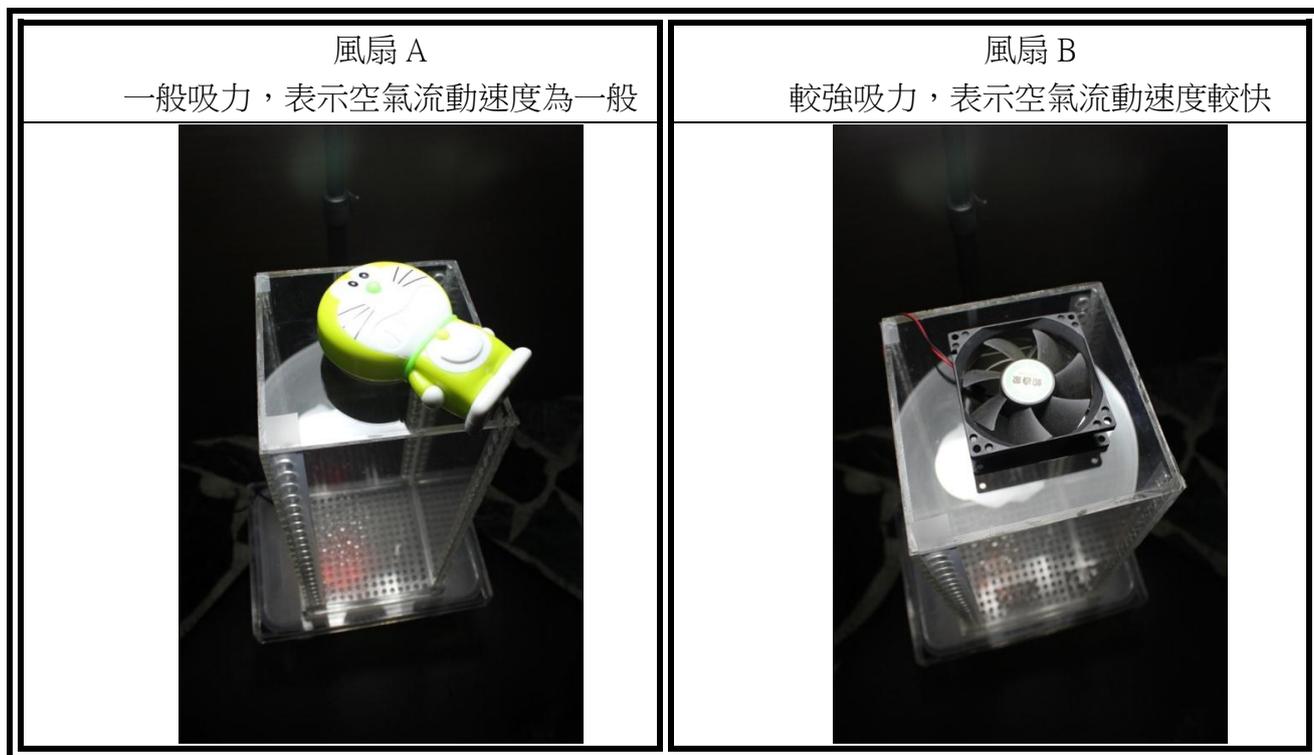
9. 大量空氣由「下部」進入。

方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「下部」洞全打開，不貼膠帶。「上部」以及「中部」的洞全貼上膠帶，不留空隙。

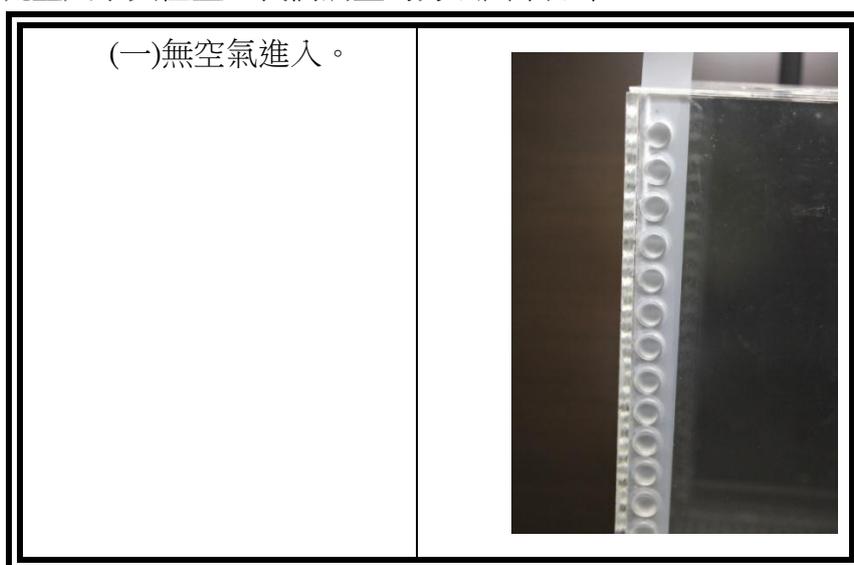
9. 大量空氣由「下部」進入。

方法：將一個面左邊所有的十八個洞的「下部」洞全打開，不貼膠帶。「上部」以及「中部」的洞全貼上膠帶，不留空隙。

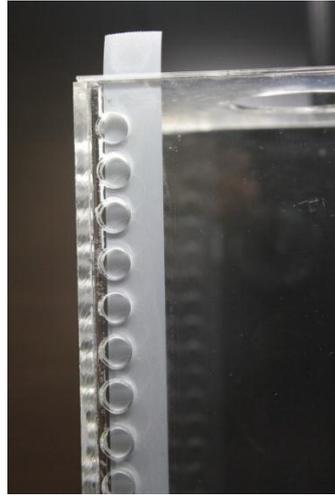
圖示如下：



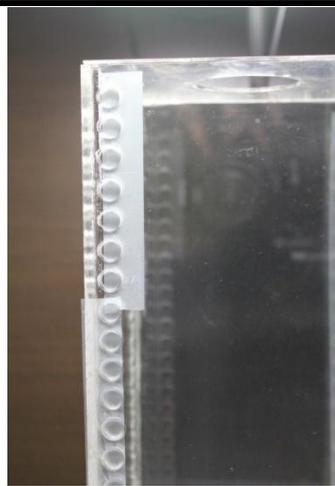
我們在四個面左邊挖了個十八個一排的洞，並在同一面的十八個洞，使用膠帶來調整空氣的流量大小與位置，我們調整的方法圖示如下：



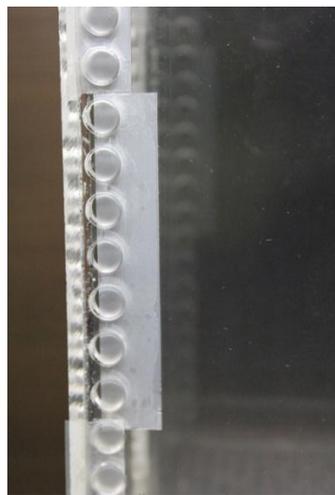
(二)少量空氣全進入。(留約 0.5 公分的空隙)



(三) 少量空氣由上部進入。



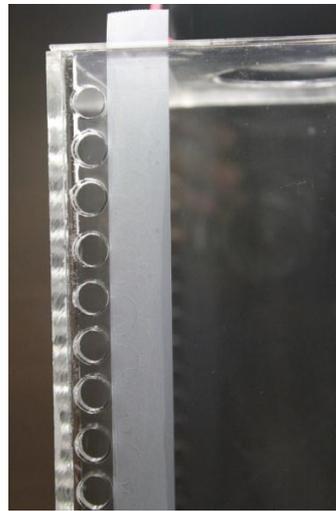
(四) 少量空氣由中部進入。



(五) 少量空氣由下部進入。



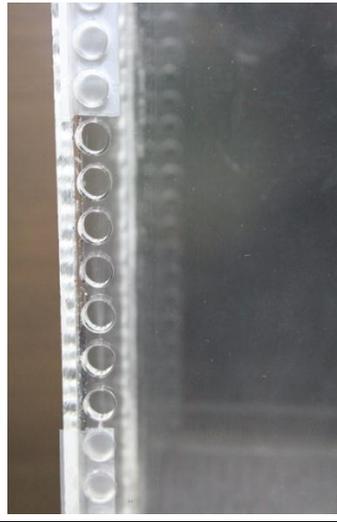
(六) 大量空氣全進入



(七) 大量空氣由上部進入。



(八) 大量空氣由中部進入。



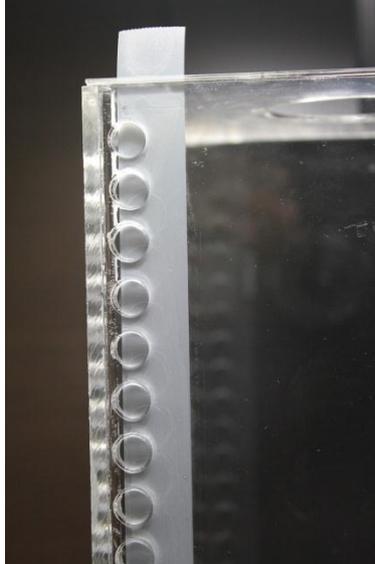
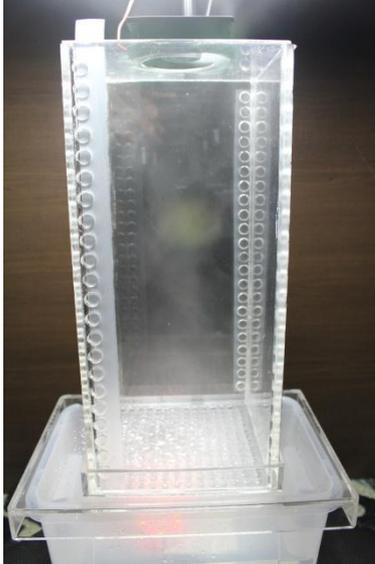
(九) 大量空氣由下部進入。

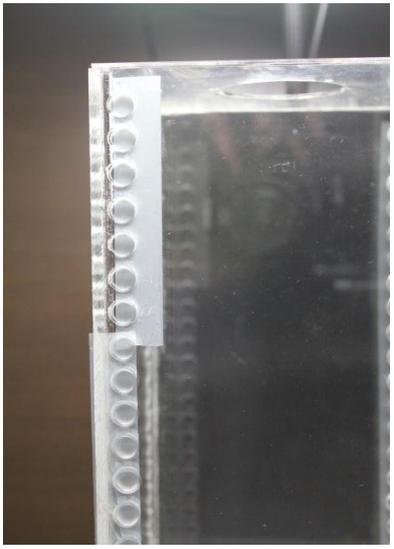


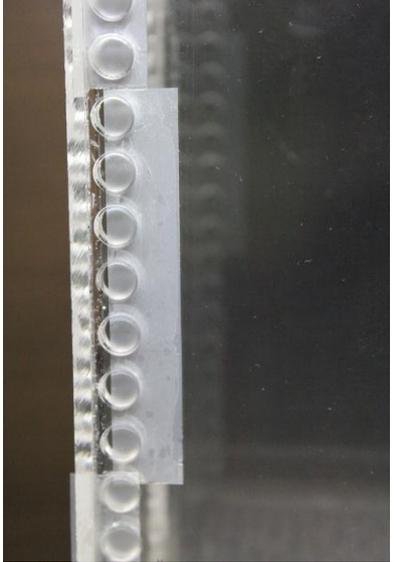
這九種空氣的流動狀況，我們再分別用不同的兩個電風扇來做實驗。

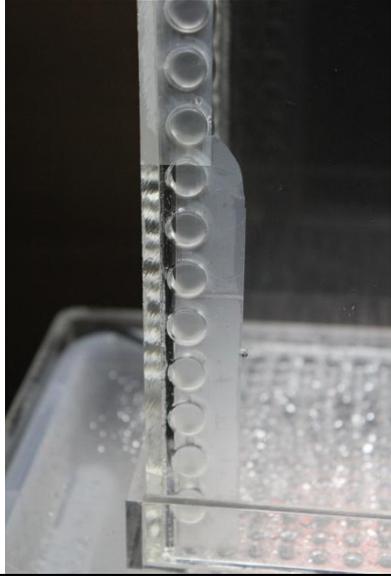
伍、研究結果：

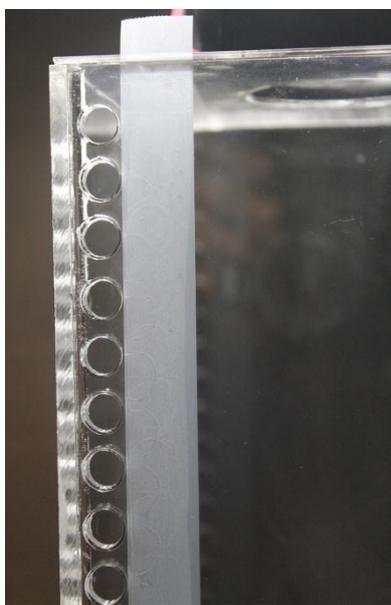
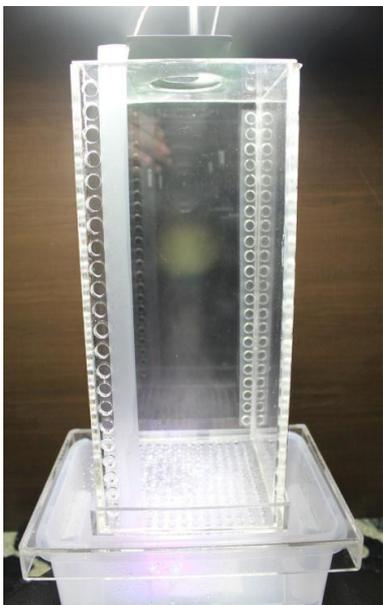
一、無空氣進入	風扇 A	風扇 B
		
<p>我們的發現：</p> <ol style="list-style-type: none">1.空氣被大量抽起，只看見空氣從下方升起。2.風扇 A 實驗中，空氣從下方升起的速度較慢；風扇 B 實驗中，空氣從下方升起的速度較快。		

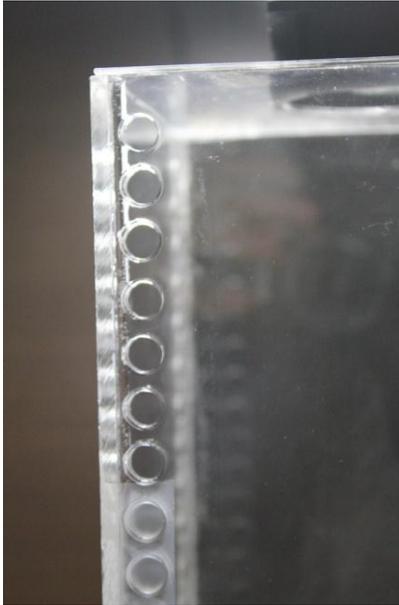
二、少量空氣全進入。	風扇 A	風扇 B
		
<p>我們的發現：</p> <ol style="list-style-type: none">1.空氣被大量抽起，並發現箱內的空氣在旋轉，變成一個旋轉柱，就像龍捲風。2.風扇 A 的實驗中，旋轉柱較大較明顯；風扇 B 的實驗中，旋轉柱旋轉速度較快，但是比較小。		

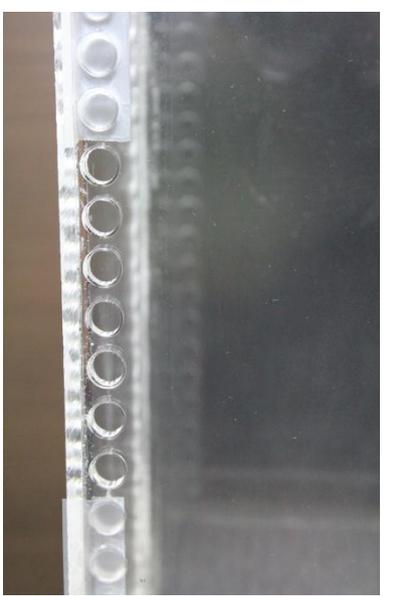
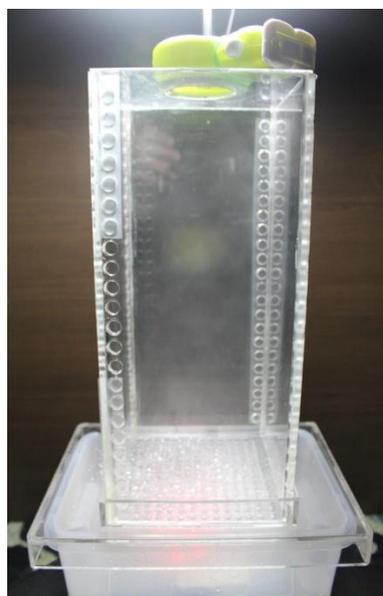
三、少量空氣由上部進入	風扇 A	風扇 B
		
<p>我們的發現：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.空氣大量抽起，箱子內只有上部空氣在旋轉。 2.風扇 A 的實驗中，會看見一點空氣旋轉的現象；風扇 B 也是只能看見一點空氣旋轉的現象，總之，兩種風扇的實驗都看不大出來空氣旋轉。 		

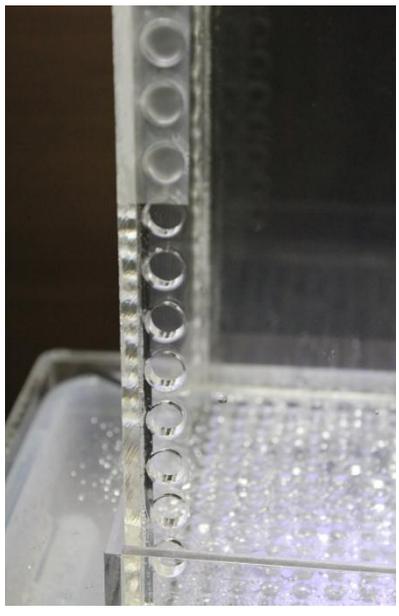
四、少量空氣由中部進入	風扇 A	風扇 B
		
<p>我們的發現：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.受到中間空氣的影響，中部和上部都有一些空氣在流動。 2.風扇 A 的實驗中，空氣的流動較慢；風扇 B 的實驗中，空氣的流動較快。 		

五、少量空氣由下部進入	風扇 A	風扇 B
		
<p>我們的發現：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.因為下部空氣在旋轉，而影響到上部空氣和中部空氣的旋轉。 2.風扇 A 的實驗中，空氣的流動流動較慢；風扇 B 的實驗中，空氣的流動較快。 		

六、大量空氣全進入	風扇 A	風扇 B
		
<p>我們的發現：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.空氣被大量抽起後，發現箱內的空氣在快速旋轉，變成一個旋轉柱，就是龍捲風。 2.風扇 A 的實驗中，旋轉柱很明顯；風扇 B 的的實驗中，旋轉柱不比風扇 A 的實驗明顯，但旋轉速度很快。 		

七、大量空氣由上部進入	風扇 A	風扇 B
		
<p>我們的發現：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.發現箱內只有上半部的空氣在旋轉，中部和下部的空氣只有被抽起，但沒有旋轉。 2. 兩種風扇的實驗都只有看見下面空氣被抽起，空氣也只有微微旋轉。 		

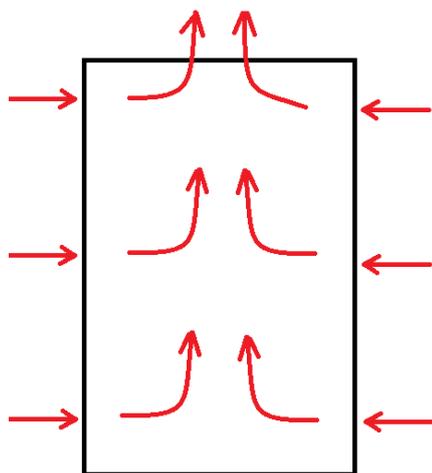
八、大量空氣由中部進入	風扇 A	風扇 B
		
<p>我們的發現：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.只看見下面空氣被抽起，空氣也只有微微旋轉。 2.風扇 A 的實驗中，空氣的流動流動較慢；風扇 B 的實驗中，空氣的流動較快。 		

九、大量空氣由下部進入	風扇 A	風扇 B
		
<p>我們的發現：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 因為下部空氣的旋轉，導致上部和中部空氣也在微微的旋轉。 2. 風扇 A 的實驗中，上部和中部空氣的流動流動較慢；風扇 B 的實驗中，上部和中部空氣的流動較快。 		

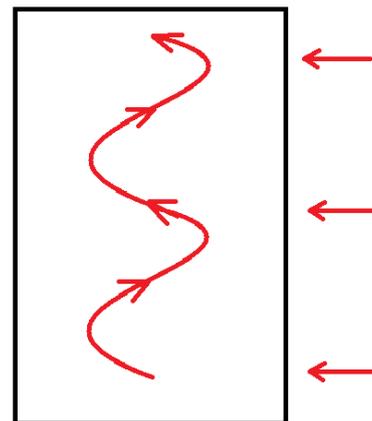
陸、討論：

一、空氣流量：

在實驗一開始時，我們試過把四個面的孔全部打開，結果發生下面的現象：



多方進氣，只有空氣向上流動



單方進氣，會有空氣旋轉現象

後來我們只有打開一個面的孔，才觀察到空氣旋轉的現象，於是我們的實驗都是以打開一個面的口來進行的。

所以空氣的流動狀態，與龍捲風的形成，有重要的關聯性。

二、密閉空間：

我們查的資料當中，發現龍捲風必須要讓熱空氣急速上升，所以我們在實驗過程

中，一定要保持密閉空間，才不會讓水霧震盪產生器所產生的霧氣散掉。三、實驗器材：

一開始在設計實驗器材時，我們曾經想過用堅硬的鐵箱子或硬紙箱，但是在討論的過程中，發現鐵箱子不透明，我們無法觀察實驗過程及結果；而紙箱子又容易潮濕變軟以及容易倒塌，最後我們拍板定案的是「用壓克力板組裝成箱子」。原因如下：因為壓克力板是透明的，可以讓我們清楚的觀察到實驗過程及結果。壓克力板也比較堅固，比較不會一碰就倒下來，同時也容易組裝。

四、實驗結果分析一：

我們一共做了九個實驗，在我們所做的實驗裡，我們可以看出有兩個項目的實驗結果最為明顯：第二項實驗：「少量空氣全進入」；第六項實驗：「大量空氣全進入」。為什麼「少量空氣全進入」和「大量空氣全進入」的兩項實驗，會形成最明顯的龍捲風呢？以上的現象，我們做了分析和討論，是因為這兩項實驗分別是少量空氣全進入以及大量空氣全進入，使得冷熱空氣對流比較完整，全部的空气就會開始旋轉，形成一個空氣柱，變成龍捲風

五、實驗結果分析二：

其他第三、四、五與第七、八、九的實驗，無論是進入少量空氣或是進入大量空氣，都分別是空氣由「上部」進入、「中部」進入和「下部」進入，導致空氣只有一部分在旋轉，所以沒產生對流，無法形成龍捲風。

五、實驗結果分析三：

在第一項「無空氣進入」的實驗裡，因只有鄉內的空氣在上下對流，沒有外來空氣的進入，更不可能產生龍捲風。

六、風扇吸力：

在實驗變因裡，我們也加入兩種不同風力的風扇。實驗的結果，也讓我們得知：兩種風扇風力的強度不同，所以產生的龍捲風大小也不同。

七、風扇大小：

風扇的扇面半徑的不同大小，影響風扇的吸力，由此可以假設出龍捲風的大小形狀上的差異，也會影響龍捲風的形成狀態。

八、龍捲風的形成：

如果龍捲風要在現實生活中發生的話，需要三種因素同時產生才有可能會發生，(1)熱空氣急速上升。(2)四面八方的空氣要全進入。(3)該地發生強烈雷雨。而較無強烈雷雨氣候現象發生的台灣地區，不利於大型龍捲風的形成，所以龍捲風在臺灣的日常生活中是很難看到的。

九、美國龍捲風：

經過這次的實驗，看到迷你龍捲風的形成過程以後，我們延伸討論了：「美國地區為什麼比台灣地區還要常發生龍捲風呢？」我們探討出來的原因如下：因為美國的平原較廣大，空氣較容易流動，所以龍捲風形成的機率非常大，而台灣地區平原不多，相對的，龍捲風形成的機率就比美國地區還小。進一步來說，台灣地區就算形成了龍捲風，其大小規模和破壞的威力，也是比美國地區的龍捲風還要小規模和較少傷害的。

柒、結論：

一、想要了解龍捲風的形成和原理。

由以上的實驗得知，龍捲風的形成有下面幾個要點：

(一)大氣中的溫度產生劇烈的變化，大氣層的上方溫度，與大氣層下方的溫度，需要在很短的時間內產生很大的差異，且上面的溫度要高，下面的溫度要低，方能產生快速的由下往上的對流。

(二)下方的空氣需要能夠快速的流動，產生空氣流的旋轉，這樣才有可能會會有龍捲風的捲動效應。

(三)當以上的條件都吻合時，下方的空氣產生旋轉氣流，且空氣的溫度是低的，同時上方的高溫空氣與下方的低溫空氣，產生上升的氣流，當所有的變化在短時間內發生時，就會形成龍捲風。

二、為何台灣比較少龍捲風。

由以上的形成原理，可以分析到，龍捲風的形成，基本上要有一個空曠的平原地型，需要讓空氣的對流效應，明顯的作用，不會有任何的阻礙，台灣的地理地型，因為平原較少，就算是所有的條件都能成立，也有可能因為地面上地形與地物的障礙，而破壞了龍捲風的形成。

台灣的龍捲風，容易被地形破壞他的威力，而且發生的機率不會很高，所以產生的破壞力比較小。如以下的兩張圖片：



但是美國的平原地型，比較遼闊與範圍面積大，所以形成龍捲風的機率與機會會比較高，而且龍捲風的時間也會比較長，相對的破壞力就會比較大。如以下的兩張圖片：



我們也知道了美國為什麼比我們台灣還要多龍捲風了，資料如下：因為美國的平原較廣大，空氣較容易流動，所以龍捲風形成的機率非常大，而台灣地區平原不多，相對的，龍捲風形成的機率就比美國還小。

三、怎麼模擬龍捲風的形成。

我們使用環境模擬的模組，模擬出龍捲風的形成與動作，但是也觀察出，要發生龍捲風的條件，是需要很多條件都達到一定的環境，才可能發生這個自然的現象。

而且在九個實驗中，我們也發現，當進行第二項實驗「少量空氣全進入」和第六項實驗「大量空氣全進入」的時候，龍捲風現象是最明顯的，因為能夠產生空氣的捲動氣流。

其他的實驗中，雖然也能產生捲動氣流，不過都因為有其他的氣流影響，而使得龍捲風的效果不是很明顯。

由以上的結果，我們發現，在台灣要產生龍捲風的機會其實不高，不過因為近幾年，地球的氣候異常變化，使得氣候的變化也很異常，像這一次台灣會有龍捲風發生，就讓人十分的意外，而且從新聞得知，美國也常常受到龍捲風的侵襲。我們覺得要重視大自然給我們的警訊，從最基本的做起，就是要有環保意識與愛護地球的觀念，人人身體力行，還給地球乾淨的面貌。

我們的實驗仍是有不足或是疏漏的地方，在這份報告的最後提出來相關的研究方向或是可改進的地方，希望能提供給對這個議題有興趣，且想進一步做探討、實驗的朋友們一個參考：

(一) 實驗中所形成的龍捲風為灰白色，對觀察者而言，需要更仔細的觀察力，才可以看出空氣流動或龍捲風形成的明顯變化。我們建議日後做模擬龍捲風形成時，可以加入顏色，讓實驗紀錄者可以得到更好的觀察畫面。

(二) 我們是以風扇的扇面半徑大小來記錄風扇的規格，雖能明顯感覺風扇 A 的風力比風扇 B 小，但沒能將風力大小確實化為數據，總是一個缺憾。我們建議日後做模擬龍捲風形成時，可以使用風力大小差異性更大的兩個風扇來做比較實驗，相信能得到更精確的實驗結果。

(三) 雖說台灣地區發生龍捲風的比率和規模較低於美國，但引起我們研究動機的新店龍捲風，其威力也是不容小覷的。如果能研究為何是「新店」這地方會在那時發生龍捲風的現象，而不是臺灣的其他地方呢？可以再針對台灣的全島的不同地形做分析，來預測龍捲風現象發生的機率，關懷我們所居住的地方，相信會得到很有趣的結果。

捌、參考資料及其他：

- 一、<http://www.youtube.com/watch?v=DoU1iEYj40s>
- 二、<http://www.youtube.com/watch?v=tDSwgZXMpuI&feature=related>
- 三、http://www.youtube.com/watch?v=p_oIFvqQogI&feature=related
- 四、<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1610051108348>
- 伍、臺北市立天文館
- 六、http://mag.udn.com/mag/campus/storypage.jsp?f_ART_ID=328384