

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 物理科

第三名

團隊合作獎

030103

風中翱翔-找出最省力的飛機機翼

學校名稱： 苗栗縣立照南國民中學

作者：  國二 蔡宜叡  國二 吳竟塵  國二 陳宥荳	指導老師：  溫晁禕
---	------------------

關鍵詞： 機翼、飛行

# 摘要

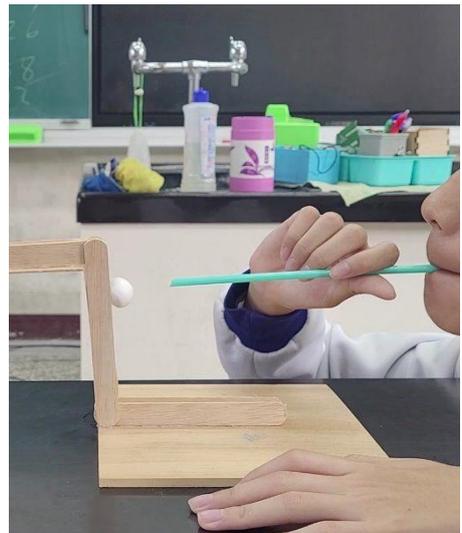
首先，設計研究一來找出最好的輔助噴氣裝置。觀察到當裝置的出風口為 1 公分且不延長路徑時，可讓吹風機的噴氣效果增強以便輔助觀察。其次，透過研究二改變機翼模型的材質、重量、與形狀來找出最好的機翼模型。發現，材質不會影響飛行效果。而飛機機翼形狀在寬度為 10 公分且形狀固定時，用長為 12 公分的機翼模型，可以用最少的風力維持飛行。研究三整流，發現鼓風機製造出的氣流是紊流，所以添加吸管等材料來達到整流的目的。發現，縮減吸管的直徑雖可讓氣流變穩，但也會消耗風力。在保持風力的前提下，最具有整流功能的紙加一組粗吸管柱，所以用其來輔助觀察研究四。最後在研究四，測量研究二各種機翼上層的風速，來做為研究二的討論資料。

## 壹、研究動機

當我們三人討論科展題目時，我們想到之前參加苗栗縣科學節活動時，使用一個白努力效應的小遊戲，來當作展示攤位的活動。當時，我們將保麗龍球放置於一個用冰棒棍所做成的垂直軌道(圖一)，然後利用吸管吹保麗龍球使其在垂直軌道上攀升(如下圖)。這個實驗獲得許多民眾的支持與捧場。所以，我們決定研究白努力效應。

白努力效應是指當流體的速度越快，流體的壓力就會越小。這和飛機機翼非常相似。飛機機翼的原理是利用上層和下層的距離差，也就是弧度，搭配康達效應(流體會附著物體表面的現象)來產生氣壓差(上層流速快，壓力小;下層流速慢，壓力大，)讓飛機機翼有向上飛的動力。

了解這些知識後，我們很想到，在這個能源匱乏的時代，只要能夠讓飛機少消耗一些能源，那麼對環境變遷提供一些幫助。所以我們希望可以找出只用較少的風力就可維持飛行狀態的飛機機翼模型，來改善地球環境。



# 貳、 研究目的

為了找出最好的飛機機翼模型，我們先設計研究一(輔助噴氣裝置)找出最好的噴氣裝置以便輔助觀察。接著，設計研究二 (機翼模型)，透過改變機翼模型的材質，形狀，與重量，來找出最好的飛機機翼模型。然後，設計研究三(整流)來改善氣流。最後設計研究四來測量各機翼上層產生的機翼。

## 研究一:輔助噴氣裝置

利用煙霧顯示氣流流動的狀況，找出最好的輔助噴氣裝置，以便輔助觀察研究二

- 實驗 1-1:透過輔助噴氣裝置讓風力變強和吹得準
- 實驗 1-2:找出較容易觀察風的流向的裝置
- 實驗 1-3:探討出風口變寬會有甚麼效果
- 實驗 1-4:觀察延長出風口有無塑形氣流之功能

## 研究二:飛機機翼模型

我們選擇了一個最簡單製作，也是最好觀測的基本模型來當作實驗對象，並對其進行改良。之後用上面的噴氣裝置搭配吹風機來找出最好的飛機機翼。

- 實驗 2-1:找出最佳飛機機翼的材質
- 實驗 2-2:驗證是重量影響結果
- 實驗 2-3:找出在相同重量時，效果最好的模型
- 實驗 2-4:找出在相同比例時，效果最好的模型

## 研究三:整流

我們發現吹風機的風到最後會散掉，準度不夠，所以希望透過吸管來改善氣流。

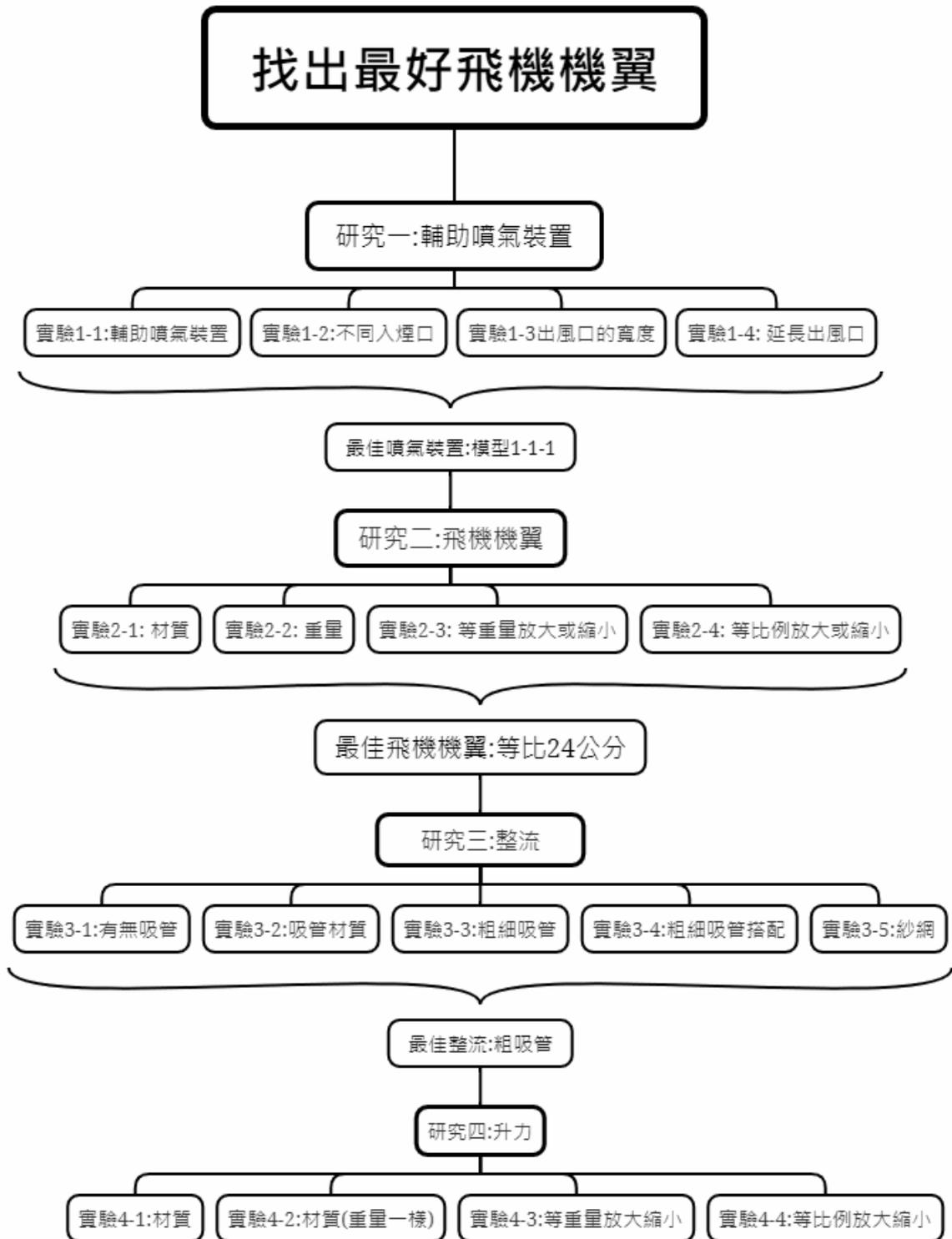
- 實驗 3-1: 透過增加吸管柱來讓氣流變穩
- 實驗 3-2: 找出最好的吸管材質
- 實驗 3-3: 觀察吸管直徑對結果的影響
- 實驗 3-4: 透過不同的粗細搭配，來調整氣流的準度和風力
- 實驗 3-5: 驗證增加紗網會改善氣流

## 研究四:測量升力

觀察研究二所使用的機翼產生的升力。

- 實驗 4-1: 機翼材質不同時對升力的影響
- 實驗 4-2: 機翼材質不同但同重量時對升力的影響
- 實驗 4-3: 同重量但不同比例的機翼產生的升力大小
- 實驗 4-4: 不同比例的機翼產生的升力大小

# 研究實驗概念圖



Presented with xmi·id

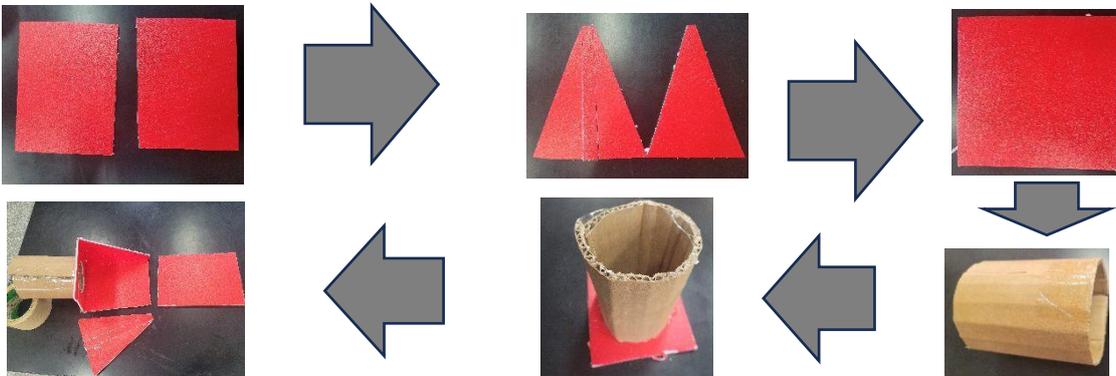
## 參、實驗器材

名稱	煙霧機 (VSL fog machine s1)	吹風機 出風口直徑 7 公分 (Philips hp4819)	風速儀 出風口直徑 6.5 公分 (8909-EN-00)(7168909011)	鼓風機 出風口直徑 7.5 公分 (CY100B2P)
圖				

## 裝置製作

### 輔助噴氣裝置-基礎型

1. 將珍珠板切兩個 11.6 公分 X15.7 公分的長方形
2. 將珍珠板切兩個上底(入風口)為 11 公分，下底(出風口)為 1 公分，高為 15 公分的梯形
3. 將珍珠板切一個 11.6 公分 X11.6 公分的正方形，並在中間開一個直徑為 7 公分的圓
4. 將紙箱裁成 22 公分\*11 公分的長方形，然後將其捲成圓柱形用膠帶固定
5. 將五片珍珠板和圓柱狀紙箱用熱熔膠黏在一起(展開圖)



### 測試架

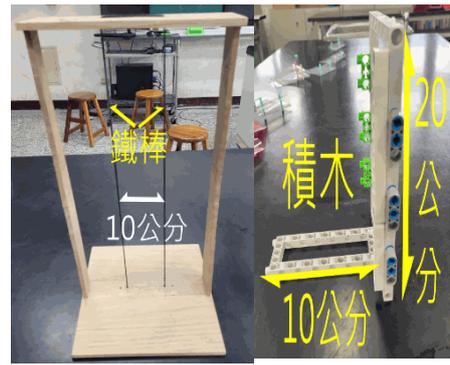
1. 將珍珠板切三個 11 公分 X11 公分的正方形和一個 30 公分 X50 公分的大正方形
2. 將大正方形在中下方切下 11.6 公分 X11.3 公分的長方形
3. 把三片珍珠板用熱溶膠槍黏在一起



### [支架]製作

- 材料: 1.木材  
2.鐵棒  
3.鑽孔器

- 步驟: 1.利用木材製作一個支架  
2.在上面的木材和下面的木材鑽兩個孔  
(洞彼此的距離要六公分)  
3.用鐵棒連接上方以及下方的洞並固定



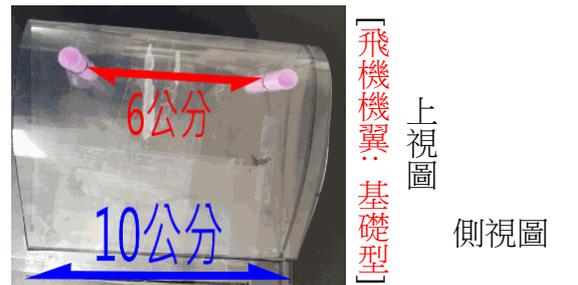
[支架]

[固定架]

### [固定架] 製作

- 材料: 1. 5公分\*10公分積木\*5  
2. 卡榫\*10  
3. 3公分\*1公分積木\*4

- 步驟: 1.將 5公分\*10公分積木擺成 L 形  
2.用 3公分\*1公分積木和卡榫固定



[飛機機翼:基礎型]

上視圖

側視圖

### [飛機機翼:基礎型]製作

- 材料: 1.紙/塑膠片  
2.吸管  
3.剪刀

- 步驟: 1.剪出一個 18\*10 的長方形  
2.對折找出中央  
3.一邊預留 1 公分，使紙張形成弧形  
4.在底部離頭部一公分兩旁 3 公分的地方各開一個洞  
5.將上方的最高點調到兩個洞的上方 1.5 公分處可開一個洞  
6.插上吸管以避免和支架上的鐵棒摩擦



藍色部分為長，此機翼為18公分

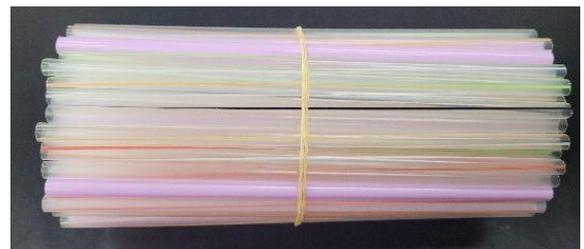
### [吸管柱](紙、細塑膠、粗塑膠皆適用)

所需材料:

1. 不同種類的吸管 2.橡皮筋

步驟

- 1.將所有的吸管剪成 17 公分並把尖頭剪掉  
2.將所有的吸管用橡皮筋捆成直徑 8 公分的圓柱



### [粗吸管牆]

所需材料:

1. 不同種類的吸管 2.熱熔膠槍

步驟

- 1.將所有的吸管剪成 17 公分並把尖頭剪掉  
2.將所有的吸管用熱溶膠黏成 20 公分\*17 公分\*17 公分的長方形柱



# 肆、研究過程與方法

## 研究一：輔助噴氣裝置

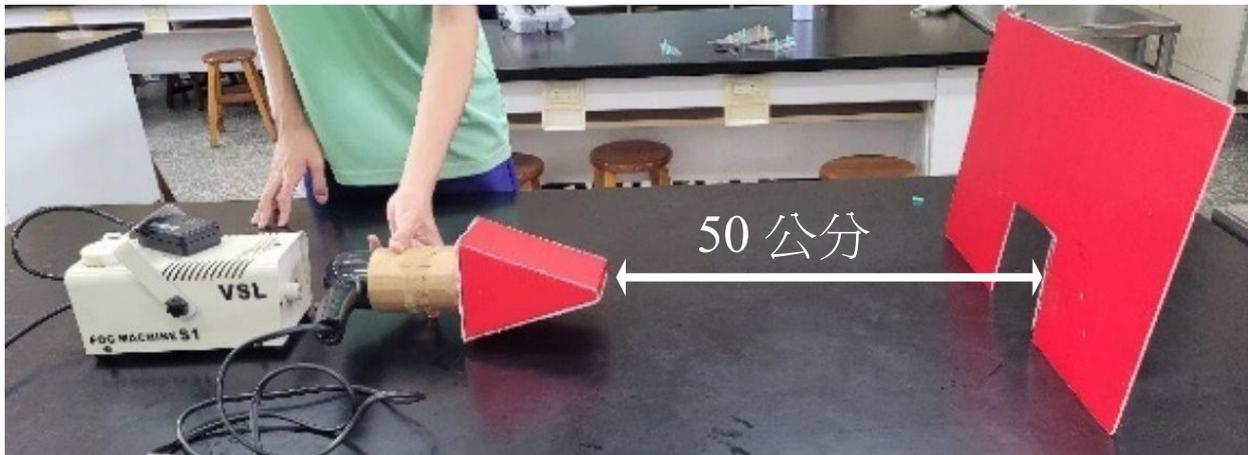
實驗材料

1. 煙霧機
2. 吹風機
3. 輔助噴氣裝置
4. 測試架

研究目的:找出最好的輔助噴氣裝置，以便輔助觀察研究二

實驗步驟:

1. 將不同裝置組合放置於離測試點 50 公分的距離
2. 將煙霧機、裝置和吹風機放置好並打開開關(吹風機設定檔)
3. 紀錄測試架後的煙霧狀況以及50公分處的風速



## 研究二：飛機機翼

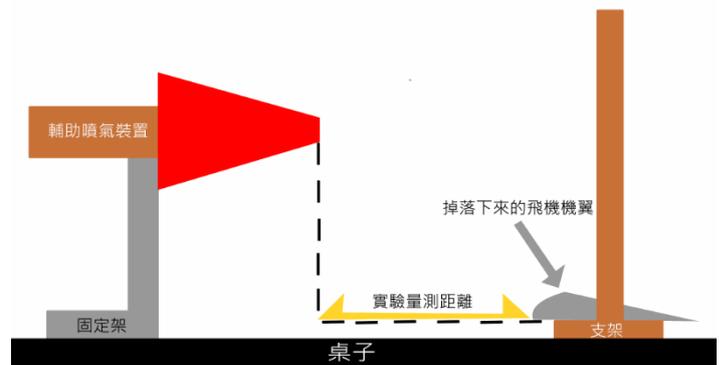
實驗材料:

1. 飛機機翼
2. 支架
3. 輔助噴氣裝置
4. 吹風機
5. 固定架

研究目的:找出能利用最少風力就能維持飛行的機翼

實驗步驟

1. 將不同飛機機翼安裝於支架上
2. 將吹風機和輔助噴氣裝置固定於固定架
3. 將飛機機翼拉升到 23.5 公分處(位於出風口)後開啟吹風機(最大檔)
4. 緩慢的將吹風機、輔助噴氣裝置和固定架移離機翼(距離越遠，風力越小)直到機翼掉下來
5. 紀錄當飛機機翼掉下來時，和出風口的距離 (實驗結果)



## 研究三:穩流

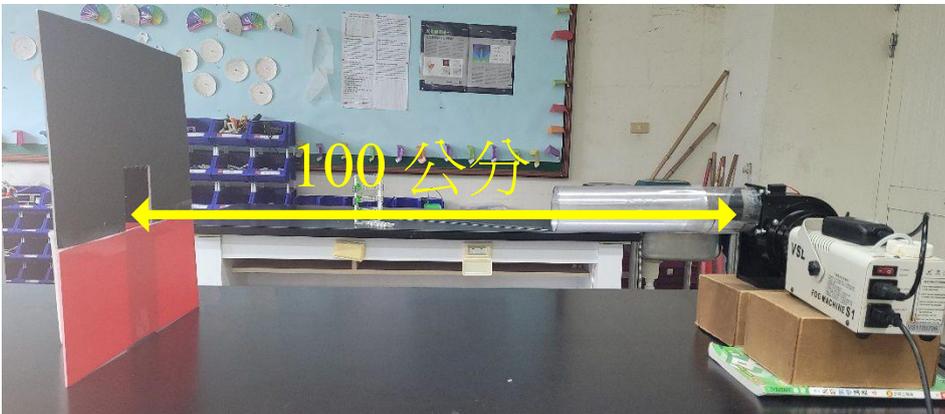
實驗材料

- 1.煙霧機
- 2.鼓風機
- 3.輔助噴氣裝置
- 4.飛機機翼
- 5.支架
- 6.吸管柱
- 7.風速計

研究目的:解決吹風機氣流不穩定的問題

實驗步驟:

1. 將兩個塑膠片柱連接鼓風機的出風口
2. 將鼓風機的出風口離地 18 公分
3. 將測試架架高 18 公分並放置於離鼓風機出風口 100 公分的位置
4. 將不同吸管柱放入塑膠片柱內
5. 打開電源
6. 觀察並記錄測試架處(離出風口 100 公分)的風速



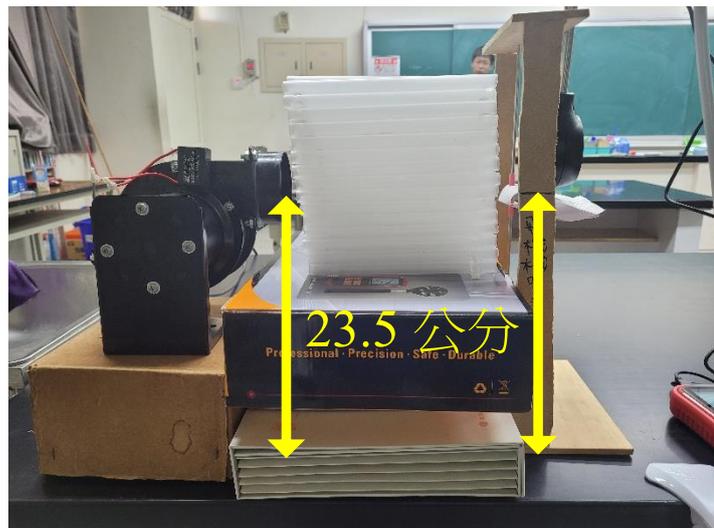
## 研究四:測量升力

實驗材料

- 1.風速計
- 2.鼓風機
- 3.輔助噴氣裝置
- 4.飛機機翼
- 5.支架
- 6.吸管柱

實驗步驟:

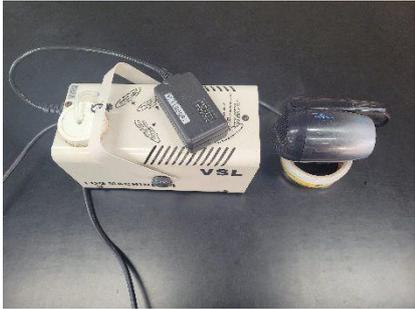
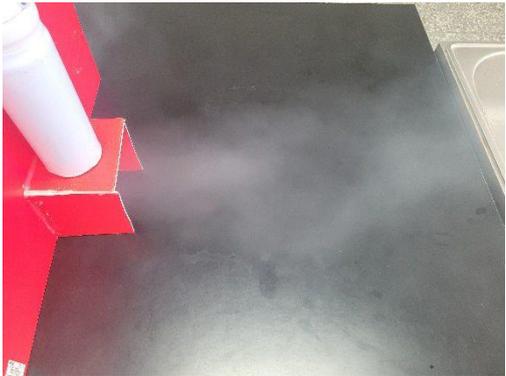
1. 將不同飛機機翼安裝於支架上
2. 將鼓風機固定於固定架
3. 將鼓風機、粗吸管牆、支架 2 中間相隔 1 公分
4. 打開鼓風機、風速計的電源
5. 測量各機翼上層的風速



# 實驗 1-1 有無加輔助噴氣裝置

實驗變因:有無加輔助噴氣裝置

實驗目的:利用輔助噴氣裝置讓氣流變得更強和更準

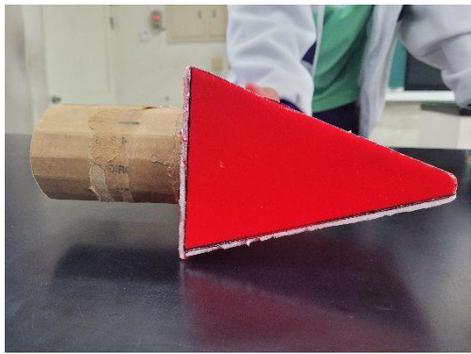
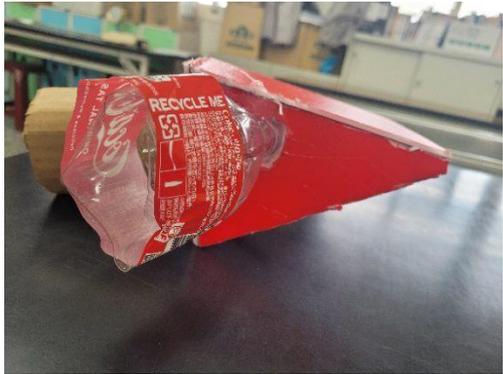
名稱	裝置 1-1-1(有加輔助噴氣模型)	將吹風機置於前面(沒有加輔助噴氣模型)
實驗裝置圖		
測試方法	在前方增加 1-1-1 的輔助噴氣裝置	吹風機會吸入煙霧並將煙霧吹出來
結果圖		
風力	5.1 公尺/秒	4.6 公尺/秒
實驗結果	煙霧較集中且較多	煙霧較稀薄且較少
總結	<u>發現煙霧通過輔助噴氣裝置吹出去的煙霧較多</u>	

# 實驗 1-2 入煙方式

實驗變因:改變入煙方式

實驗目的：找出較容易觀察氣流流向的裝置

裝置更改:裝置 2-1-1 在梯形側開一個洞並將可樂瓶裝上去

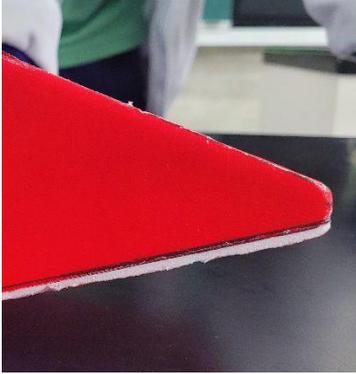
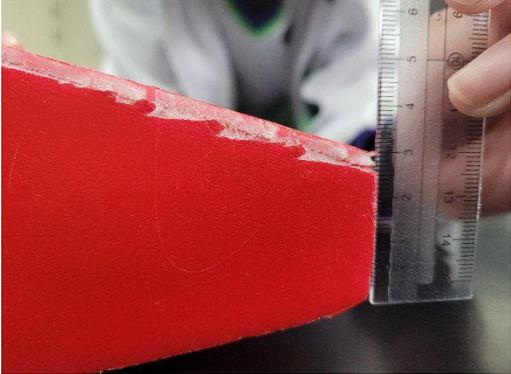
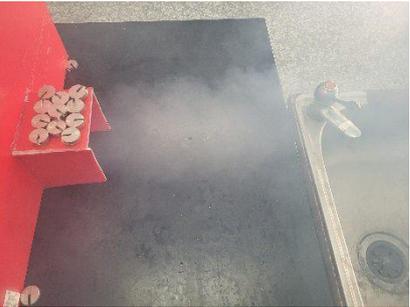
名稱	裝置 1-1-1	裝置 2-1-1
實驗裝置圖		
裝置更改特寫		
測試方法	將煙霧機放置於吹風機後方，吹風機會吸入煙霧並將煙霧吹出來	將煙霧機設置於模型側邊並將煙霧灌入模型中，再藉由吹風機吹出來
結果圖		
風力	5.1 公尺/秒	3.1 公尺/秒
實驗結果	吹出的煙霧較多	吹出的煙霧幾乎沒有
總結	發現煙霧通過吹風機後吹出去的煙霧多很多，而通過可樂瓶後吹出去在出風口的位置幾乎沒有煙霧跑出，且可樂瓶內殘留很多油滴	

# 實驗 1-3 出風口寬度

實驗變因: 改變出風口的寬度

實驗目的: 出風口變寬會有甚麼效果

裝置更改: 裝置 1-2-1 將梯形的上底(出風口)變寬為 3 公分

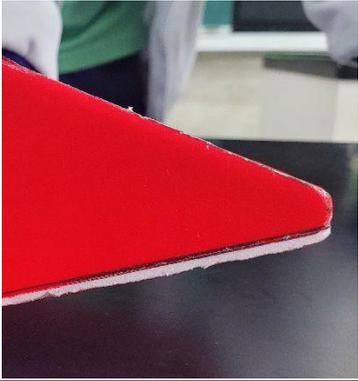
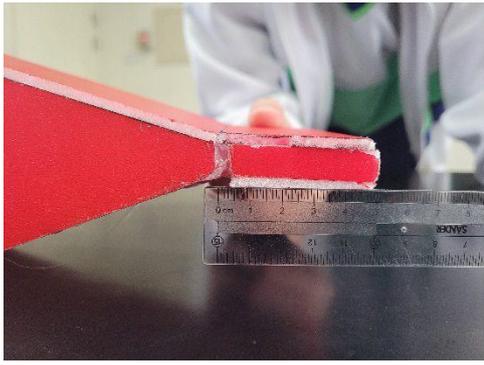
名稱	裝置 1-1-1	裝置 1-2-1
實驗裝置圖		
裝置更改特寫		
測試方法	出風口設為 1 公分	出風口設為 3 公分
結果圖		
風力	5.1 公尺/秒	3.3 公尺/秒
實驗結果	吹出的煙霧較多	吹出的煙霧較小
總結	<p><u>出風口越小，通過測試架的煙霧就越多，並且我們發現出風口變寬時，煙霧會在測試架前散掉。</u></p>	

# 實驗 1-4 延長路徑

實驗變因: 延長出風口路徑

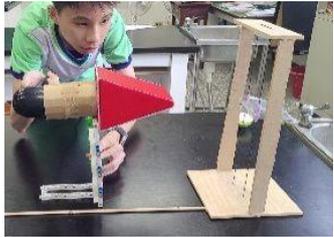
實驗目的: 延長出風口有無加強塑形氣流之功能

裝置更改: 在裝置 1-1-2 的出風口增加 5 公分的路徑

名稱	裝置 1-1-1	裝置 2-1-1
實驗裝置圖		
裝置更改特寫		
測試方法	不做更改	將出風口增加 5 公分的路徑
結果圖		
風力	5.1 公尺/秒	4.8 公尺/秒
實驗結果	吹出的煙霧較多	吹出的煙霧較小
<b>總結</b>	<p><b><u>增加出風口路徑時，煙霧變少。</u></b></p> <p>由於設備的關係圖片較為模糊，現場可用肉眼觀測到兩者間的差異。</p>	

# 實驗 2-1 材質

實驗變因:改變不同機翼材質  
 實驗目的: 找出飛機機翼最佳的材質  
 機翼材質:紙或塑膠片

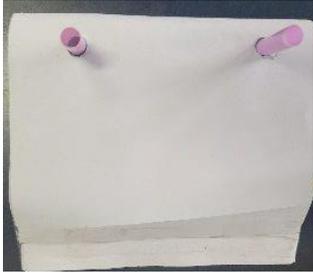
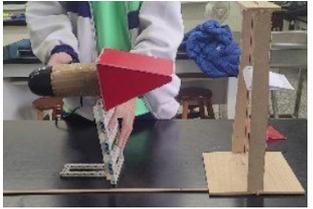
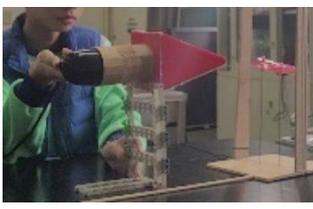
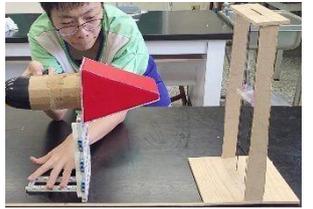
名稱	輕紙	厚塑膠片	輕薄塑膠片
機翼圖			
測試方法	材質為紙	材質為厚塑膠片	材質為薄塑膠片
結果圖			
實驗結果	23.5cm	14.0cm	19.4cm
總結	紙製機翼掉下來時，與出風口的距離最遠， 再來是薄塑膠片製機翼，最近的是厚塑膠片。		
衍伸	我們推測紙製機翼距離最遠的原因是因為其重量較輕		

# 實驗 2-2 材質(重量一樣)

實驗變因: 機翼材質為紙或塑膠片，但重量一樣

實驗目的: 驗證是重量影響結果

裝置更改: 利用相同材質的材料添加到飛機機翼的最底層

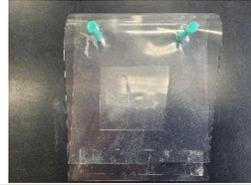
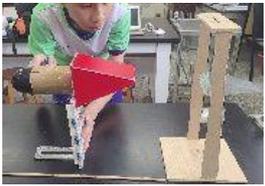
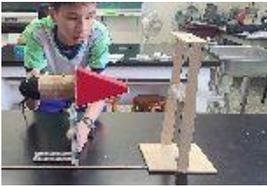
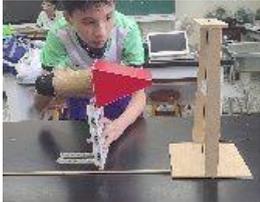
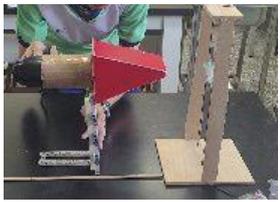
名稱	厚紙	厚塑膠片	厚薄塑膠片
機翼圖			
材質	紙製機翼 (2.86 公克)	厚塑膠片製機翼 (2.86 公克)	薄塑膠片製機翼 (2.86 公克)
結果圖			
實驗結果	13.6cm	14.0cm	13.7cm
總結	<b>實驗發現，當重量一樣時，即使材質不一樣，飛機機翼掉下來時和出風口的距離也很相近</b>		
衍伸	因為紙製機翼在被強風吹時，會造成變形。 紙製機翼雖是在一般(不變形)的情況下最輕的材質，但我們還是選用薄塑膠片機翼來製做以下實驗。		

# 實驗 2-3 等重量放大縮小

實驗變因: 將機翼等比例放大或縮小，且重量一樣

實驗目的: 找出在不同大小、相同比例、相同重量時，效果最好的模型

裝置變更: 將機翼等比例放大或縮小，並增加薄塑膠板於底下

名稱	等重 30 公分	等重 27 公分	等重 24 公分
長	30 公分	27 公分	24 公分
製作圖			
結果圖			
結果	14.6 公分	16.2 公分	23.2 公分
排名	距離第四	距離第三	距離最遠
名稱	等重 21 公分	等重 18 公分	等重 9 公分
長	21 公分	18 公分	9 公分
製作圖			
結果圖			
結果	17.8 公分	12.2 公分	10 公分
排名	距離第二	距離第五	距離最近
總結	飛機機翼掉下來時和出風口的距離依序為： 等重 24 公分>等重 21 公分>等重 27 公分>等重 30 公分>等重 18 公分>等重 9 公分		

## 實驗 2-4 等比例放大縮小

實驗變因: 將機翼等比例放大或縮小

實驗目的: 找出在不同大小、相同比例時, 效果最好的模型

裝置變更: 將機翼等比例放大或縮小

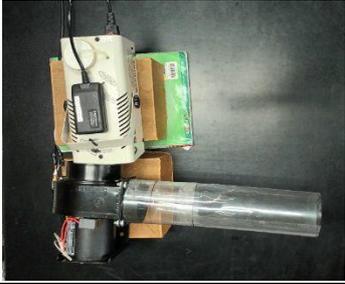
組別名稱	等比 30 公分	等比 27 公分	等比 24 公分
長	30 公分	27 公分	24 公分
重	3.92 公克	3.58 公克	3.26 公克
製作圖			
結果圖			
實驗結果	22.8 公分	24.1 公分	28.9 公分
排名	距離第三	距離第二	距離最遠
組別名稱	等比 21 公分	等比 18 公分	等比 9 公分
長	21 公分	18 公分	等重 9 公分
重	2.74 公克	2.38 公克	1.22 公克
製作圖			
結果圖			
實驗結果	19.2 公分	13.5 公分	10.2 公分
排名	距離第四	距離第五	距離最近
總結	飛機機翼掉下來時和出風口的距離依序為: 等比 24 公分>等比 27 公分>等比 30 公分>等比 21 公分>等比 18 公分>等比 9 公分		

# 實驗 3-1 有無吸管

實驗變因:有吸管與無吸管

實驗目的:觀察吸管能否改善風會產生亂流的問題

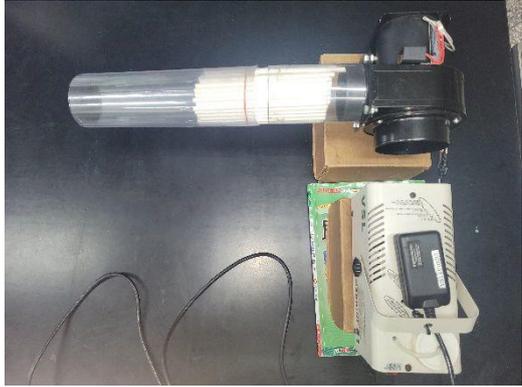
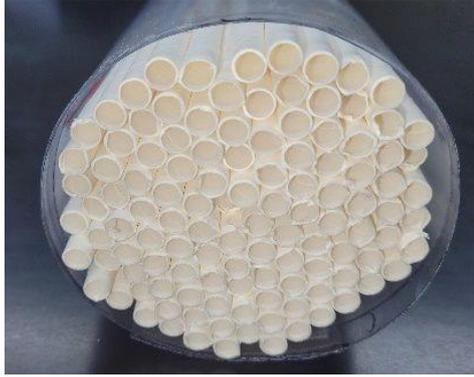
裝置更改

名稱	無吸管	細吸管
實驗裝置圖		
實驗更改特寫		
測試方法	不加任何吸管，只用塑膠板延長出風口 14 公分	在延長出風口 14 公分的塑膠板的最前方加入細吸管柱
結果圖		
風速	4.8 公尺/秒	4.9 公尺/秒
實驗結果	煙霧在通過測試架之前就散掉了	煙霧比無吸管多
總結	有加吸管的氣流較直，無加吸管的的風速較快，在一百空尺處的風速則相似	
衍生	哪種吸管的效果較好	

# 實驗 3-2 吸管材質

實驗變因:吸管材質為塑膠或紙

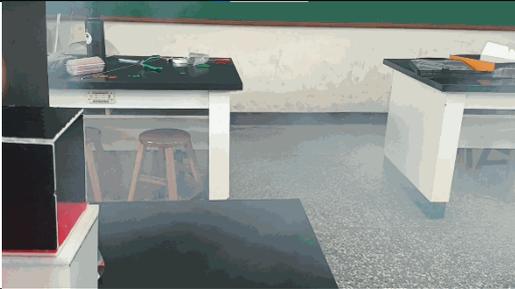
實驗目的:觀察不同材質的吸管對氣流的影響

名稱	塑膠細吸管	紙細吸管
實驗裝置圖		
實驗更改特寫		
測試方法	在塑膠板柱的最前方加入細吸管柱	在塑膠板柱的最前方加入紙細吸管柱
結果圖		
風速	4.9 公尺/秒	4.2 公尺/秒
實驗結果	煙霧比較多，風速較準	煙霧濃度下降，風速大幅降低
總結	<u>塑膠製吸管的風速較高，且氣流較穩</u>	

# 實驗 3-3 粗細吸管

實驗變因:細吸管與粗吸管

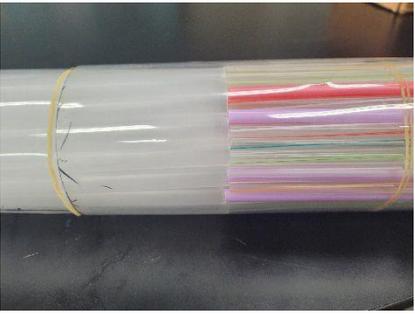
實驗目的:觀察不同直徑的吸管對改善亂流的功能

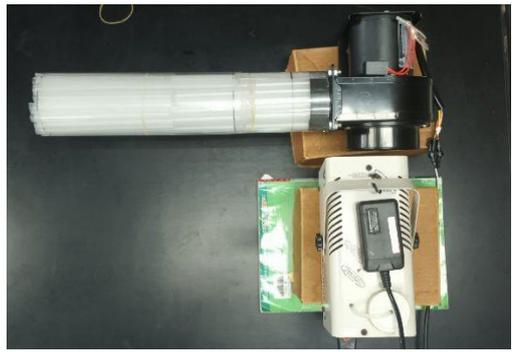
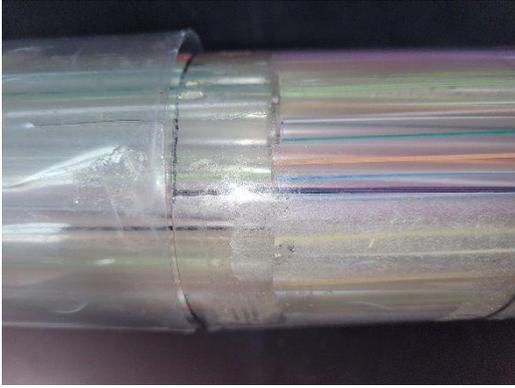
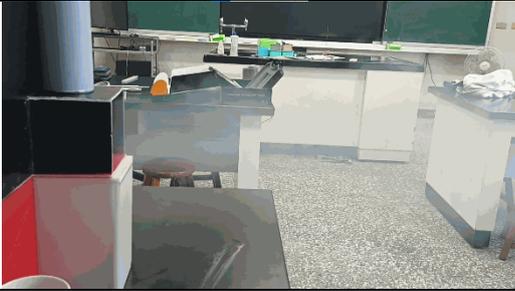
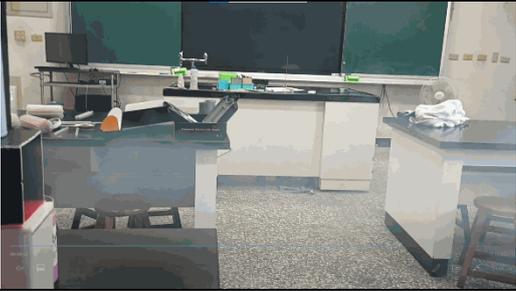
名稱	細吸管	粗吸管
實驗裝置圖		
實驗更改特寫		
測試方法	在塑膠板的最前方加入細吸管柱	在塑膠板的最前方加入粗吸管柱
結果圖		
風速	4.8 公尺/秒	5.6 公尺/秒
實驗結果	煙霧較多但整體風速較低	煙霧較少但整體風速較高
總結	<b>細吸管柱的煙霧較準，粗吸管的風速較快</b>	
衍伸問題	細吸管柱的風速太低，粗吸管的準度太低	

# 實驗 3-4 粗細吸管搭配

實驗變因:用細吸管和粗吸管做不同的搭配

實驗目的:觀察不同的吸管搭配對改善亂流的功能

名稱	粗細吸管	細粗吸管
實驗裝置圖		
實驗更改特寫		
測試方法	在塑膠板的最前方加入粗吸管柱，然後再加入細吸管柱	在塑膠板的最前方加入細吸管柱，然後再加入粗吸管柱
結果圖		
風速	5.4 公尺/秒	5.2 公尺/秒
實驗結果	風速第二高，煙霧最多	風速第三高，煙霧第三高

名稱	細細吸管	粗粗吸管
實驗裝置圖		
實驗更改特寫		
測試方法	在塑膠板的最前方加入細吸管柱，然後再加入細吸管柱	在塑膠板的最前方加入粗吸管柱，然後再加入粗吸管柱
結果圖		
風速	4.9 公尺/秒	5.9 公尺/秒
實驗結果	風速最低，煙霧最少(但煙霧最準)	風速最高，煙霧第二
總結	<b>粗細吸管柱的綜合實力最好，粗粗吸管柱的風速最高， 細細吸管的準度最高</b>	
衍伸	但我們發現，若加長一排吸管，支架放置的位置就必須再延後 17 公分，會讓風速大打折扣。所以我們使用粗吸管柱來製成我們的研究裝置	

# 實驗 3-5 紗網

實驗變因:有無紗網

實驗目的:觀察紗網對改善亂流的功能

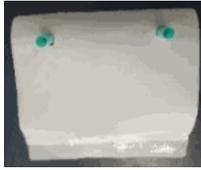
假說:紗網因為口徑較細較能改變氣流的流向

名稱	粗細吸管	粗細吸管加紗網
實驗裝置圖		
實驗更改特寫		
測試方法	在塑膠板的最前方加入粗吸管柱，然後後再加入細吸管柱	在塑膠板加入粗吸管柱和細吸管柱，然後再加上一層紗網
結果圖		
風速	5.7 公尺/秒	4.0 公尺/秒
實驗結果	煙霧比較多，風速較準	煙霧濃度大幅下降，風速大幅降低
總結	<u>不加紗網效果較好</u>	

# 實驗 4-1 材質

實驗變因:改變不同機翼材質

機翼材質:紙或塑膠片

名稱	輕紙	厚塑膠片	輕薄塑膠片
機翼圖			
測試方法	材質為紙	材質為厚塑膠片	材質為薄塑膠片
結果圖			
實驗結果	4.5 公尺/秒	4.5 公尺/秒	4.8 公尺/秒

# 實驗 4-2 材質(重量一樣)

實驗變因: 機翼材質為紙或塑膠片，但重量一樣

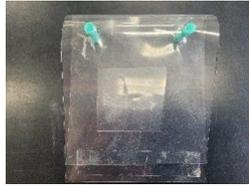
裝置更改:利用相同材質的材料添加到飛機機翼的最底層

名稱	厚紙	厚塑膠片	厚薄塑膠片
機翼圖			
材質	紙製機翼 (2.86 公克)	厚塑膠片製機翼 (2.86 公克)	薄塑膠片製機翼 (2.86 公克)
結果圖			
實驗結果	4.2 公尺/秒	4.5 公尺/秒	4.7 公尺/秒

# 實驗 4-3 等重量放大縮小

實驗變因: 將機翼等比例放大或縮小，且重量一樣

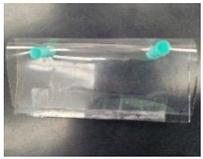
裝置變更: 將機翼等比例放大或縮小，並增加薄塑膠板於底下

名稱	等重 30 公分	等重 27 公分	等重 24 公分
長	30 公分	27 公分	24 公分
製作圖			
結果圖			
結果	6.1 公尺/秒	6.3 公尺/秒	7.0 公尺/秒
排名	第一	第二	第三
名稱	等重 21 公分	等重 18 公分	等重 9 公分
長	21 公分	18 公分	9 公分
製作圖			
結果圖			
結果	5.3 公尺/秒	4.8 公尺/秒	4.6 公尺/秒
排名	第四	第五	第六

## 實驗 4-4 等比例放大縮小

實驗變因: 將機翼等比例放大或縮小

裝置變更: 將機翼等比例放大或縮小

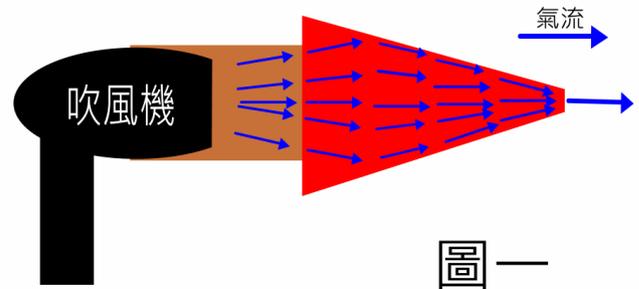
組別名稱	等比 30 公分	等比 27 公分	等比 24 公分
長	30 公分	27 公分	24 公分
重	3.92 公克	3.58 公克	3.26 公克
製作圖			
結果圖			
實驗結果	6.0 公尺/秒	6.4 公尺/秒	6.7 公尺/秒
排名	第一	第二	第三
組別名稱	等比 21 公分	等比 18 公分	等比 9 公分
長	21 公分	18 公分	等重 9 公分
重	2.74 公克	2.38 公克	1.22 公克
製作圖			
結果圖			
結果	5.5 公尺/秒	4.9 公尺/秒	4.6 公尺/秒
排名	第四	第五	第六

# 伍、討論

## 研究一:輔助噴氣裝置

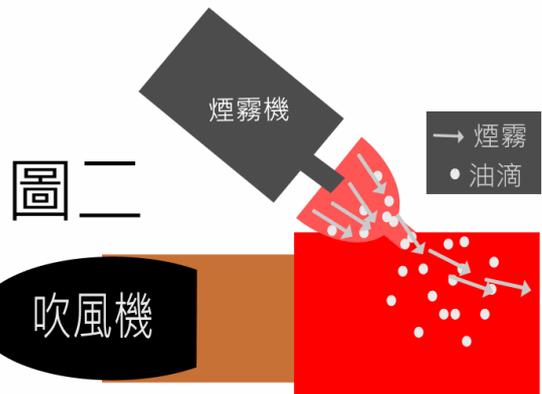
### 實驗 1-1 探討原因:

當風從吹風機吹入裝置時，裝置會給風「**塑形**」，也就是風因為有擋板**阻擋**的關係，改變氣流方向，最後**匯聚**於出風口在噴出去，進而讓風較為聚集，聚集起來就能夠增強風力，所以風能吹得比沒有輔助噴氣裝置還要遠且準。(圖一)



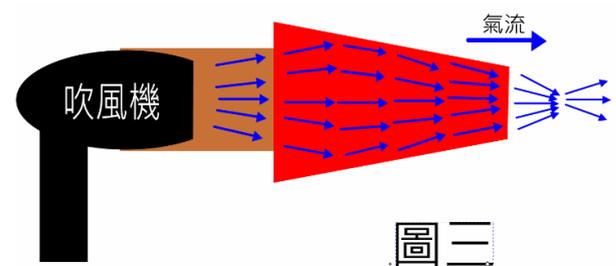
### 實驗 1-2 探討原因:

推測當煙霧進入裝置 2-1-1 時，會因為可樂瓶和裝置**溫度較低**，遇**凝結**成油滴，導致吹出的煙霧較小，而且風還會從可樂瓶的地方散掉，導致風力大幅降低。(圖二)



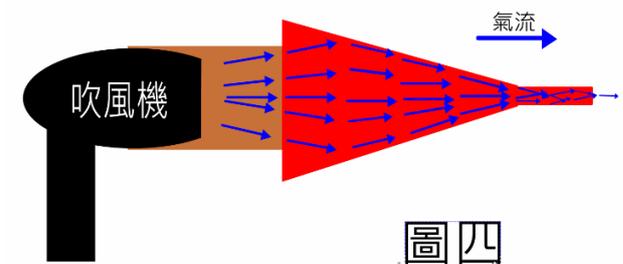
### 實驗 1-3 探討原因:

根據實驗 1-1 風會給輔助噴氣裝置**塑形**的討論的，我們推論，裝置 1-2-1 因為出風口較**寬**所以最後匯聚其流的**功能就會較差**，所以氣流就會在到達出風口之前散掉，進而影響風速和煙霧，所以風速和煙霧量都比裝置 1-1-1 還少。(圖三)



### 實驗 1-4 探討原因:

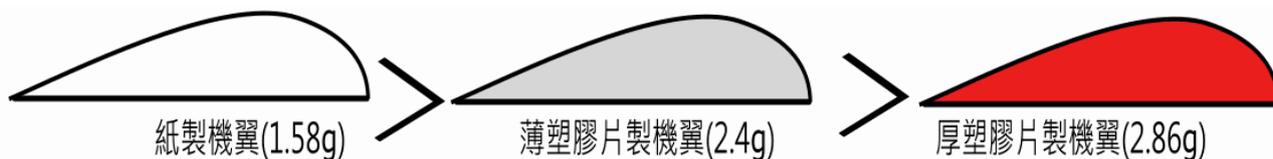
推測增加出風口路徑，煙霧進入裝置(1-1-2)時，氣流在管壁內**反射、碰撞**後抵銷，氣流會被**干擾**，產生亂流，導致吹出來的氣流力量較小。(圖四)



## 研究二:機翼模型

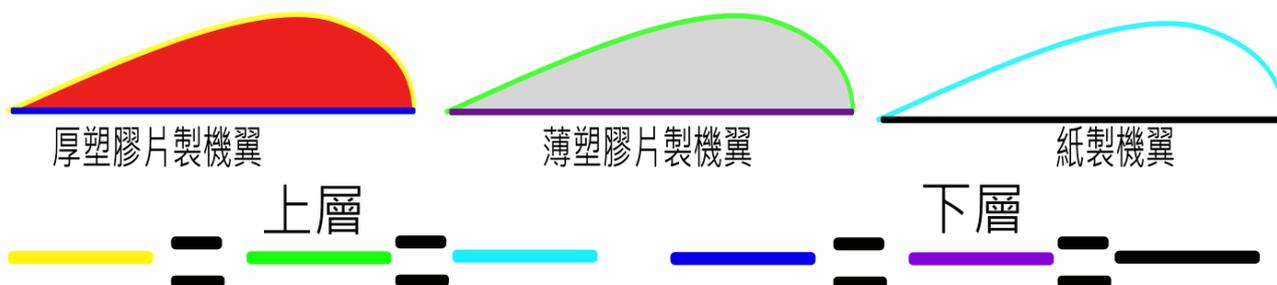
### 實驗 2-1 和實驗 4-1 探討原因:

根據實驗 4-1，我們發現，當**形狀一樣**時，產生的**升力也一樣**。但因為重量不同，同樣的力施加在較輕的物體時會產生更大的效果。所以我們推測，是因為紙製機翼(1.58g)比塑膠片製機翼(2.86g)以及薄塑膠片製機翼(2.4g)輕，紙製機翼才能用較小的風力維持飛行。



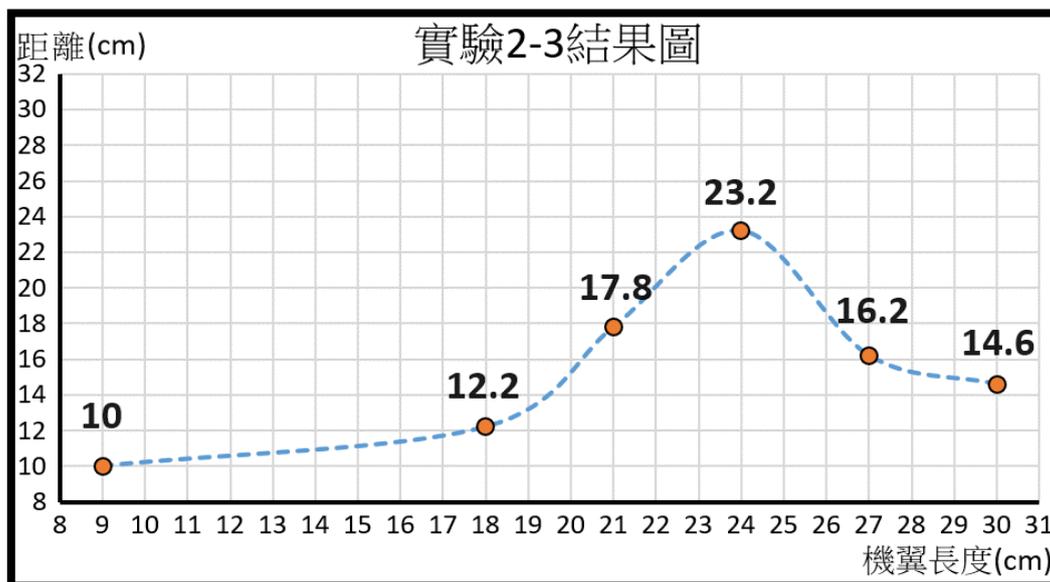
### 實驗 2-2 和實驗 4-2 探討原因:

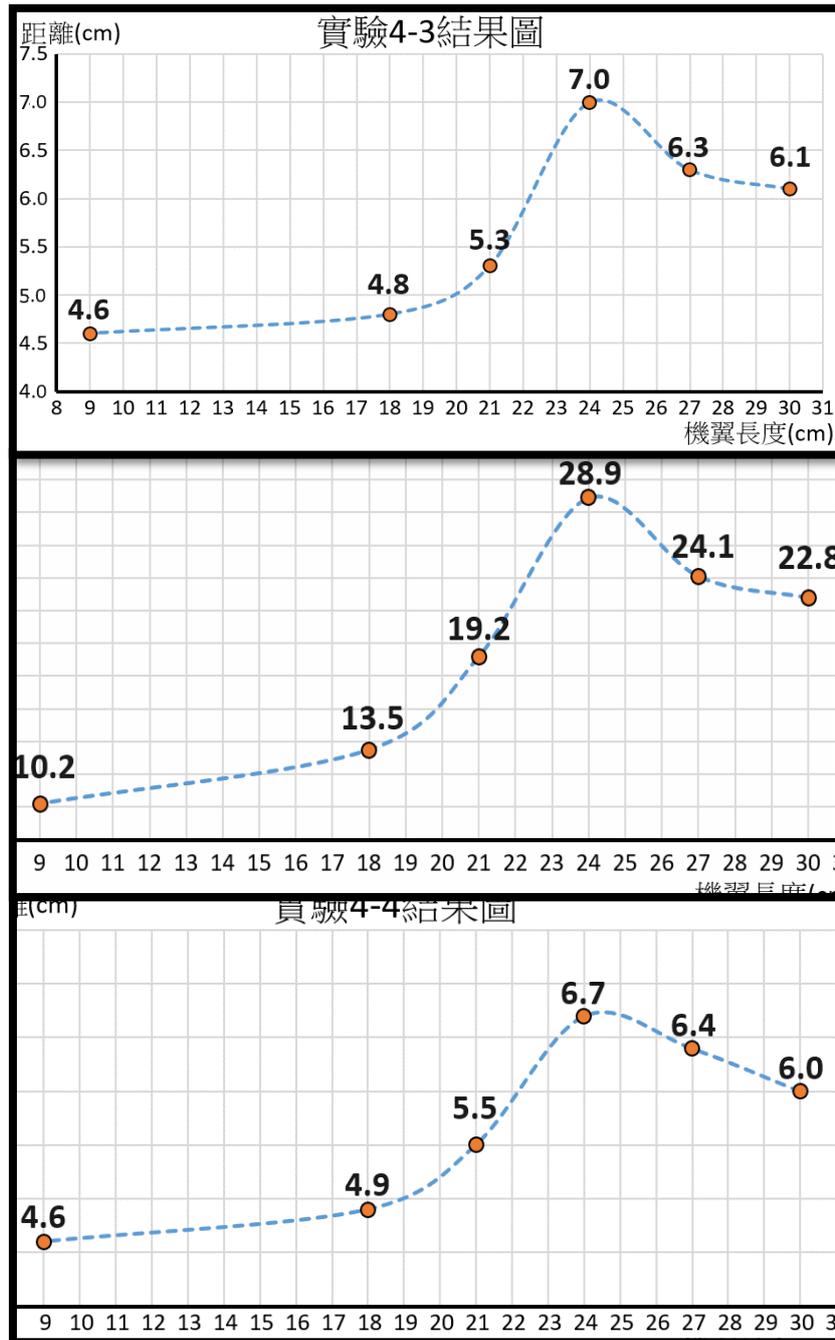
根據白努力效應推測，是因為**形狀一樣**時，代表上層的距離和下層的**距離也一樣**，產生的**升力也是一樣的**(實驗 4-2)。所以只要同樣形狀和重量，所有材質的效果都一致。



### 實驗 2-3、實驗 4-3、實驗 2-4 和實驗 4-4 圖表:

發現各模型產生的**升力**和機翼掉下來時出風口的**距離成正比**





**實驗 2-3、實驗 2-4、實驗 4-3 和實驗 4-4 綜合探討:**

影響飛機升起的因素有兩個。一個是由壓力差導致的升力，一個是重力和風造成的阻力。由實驗 2-3 可得知就算重量一樣，照理來說，30 公分的機翼會是最好的，因為機翼越大，升力也會越大。但實驗 4-3 結果顯示，24 公分機翼才是最佳的。所以我們推測是由風引起的**阻力影響了結果**。當氣流接觸大機翼時，當機翼因為接觸面積較大，所以阻力較大。也就是說，30 公分的機翼升力最大，阻力也最大。9 公分的機翼阻力最小，升力也最小，所以 24 公分機翼的升力和阻力達到最佳比例，才能用最少的機翼飛起來。

# 研究三:整流

## 實驗 3-1 有無吸管

當氣流從吹風機進入吸管時，氣流會變成吸管的形狀，進而改變方向，讓氣流走得比較直，使氣流能吹得比沒有吸管還要遠且準。但因為在風在塑形的過程中，不同方向的風會碰在一起，兩者的風力會相互抵消，所以有加吸管時的風力會比較小。

## 實驗 3-2 吸管材質

當風進入紙製的吸管時，會因為吸管壁的材質非常粗糙而產生摩擦力，導致吹出來的風力較小。反之，當風吹進塑膠吸管時，會因為吸管壁較平滑而產生較小的摩擦力，所以吹出來的風力較高。

## 實驗 3-3 粗細吸管

根據實驗 1-1 的假設，推測當氣流進入細吸管時，氣流會因直徑較小，而使氣流可以走直線，所以比較穩，比較不容易散開。反之，而當煙霧進入粗吸管時，氣流會因直徑較大，導致氣流太過分散，所以吹的準度比細吸管還低。但細吸管因為氣流彼此的碰撞太平凡，所以抵銷太多風力，所以風力較小。

## 實驗 3-4 粗細吸管搭配

1. 根據實驗 3-3 的細吸管和粗吸管以及實驗 3-4 的細細吸管和粗粗吸管的結果，可推論：當我們延長吸管的長度時，氣流會變得比較準。  
推測是因為：只要在吸管內，氣流就會變直。在吸管內的距離越長，氣流就會越直。
2. 根據實驗 3-4 的粗細吸管和細粗吸管，可推論：吸管的擺放順序會影響結果，由直徑大到直徑小的吸管，風力和準度都會變高。  
推論是因為：在粗細吸管實驗時，當風進入粗吸管時，氣流就先會被整流一次，而這次整流因為是粗吸管的，所以抵銷的氣流較少，氣流相對較直。然後再進入細吸管，氣流這次會變得更直，而且已經被粗吸管整流過了一次，所以整流所消耗的風力就會比較小。而在細粗實驗時，當風進入細吸管時，因為氣流沒被整流過，所以需要消耗較大的風力才能讓氣流變直，然後進入粗吸管時，又會因為管徑變大而讓匯聚起來的氣流變的分散。

## 實驗 3-5 紗網

在風通過紗網時，氣流的準度和風力都會降低，推測是因為紗網線太粗，孔太細，讓風難以通過，通過的風又會散掉，導致最後吹出來的煙霧和風力都必較低。

# 結論

在決定好實驗方向為**白努力效應**後，我們選定了**飛機機翼**作為我們的主題。為了方便觀測，我們做了**輔助噴氣裝置**的實驗。發現由吹風機吸入煙霧後，通過出風口為 1 公分且不延長路徑的輔助噴氣裝置(裝置 1-1-1)，其噴出的煙霧最多，最適合用來輔助觀察。為了找出最好的飛機機翼模型，我們做了研究二**飛機機翼**來改變機翼模型的材質，重量，與形狀。我們發現，材質不影響結果，真正影響的是重量。我們也觀察到，當飛機機翼形狀在寬度為 10 公分、形狀圓形為 18 公分基礎型時，用長為 24 公分的長方形做出來的機翼模型，可以用最少的風力維持飛行狀態。在研究三**整流**實驗中，發現，吸管的直徑越小，氣流就越匯聚，但風力也會越小。最後在研究四**升力**，各模型產生的升力和其在研究二的距離成正比。在這次實驗中，我們學到了自己設計實驗，自己準備實驗材料以及自己討論實驗結果。在未來還可以針對不同機翼形狀、氣流溫度等變因設計實驗，找出最好的飛機機翼模型。

## 附錄一、 參考資料

飛機為什麼會飛? 「伯努利原理」: 飛機機翼操作與設計

飛行薯仔的航空筆記:空動超入門

【高等空氣動力學】輕鬆了解機翼的各項參數

第 55 屆科展 國小物理組 080107 空氣的流動主宰著飛機的上升、下降和停止

202 年臺灣國際科展 100036 分析鴨式布局對大型無人定翼機穩定性影響與 其利弊探討

## 附錄二、 使用軟體

Word	Excel
X-mind	Inkscape

(以上照片皆為組員自行拍攝)

## 【評語】 030103

本作品探討找出最省力的飛機機翼，實驗設計適當的風場，並調整風口距離來研究機翼的升力，考慮各項物理變因，進行系統化實驗，並將實驗數據進行分析討論。

建議對探討內容應做相關研究文獻探討。在實驗所得數據，可以進一步對其物理原理分析探討，並對研究實驗結果討論得到省力飛行的機翼設計原則等。

## 作品簡報

A decorative border with a repeating pattern of blue and white swirling, wave-like shapes, resembling stylized water or clouds, framing the central text.

風中翱翔-找出最省力的飛機機翼

# 壹、摘要

首先，設計研究一來找出最好的輔助噴氣裝置。觀察到當裝置的出風口為1公分且不延長路徑時，可讓吹風機的噴氣效果增強以便輔助觀察。其次，透過研究二改變機翼模型的材質、重量、與比例來找出最好的機翼模型。發現，材質不會影響飛行效果。而飛機機翼形狀在寬度為10公分且形狀固定時，用長為12公分的機翼模型，可以用最少的風力維持飛行。研究三整流，發現鼓風機製造出的氣流是紊流，所以添加吸管等材料來達到整流的目的是。發現，縮減吸管的直徑雖可讓氣流變穩，但也會消耗風力。在保持風力的前提下，最具有整流功能的是只加一組粗吸管柱，所以用其來輔助觀察研究四。最後在研究四，測量研究二各種機翼上層的風速，來做為研究二的討論資料。

# 貳、研究動機

當我們三人討論科展題目時，我們想到之前參加苗栗縣科學節活動時，使用一個白努力效應的小遊戲，來當作展示攤位的活動。這個遊戲獲得許多民眾的支持與捧場。所以，我們決定研究白努力效應。

在了解白努力效應和飛機機翼的原理後，我們想到，在這個能源匱乏的時代，只要能夠讓飛機少消耗一些能源，那麼對環境變遷提供一些幫助。所以我們希望可以找出只用較少的風力就可維持飛行狀態的飛機機翼模型，來改善地球環境。

# 參、研究目的

為了找出最好的飛機機翼模型，我們先設計研究一(輔助噴氣裝置)找出最好的噴氣裝置以便輔助觀察。接著，設計研究二(機翼模型)，透過改變機翼模型的材質，形狀，與重量，來找出最好的飛機機翼模型。然後，設計研究三(整流)來改善氣流。最後設計研究四來測量各機翼上層產生的風速。

## 研究一:輔助噴氣裝置

利用煙霧顯示氣流流動的狀況，找出最好的輔助噴氣裝置，以便輔助觀察研究二

## 研究二:飛機機翼模型

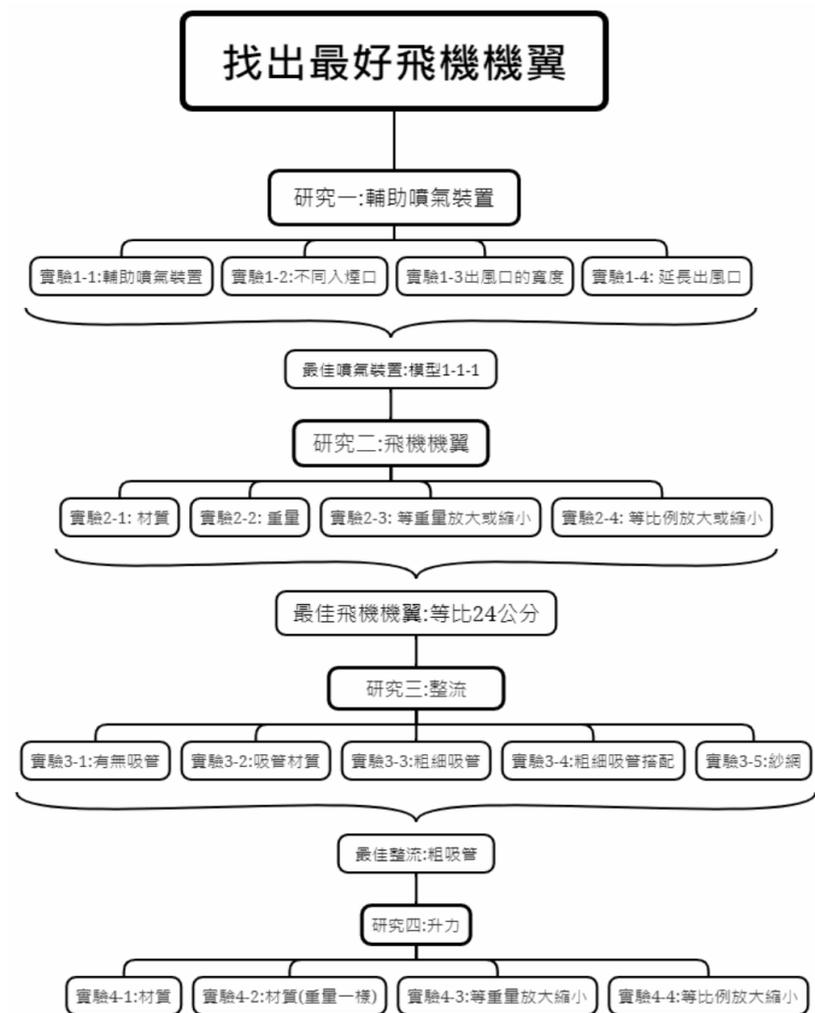
我們選擇了一個最簡單製作，也是最好觀測的基本模型來當作實驗對象，並對其進行改良。之後用上面的噴氣裝置搭配吹風機來找出最好的飛機機翼。

## 研究三:整流

我們發現吹風機的風到最後會散掉，準度不夠，所以希望透過吸管來改善氣流。

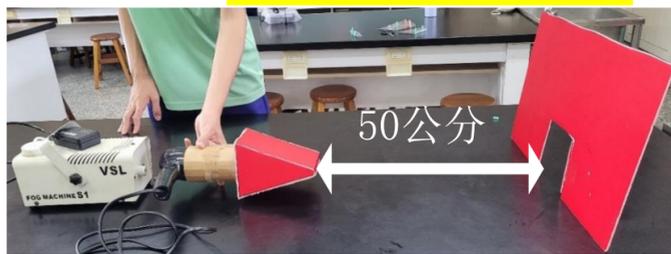
## 研究四:升力

觀察研究二所使用的機翼產生的升力



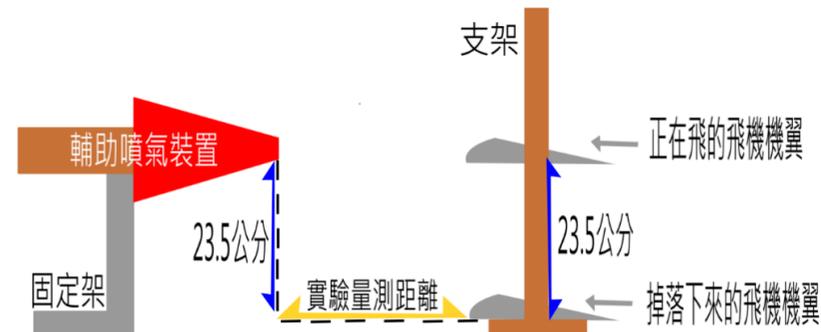
# 伍、研究方法

## 研究一:輔助噴氣裝置



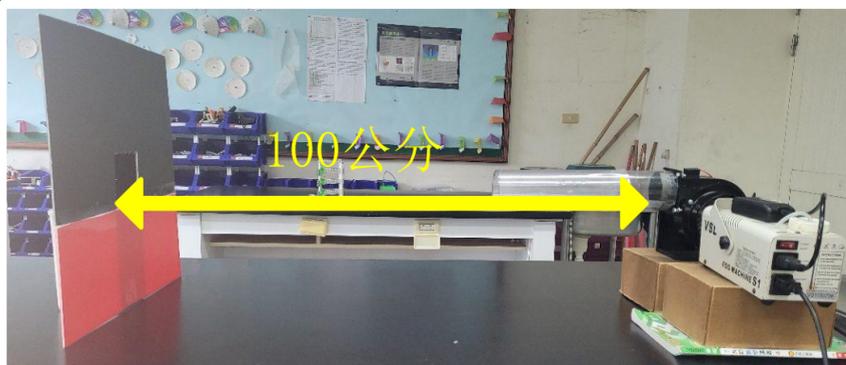
將不同裝置放置於離測試點50公分的距離，並測試架後的煙霧狀況以及風速

## 研究二:飛機機翼



將不同飛機機翼安裝於支架上的23.5公分處，並緩慢的將輔助噴氣裝置離機翼直到機翼掉下來，然後紀錄和出風口的距離

## 研究三:整流



將鼓風機用塑膠片延長34公分後架高18公分，將架高18公分的測試架移置100公分處，並測量測試架後的煙霧情況以及風速。

## 研究四:升力

依序將鼓風機、粗吸管牆、支架擺好，並在支架上安裝好機翼，然後在機翼上層安裝風速計，最後測量各機翼上層的風速



# 陸:實 驗 結 果

## 研究一:輔助噴氣裝置

### 實驗1-1:有無加輔助噴氣裝置

實驗目的:探討輔助噴氣裝置可否加強氣流

裝置	沒有加輔助裝置	基礎型
結果		
煙霧	較集中	較稀薄
風力	4.6公尺/秒	5.1公尺/秒
總結	發現通過裝置吹出來的煙霧較多	

### 實驗1-2:入煙方式

實驗目的：透過不同入煙方式找出較容易觀察氣流流向的裝置

裝置	在旁邊加裝寶特瓶	基礎型
結果		
煙霧	幾乎沒有	較多
風力	3.1公尺/秒	5.1公尺/秒
總結	通過保特瓶吹出去幾乎沒有煙霧產出	

## 實驗1-3出風口寬度

實驗目的: 透過改變出風口寬度看會有甚麼效果

名稱	將出風口設為3公分	基礎型
結果		
煙霧	幾乎沒有	較多
風力	3.3公尺/秒	5.1公尺/秒
<b>總結</b>	<b>出風口變寬時，煙霧會在測試架前散掉。</b>	

## 實驗1-4延長路徑

實驗目的: 探討延長出風口有無加強塑形氣流之功能

名稱	將出風口延長5公分	基礎型
結果		
煙霧	幾乎沒有	較多
風力	3.3公尺/秒	5.1公尺/秒
<b>總結</b>	<b>出風口變寬時，煙霧會在測試架前散掉。</b>	

## 研究二:飛機機翼 和 研究四:升力

### 實驗2-1材質

實驗目的: 找出飛機機翼最佳的材質

裝置	紙	厚塑膠片	薄塑膠片
結果	23.5公分	14.0公分	19.4公分
風速	4.5公尺/秒	4.5公尺/秒	4.8公尺/秒
<b>總結</b>	<b>紙製機翼掉下來時，與出風口的距離最遠</b>		

### 實驗2-2材質(重量一樣)

實驗目的: 驗證材質實驗是重量影響結果的假設

裝置	2.86克紙	厚塑膠片	2.86克薄塑膠片
結果	1.36公分	14.0公分	13.7公分
風速	4.2公尺/秒	4.5公尺/秒	4.7公尺/秒
<b>總結</b>	<b>紙製機翼掉下來時，與出風口的距離最遠</b>		

### 實驗2-3等重量放大縮小

實驗目的: 找出在不同大小、相同比例、相同重量時，

效果最好的模型

名稱	等重30公分	等重27公分	等重24公分
結果	14.6公分	16.2公分	23.2公分
風速	6.1公尺/秒	6.3公尺/秒	7.0公尺/秒
名稱	等重21公分	等重18公分	等重9公分
結果	17.8公分	12.2公分	10公分
風速	5.3公尺/秒	4.8公尺/秒	4.6公尺/秒
<b>總結</b>	<b>飛機機翼掉下來時和出風口的距離依序為: 等重24公分&gt;等重21公分&gt;等重27公分&gt;等重 30公分&gt;等重18公分&gt;等重9公分</b>		

## 實驗2-3等比例放大縮小

實驗目的: 找出在不同大小、相同比例、相同重量時，效

果最好的模型

名稱	等比30公分	等比27公分	等比24公分
結果	22.8公分	24.1公分	28.9公分
風速	6.0公尺/秒	6.4公尺/秒	6.7公尺/秒
名稱	等比21公分	等比18公分	等比9公分
結果	19.2公分	13.5公分	10.2公分
風速	5.5公尺/秒	4.9公尺/秒	4.6公尺/秒
<b>總結</b>	<b>機翼掉下來時和出風口的距離依序為: 等比24公分&gt;等比27公分&gt;等比30公分 &gt;等比21公分&gt;等比18公分&gt;等比9公分</b>		

## 研究三:整流

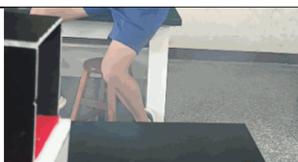
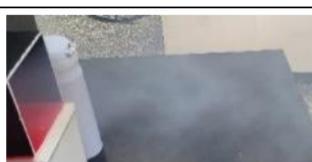
### 實驗3-1有無吸管

實驗目的: 觀察吸管能否改善風會產生亂流的問題

名稱	無吸管	細吸管
結果		
煙霧	較少	較多
風速	4.8公尺/秒	4.9公尺/秒
<b>總結</b>	<b>有加吸管的氣流較直，無加吸管的的風速較快， 在一百空尺處的風速則相似</b>	

### 實驗3-2:有無吸管

實驗目的: 觀察吸管能否改善風會產生亂流的問題

名稱	紙細吸管	塑膠細吸管
結果		
煙霧	較少	較多
風速	4.2公尺/秒	4.9公尺/秒
<b>總結</b>	<b>塑膠製吸管的風速較高，且氣流較穩</b>	

### 實驗3-3:粗細吸管

實驗目的: 觀察不同口徑的吸管對改善亂流的功能

名稱	粗吸管	細吸管
結果		
煙霧	較少	較多
風速	5.6公尺/秒	4.9公尺/秒
<b>總結</b>	<b>細吸管柱的煙霧較準，粗吸管的風速較快</b>	

# 實驗3-4粗細吸管搭配

實驗目的: 觀察不同的吸管搭配對改善亂流的功能

名稱	粗細吸管	細粗吸管
結果		
煙霧	最多	第三
風速	5.4公尺/秒	5.2公尺/秒
名稱	細細吸管	粗粗吸管
結果		
煙霧	最少	第二
風速	4.9公尺/秒	5.9公尺/秒
總結	粗細吸管柱的綜合實力最好，粗粗吸管柱的風速最高，細細吸管的準度最高	

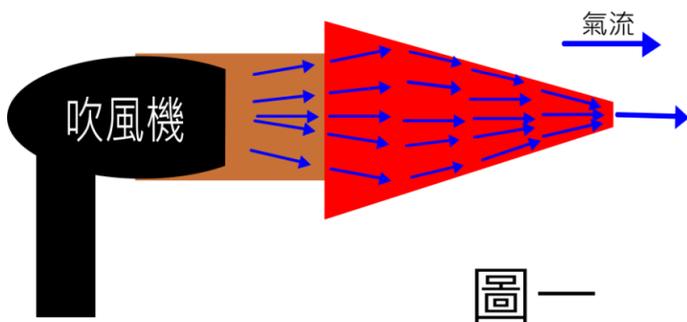
## 實驗3-5紗網

實驗目的: 觀察紗網對改善亂流的功能

名稱	有紗網細吸管	無紗網細吸管
結果		
煙霧	很少	較多
風速	4.9	4.9
總結	不加紗網時的風速和準度都比較好	

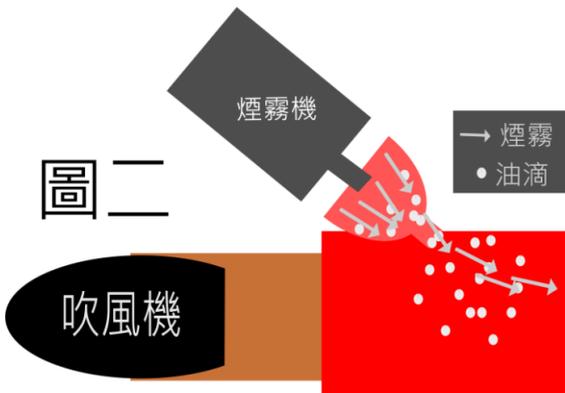
## 陸、實驗討論

實驗1-1結果探討:



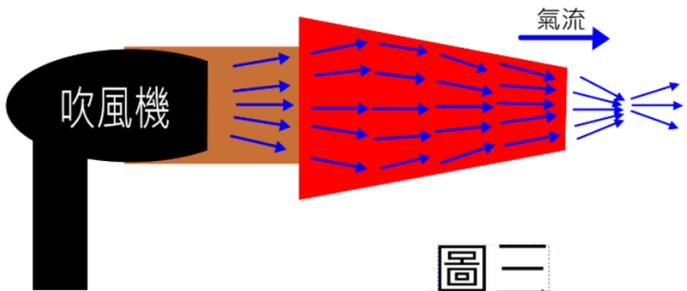
圖一

實驗1-2結果探討:



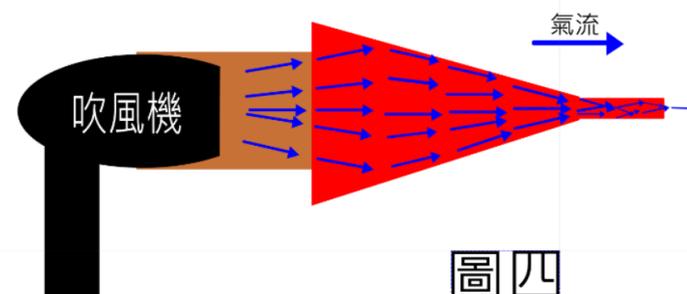
圖二

實驗1-3探討原因:



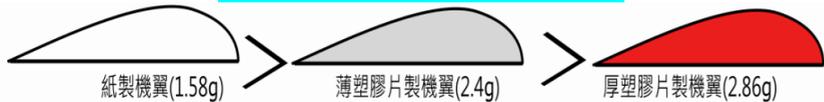
圖三

實驗1-4結果探討

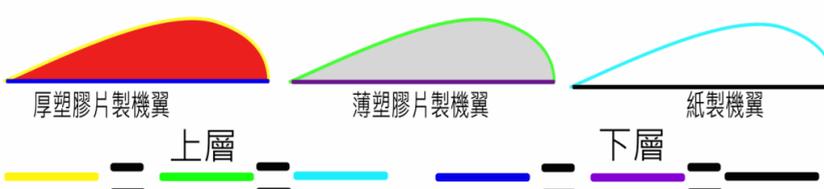


圖四

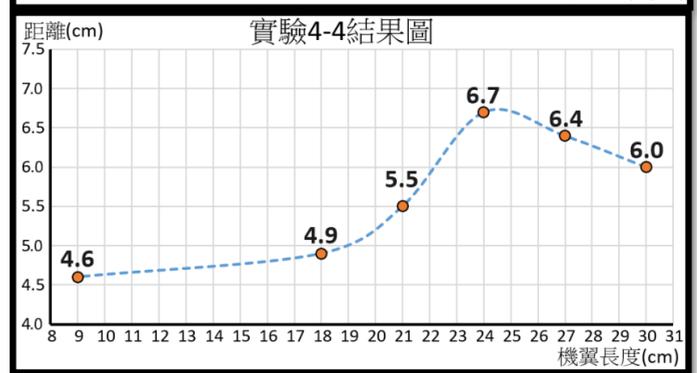
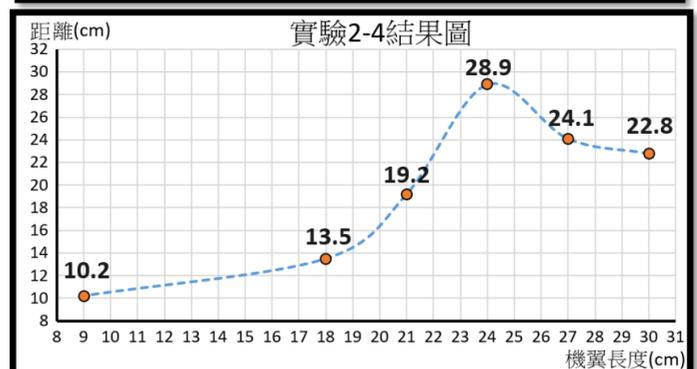
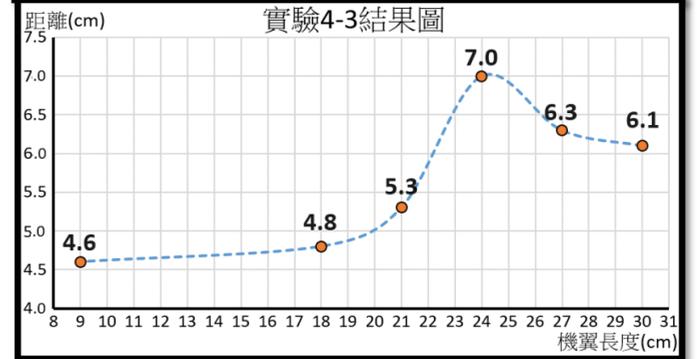
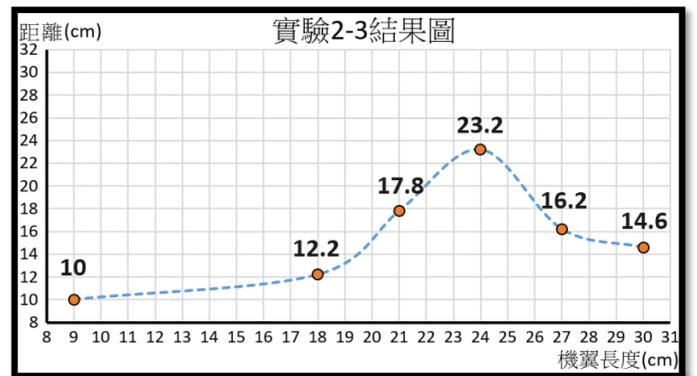
實驗2-1和實驗4-1探討原因:



實驗2-2和實驗4-2探討原因:

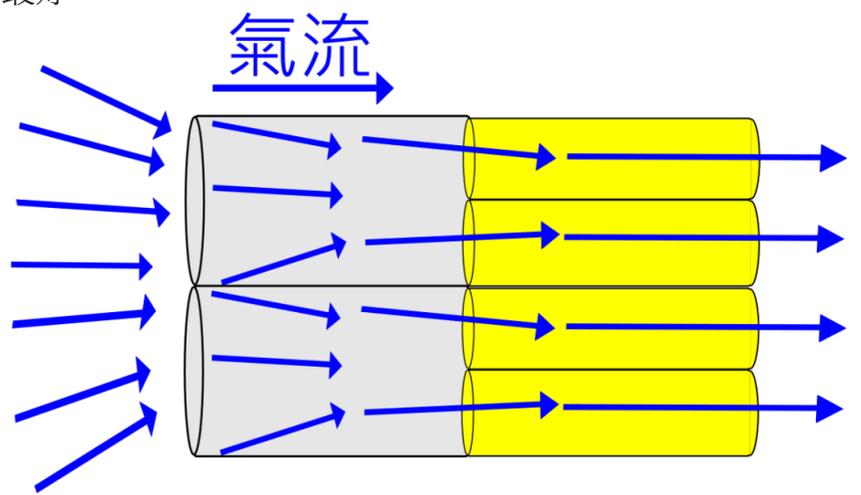


實驗2-3、實驗4-3、實驗2-4和實驗4-4圖表:



## 研究三結果討論

我們透過改變吸管的材質、口徑、有無紗網以及各種吸管搭配，找出了最能整流的組合，也就是先通過粗細館後再進入細吸管，且不安裝紗網的吸管搭配的整流效果最好。



## 柒:結論

在決定好實驗方向為白努力效應後，我們選定了飛機機翼作為我們的主題。

輔助噴氣裝置實驗，發現由吹風機吸入煙霧後，通過出風口為1公分且不延長路徑的輔裝置1-1-1，其噴出的煙霧最多，風力最大。

飛機機翼實驗。我們發現，材質不影響結果，真正影響的是重量。也觀察到，當飛機機翼形狀在寬度為10公分、形狀原形為18公分基礎型時，用長為24公分的長方形做出來的機翼模型，可以用最少的風力維持飛行狀態。

整流實驗，發現吸管的直徑越小，氣流就越匯聚，但風力也會越小，吸管越長，氣流就越準。

研究四升力，各模型產生的升力和其在研究二的距離成正比。

在這次實驗中，我們學到了自己設計實驗，自己準備實驗材料以及自己討論實驗結果。在未來還可以針對不同機翼形狀、氣流溫度等變因設計實驗，找出最好的飛機機翼模型。