

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中(職)組 成果報告表單

題目名稱：圓風不動——探討風速在障礙下的關係變化

一、摘要：

本研究探討一氣流遇圓盤阻擋後的風速變化特性。利用風速計在風扇後進行實驗，探討圓盤半徑與風扇後距離之風速與正負風向變化。由結果可知，風速會隨距離而有 4 階段變化，在距離較短時，風向與原始的風向相反，風速先升後降；距離較大時，風向與原始風向相同，風速持續上升到最大風速後緩慢下降。而在正、負風向之間，有一距離風速為 0，此距離會受圓盤半徑而產生相似於線性的變化。另外 4 階段變化之距離則與風扇風速大小無關，但無論是正方向或是反方向，風速皆與原始風速呈正相關。

二、探究題目與動機

在自然探究與實作其中一個課程裡，我們發現電扇中軸線上的風速並非隨距離變長而變小，而會有漸小後又增大的現象，與我們預測情況不相符。隨後我們想知道電扇中間的圓盤是怎麼改變風速的。我們一般炎熱夏日用的電風扇，會不會因圓盤而吹不到風，亦或有其他影響？

三、探究目的與假設

(一)找出這種現象的原因 (二)分析不同圓盤對這種現象的影響

四、探究方法與驗證步驟

一、實驗一：

(一)操作變因：1、圓盤大小 2、風扇與風速計的距離 3、風扇風速

(二)應變變因：1、風速

(三)控制變因：1、風速計，2、圓盤與風扇的距離(10.3cm)，3、無風環境(室內)

(四)實驗步驟：



圖(1)

二、實驗二：

(一)操作變因：1、圓盤大小 2、風扇與風速計的距離

(二)應變變因：1、風速

(三)控制變因：1、風扇的風速 2、風速計 3、圓盤與風扇的距離(9.2cm) 4、無風環境(室內)

(四)實驗步驟：



圖(2)

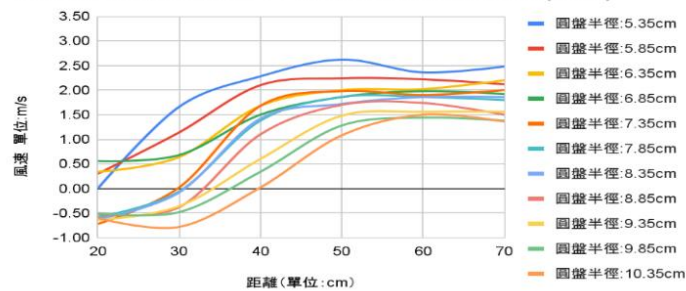
三、研究結果:

負風速代表測量到與原始風向相反的風，即風速計轉向相反(逆時鐘旋轉)。定義風扇的中心為原點，風扇轉軸為 X 軸，以下實驗所測得風速皆為 X 軸方向風速。

(一)實驗一：

1、距離與風速的關係

在不同大小圓盤阻擋下，距離與風速的關係圖(大風)

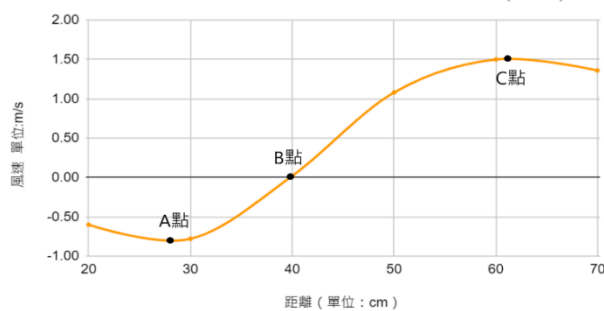


圖(3)

可發現距離與風速的關係，在距離短時變化較明顯，而增加到特定距離時，風速會出現另一種變化，也發現圓盤半徑越大，其距離與風速關係折線會往右下移動。

以圓盤半徑 10.35cm 為例，可將風速變化分為 4 階段。

半徑10.35cm圓盤阻擋下，距離與風速的關係圖(大風)



圖(4)

上表依風速變化的方式標出 A、B、C 三點。A 點為反方向風速為最大值之距離。B 點為風速為 0 之距離。C 點為正方向風速微幅上升且接近風速最大值之距離。

(1) 第一階段為距離 10.3cm 至 A 點，10.3cm 為風速計緊貼圓盤之距離。第一階段中，風速會維持一小段 0.0m/s 而後隨距離增加而變大，方向為反方向。

(2) 第二階段為 A 點至 B 點，風速會隨距離增加而降低，方向為反方向。

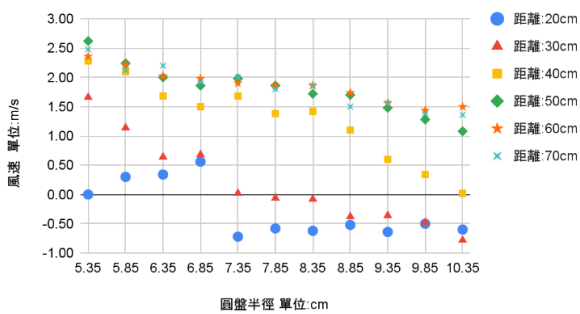
(3) 第三階段為 B 點至 C 點，風速會隨距離增加而上升，方向為正方向。

(4) 第四階段為 C 點以後，風速不明顯改變。

2、圓盤半徑與風速的關係：

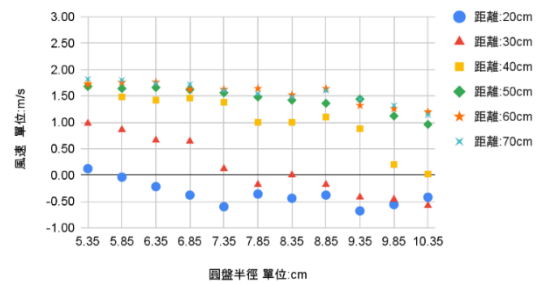
(二) 圓盤半徑與風速的關係：

不同距離下，圓盤半徑對風速的影響(大風)



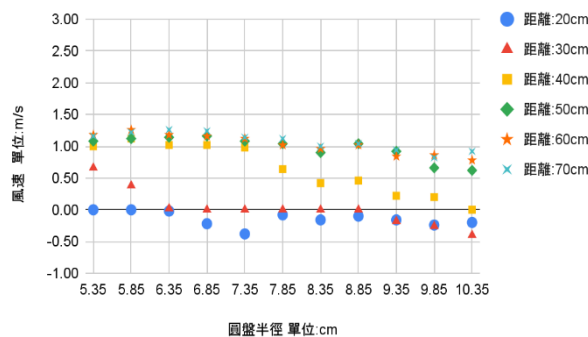
圖(5)

不同距離下，圓盤半徑對風速的影響(中風)



圖(6)

不同距離下，圓盤半徑對風速的影響(小風)



圖(7)

從上述圖表可看出：

(1) 整體而言，風速隨圓盤半徑增加而減弱。近距離(20cm~40cm)正方向風速隨圓盤半徑增加而成反方向；在反方向風速會隨圓盤半徑增加而上升至一定值後無明顯變化。遠距離(50cm~70cm)風速接近且減弱幅度相似。

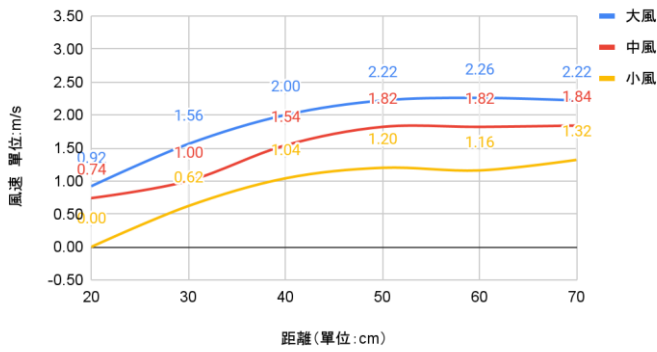
(2) 圓盤半徑造成風速的影響趨勢，不會因風扇風速改變而有明顯變化。

3、風扇風速對實驗結果之影響

將風扇可變動的範圍中，定義特定之風速為大、中、小三種風，來進行實驗採樣。

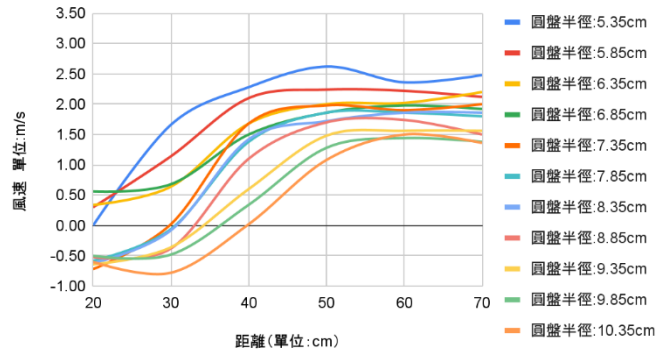
定義在無圓盤且距離 20cm 時，風速測得 0.92m/s 的情況為大風，測得 0.74m/s 為中風，測得 0m/s 為小風。

沒有圓盤時，距離與風速的關係圖



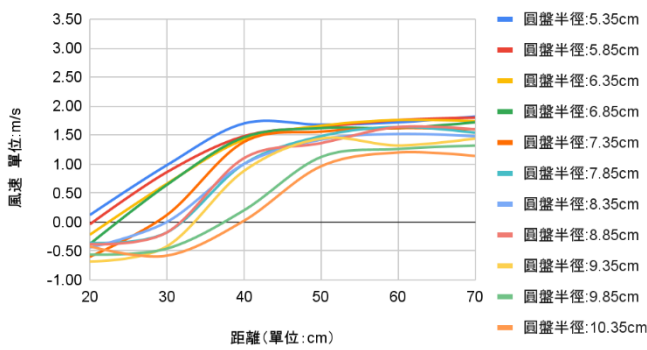
圖(8)

在不同大小圓盤阻擋下，距離與風速的關係圖(大風)



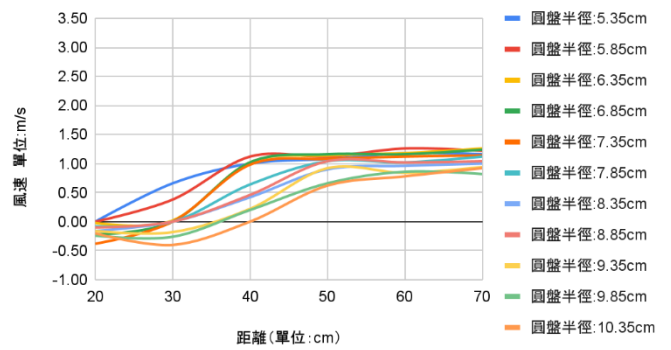
圖(9)

在不同大小圓盤阻擋下，距離與風速的關係圖(中風)



圖(10)

在不同大小圓盤阻擋下，距離與風速的關係圖(小風)



圖(11)

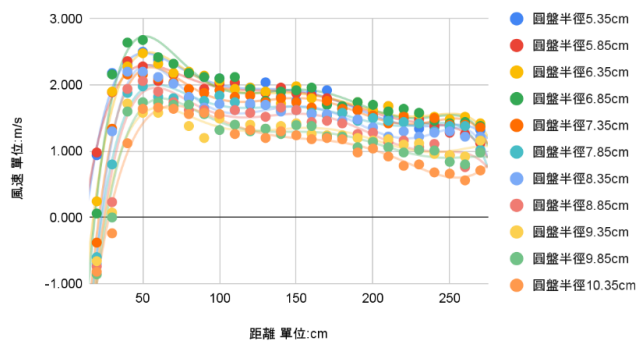
在上圖可知，三種風速的曲線趨勢相似，但受到原本風速強弱影響，變化的範圍也隨著風扇風速減弱而變小(可由圖(9)~圖(11)推斷)。因此小風圖表的走向較其他兩者密集，大風則較疏離。

實驗一缺少距離超過 70 公分時風速的變化，便進行下一步實驗設計，改良原實驗設備使其更容易操作，並將測量距離延長至 270cm。

(二)、實驗二：

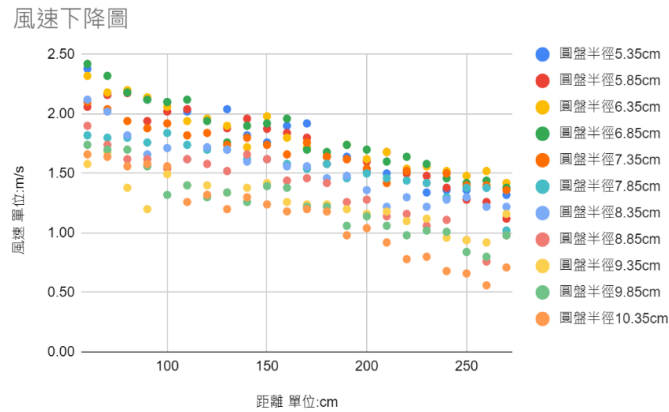
1、距離與風速的關係：

風速與距離的關係



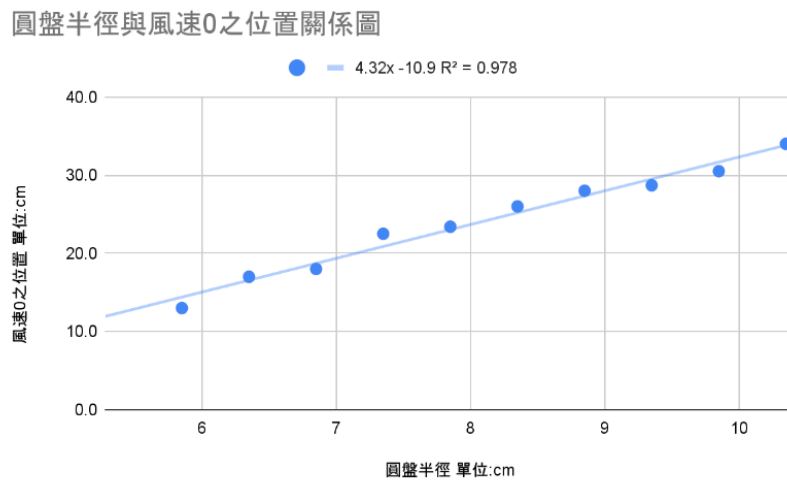
圖(12)

(1)第四階段變化較實驗一明顯，可看出第四階段風速為緩慢降低，使用數學方法分析，以指數衰減曲線預測此線段變化為最佳。將其階段截取下來，如下：



圖(13)

(2)其風速為 0 之距離位於第二階段及第三階段間，測得風速 0 位置(B 點位置)如下圖：



圖(14)

其趨勢線與資料點的分布相近，可以此推測風速為 0 之距離，與圓盤半徑相關性高。

(3)其風速最高點多數位於第四階段前段，測得風速最高點與測量位置如下表：

圓盤半徑

圓盤半徑(cm)	5.35	5.85	6.35	6.85	7.35	7.85	8.35	8.85	9.35	9.85	10.35
風速(m/s)	2.50	2.36	2.48	2.68	2.16	1.98	2.20	2.06	1.72	1.74	1.66
距離(cm)	50	40	50	50	40	50	40	50	40	50	60

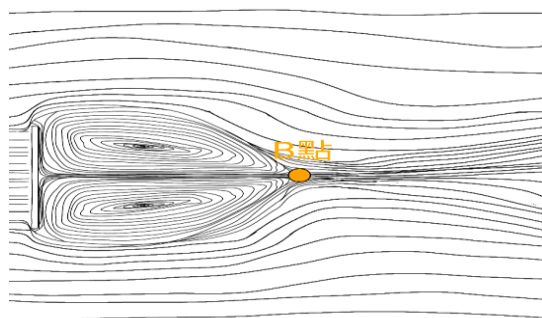
表(1)

風速最高點主要位於 40~60cm，與圓盤半徑相關性不大

(三)實驗解釋

其原因可用參考資料中 Afgan, I. 等人(2013)[1]所做之 LES 模擬解釋。B 點為渦流之端點，風速為 0。當距離不到 B 點時，受渦流之影響，中心風速與原風向相反；距離超過 B 點時則反之。當距離達 C 點時，風速不受到渦流影響，而使風速受空氣阻力而緩慢下降。

下圖為 B 點所在位置示意圖(由作者繪製，未依比例)：



圖(15)

五、結論與生活應用

一、結論

(一)、距離的影響：在同個圓盤的情況下，隨距離增加皆會有 4 種變化方式。在近距離時，風向與風扇的風向相反，風速先升後降；在遠距離時，風速持續上升至極限後會出現趨緩下降的變化。

(二)、圓盤大小的影響：通常情況下，圓盤面積增大，其對應風速會隨之降低。而距離在 20、30、40 公分之下，當正方向風速已降低至 0 或為反方向風時，風速有往反方向增大的趨勢。

(三)、與風扇風速的關係：依風扇風速強弱的不同，其所提供的能量也有強弱之分，趨勢線分布的疏密隨之變化，強風較稀疏，弱風反之。呈現出越小的風扇風速測量結果越往無風速靠近且整體趨勢相似。

(四)、測得風向與原本風向相反的情況：風因障礙物的阻擋產生渦流，而渦流會在特定距離內影響風速，使測得風向與原本風扇不同，而風速為零則是渦流與原始風向互相抵消的結果。

二、生活應用

(一)風扇效率

可在設計風扇時，應用此實驗結果，拉長最大風速出現時的距離、避免圓盤導致風扇效率降低。

(二)建築物設計

1、避免門窗因渦流而難以打開；反之，可設計使厚重的門窗容易推開。

2、使重要、脆弱之建物、物品、雕像放置在風速為 0 之位置，減小風化作用。

參考資料

[1]Afgan, I., Benhamadouche, S., Han, X., Sagaut, P., & Laurence, D. (2013) Flow over a flat plate with Uniform inlet and incident coherent gusts. *Journal of Fluid Mechanics*, 720, 457-485. Retrieved February 15, 2022, from <https://doi.org/10.1017/jfm.2013.25>