

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告格式

題目名稱：正多邊形炮口與空氣炮空氣環的關係研究

一、摘要

本研究探討不同炮口形狀對空氣環的影響，發現圓形炮口的空氣環較穩定，傳播距離與半徑相關，而多邊形炮口的距離值較穩定。研究結果可應用於科學教育、環境監測及娛樂設計，以優化空氣砲的表現並提升實用性。

二、探究題目與動機

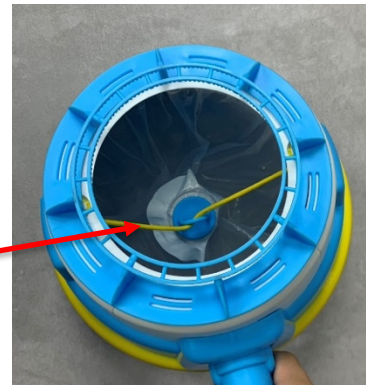
空氣砲常見於科學表演，但大多使用圓形炮口，較少探討不同形狀對空氣環的影響。本研究透過設計不同炮口形狀（如圓形或其他正多邊形），探究其對空氣環的穩定性、速度與傳播距離的影響，以增進對流體力學的理解。

三、探究目的與假設

1. 炮口形狀可能會影響空氣環的形成，不同形狀可能導致空氣環的穩定性不同。
2. 圓形炮口產生的空氣環最穩定，因為其對稱性有助於氣流均勻擴散。
3. 非圓形炮口可能影響空氣環的傳播距離與速度，是否可以產生多邊形般的空氣環。

四、探究方法與驗證步驟

1. 準備空氣砲：購買市面上成熟的空氣砲玩具，做為本研究空氣砲的主要設備。



彈力繩(決定空氣砲的彈力大小)

2. 操縱變因：準備各種不同形狀的炮口

幾種等面積的正多邊形(32.3 平方公分)
與不同直徑的圓形(分別是 4、5.7、7、
8.5cm)



3.控制變因：使用相同的彈射力度與方式發射氣環，以確保結果的可比性。

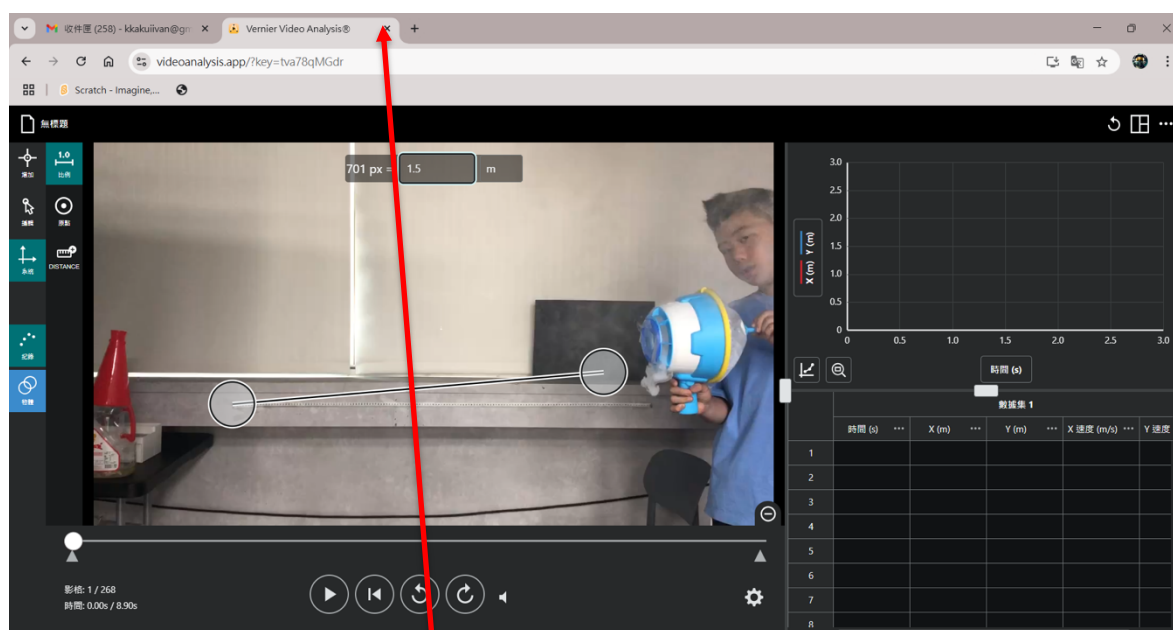


4.測量與記錄：

(1)穩定性：會加入煙霧以便觀察空氣環是否能完整形成，或是否容易破裂。



(2)速度：使用手機攝影並用軟體測量空氣環的移動速度。



Vernier Video Analysis 軟體，畫面中需要一個比例尺，就能分析速度、加速度、位移及各種向量

(3)傳播距離：測量空氣環能穩定飛行的最大距離，同時紀錄其他數據。

5.分析與比較：比較不同炮口形狀下空氣環的表現，確認是否符合假設，並分析原因。

說明：

空氣環又被稱為渦環（vortex ring）是一圈正在旋轉的流體，同時整體向前移動，像一個會飛的甜甜圈。條件是當一團流體（空氣或水）快速推出一個小孔，周圍靜止的流體會產生剪切層，也就是流速快慢的交界面。渦環是封閉的（沒有頭尾），這讓它在旋轉的同時不會像直線渦流那樣散掉。渦環轉得越快，穩定性越高。

6.實驗一：不同正多邊形炮口與形成空氣環的機率

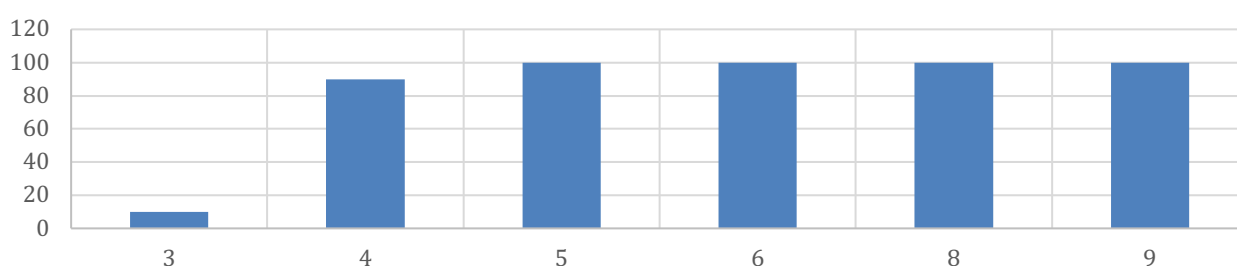
操縱變因：炮口為正多邊形

控制變因：彈力為 320gw

實驗方法：從炮口正前方觀測，拉炮 20 次，計算成形機率

正多邊形	3	4	5	6	8	9
成形機率%	10	90	100	100	100	100

成形機率



討論：三角形以上的正多邊形都很容易成功，推測是因為三角形的形狀容易對空氣環造成影響。可以形成渦環，但不會很穩定，形狀會抖動變形，容易散掉。三個尖角和三段邊讓氣流出來不均勻。渦環形成時就會開始「歪」，會出現三角形扭轉的波動。渦環在飛行中形狀變形，從三角→圓→變形→解體。

7.實驗二：不同正多邊形與空氣環的移動最大距離

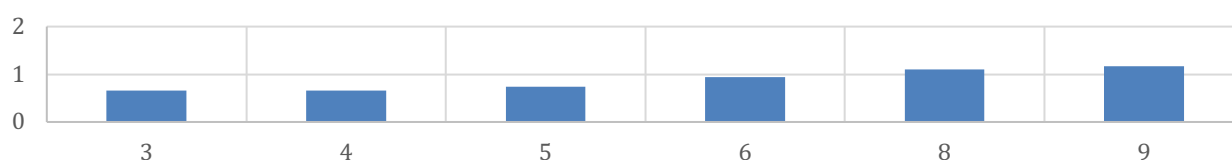
操縱變因：炮口為正多邊形

控制變因：彈力為 320gw

實驗方法：上述第 4 點

正多邊形	3	4	5	6	8	9
最遠距離(m)	0.664	0.665	0.742	0.942	1.1	1.163

不同正多邊形與空氣環的移動 最大距離



討論：多邊形邊數越多，空氣環移動的越遠，因為邊數越多空氣環結構越完整，越不容易散掉。

8.實驗三：不同正多邊形與空氣環的移動速度

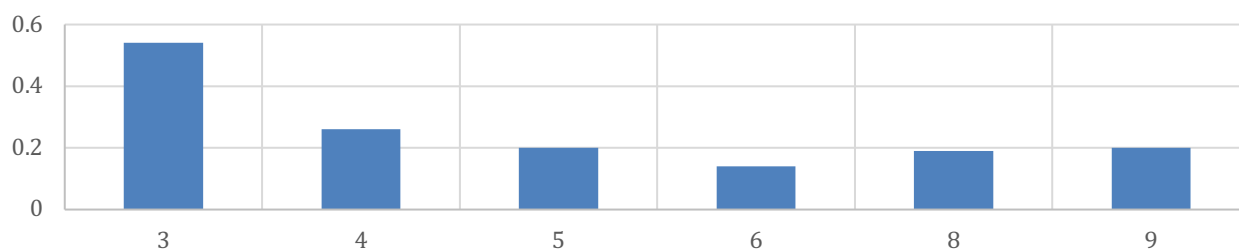
操縱變因：炮口為正多邊形

控制變因：彈力為 320gw

實驗方法：上述第 4 點

正多邊形	3	4	5	6	8	9
平均速度(m/s)	0.54	0.26	0.2	0.14	0.19	0.2

不同正多邊形與空氣環的移動速度

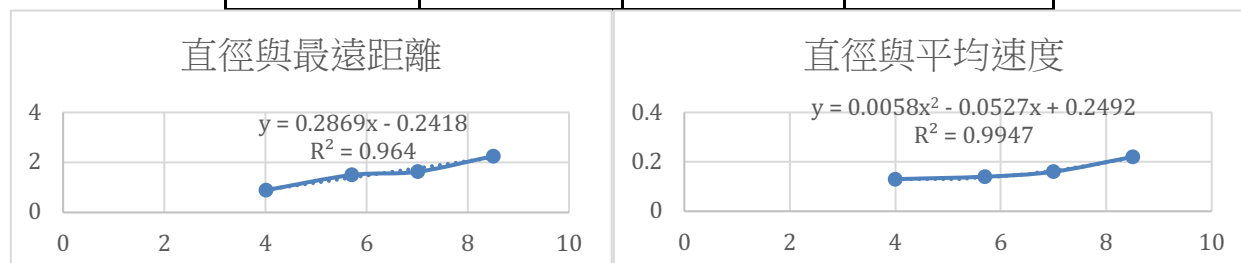


討論：

多邊形邊數越多，移動速度越慢。因為這些正多邊形都是等面積，所以越多邊所形成的外接圓直徑越小，空氣環內氣流互相影響導致移動速度越慢。所以直徑越大越有利。可以預測兩個等邊數的正多邊形，大面積的可以跑得快，但是成環機率還是要看邊數。

9.實驗四：圓形炮口直徑的最遠距離、速度、與成環機率% 控制變因：彈力為 320gw

直徑(cm)	最遠距離(m)	平均速度(m/s)	成環機率(%)
4	0.888	0.13	100
5.7	1.497	0.14	100
7	1.626	0.16	100
8.5	2.251	0.22	100



討論：

圓形是最對稱的情況，空氣環最穩定，所以可以前進的距離，也會越大。同時直徑越大，內部氣流越不會互相影響，可以衝得更快。

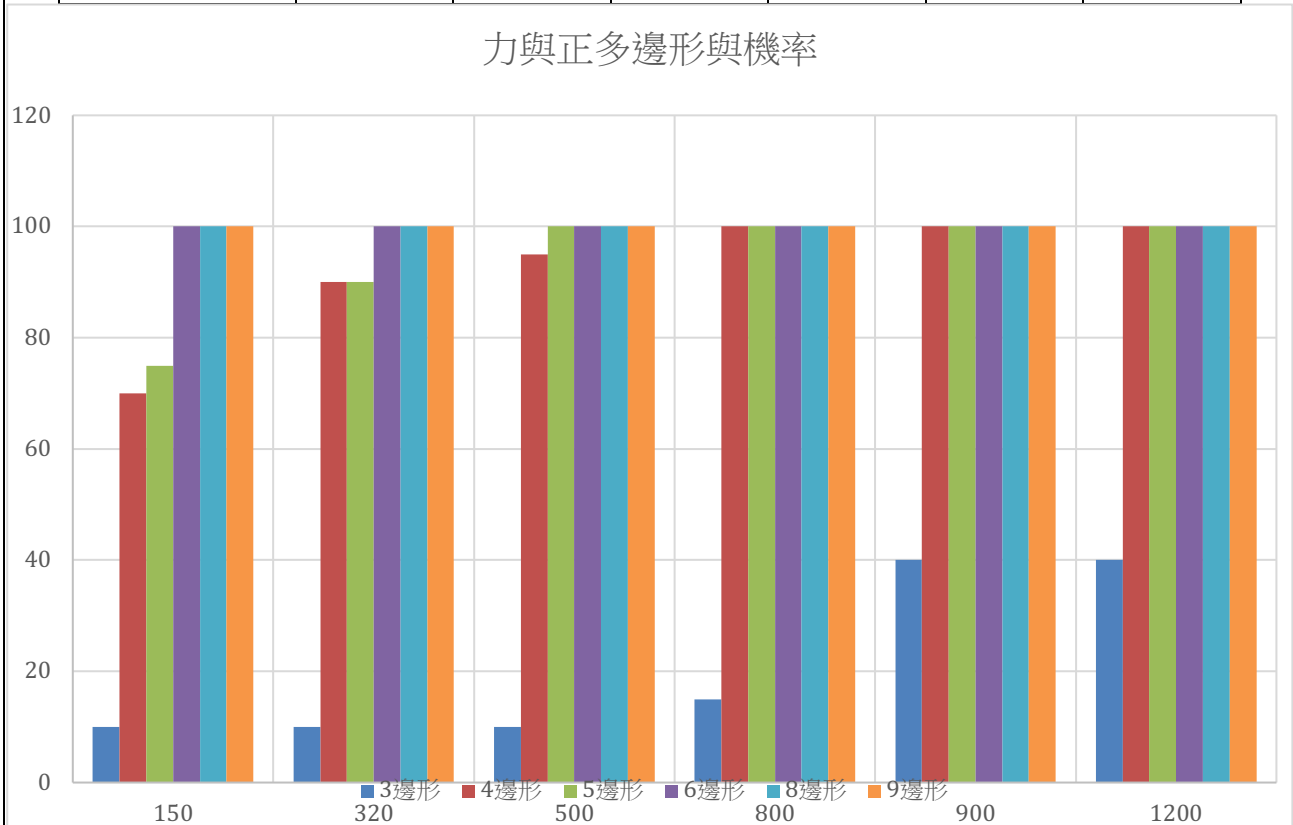
10. 實驗五：不同正多邊形與不同彈力對於空氣環成形的影響

操縱變因：改變彈力(空氣炮裡增加彈力繩，用並聯的方式)

說明：為得知彈力對空氣環形成的影響，我們決定試試看每一種炮口

實驗方法：從炮口正前方觀測，拉炮 20 次，計算成形機率%

	3 邊形	4 邊形	5 邊形	6 邊形	8 邊形	9 邊形
150gw	10	70	75	100	100	100
320gw	10	90	90	100	100	100
600gw	10	95	100	100	100	100
900gw	15	100	100	100	100	100
1200gw	40	100	100	100	100	100
1500gw	40	100	100	100	100	100



討論：

只要越接近圓形，越對稱，成環的機率越高。但彈力是會影響機率的。

1.150gw 對五邊形以下影響較大。

2.三邊形要 1200gw 以上才有較高機率成功。

3.六邊形以上不受力的影響，只要圓形炮口能成環的力，六邊形以上的正多邊形都會成環。

4.彈力越大，能增加成環機率。

5.四邊形炮口形成的空氣環，空氣環有一定的機率扭動，像是一個會扭來扭去的四邊形。

五、結論與生活應用

- 1.不同形狀的距離值存在明顯差異，多邊形正多邊數形邊越多，可以跑的距離越遠，而且越容易形成。
- 2.圓形的距離與半徑大小有關，半徑較大的圓形通常對應較高的距離值。
- 3.由於圓形的半徑不同，其距離值分布較廣，從 0.888 到 2.251 之間。這顯示圓形的大小對距離有顯著影響。
- 4.多邊形的距離值較穩定。六邊形和九邊形的距離值相對接近，變化不如圓形明顯。這意味著隨著邊數增加，距離變化趨於穩定。

生活應用

娛樂與教育：空氣砲常用於科學表演或教育活動，了解炮口形狀的影響可以改進表演效果，使空氣環更穩定、遠距離可見。

環境科技：改進空氣砲技術可應用於煙霧環境監測，利用穩定的空氣環形態來追蹤氣流或污染物質。

運動與遊戲：在設計類似射擊遊戲或娛樂設備時，選擇適合的炮口形狀可以提高遊戲的趣味性與挑戰性。

參考資料

1.學術文章

"Fluid Mechanics" by Frank M. White

2.網路資源

<https://www.khanacademy.org>

<https://ocw.mit.edu>

<https://www.howstuffworks.com/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Fluid_mechanics

3.科學展覽資料

"Science Fair Projects: Air Cannon and Fluid Dynamics"

4.技術文獻

設計與應用空氣砲的工程文獻。

"Design and Optimization of Air Cannon Systems"