

隱形重拳

探討空氣砲發射口徑
對發射威力的影響

自然、科技類獨立研究報告



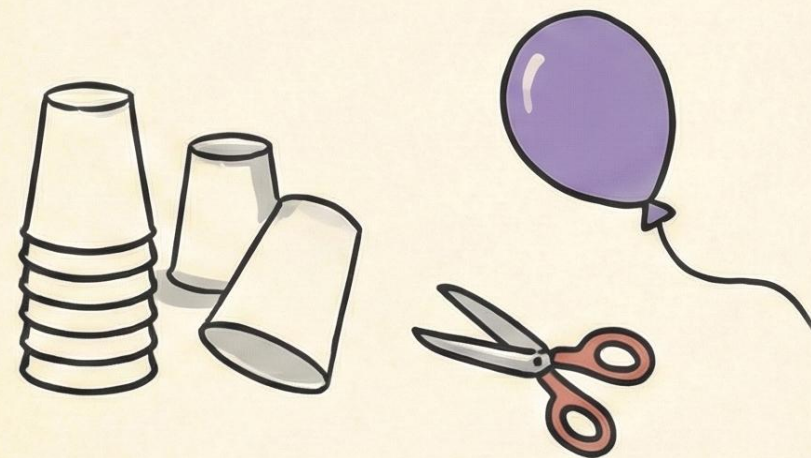
看不見的力量與疑問

起點：在自然課上，老師展示了空氣砲。明明看不見、摸不到，卻能吹熄蠟燭，甚至產生強勁的推力。

觀察：同學們做出的空氣砲效果差異很大。有的強勁精準，有的卻很發散。

假設：關鍵是否在於「洞口大小」？

- 洞口大 = 風量大？
- 洞口小 = 風速快？



當我們拉放氣球時，氣球會快速回彈並推動紙杯內的空氣。被推動的空氣粒子會快速往前擠壓，推動前方的空氣粒子，會互相推擠，導致空氣被推擠到紙杯的開口處。因為開口的範圍比較小，許多空氣被集中擠壓在這個出口，速度變得更快。最後，這股力量會將空氣擠出去，形成明顯的「空氣砲效果」。



初號機的失敗：紙杯的極限



1. 結構崩潰

氣球張力太強，紙杯口容易變形漏氣，甚至在操作時被手捏爛。

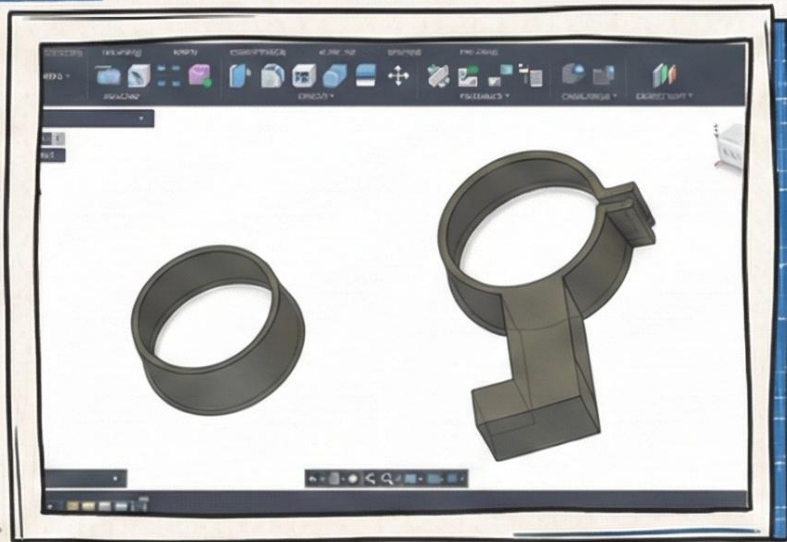


2. 瞄準不穩

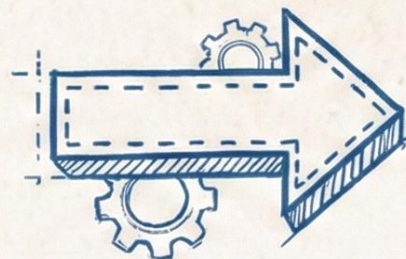
雙手懸空操作，無法穩定對準目標，導致數據波動極大，無法進行科學測量。



技術介入：3D列印的結構補強



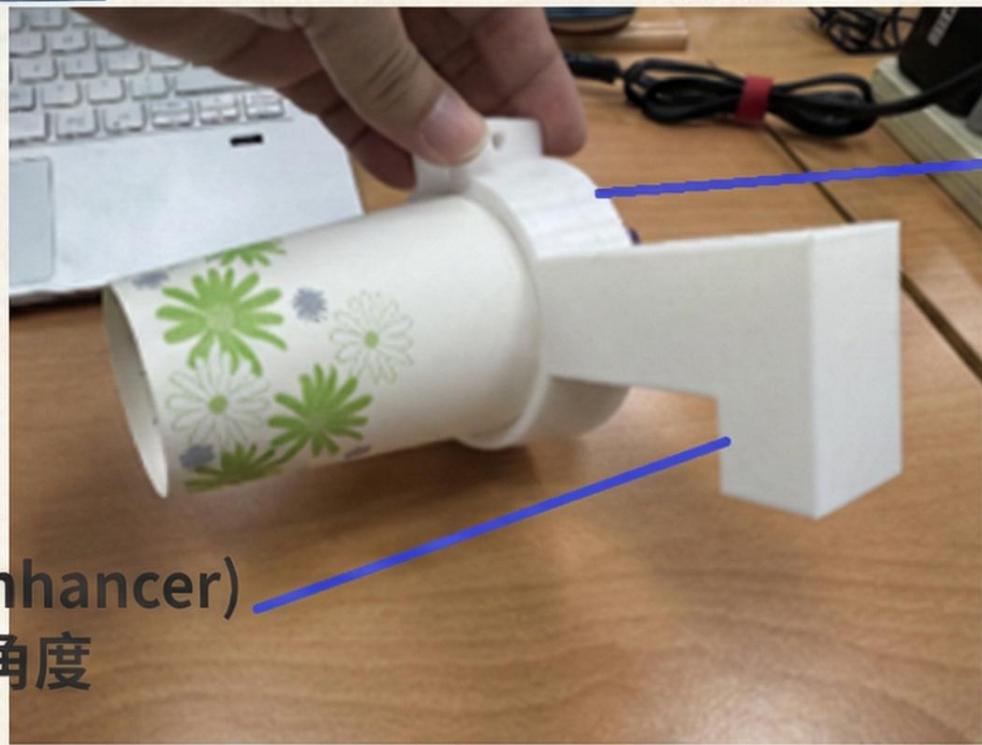
數位設計 (CAD)



實體列印 (Mk 3)

解決方案 (Mk 2 & Mk 3)：設計 3D 列印套環卡在杯內，統一了發射腔室的大小，並徹底解決了紙杯被擠壓變形的問題。

最終型態（肆號機）：消除人為誤差

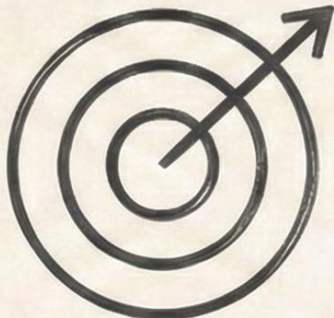
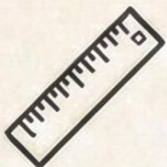
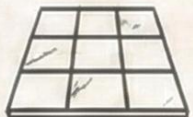
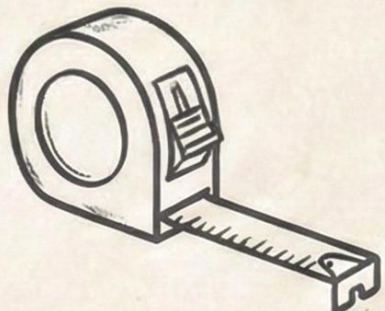


增高器 (Height Enhancer)
- 固定發射高度與角度

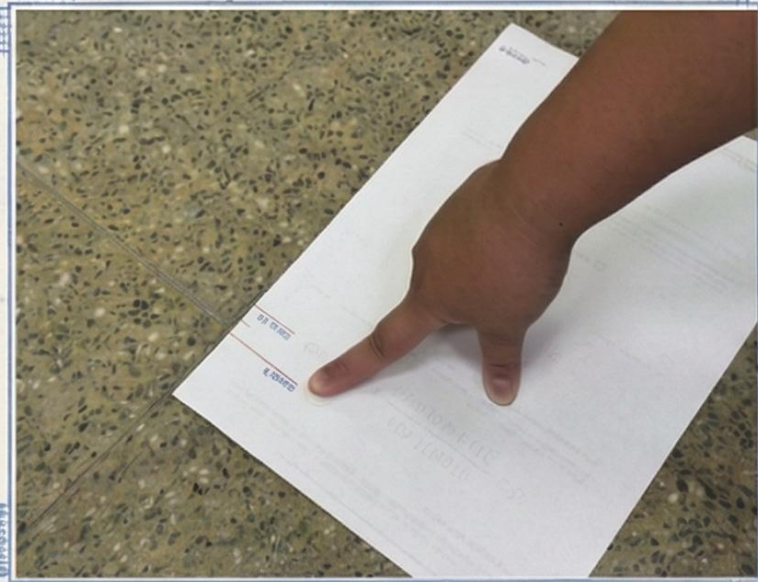
鎖定卡榫
- 防止氣球拉動時脫落

透過機構設計，將「手震」與「角度偏差」完全排除，確保每一次發射的實驗條件完全一致。

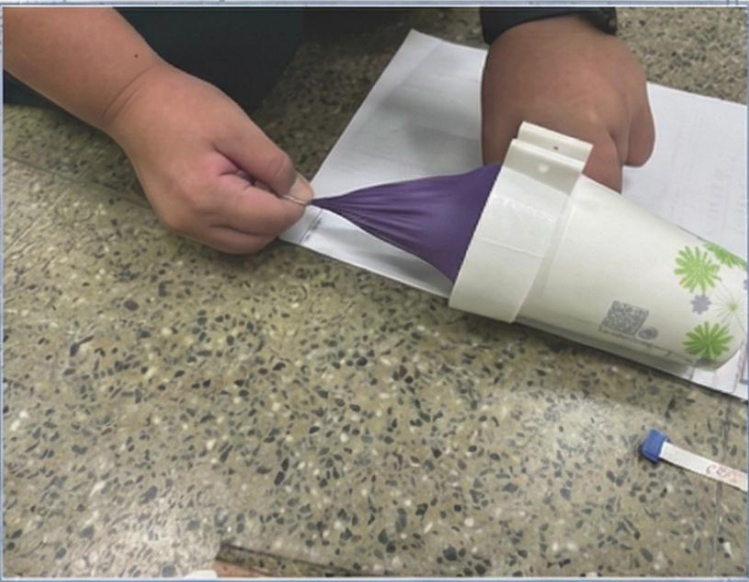
實驗變因設計

操縱變因 (Manipulated)	控制變因 (Controlled)	應變變因 (Measured)
 發射口徑 1cm, 2cm, 3cm, 4cm	 拉射長度：11cm  目標靶：0.66g 紙靶  發射位置：固定地磚	 靶被吹動的距離 (cm)

嚴謹的測試流程



1. 定位
(確認地磚無位移)



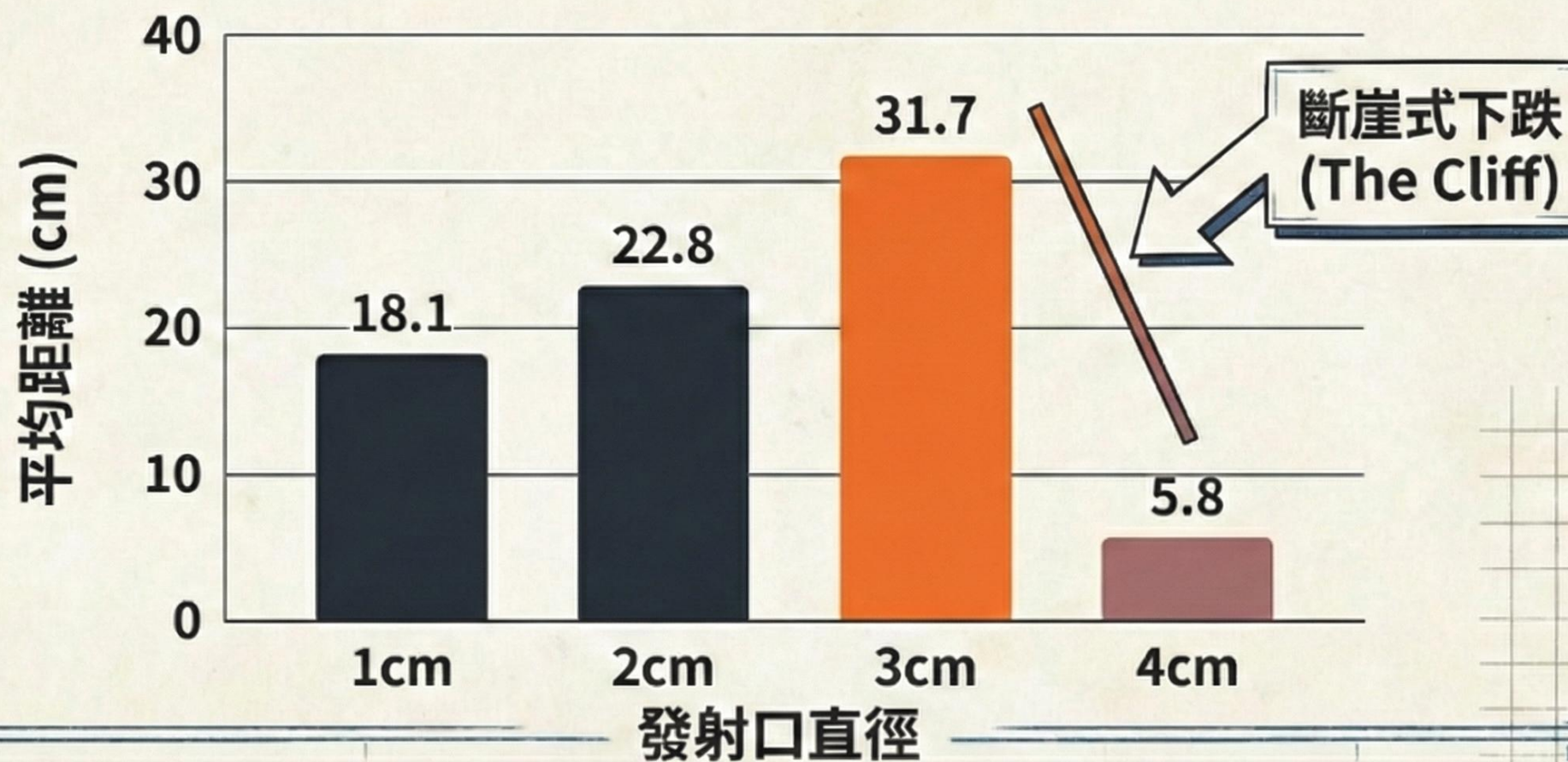
2. 拉射
(固定拉長至 11cm)



3. 測量
(紀錄移動距離)

樣本數：每個口徑重複測試 20 次，確保數據信度。

數據揭曉：非線性的威力變化



最佳口徑：3cm 的黃金比例

31.7 cm

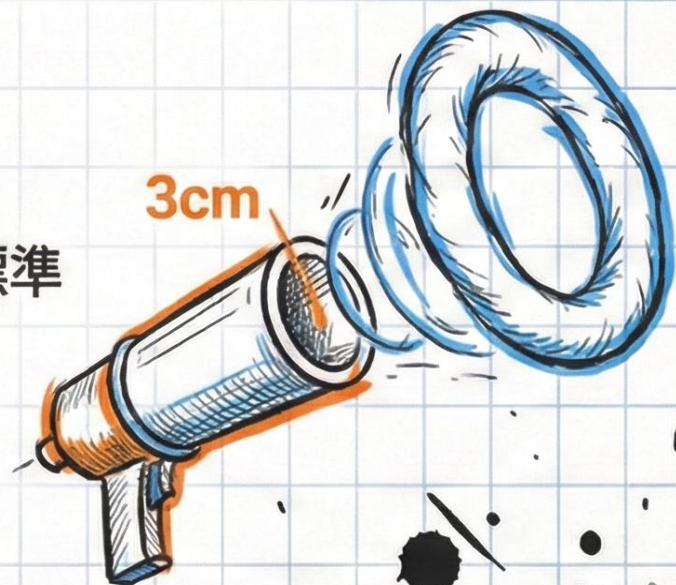
平均移動距離 (Average Distance)

為何是 3cm ？

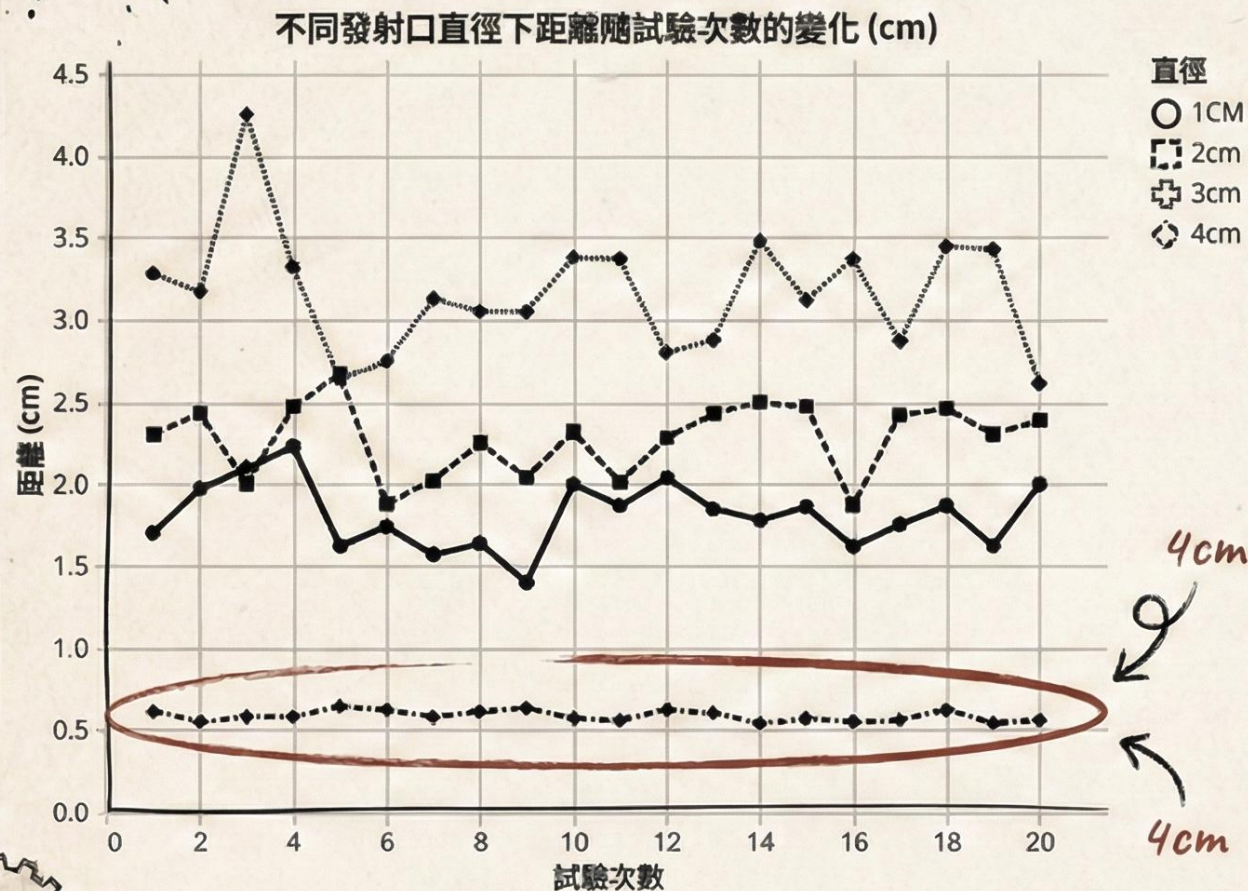
在這個紙杯規格下，3cm 的口徑達到了「空氣量」與「流出速度」的最佳平衡。它能形成結構最完整、能量最強的渦環。

注意事項：

雖然威力最強，但標準差 (3.8cm) 也較高，顯示能量越強，氣流穩定性越難控制。



異常調查：為什麼 4cm 失敗了？

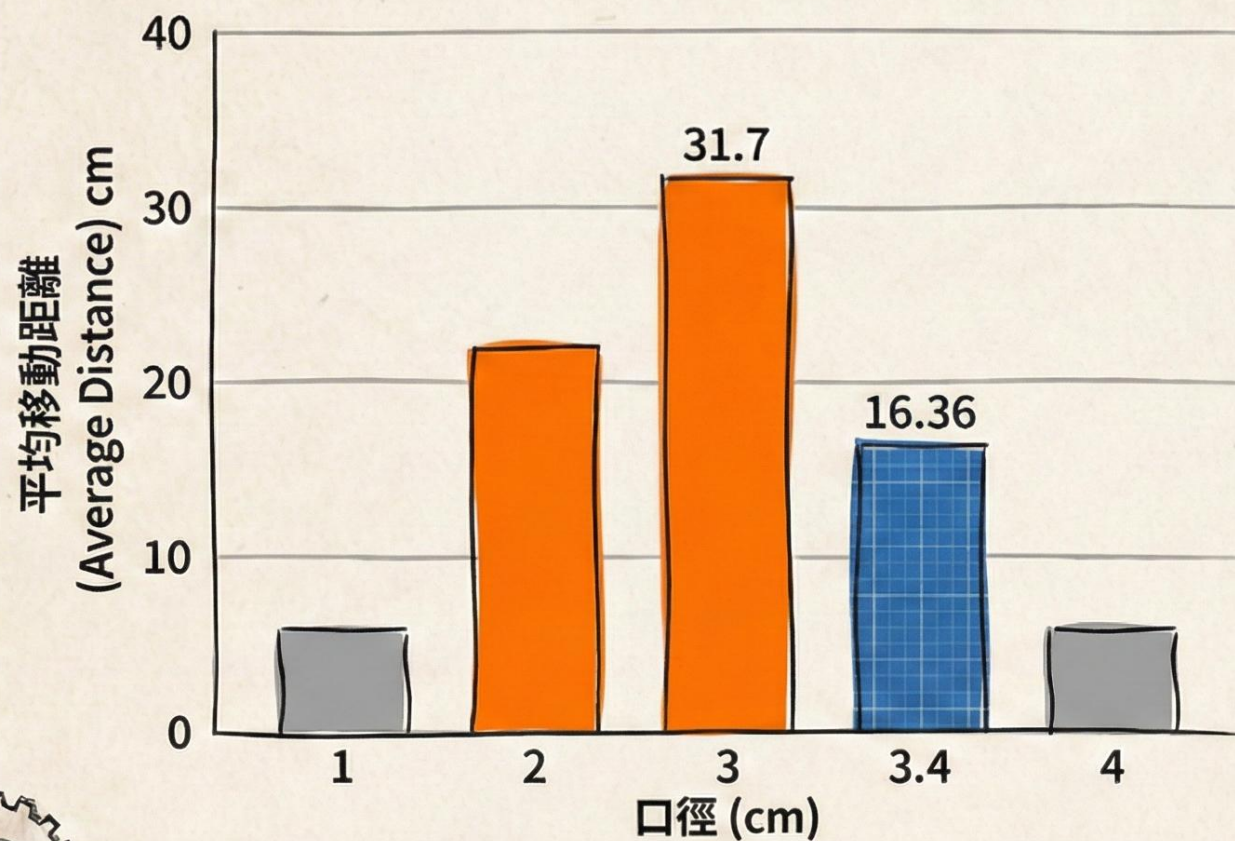


口徑過大 = 渦環失效

當開口擴大到 **4cm** 時，空氣無法被有效壓縮。氣流離開杯口後迅速「擴散」(Dispersed)，無法形成集中的渦環。

結果：平均距離僅 **5.8cm** (幾乎無效)。

求證精神：尋找失落的峰值



追加測試 (3.4cm)

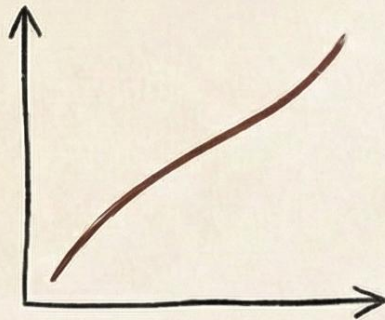
為了確認 3cm 與 4cm 之間是否有更高的峰值，我們增加了 3.4cm 的測試組。

結論：威力已經開始大幅下降，證實 3cm 確實是最佳口徑。

研究結論

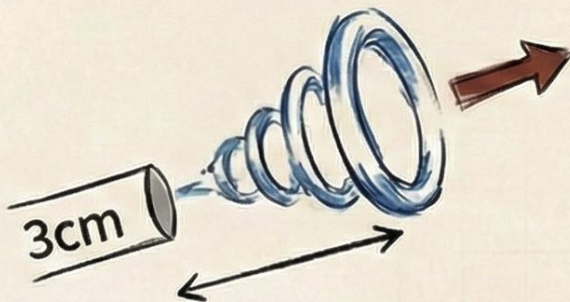
非線性關係

發射口徑對威力有顯著影響，但並非「越大越強」。



3cm 是極值

在本實驗規格中，**3cm** 口徑能產生最強推力 (31.7cm)。



過大即失效

超過臨界點 (**4cm**) 後，渦環結構無法形成，威力幾乎歸零。



省思與收穫：孤獨的研究者

挑戰：

獨自一人進行實驗，拉了幾百次氣球，換來的是手指的紅腫與洗不掉的橡膠味。

成長：

從不懂數據，到學會分析長條圖與標準差。看著試算表中滿滿的數據，那是辛苦換來的成就感。