

2025 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱:火箭隊

作品名稱:多級離子風推進器

科學概念 1 :尖端放電

原子失去或得到電子就會變成離子，尖端放電是一種電離現象，發生在高電壓下的尖端或邊緣，在一個高壓電場下，電場強度超過某個臨界值時，正級會解離出空氣的電子，使其變形成等離子體，並產生微弱的紫外光和臭氧。

科學概念 2 :庫倫靜電力

利用高壓電產生器產生強電場，來把鋁箔尖端周圍的空氣電離，使空氣電離成帶電荷的離子，這些離子化的空氣在高電壓強電場的作用下，會被後方帶負電的鋁箔給吸引，離子會被加速而推擠周圍的空氣，而產生氣流。

1.發想動機：

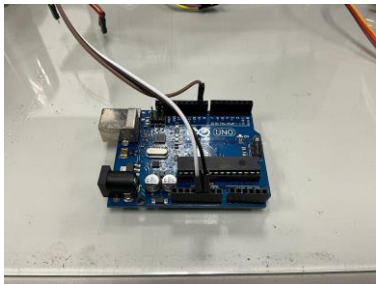
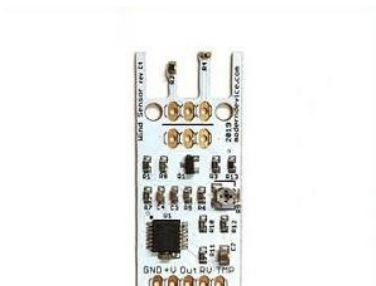
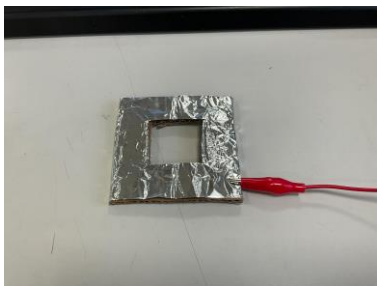
我平時的嗜好就是玩空拍機，但空拍機無刷馬達的噪音很大而且很尖銳，某一天突然看到有新聞報導國外有新創團隊，利用電離方法製作出不需要馬達、引擎的無人飛機，覺得這項技術是未來無人機的方向，便開始著手相關的資料蒐集。MIT 的離子風飛機不僅驗證了電氣化無機械推進飛行器的可行性，更為綠色航空開闢新途徑。儘管面臨能量效率與推力密度的挑戰，隨著材料科學與電力電子的進步，此技術有望在 2030 年代實現商業化應用，重塑未來空中交通方式。

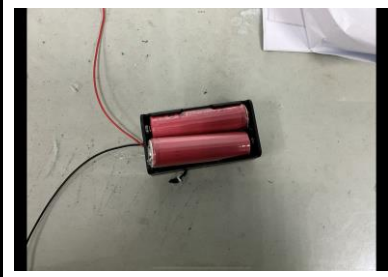
2.作品創意性：

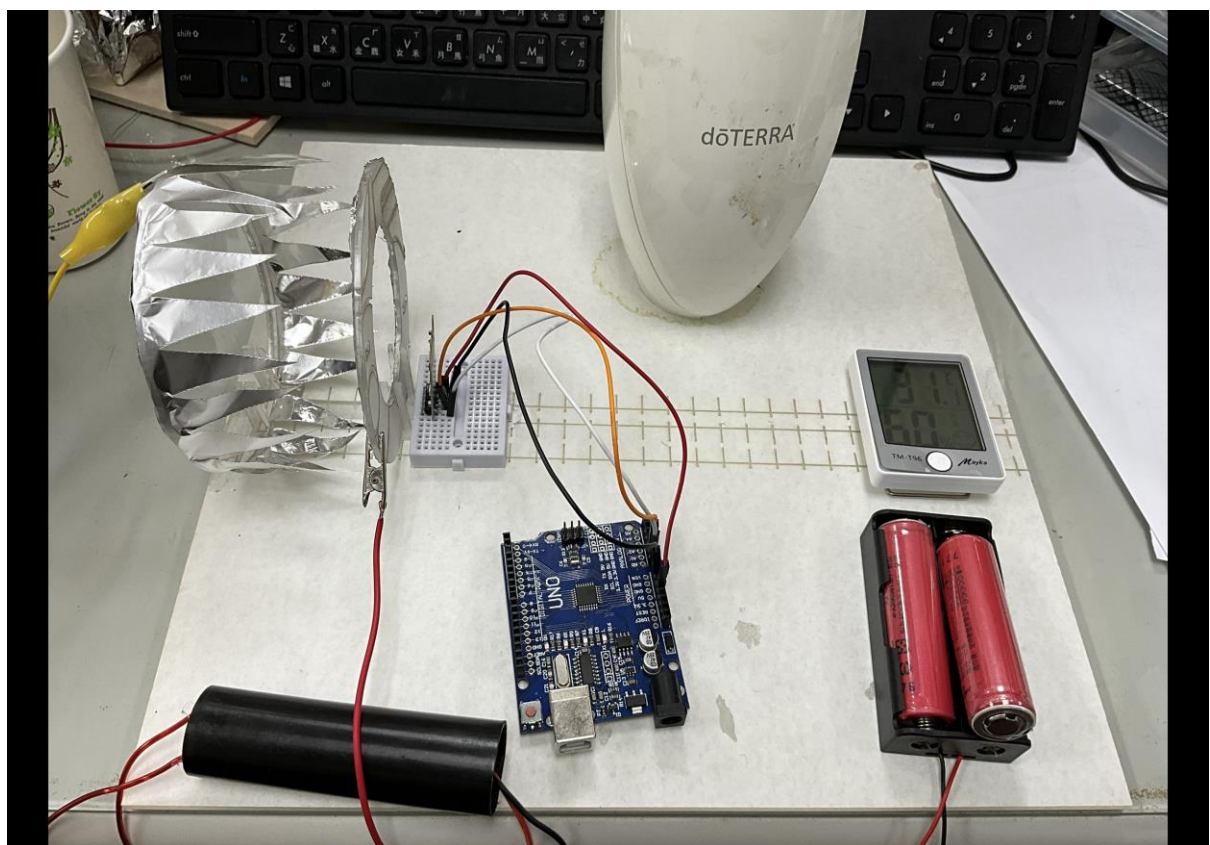
現今的無人機的推進器是相當佔體積的，不論是馬達、螺旋槳或火箭推進器，因此，

很多人第一次看到這個裝置，都會認為沒有推進器怎麼可能升空?根據牛頓第三運動定律，一個東西若對自己施力是不會產生相對運動的，但本作品真正的目的是藉由這些正離子移動來帶動周圍的空氣分子，可以解釋為利用庫倫靜電力來帶動離子，然後利用離子來推開空氣的裝置，與其說沒有使用到機械推進器，這些離子化的空氣就是我們使用的推進器。高電壓電極間形成強電場，電離空氣中例如氮氣分子，產生正離子 (N_2^+)，正離子受電場驅動向後運動，與中性空氣分子碰撞，形成持續氣流 (離子風)。技術突破點為無移動部件設計，消除傳統螺旋槳或渦輪，降低機械損耗與噪音。適用於極端環境 (如沙塵、低溫)，維護成本低。離子風推進技術通過電場加速離子產生推力，具靜音、無移動部件優勢。我們的目標透過優化多級電極設計，探索環境適應性，為實際應用提供理論依據。

3.硬體及電路架構圖

A.Arduino 控制板	B.尖狀鋁箔正極	C.20KV 電壓產生器
		
D.風速器模組	E.電線固定夾	F.鋁箔負極 3 個
		
G.密閉實驗箱	H.溫溼度計	I. 三用電表

		
J.7.2V 鋰電池	K.超音波噴霧器	
		



4. 作品成果說明：(可透過圖表或照片說明之)

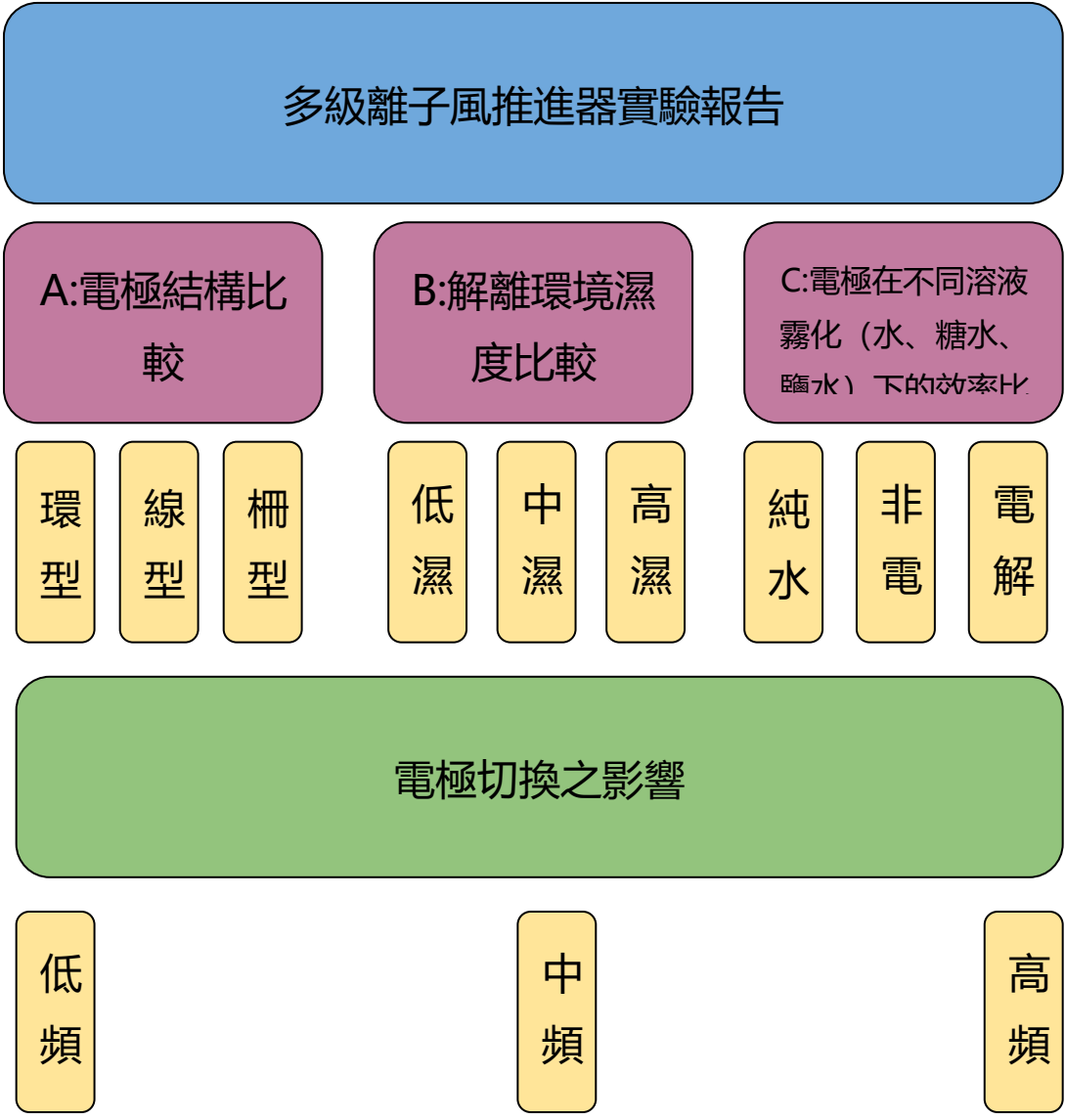


圖 一、研究架構。

。柵狀電極雖能約束離子束，但電阻增加能耗，功率高於環狀。電極加工精度，之後嘗試使用雷射切割確保一致性。也有可能為環境濕度波動，要加強實驗箱密封性。：解離環境濕度比較但性能受限，環狀電極在風速、效率有不錯的表現，但不容易製作，手工難度高。柵狀電極雖然功率高但製作容易，因此，之後都採用柵狀電極做測試。

在一次打春雷的下雨天中偶然發現，離子風速大幅的提高，我們猜測可能是空氣中的氣態水分子改變了導電性與解離率，因此我們著手設計通過上述結合實驗過程及實驗設計和觀察方法，假設純水分子本身質量小於氮氣和氧氣，因此單純因「水分子比較輕」導致風速提高會成立。單一水分子的分子量為 18 g/mol ，而空氣中主要成分氮氣 (N_2) 和氧氣 (O_2) 的分子量分別為 28 g/mol 和 32 g/mol 。

(一) 實驗設計：測試不同濕度環境 (50%、70%、90%) 對柵狀電極離子風推進器的性能影響

(二) 環境控制:密閉實驗箱內恆溫 25°C ，避免外部氣流干擾。

(三) 實驗材料與設備:

高壓電源、超音波噴霧器、氣流循環風扇、溫濕度感測器、熱線風速計、三用電表、密閉實驗箱

(四) 實驗環境設定:

- 1.將柵狀電極安裝於密閉實驗箱內，正負極間距固定為 6cm 。
- 2.超音波噴霧器置於實驗箱角落，噴嘴朝上，避免水霧直接噴向電極。
- 3.氣流循環風扇開啟，確保濕度均勻分佈。

(五) 濕度控制方法:

低濕度 (50%)：有時候中午天氣溼度剛好 50%就關閉噴霧器直接實驗，若超過則使用乾燥劑降低濕度。

中高濕度 (70%、90%)：逐步增加噴霧器功率，搭配濕度感測器即時反饋。

穩定時間：每組濕度調整後，等待 10 分鐘使環境穩定。

(六) 實驗步驟

- 1.開啟高壓電源 (20kV)，記錄初始電流值。
- 2.使用熱線風速計在負極後方 1cm 處測量風速，每組電極重複 5 次取平均。
- 3.對比三組電極的風速及能耗差異。

(七) 離子風速與濕度關係

濕度 (%)	平均風速 (mile/hr)	電流 (mA)	功率(w)
50%	2.7 ± 0.2	1.2	0.005
70%	2.9 ± 0.3	7.6	0.04
90%	0.2 ± 0.2	8.2	0.05

(八) 誤差分析與改進

水霧有時候分佈不均影響實驗，可增強氣流循環風速，或使用多噴霧器分散水霧。在電極表面有發現冷凝水干擾，之後會嘗試在電極表面塗覆疏水塗層（如鐵氟龍）。

(九) 結論

最佳濕度：70%環境下，離子風速與效率達到峰值，可能原因為水分子適度輔助電離且未過量復合。高濕度限制：>90%時性能顯著下降，可能為水分子過度復合導致重量加重飛不動，假設在高濕度環境中，水合離子的質量增加，離子（如正離子 H_3O^+ ）會與多個水分子結合，形成水合離子（Hydrated Ions），例如 $\text{H}_3\text{O}^+ \cdot n\text{H}_2\text{O}$ （n 可能為 5-10）。需防水設計或環境控制。

(十) 應用啟發：

未來離子推進器若用於潮濕環境（如雨天無人機），需整合濕度適應系統！

C:電極在不同溶液霧化（水、糖水、鹽水）下的效率比較：

由上個實驗了解氣體對離子推進器影響甚大，所以我們查詢文獻發現 NASA 也是用高解離率的氣體(如氫、汞蒸氣)作為推進氣體，所以我們也想找類似氣體來改善效率，但氫太貴不易取得，汞蒸氣有毒，所以我們就自製高導電的水溶液來嘗能否達到一樣的效果。

(一)實驗設計：探討不同溶液（水、糖水、鹽水）經超音波霧化後，對柵狀電極離子風推進器的以下影響

(二)環境控制:密閉實驗箱內恆溫 25°C，避免外部氣流干擾。

(三)實驗材料與設備:高壓電源、超音波噴霧器、純水、5%糖水、5%鹽水溶液、氣流循環風扇、溫濕度感測器、熱線風速計、三用電表、密閉實驗箱

(四)實驗步驟: 純水組、5%糖水溶液（非導電性）、5% NaCl 溶液（高導電性）。

1.每組溶液單獨使用，避免交叉污染。

2.固定噴霧量（每次 2 分鐘），確保霧化濃度一致。

3.開啟超音波噴霧器，逐步增加霧化強度至目標濕度（70%）

4.開啟高壓電源（20 kV），測量風速與電流，計算功率。

(五) 結果與分析

鹽水組:顯示高導電性促進電離，離子濃度與風速顯著提升，但有發現電極處有結晶需承受電極腐蝕代價可能會加速電極腐蝕。

糖水組:顯示非導電性溶液增加環境黏度，阻礙離子運動，風速與效率下降。

純水組:霧化效率穩定，適合長期運作。

(六)誤差控制與改進

之後可嘗試使用複合電極（石墨導電塗層+柵狀），結合導電與耐久性優勢。

C. 利用磁場集中離子束的效果驗證：

(一) 實驗設計

利用 6 個強力磁鐵與 2 個接地集電極，通過右手開掌定理產生特定磁場分佈，洛倫茲力迫使帶電離子向中心集中，減少散射，驗證其對離子風束的聚焦效果。

(二) 材料與設備

柵狀離子風推進器、強力釹磁鐵 6 個尺寸 $10\times 10\times 5\text{ mm}$ 、接地集電極、兩塊鋁箔板 ($6\times 6\text{ cm}$) 間距 6 cm 、高壓電源輸出電壓 10 kV 、溫濕度感測器、熱線風速計、密閉實驗箱

(三) 磁鐵排列設計

1. 右手開掌定理應用

離子電性：假設為正離子（如氮離子）。

磁場方向：根據右手定則，四指指向離子運動方向（遠離推進器），掌心為洛倫茲力方向（向中心集中），磁場需垂直於離子運動方向。

2. 磁鐵排列方案

對稱雙排設計（如圖 1）：

在兩集電極外側各放置 3 個磁鐵，共 6 個。

磁極方向：

上排：N 極朝內，S 極朝外。

下排：S 極朝內，N 極朝外。

作用：形成水平向內的磁場梯度，迫使離子束向中心集中。

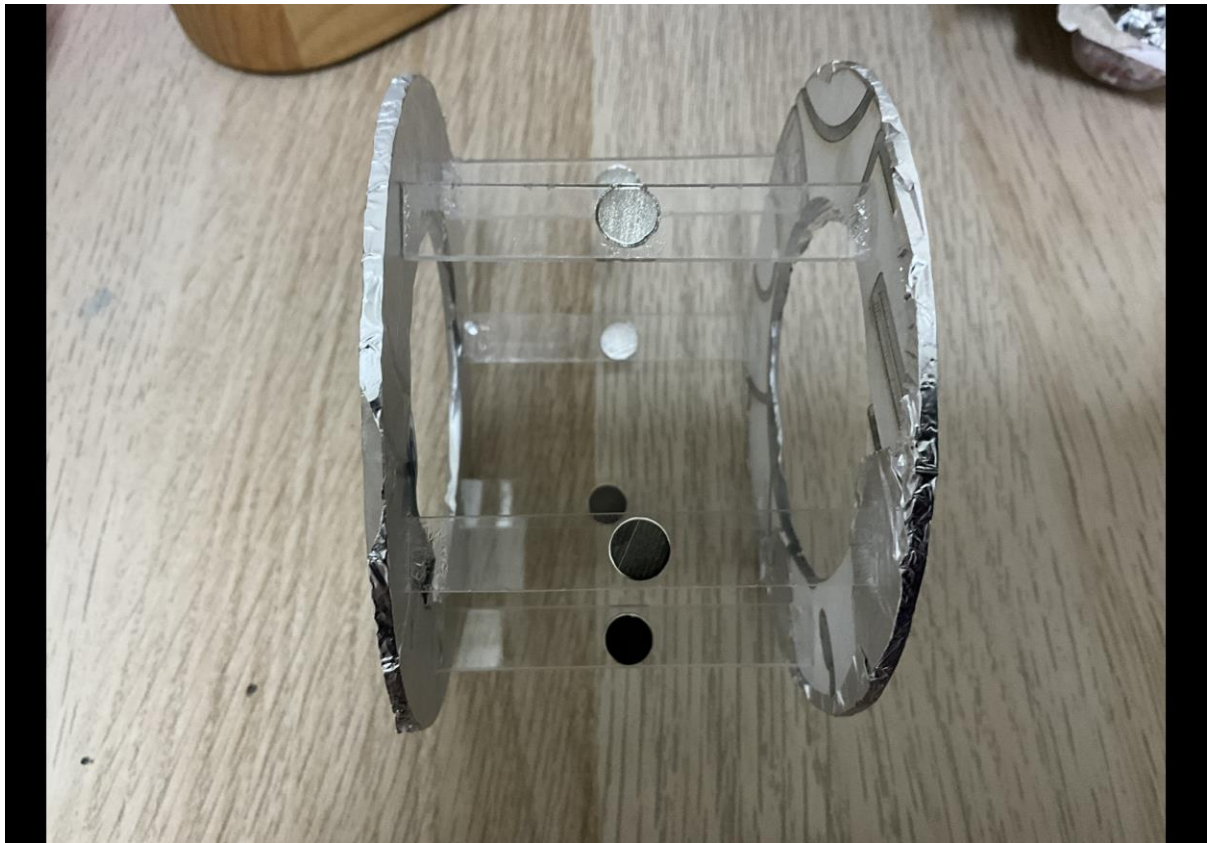


圖 2

(四) 實驗步驟

1. 實驗設置

將離子風推進器固定於實驗箱中心，出口朝右方。熱線風速計安裝於出口處，初始位置對準推進器出口中心。確保實驗箱內無外部氣流干擾。

2. 實驗流程

步驟一：磁場安裝

將磁鐵固定在絕緣壓克力支架上，確保間距對稱。

步驟二：0–5 cm 測量

1. 從推進器出口 (0 cm) 開始，每 1 cm 測量一次風速，共 6 個點。

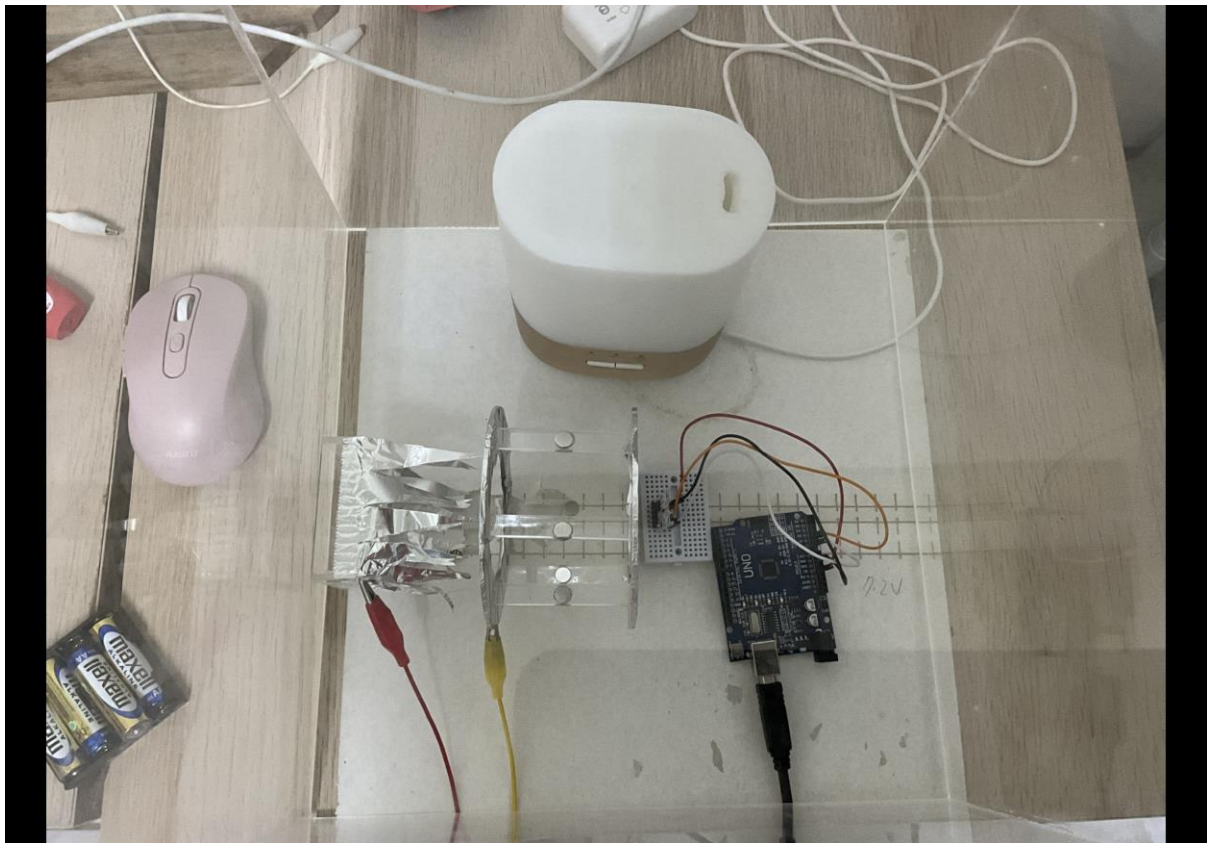
2. 每點測量 3 次，取平均值。

步驟三：5–15 cm 測量

1. 每 2.5 cm 測量一次 (5 cm、7.5 cm、10 cm、12.5 cm、15 cm)，共 5 個點。

2. 重複 3 次測量，排除隨機誤差。

3. 數據記錄：記錄每個位置的風速及環境參數 (溫度、濕度)。



3. 離子束聚焦測試

對照組：無磁場狀態下測量風速。

實驗組：開啟磁場，重複測量並比較。

(五)、結果與分析

對照組：無磁場狀態下測量風速，距離出口 0 cm， $v=2.5 \pm 0.3$ （英里），初始速度最高，無明顯耗散，距離出口 5cm 處空氣阻力主導，動能衰減，離子束完全擴散，距離出口 10cm 處風速趨於 0。

實驗組：開啟磁場，重複測量並比較。距離出口 0 cm， $v=2.6 \pm 0.3$ （英里），初始速度最高，無明顯耗散，距離出口 5cm 處磁場迫使離子向中心集中，減少能量損失。距離出口 10cm 處風速 $v=0.6 \pm 0.3$ （英里）離子束更聚焦，明顯提升推力方向性。

（六）、結論與應用

結論：

磁場聚焦有效，風速效率顯著提升，驗證右手定則的工程應用價值。

應用建議：

1. 優化推進器設計（如多級加速）以延長有效作用距離。
2. 在近場區域整合聚焦裝置（如磁場或機械導流片），可提升局部風速。
3. 此設計不僅深化離子推進技術的物理應用，更為太空推進器的磁場優化提供實證基礎！

5. 參考文獻：<https://tomorrowsci.com/technology/mit-%E9%9B%A2%E5%AD%90%E9%A2%A8%E9%A9%85%E5%8B%95-%E7%84%A1%E4%BA%BA%E9%A3%9B%E6%A9%9F-%E4%B8%8D%E9%9C%80%E7%A7%BB%E5%8B%95%E9%83%A8%E4%BB%B6/MIT> 研發以離子風驅動的無人飛機，不需移動部件也能飛行

