

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告格式

題目名稱: 風電相應：離子風之物理研究與分析

一、摘要

本實驗利用高壓電源對尖端電極施加電場，產生離子風，並透過風速計測量、風力擺錘來驗證氣流變化。結果顯示，隨著電極間距離減少，離子風強度增加，但若距離過小，小於 10mm 則電極末端易發生電弧放電，過大則風速減弱。

二、探究題目與動機

看到網路上有關離子風的相關影片，激起我們的興趣，也想藉此了解其如何產生電離風與他的運作原理。

三、探究目的與假設

1. 電極距離影響：

- (1)改變電極間距(操作變因) (10mm、12mm、14mm…)
- (2)測試風速變化(應變變因)

2. 測量並計算自製風速計的使用數據：

由於離子風產生器的風速過小(小於 1m/s) ，所以自製風力擺錘來測量風力大小。

3. 理論：

當電壓到達門檻電壓(Threshold Voltage)強度時，氣體中靠近電極的部分其絕緣性會被破壞，進而使電極附近開始產生電流的流動。氣體從絕緣體變成導體時常會伴隨著高頻風聲及輝光現象，此現象稱為電暈放電(Corona Discharge)。



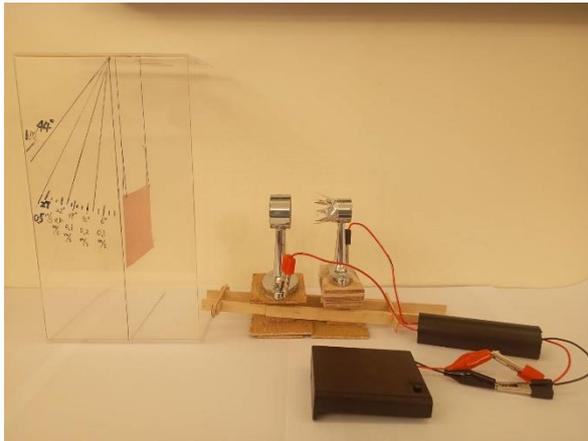
四、研究設備與器材

1. 材料：

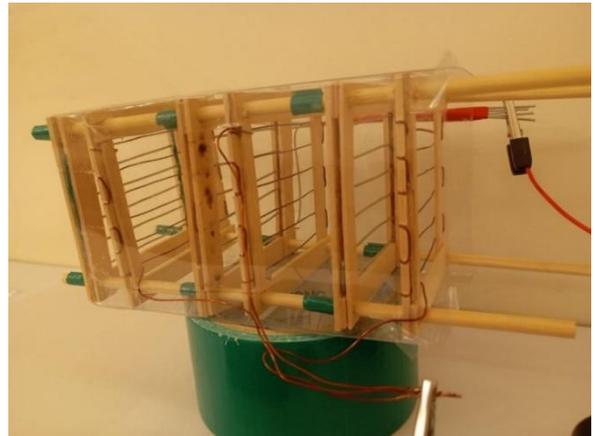
- 高壓電源（如直流高壓電源，用 6V 電池產生 6.5KV 電壓）
- 尖端電極（金屬針、細金屬絲、鋁箔膠帶）
- 測量工具（測風儀、蠟燭、風力擺錘）

2. 裝置設計：

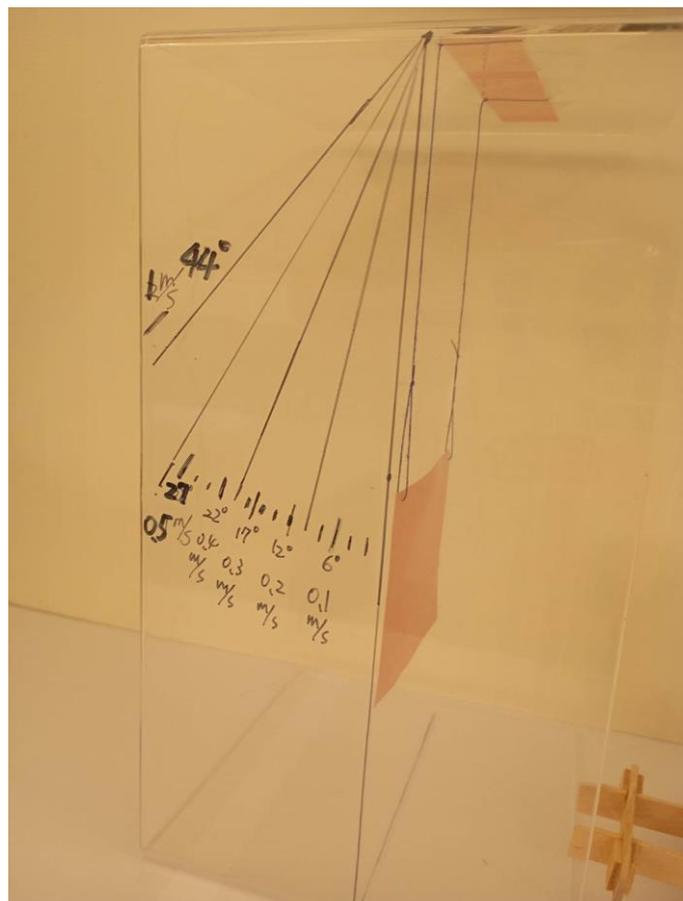
(1) 圓筒型電暈放電：



(2) 平面型電暈放電：



(3) 風力擺錘：



原理說明

風對紙片施力 → 紙片受力移動形成角度 → 轉化為重力勢能
藉由紙片被風吹到的最大擺角（或擺錘上升的高度）→ 計算風造成的動能 → 推算風速

實驗方法

1. 固定單擺：懸掛 0.5g 紙片(6cm*6cm)於長 10 公分的細繩上，讓其自然下垂。
2. 記錄無風靜止狀態：確定初始位置。
3. 讓風水平吹動紙片：觀察並記錄紙片被吹起後的最大偏移角度 θ (上升高度 h)。
4. 多次測量取平均。

計算過程

1. 利用最大上升高度 h 算出風提供的動能：

$$E_k = mgh$$

其中： $h = L(1 - \cos \theta) = 0.13(1 - \cos \theta)$ ， $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ，繩長 $L = 0.13 \text{ m}$

2. 假設風的動能全數傳給紙片 (忽略空氣阻力、繩擺摩擦等)：

$$E_k = 1/2 \rho C A (\cos \theta) v^2$$

其中：

$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ (空氣密度)

C ：風阻係數=0.16 (當風速 0.5m/s 時，角度 28° ，回推風阻係數)

$A(\cos \theta)$ ：紙片迎風面積=6x6cm²=0.0036m²(迎風面的正投影)

v ：風速 (要求解)

將這兩個能量相等：

解出風速 v ：

$$mgh = 1/2 \rho C A (\cos \theta) v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2mgh}{\rho C A (\cos \theta)}}$$

3. 風阻係數的推導：

- (1) 當紙片重量=1g 時，在穩定風源 2m/s，擺角約 44°
在穩定風源 1m/s，擺角約 28°

當紙片重量=0.5g 時，在穩定風源 1m/s，擺角約 44°
在穩定風源 0.5m/s，擺角約 28°

- (2) 當擺角不是 0° 時，紙片不是垂直平面體，所以風阻係數不等於 1，藉由上述數據代回推得，風阻係數 ≈ 0.16

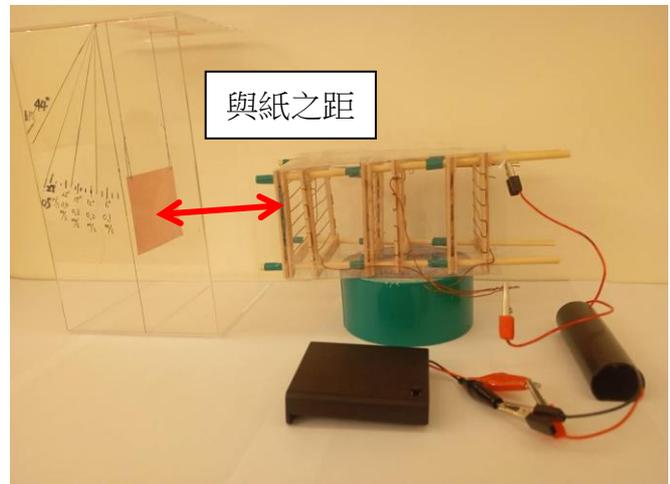
垂直平面體	≈ 1.0
球體	≈ 0.5
一般轎車	$\approx 0.28-0.4$
一般跑車	< 0.3
賽車	< 0.35
飛禽	$\approx 0.1-0.2$
飛機	≈ 0.08

風速代換表

θ (度)	風速(m/s)	θ (度)	風速(m/s)	θ (度)	風速(m/s)
2	0.034	12	0.21	22	0.38
4	0.068	14	0.24	23	0.40
6	0.1	16	0.28	24	0.42
8	0.14	18	0.31	26	0.46
10	0.17	20	0.35	28	0.50

五、探究方法與驗證步驟

1. 流程圖



2. 在學校或實驗室環境以及有限的資源下，可以通過設計簡單的實驗來觀察和測量離子風效應。

3. 實驗數據 (1) 圓筒型電暈放電

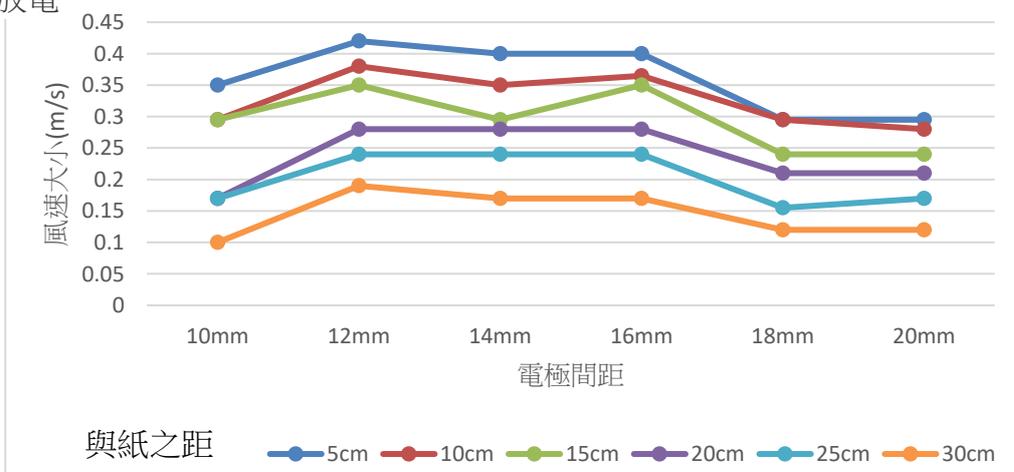
與紙之距 電極間距	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
10mm	(20°) 0.35m/s	(17°) 0.295m/s	(17°) 0.295m/s	(17°) 0.17m/s	(10°) 0.17m/s	(6°) 0.10m/s
12mm	(24°) 0.42m/s	(22°) 0.38m/s	(20°) 0.35m/s	(16°) 0.28m/s	(14°) 0.24m/s	(11°) 0.19m/s
14mm	(23°) 0.40m/s	(20°) 0.35m/s	(17°) 0.295m/s	(16°) 0.28m/s	(14°) 0.24m/s	(10°) 0.17m/s
16mm	(23°) 0.40m/s	(21°) 0.365m/s	(20°) 0.35m/s	(16°) 0.28m/s	(14°) 0.24m/s	(10°) 0.17m/s
18mm	(17°) 0.295m/s	(17°) 0.295m/s	(14°) 0.24m/s	(12°) 0.21m/s	(9°) 0.155m/s	(7°) 0.12m/s
20mm	(17°) 0.295m/s	(16°) 0.28m/s	(14°) 0.24m/s	(14°) 0.21m/s	(10°) 0.17m/s	(7°) 0.12m/s

(2)平面型電暈放電

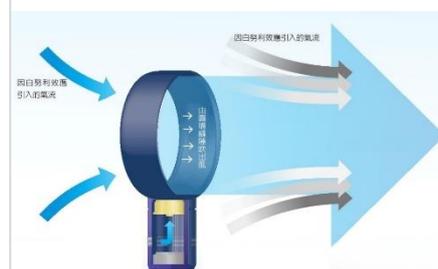
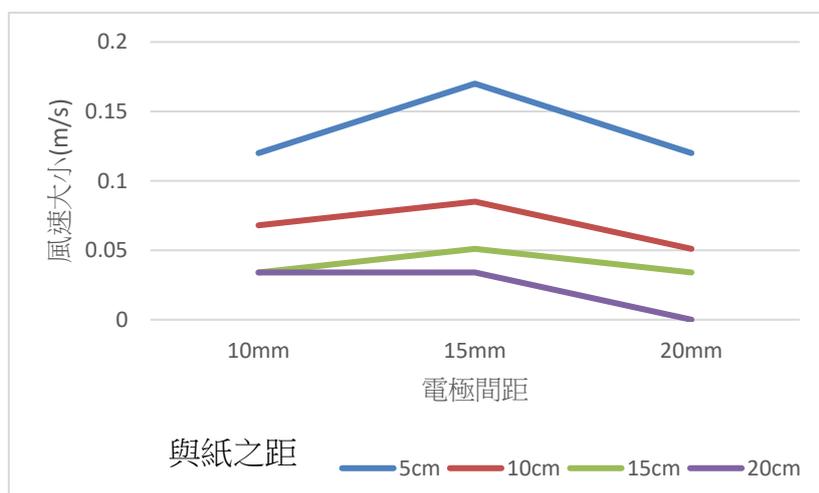
與紙之距 電極間距	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
10mm	(7°) 0.12 m/s	(4°) 0.068 m/s	(2°) 0.034 m/s	(2°) 0.034 m/s	輕微晃動	輕微晃動
15mm	(10°) 0.17 m/s	(5°) 0.085 m/s	(3°) 0.051 m/s	(2°) 0.034 m/s	輕微晃動	輕微晃動
20mm	(7°) 0.12 m/s	(3°) 0.051 m/s	(2°) 0.034 m/s	輕微晃動	輕微晃動	無

六、探究結果

(1)圓筒型電暈放電



(2)平面型電暈放電



結論一：(1)圓筒型電暈放電在電極間距 12~16mm 時，可產生最大的離子風。

風速約為 0.4m/s。平面型電暈放電在電極間距 15mm 時，可產生最大的離子風。風速約為 0.18m/s。

(2)平面型電暈放電遠小於圓筒型，推測圓筒型應用白努力定律。

(3)沿伸實驗，可將平面型電暈放電後方電極製作成飛機翼平面狀，再測試風速。

結論二：實驗過程中有聞到些許刺鼻味，高電壓達到一定程度以後空氣被擊穿，空氣中的分子被電離。其中的氧氣分子被電離後，由三個氧原子結合而成的臭氧分子。由於臭氧有毒性，所以必須在通風處進行此實驗或是用較低的電壓進行實驗。

結論三：離子風機制確立：通過實驗與理論分析，確認高壓電場下尖端電極處的強場效應可使空氣分子電離，進而形成離子風。

結論四：關鍵參數影響：電極形狀、電極間距均顯著影響離子風效應，為進一步優化設計提供了理論依據。

七、生活應用

- 1.無風扇散熱技術：**利用離子風在無機械部件下實現電子設備（如筆記型電腦、伺服器）的高效散熱，降低噪音與故障率。
- 2.空氣淨化與除塵：**應用於空氣淨化器與靜電除塵設備，通過離子風改善空氣循環，提升過濾效率，達到環境整潔與健康保障。
- 3.離子推進技術：**在微型推進器與無動力飛行器中利用離子風實現無燃料推動，為未來航空航太技術提供創新方向。

這些結論與應用不僅深化了我們對電流流體動力學的理解，也推動了相關技術在日常生活與工業領域中的廣泛應用。

參考資料

- 離子風推進?電能飛機會是我們的未來嗎?
<https://www.youtube.com/watch?v=7ZljWc99evc&t=449s>
- Youtube：I built an IONIC PLASMA THRUSTER (Best Design)
<https://www.youtube.com/watch?v=mnCmvxt2jn8&pp=ygUIaW9uIHdpbmQ%3D>
- Owen 来造 | 无叶离子无人机!!! Ionic Thrust Drone
<https://www.youtube.com/watch?v=3TcsuFnyp2s&pp=ygUJ6Zui5a2Q6aKo>
- 離子風船！高壓電漿居然能化為噴射引擎！？【胡思亂搞】
<https://www.youtube.com/watch?v=gRrPO7Pqgec&pp=ygUQ6IOh5a2QIOmbouWtkOmiqA%3D%3D>
- 知識大圖解：離子推進器如何推動太空船(泛科學)
<https://pansci.asia/archives/73425>
- HSP00001：衝擊擺
<https://www.youtube.com/watch?v=4gkz5shcjz0>