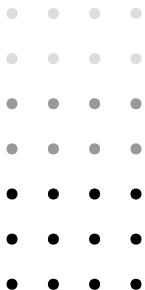


# 利用熱對流效應 自製風速計

組別：總成績加兩分但雙數班沒有

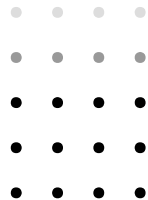




# 01

## 實驗摘要

---



# 實驗摘要

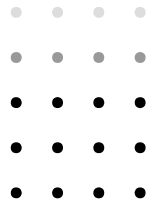
- 熱對流公式  $-\frac{dQ}{dt} = h \cdot A \cdot (T_s - T_0)$
- 推測風速和熱對流係數有關  $h = a + bv^c$
- $-\frac{dQ}{dt} = h \cdot A \cdot (T_s - T_0) = I^2 R \longrightarrow a + bv^c = \frac{I^2 R}{A \cdot (T_s - T_0)}$
- 金屬電阻和溫度的關係  $R = R_0 \cdot [1 + \alpha(T_s - T_0)]$  ,  $\alpha$  為電阻溫度係數



# 02

## 實驗器材

---



# 實驗器材

金屬導線	Ni 80% Cr 20% 電阻線。製作成 19 匝、直徑 7.2 mm 之線圈
風扇	梁國淦教授提供
風速計	TECPEL AVM-713 風速計, 規格如下
電源供應器	普物實驗室提供
三用電表	普物實驗室提供
碼表	普物實驗室提供
乖乖	自費, 必須兩包

功能	範圍	解析度	準確度
風速測量	0.4~30m/s	0.1m/s	±5%讀值+0.5
溫度測量	-10°C ~ 50°C	0.1°C	±2°C
	14°F ~ 122°F	0.2°F	±4°F
風力等級	0~12 級	1 級	±1
取樣速率			0.5 秒

# 實驗器材架設



風扇(底部墊高讓風面垂直桌面)

市售風速計(提供風速參考值)

三用電表(量測金屬線電壓值變化)

金屬導線螺旋圈

12公分

8公分

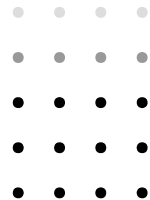
電源供應器(提供2-3A固定電流)



# 03

## 實驗步驟

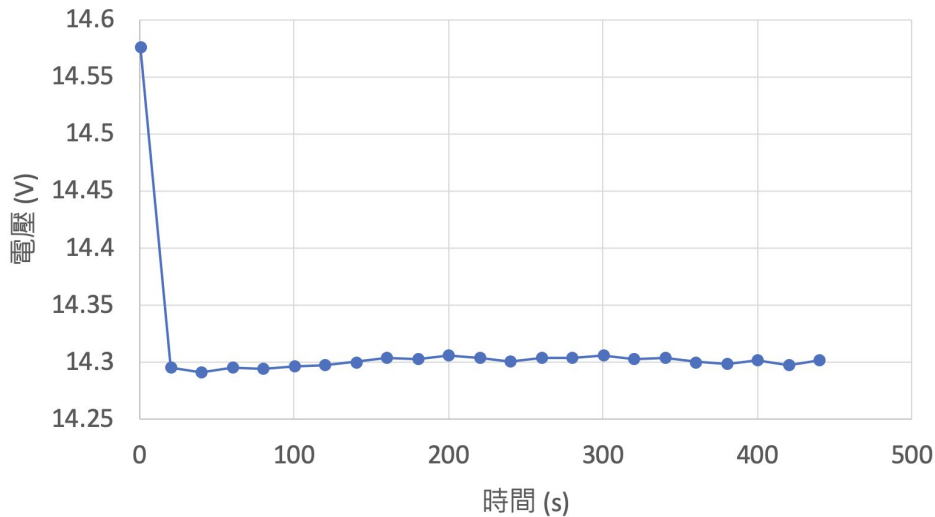
---



# 實驗步驟原版

1. 在無風下開啟電源，讓金屬線圈急速升溫，此時電壓會不斷上升
2. 打開風扇降溫，電壓快速下降
3. 每 30 秒記錄一次電壓直至電壓趨於穩定平衡，求出平衡電壓

開啟風扇後電壓對時間的變化



平衡電阻值在改變電流後  
不具重現性

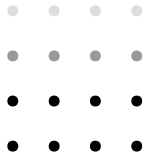


# 實驗步驟原版

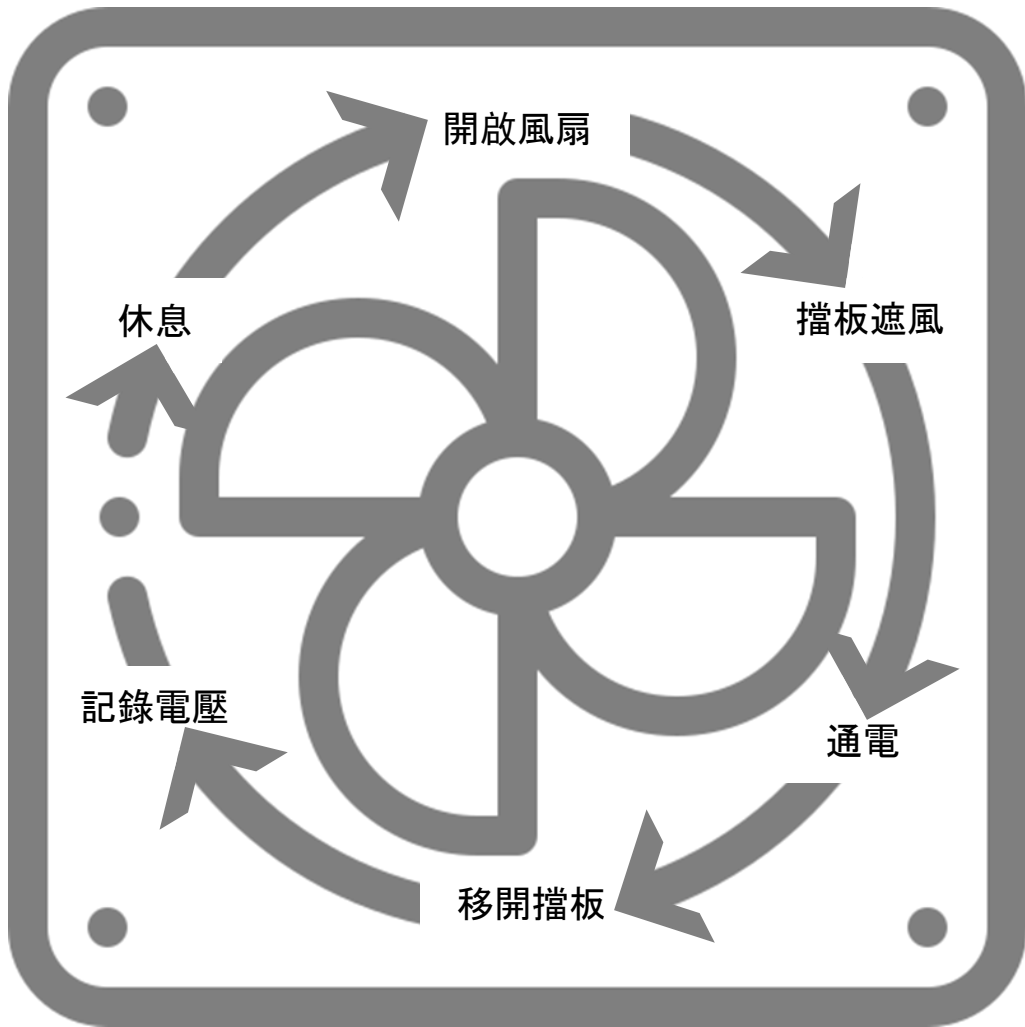
可能原因：

- 風扇開啟需要時間調整到穩定風速
- 應保持其他實驗裝置維持在室溫左右的溫度，以確保計算時代入正確的  $R_0$  值  
(可參見思考問題 Q1)

改良為先調整風速穩定並暫時用擋板遮蔽，再開啟電源同時移開擋板進行平衡



# 實驗步驟改良版



# 實驗步驟

以空調保持室溫約在 25 度,  $R_0$  值約為  $6.3\Omega$  (使用三用電表測量)

調整風扇至指定風速 (約  $1\sim 4\text{m/s}$ ), 先使用檔板遮風

開啟指定電流 (2、2.25、2.5、2.75、3A) 電源, 讓電壓穩定輸出後拿開檔板

從 10s 後每 5s 紀錄一次電壓數值, 直至約 60s 過後達平衡

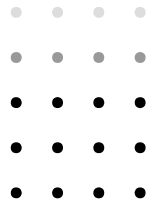
關閉儀器, 休息約 3-5mins, 再進行下一次實驗



# 04

## 實驗結果

---



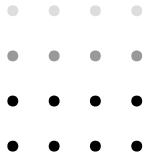
# 實驗數據



電流 (A)	風速 (m/s)	平衡電壓 (V)	平衡電阻 (Ohm)
2.50	1.3	15.984	6.3936
	1.8	15.963	6.3852
	2.3	15.931	6.3724
	3.4	15.898	6.3592
	4.3	15.875	6.3500

電流 (A)	風速 (m/s)	平衡電壓 (V)	平衡電阻 (Ohm)
2.75	1.6	17.615	6.4055
	2.3	17.567	6.3880
	3.3	17.527	6.3735
	3.7	17.505	6.3655
	4.3	17.487	6.3589

電流 (A)	風速 (m/s)	平衡電壓 (V)	平衡電阻 (Ohm)
3.00	1.3	19.3	6.4333
	2	19.243	6.4143
	2.6	19.2	6.4000
	3.4	19.151	6.3837
	4	19.123	6.3743



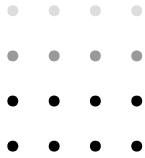
# 數據分析

$$a + bv^c = \frac{I^2 R}{A \cdot (T_s - T_0)}$$

因為我們用同一個線圈, 截面積  $A$  可當作常數

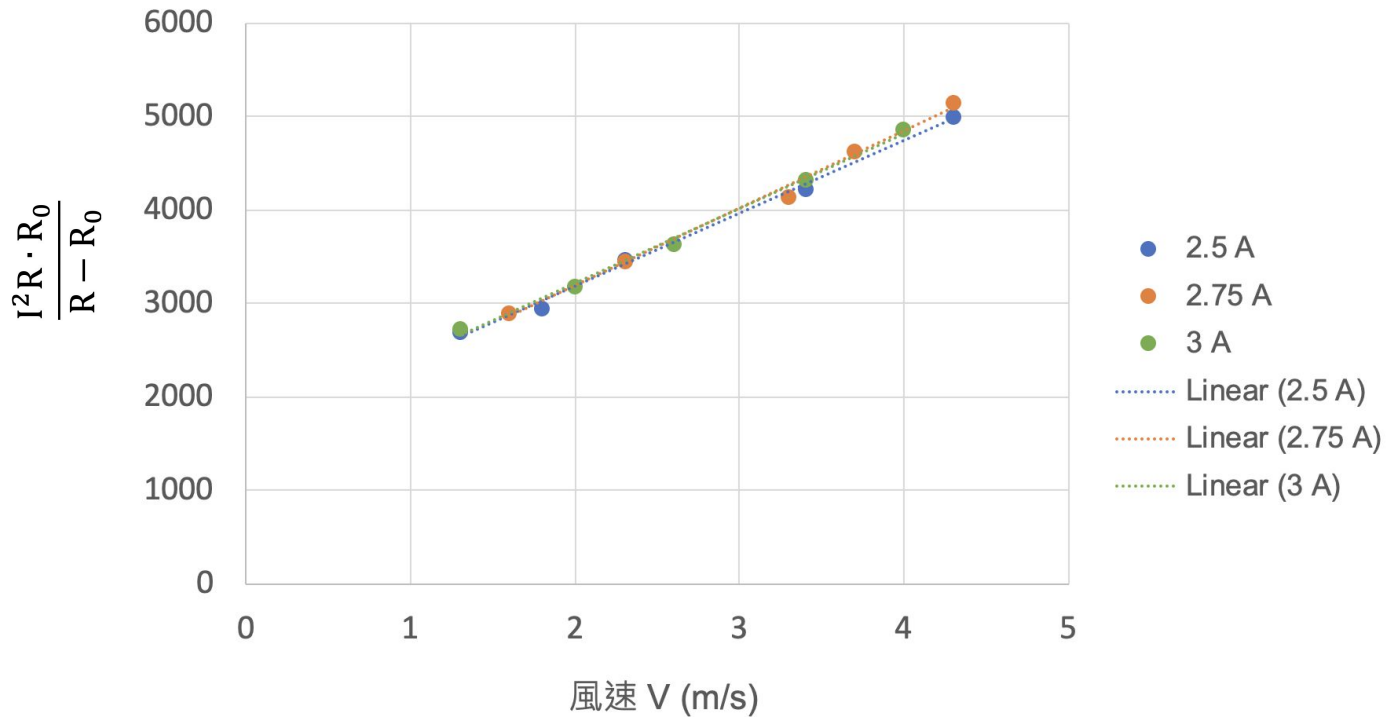
$$R = R_0 \cdot [1 + \alpha(T_s - T_0)] \quad \alpha = 1 \quad T_s - T_0 = \frac{R - R_0}{R_0} \quad 6.3 \text{ Ohm}$$

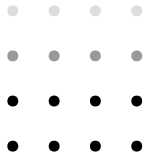
風速對  $\frac{I^2 R \cdot R_0}{R - R_0}$  作圖



# 數據分析

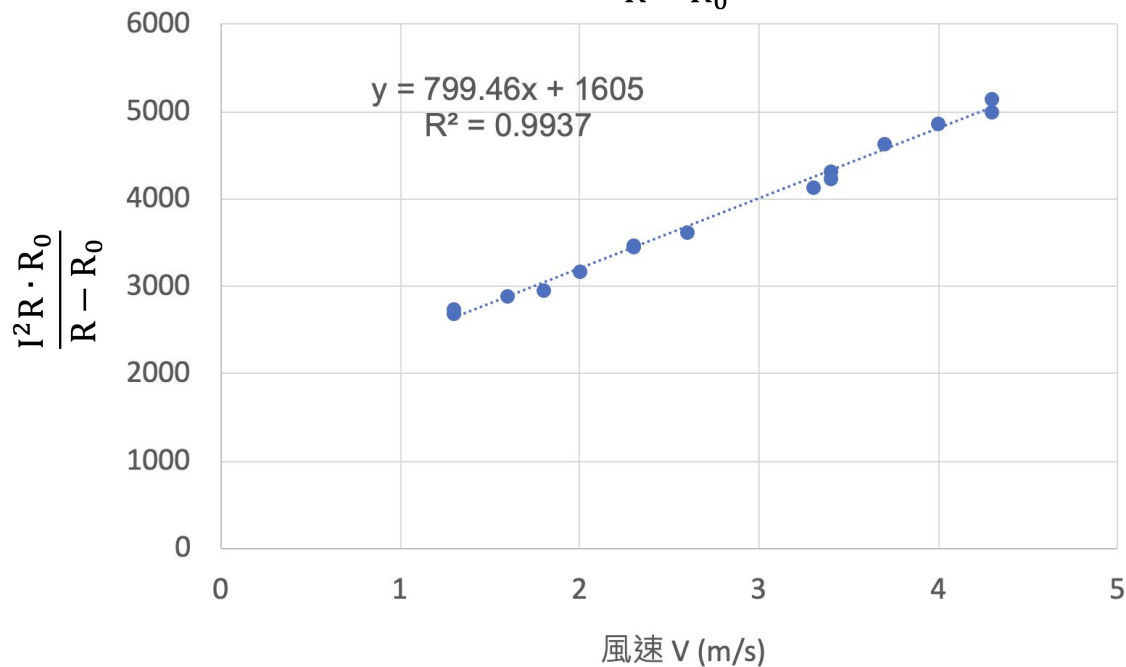
風速與  $\frac{I^2 R \cdot R_0}{R - R_0}$  關係圖





# 數據分析

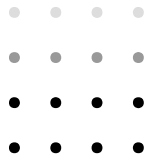
風速與  $\frac{I^2 R \cdot R_0}{R - R_0}$  關係圖





$$1605 + 799.46 \cdot v = \frac{I^2 R \cdot R_0}{R - R_0}$$

## 回歸模型

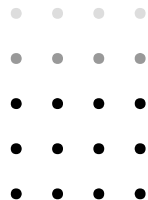


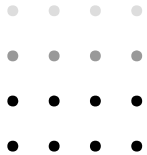


05

# 不確定度分析

---





# 不確定度分析

## B 類不確定度

風速計：最小刻度為 0.1 m/s, B類不確定度 0.029 m/s

三用電表(電壓)：最小刻度為 0.001 V, B類不確定度 0.00029 V

電源供應器(電流)：最小刻度為 0.01 A, B類不確定度 0.0029 A

# 不確定度分析

電流 (A)	風速 (m/s)	平衡電壓 (V)	電壓 A 類不確定度
2.50	1.3	15.984	0.00152554
	1.8	15.963	0.00222384
	2.3	15.931	0.00086722
	3.4	15.898	0.00096381
	4.3	15.875	0.00129334

電流 (A)	風速 (m/s)	平衡電壓 (V)	電壓 A 類不確定度
2.75	1.6	17.615	0.00099835
	2.3	17.567	0.00071812
	3.3	17.527	0.00086722
	3.7	17.505	0.00099420
	4.3	17.487	0.00181317

電流 (A)	風速 (m/s)	平衡電壓 (V)	電壓 A 類不確定度
3.00	1.3	19.3	0.00220518
	2	19.243	0.0023355
	2.6	19.2	0.002761
	3.4	19.151	0.00133361
	4	19.123	0.00153418

# 不確定度分析

電流 (A)	風速 (m/s)	平衡電壓 (V)	電阻 不確定度
2.50	1.3	15.984	0.007498141
	1.8	15.963	0.007516509
	2.3	15.931	0.00745716
	3.4	15.898	0.007444022
	4.3	15.875	0.007441544

電流 (A)	風速 (m/s)	平衡電壓 (V)	電阻 不確定度
2.75	1.6	17.615	0.00681585
	2.3	17.567	0.006793096
	3.3	17.527	0.006780329
	3.7	17.505	0.00677435
	4.3	17.487	0.006789997

電流 (A)	風速 (m/s)	平衡電壓 (V)	電阻 不確定度
3.00	1.3	19.3	0.006308468
	2	19.243	0.006295752
	2.6	19.2	0.00630138
	3.4	19.151	0.006234152
	4	19.123	0.006230434

# 不確定度分析

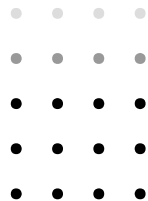
$$1605.0(5.2) + 799.5(2.0) \cdot v = \frac{I^2 R \cdot R_0}{R - R_0}$$



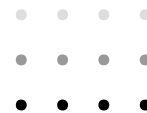
# 06

## 測量未知風速

---



# 測量原本大風扇之風速1



電流 (A)	平衡電壓 (V)	平衡電阻 (Ohm)	帶入模型求出風速 (m/s)
2.50	15.899	6.3596	3.2478
2.75	17.532	6.3753	3.0398
3.00	19.185	6.3950	2.7666

平均測量之風速值: 3.0181 m/s  
風速參考值: 2.9 m/s  
誤差百分比: 4.07%



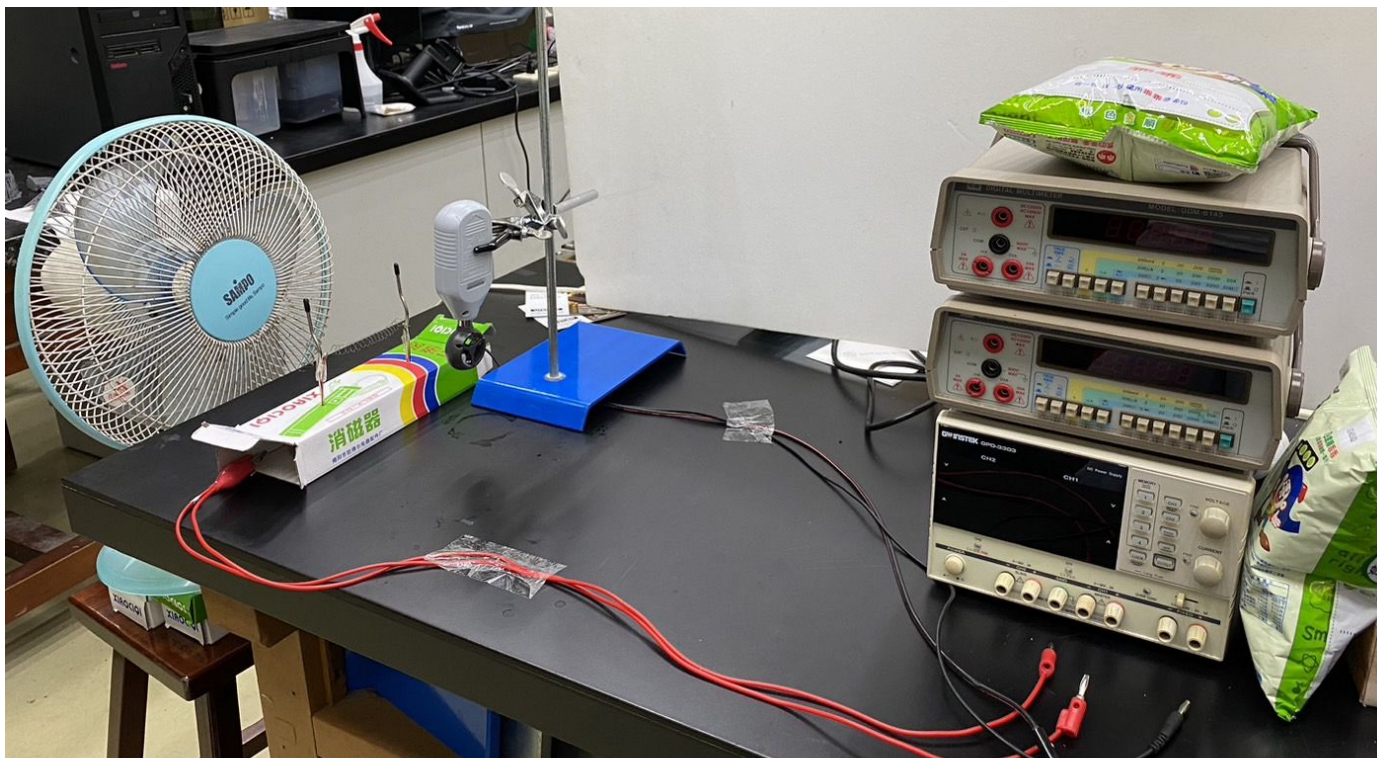
# 測量原本大風扇之風速2



電流 (A)	平衡電壓 (V)	平衡電阻 (Ohm)	帶入模型求出風速 (m/s)
2.50	15.963	6.3852	1.6835
2.75	17.626	6.4095	1.4822
3.00	19.286	6.4287	1.5360

平均測量之風速值: 1.5672 m/s  
風速參考值: 1.5 m/s  
誤差百分比: 4.48%

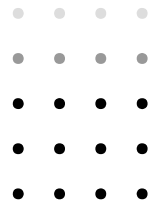
# 測量他牌風扇之風速



# 測量他牌風扇之風速

電流 (A)	平衡電壓 (V)	平衡電阻 (Ohm)	帶入模型求出風速 (m/s)
2.50	15.931	6.3724	2.3274
2.75	17.567	6.3880	2.3184
3.00	19.214	6.4047	2.3322

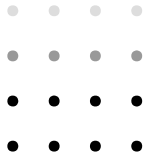
平均測量之風速值: 2.3260 m/s  
風速參考值: 2.5 m/s  
誤差百分比: -6.96%



# 07

## 誤差討論

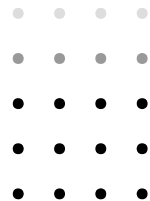
---



# 誤差討論

測量未知風速的誤差來源：

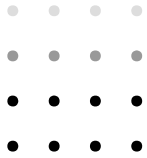
- 參考風速計的準確度為正負5%，測量結果差異百分比(4.07%、4.48%、-6.69%)大致在參考風速計的準確度範圍內。
- 測量他牌風扇時有移動裝置，裝置間距離的差異可能導致測量的偏差趨勢不同(他牌風扇測量為負偏差)，參考風速計的距離會影響模型校正。



# 08

## 思考問題

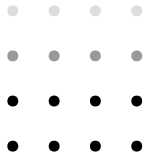
---



# 思考問題

## Q1 為何裝置需要休息？

1. 鱷魚夾接點需要冷卻，相較金屬導線有吹風降溫，鱷魚夾藏於盒中會持續累積熱量溫度上升，影響線路整體電阻值。
2. 鎳鉻線持續熱膨脹使長度、體積改變，影響電阻值。但其熱膨脹係數僅  $12.5 \mu\text{m}/\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}$ ，影響程度微小。
3. 電阻線和其周遭環境如果沒有完全降溫至室溫，平衡位置可能會出現在更高的溫度，所以沒有讓裝置休息的實驗結果電壓會逐次偏高， $R_0$ 便不能用室溫的電阻值計算。



# 思考問題

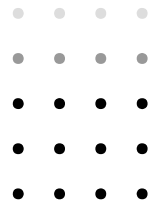
## Q2 為何裝置早上測量較不穩定？

1. 裝置需要暖機
2. 開空調需要時間讓實驗環境穩定，也讓 鎳鉻絲與控制室溫平衡

## Q3 環境溫濕度的影響校正？

1. 溫度需搭配量測到的室溫 (熱線風速計大多會同時搭載溫度計)，代入不同 R0 值





# 09

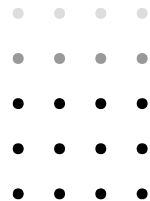
# 結論

---

# 結論

我們證實可以在不使用溫度計的情況下，以熱對流平衡來測量風速，成功建立模型，且能運用簡易自製熱線式風速計有效測量未知風速(準確度%內)。

$$1605.0(5.2) + 799.5(2.0) \cdot v = \frac{I^2 R \cdot R_0}{R - R_0}$$



# 10

# 未來展望

---



# 未來展望



1. 進行距離對風速影響的校正，使我們的風速計能在不同位置都能運作。
2. 進行環境溫度與濕度的校正，提高準確度。

# 參考資料

1. [https://www.tecpel.com.tw/ou/DM/AVM-713\\_anemometer\\_dm\\_tw.pdf](https://www.tecpel.com.tw/ou/DM/AVM-713_anemometer_dm_tw.pdf)
2. <https://www.iypt.org/problems/problems-for-the-34th-iypt-2021/>
3. <https://www.alloywire.com/alloys/80-20-ni-cr-resistance-wire/>
4. 封面頁圖片來源  
: <https://industrial-meters.com/products/dt-8880-hot-wire-thermo-anemometer-air-flow-velocity-meter-with-usb-interface>
5. 標題頁圖片來源 : <https://education.nationalgeographic.org/resource/wind/>