

# 中山大學 機電系

## 熱流實驗課程

李卓昱助理教授 林洸銓副教授(清華大學)

- 1. Have an increased understanding of experimental methods for fluid flow and heat transfer principles.**
- 2. Analyze the uncertainty of an experimental result from the experimental errors associated with the data.**
- 3. Write technical reports.**
- 4. Work efficiently under the restriction of a time limit.**

# 熱流實驗分項

Heat Thermal Conductivity Measurement  
(熱導率量測)

Refrigeration Cycle  
(冷凍空調循環)

Heat Transfer Coefficient Measurement  
(熱傳遞係數量測)

Wind Tunnel Testing  
(風洞實驗)

Application of Bernoulli Equation  
(伯努力方程式應用)

Evaluation of Friction Coefficient in Tube Drawing Processes  
(管中流體的摩擦)

Gas Flow Visualization  
(氣流場觀測)

Light-Generated Hydrogen Production Experiment  
(太陽能燃料電池實驗)

Water Flow Visualization  
(水流場觀測)

Heat Radiation Measurement  
(熱輻射量測)

Thermal Convection Measurement  
(熱對流量測)

Exhaust Gas Measurement  
(柴油引擎廢氣量測)

# Heat Thermal Conductivity Measurement

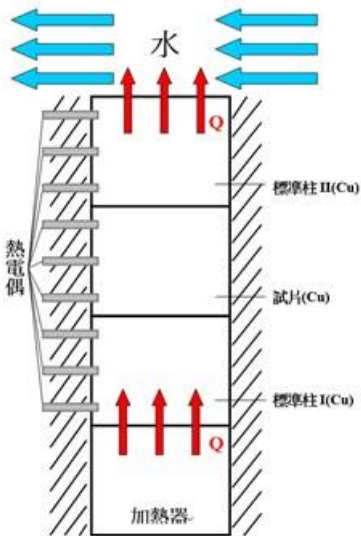
## 熱傳導係數量測實驗



設備名稱：水槽及馬達  
設備用途：儲水、輸水



設備名稱：P. I. D溫度  
控制器  
設備用途：控制加熱器、  
顯示溫度  
設備位置：工EV 3008



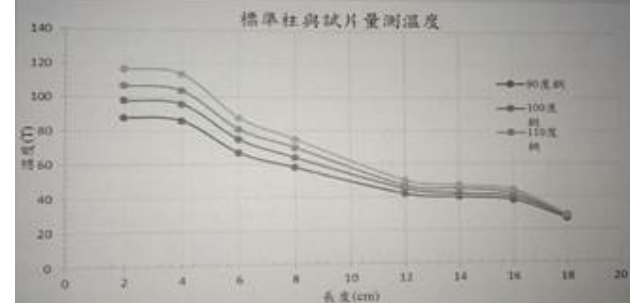
設備名稱：加熱測溫柱  
設備用途：加熱試片、  
測量溫度

### 課程內容簡介

1. 實驗目的及原理說明
2. 設備名稱、用途介紹
3. 實驗流程說明
4. 實際操作練習
5. 實驗報告

當物體兩端具有溫度差時，會有熱量傳遞  $\dot{Q} = -KA \frac{\partial T}{\partial x}$ ，於是對試片一端加一熱源，中間部分加隔熱棉，再使水流過另一端，根據能量守恆原理通過試片的熱等於水所帶走的熱，於是吾人可藉由測量水入出口溫度，及測量試片上的溫度，帶入方程式進而求得試片之k值。

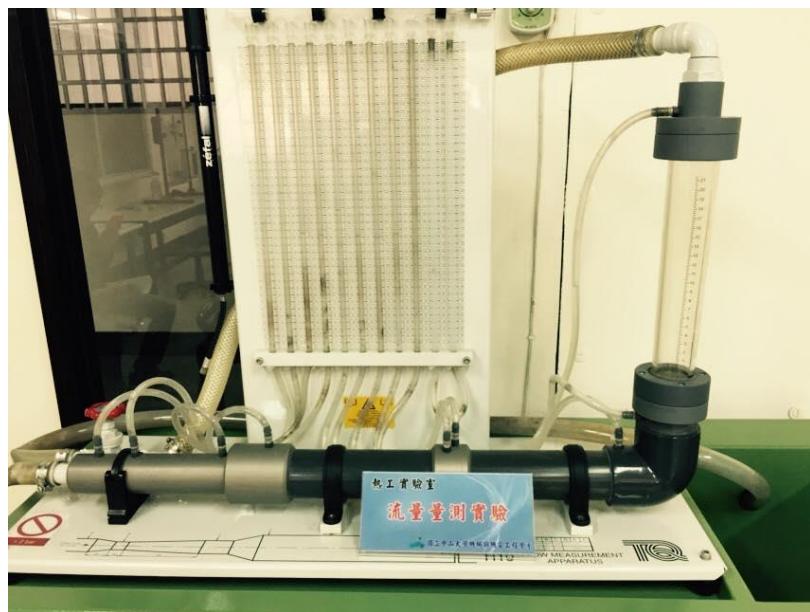
溫度(C)	試片材質	冷卻水量測區 Q(l/min)	標準柱與試片量測溫度(C)									
			T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
90	銅	0.4	26	27	88	86	67	58	42	40	38	27
100	銅	0.4	26	27	98	96	75	64	45	42	40	28
110	銅	0.4	26	28	107	104	81	70	47	45	42	28
120	銅	0.4	26	29	117	114	88	75	50	47	44	29



溫度(°C)	試片材質	K <sub>1</sub>			K <sub>2</sub>			K <sub>3</sub>			平均熱傳導係數(W/m·K)
		K <sub>1a</sub>	K <sub>1b</sub>	K <sub>1c</sub>	K <sub>2a</sub>	K <sub>2b</sub>	K <sub>2c</sub>	K <sub>3a</sub>	K <sub>3b</sub>	K <sub>3c</sub>	
90	銅	394.35	41.51	75.11	98.59	394.35	71.70	121.34			154.90
平均		170.33			98.59		195.80				
100	銅	394.35	37.56	68.58	83.02	394.35	65.73	112.67			146.92
平均		166.83			83.02		190.92				
110	銅	525.80	68.58	121.34	137.17	525.80	112.67	185.58			216.81
平均		238.57			137.17		274.68				
120	銅	788.70	91.00	163.18	189.29	788.70	157.74	262.90			313.34
平均		347.63			189.29		403.11				

實驗成果範例：  
量測溫度數據製成圖  
表，並計算熱傳導係數  
製成表格

# 熱流實驗—白努利流量量測實驗



設備名稱 流量量測實驗  
 設備用途 流量量測觀測  
 廠商型號 TQ H10水桌  
 機台數量 1台  
 設備位置 Ev3012

## 課程內容簡介

流量量測實驗設備提供文氏管、孔口板以及流量計等不同方式，透過穩流能量方程式計算出不可壓縮液體的流量。本實驗必須配合水桌使用。

## 實驗成果範例：

每位同學均須藉由觀察流量量測定壓大小，藉此去計算管內之流量。

Rotameter (cm)	2	4	6	8	10
Manometers scale(mm)					
A	328	310	324	320	318
B	324	322	302	284	258
C	330	326	318	312	304
D	334	328	320	314	306
E	332	326	322	316	308
F	326	316	298	298	284
G	324	316	300	282	254
H	324	320	298	280	252
I	224	216	202	180	152
Water, W(kg)					
Time, T(s)	60	60	60	60	60
	$2.7 \times 10^{-3}$	$8.3 \times 10^{-3}$	$7.8 \times 10^{-3}$	$1.053 \times 10^{-2}$	$1.23 \times 10^{-2}$
	Mass flow rate (kg/s)				
Weigh tank	$4.5 \times 10^{-5}$	$8.1 \times 10^{-5}$	$1.26 \times 10^{-4}$	$1.755 \times 10^{-4}$	$2.25 \times 10^{-4}$
Venturi	0.0855	0.06983	0.1396	0.1847	0.2368
Diffuser	0.0517	0.0366	0.0366	0.0366	0.0366
Orifice	0.0457	0.05906	0.09149	0.1151	0.1494

組別: 19  
 助教簽名: \_\_\_\_\_

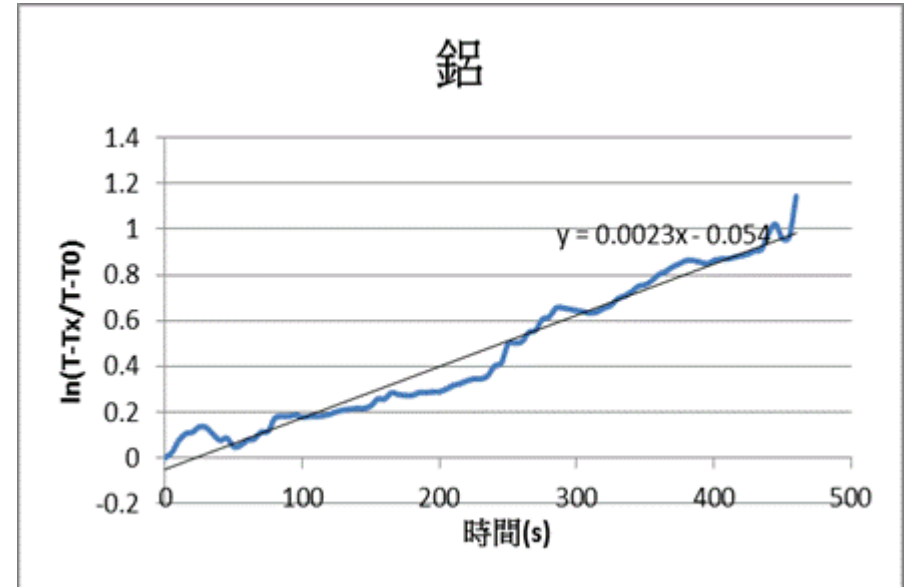
# Heat Transfer Coefficient Measurement (熱傳遞係數量測)



## 課程內容簡介

1. 實驗原理講解
2. 方程式推導
3. 介紹設備及安全事項
4. 實驗流程說明
5. 實驗示範
6. 實驗操作
7. 實驗結果確認
8. 實驗報告

設備名稱 電磁爐、數位溫度表  
設備用途 加熱、測溫  
廠牌型號 TATUNG、YCT  
機台數量 各1台  
設備位置 EV3012 熱工實驗室(二)



實驗成果範例：

運用excel做實驗數據的整理及計算，並計算出合理的實驗結果





設備名稱:流場觀測儀  
設備用途:觀測流場結構  
廠牌型號:SENSE  
機台數量:1台  
設備位置:EC2020

# 氣流場觀測

課程內容簡介

1. 雷諾數測量方法
2. 流場相關基礎
3. 機翼理論
4. 圓柱流場觀測
5. 機翼流場觀測
6. 圓錐流場觀測
7. 汽車流場觀測
8. 球體流場觀測
9. 工程觀測應用
10. 現場評估原理



實習成果範例:  
小組同學一起觀測各種條件下流場變化

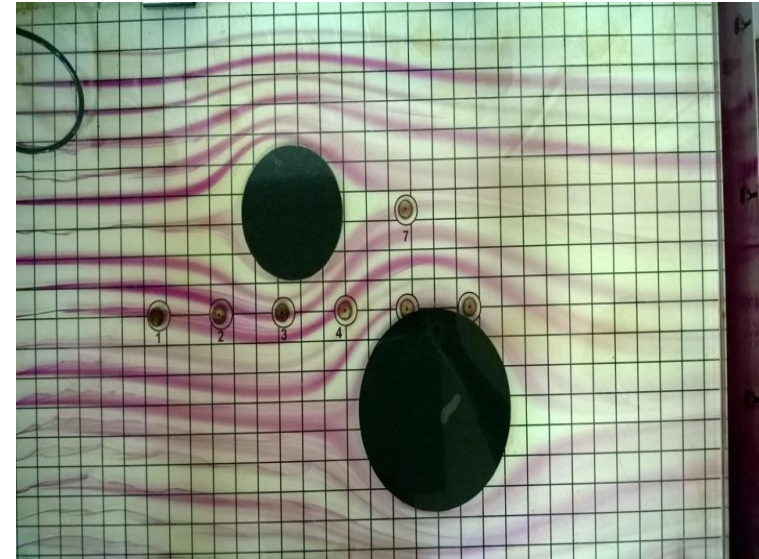
# Water Flow Visualization (水流場觀測)



- 設備名稱 水床
- 設備用途 觀測水流場
- 廠牌型號 HM152
- 機台數量 1台
- 設備位置 EV3012 熱工實驗室(二)

## 課程內容簡介

1. 觀察源流及沉流的流場分布情形。
2. 將實驗所得流場結果拍攝下來並了解其流場現象。
3. 了解雷諾數為何。
4. 計算流體通過不同物件之雷諾數。
5. 實驗報告及分析。



實習成果範例：  
觀測流體通過不同物件之  
流場變化

# 熱對流量測



1. 測量熱對流係數
2. 檢討誤差

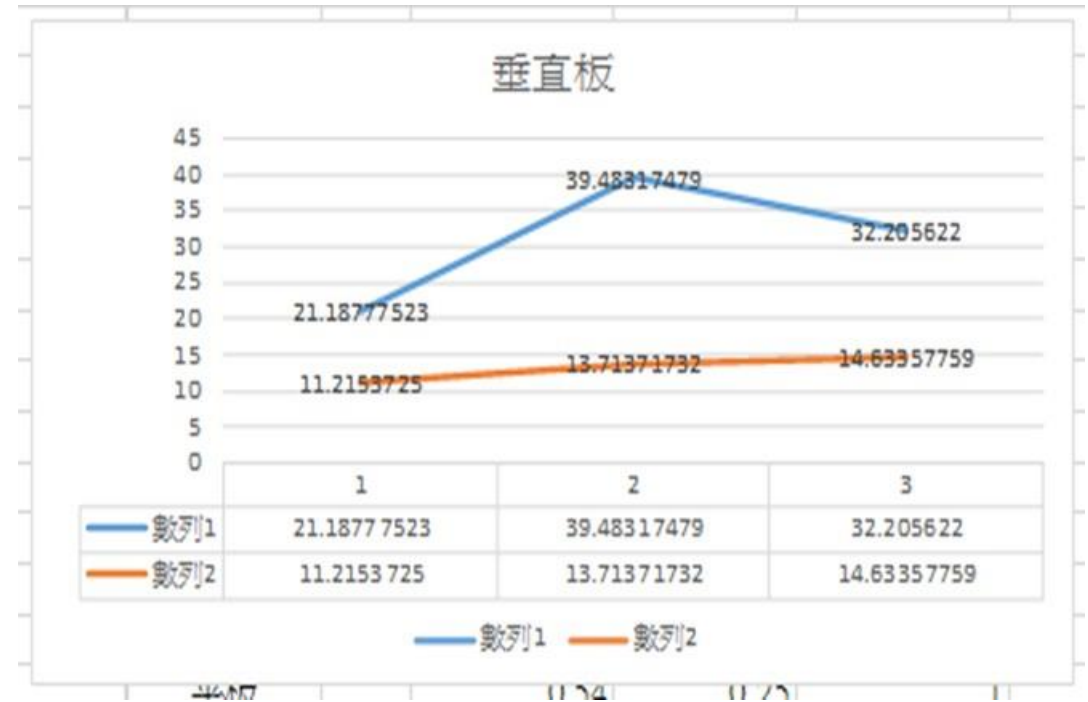
設備名稱：ET100 熱傳遞實驗儀器

設備用途：研究熱傳遞的三種模式：傳導、對流及輻射

廠牌型號：DELTALAB ET100

機台數量：一台

設備位置：工EV 3012





# 冷凍空調循環實驗



設備名稱：分離式冷氣機

設備用途：學習冷凍空調原理、控制系統流程、冷凍空調系統各部件結構及功能。

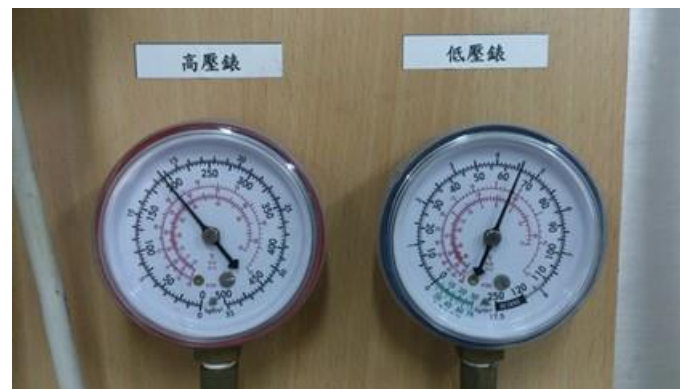
廠牌型號：TOPPING (TAU-A20)

機台數量：1台

設備位置：工EV 3008

## 課程內容簡介

1. 實驗原理解說
2. 實驗儀器介紹
3. 實驗步驟
4. 莫里爾線圖介紹
5. 實驗注意事項
6. 量測實驗數據
7. 繪製冷凍循環圖
8. 計算COP值



實驗數據：

運轉十分鐘後，紀錄高低壓力值並在莫里爾線圖上繪製冷凍循環圖，並計算COP值。

# 風洞實驗

## 課程內容簡介

1. 風洞機操作介紹
2. 安全注意事項
3. 皮托管原理
4. 利用皮托管量測風速
5. 熟悉變頻器與風速的操作關係
6. 量測圓柱表面壓力之分佈
7. 求得圓柱所受之阻力
8. 實驗報告及分析

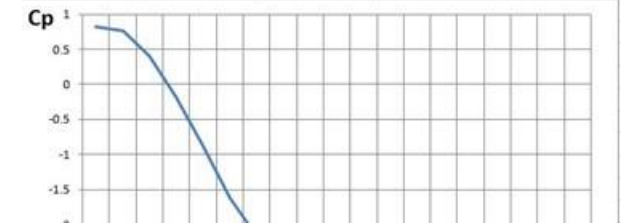


設備名稱 軸流式風洞  
設備用途 研究空氣流經物體所產生的氣動效應  
廠牌型號 玖容工業有限公司 JR-WT-3380  
機台數量 1台  
設備位置 工EV

角度	高度差(cm)	表面壓力(Pa)	壓力係數Cp	水平作用力
0	0.8	101221.8264	0.813953488	-547.6627853
10	1	101202.2831	0.76744186	-539.2384236
20	2.6	101045.9359	0.395348837	-513.7404109
30	5.1	100801.6436	-0.186046512	-472.3210556
40	8	100518.2644	-0.860465116	-416.6179804
50	11.3	100195.7985	-1.627906977	-348.4625166
60	13.6	99971.04951	-2.162790698	-270.4477154
70	14.7	99863.56086	-2.418604651	-184.7982243
80	14.5	99883.10425	-2.372093023	-93.84287894
90	13.3	100000.3646	-2.093023256	0
100	13.3	100000.3646	-2.093023256	93.9530482
110	13.3	100000.3646	-2.093023256	185.0513806
120	13.3	100000.3646	-2.093023256	270.5270204
130	13.3	100000.3646	-2.093023256	347.7828336
140	13.4	99990.5929	-2.11627907	414.4309406
150	13.3	100000.3646	-2.093023256	468.5665441
160	13.4	99990.5929	-2.11627907	508.374808
170	13.3	100000.3646	-2.093023256	532.8342141
180	13.3	100000.3646	-2.093023256	541.0540407

流場流速(m/s)	Pt	雷諾數(Re)	總阻力(N)	阻力係數(Cd)
26.64147842	100879.8171	105713.3864	14.5378392	1.885289769



實驗成果範例:

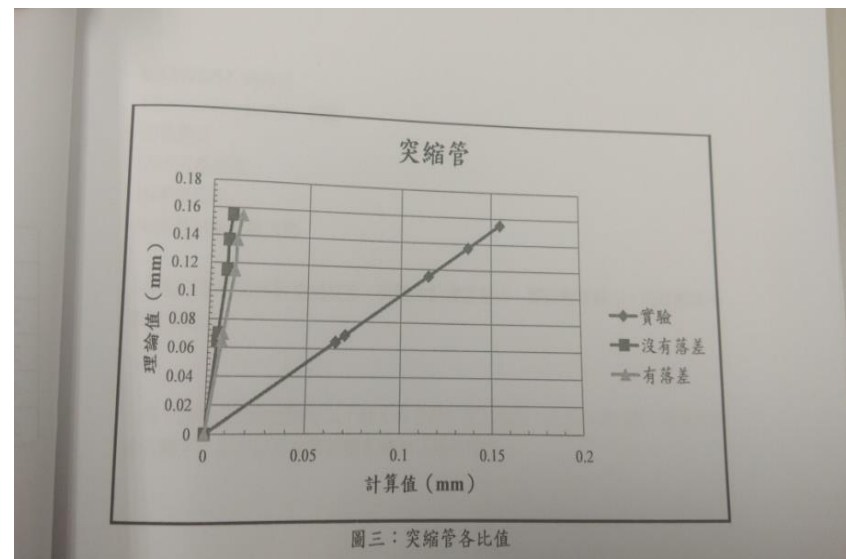
同學們把實驗結果數據，再利用Excel計算出雷諾數、阻力、表面壓力、壓力係數、圖表等結果。

# 熱流實驗—管中流體的摩擦



## 課程內容簡介

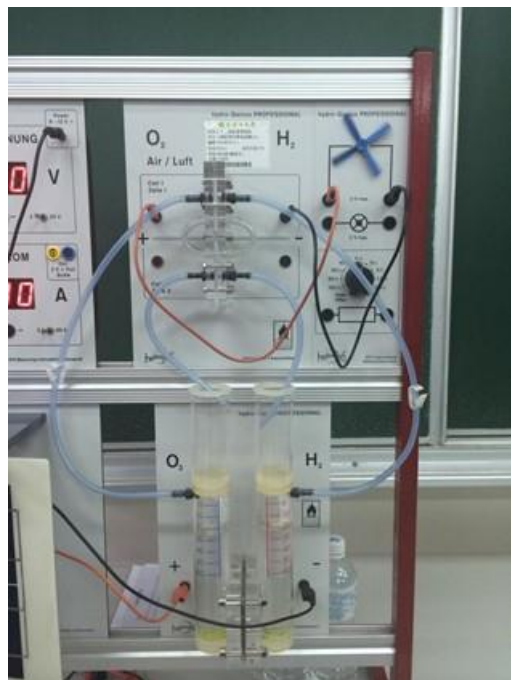
1. 實驗原理講解
2. 實驗設備介紹
3. 實驗流程說明
4. 實驗操作
5. 實驗數據分析
6. 實驗報告



設備名稱	管摩擦測定裝置
設備用途	量測壓力及流量
廠牌型號	TecQuipment
機台數量	1台
設備位置	工EV 3013

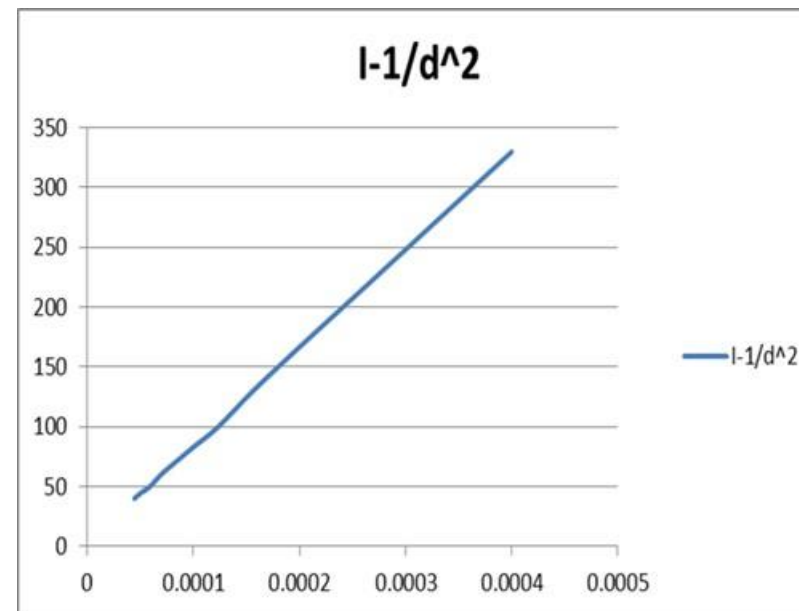
實驗成果範例：  
運用excel對實驗數據做處理及分析，並藉由繪圖來比較理論值和實驗值的差異。

# 太陽能燃料電池



## 課程內容簡介

1. 太陽能發電原理介紹
2. 光電效應介紹
3. 半導體理論介紹
4. 水電解介紹
5. 燃料電池種類介紹
6. 燃料電池發電原理介紹
7. 壓電材料介紹
8. 透明太陽能板介紹
9. 實驗報告報告



實習成果範例：

同學須將量測太陽能的數據繪製成圖表，以觀測其相對情形

設備名稱：太陽能蓄電組器

設備用途：太陽能發電、燃料電池電能轉換

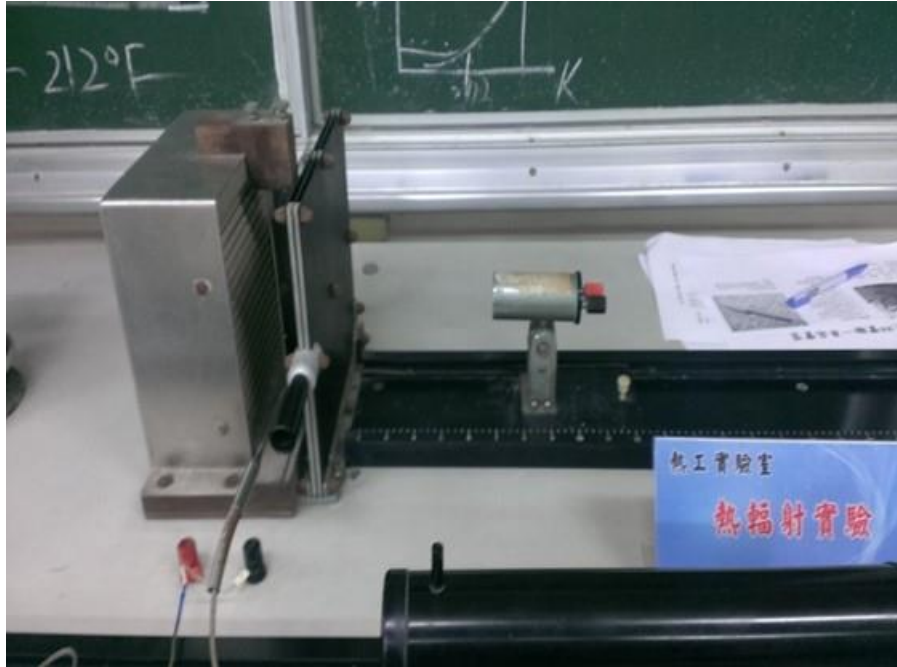
廠牌型號：hydro-Genius PROFESSIONAL

機台數量：1組

設備位置：



# Thermal Radiation Measurement (熱輻射實驗)



設備名稱：熱輻射

設備用途：熱輻射原理教學

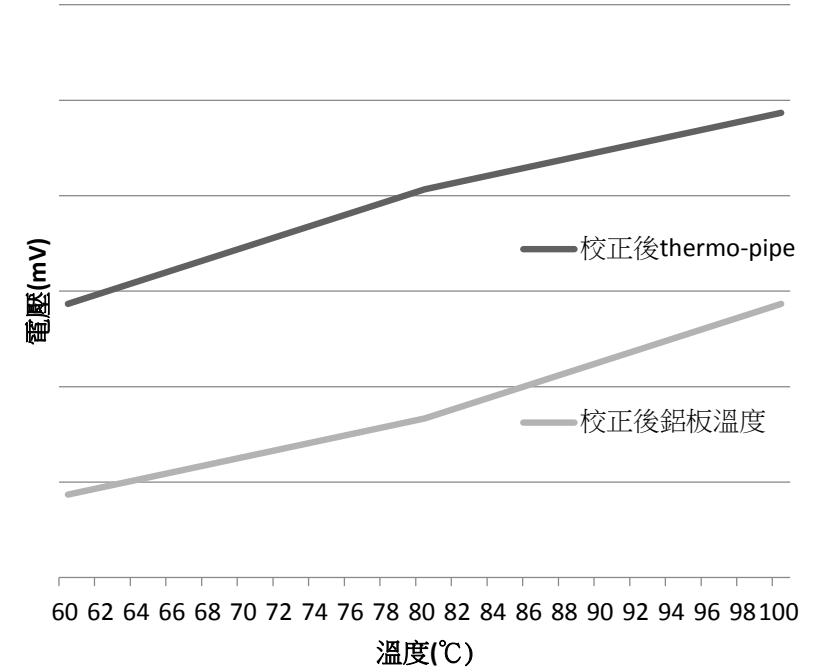
廠牌型號：

機台數量：1台

設備位置：工EV 3008

## 課程內容簡介

1. 實驗原理解說
2. 實驗儀器介紹
3. 實驗步驟
4. 實驗注意事項
5. 量測實驗數據
6. 查波茲曼定律和電壓關係表
7. 繪製實驗值和理論值曲線圖表



實驗數據：

加熱二十分鐘後，量測並紀錄鋁板電壓後，在打開黑色遮板，等待五分鐘後量測thermo-pipe電壓，繪製成圖表。

# 引擎燃燒廢棄物排放量測實驗



設備名稱: 柴油引擎  
設備用途: 採集引擎燃燒廢氣中的懸浮微粒  
廠牌型號: 利光農機TS60C  
設備數量: 一組  
設備位置: 工EV3013

## 課程內容簡介

1. 柴油引擎介紹
2. PM2.5介紹
3. 設備安裝
4. 濾紙烘乾秤重
5. 設備操作
6. 採集樣品
7. 紀錄數據
8. 計算數據
9. 寫成報告



採集過的濾紙放置電子天秤中秤重，可以看出濾紙中心已經變成黑的