

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 物理科

030107

『葉』藏『旋』機—應用熱對流原理降低地表溫度及其他相關應用

學校名稱：臺南市立建興國民中學

作者：  國二 黃振傑  國二 沈家愉  國二 楊喬卉	指導老師：  黃千芬  林啟鴻
---	-----------------------------

關鍵詞：熱對流、溫差、熱對流發電

## 摘要

近幾年暖化造成全球均溫提高，水泥叢林讓地表溫度更高，午後聚集大樹下，發現樹蔭下涼風徐徐，空氣從樹冠外圍往樹蔭吹來，思考如何利用熱對流降低地表溫度，設計以下實驗1.探討不同地面物質及不同光源角度吸熱後溫度變化；2.利用太陽能風扇增加空氣流動速度，觀察溫度變化；3.製作不同大小及形狀圓錐，觀察各高度溫度變化；4.將圓錐加上太陽能風扇，觀察各高度溫差，依實驗結果提出概念一**太陽能葉片**，利用強制對流加速空氣流動速度，達到降低地表溫度效果，概念二探討**熱對流發電**的可能性，利用不同形狀的錐狀物組合，觀察自然對流及強制對流環境下的溫差，觀察是否能在不加入外部能源的條件下，利用熱對流造成的溫差，達到發電的效果及規模。

## 壹、研究動機

在南一版「自然與生活科技」第三冊談到熱量，說明物質比熱，熱的傳播（傳導、對流及輻射），搜尋相關資料發現，地表溫度是地表物質吸收熱輻射後放熱造成，因此地表物質的比熱會影響地表溫度，而大樹下涼風徐徐是因為樹冠提高吸收熱輻射的高度，先減少地表物質吸收熱輻射的熱量，其次樹葉的蒸散作用會增加空氣對流，利用空氣充滿空間的特性，增加樹冠下方的空氣對流速度，因此我們發展出「太陽能葉片」的概念，希望在不使用其他外部能源的情況下，利用太陽能葉片增加地表的熱對流速度，實驗結果發現利用太陽能葉片可以有效降低地表溫度，得到這樣的實驗結果，我們思考熱對流是否還有其他應用，有同學大膽提出有沒有可能利用熱對流原理來進行發電，搜尋網路資料，發現已經有熱對流發電的裝置，但卻是利用沙漠地形溫度較高且要利用外部能源從上方噴灑水霧，由上而下造成冷空氣下降帶動發電機，我們希望不使用外部能源，由下而上利用實驗裝置造成足夠的空氣對流速度來發電，因為製作的模型較小，溫差效應及熱對流速度均較小，可以測得約12°C的溫差，但是還無法達到可以充電的電壓及電流數值，但是實驗裝置模型仍有參考價值，希望未來可以繼續研究，讓實驗裝置可以在不使用外部能源的條件下，達到熱對流發電的效果及可以充電的電壓及電流規模。

## 貳、研究目的

- 一、探討不同的地表物質(ex.沙子、水泥、柏油、泥土)在不同仰角的鹵素燈照射下各不同高度溫度的變化。
- 二、探討加裝不同數量太陽能板對實驗一各不同高度溫度的影響。
- 三、探討利用「太陽能葉片」對降低地表溫度的梯度效應。
- 四、製作不同材質、大小及不同上下口徑比例的黑色圓錐，在鹵素燈仰角67度照射下，各不同高度的變化。
- 五、組合不同的黑色圓錐，探討不同的上下口徑比例對圓錐溫度的影響。
- 六、在黑色錐狀物下方加裝太陽能風扇，探討強制對流環境下，風速對圓錐溫度的影響。
- 七、探討如何有效利用熱對流降低地表溫度及熱對流發電的可能性。

## 參、研究設備及器材

耗材	珍珠板、美工用具、泥土、水泥、柏油、沙子、電路線材、木板
設備	角鋼、鹵素燈、三用電表、太陽能板、風扇、馬達、液晶溫度計、計時器

## 肆、研究過程及方法

一、**實驗一**：探討不同的地表物質(ex.沙子、水泥、柏油、泥土)在不同仰角的鹵素燈照射下各不同高度溫度的變化。

一之1：**實驗一之1**/探討不同地面材質對地表溫度與地面溫度的影響。

(一) **實驗步驟**：

- 1.製作珍珠板容器四個。
- 2.利用角鋼組合成支撐架。
- 3.選用沙子、水泥、柏油及泥土作為地面物質。
- 4.固定鹵素燈，為方便操作，鹵素燈光源角度設定為90度（夏至日中天時的陽光角度）。
- 5.溫度計設置在不同地面高度（上、中、下）及地表位置（左、右、地表），溫度計位置如圖片說明。
- 6.將沙子裝入容器中，打開鹵素燈開始計時，每5分鐘紀錄六個溫度度數值，持續記錄。

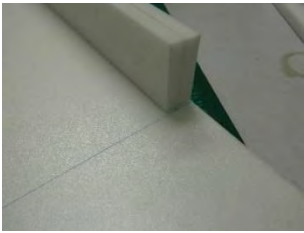
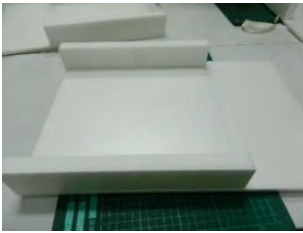
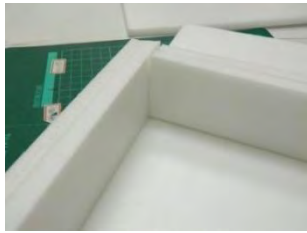
7.持續觀察50分鐘後，發現溫度上升效應趨緩，以50分鐘為觀察時間。

8.重複步驟6，將地面物質改成水泥、柏油及泥土，觀察並記錄50分鐘內各溫度計的溫度變化。



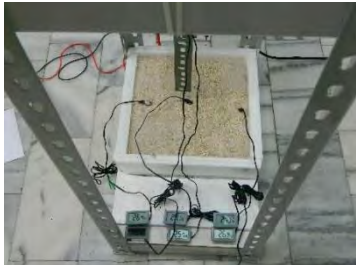



9.將溫度數值輸入 EXCEL，計算六個位置的溫差。

(二) 實驗步驟圖片說明：



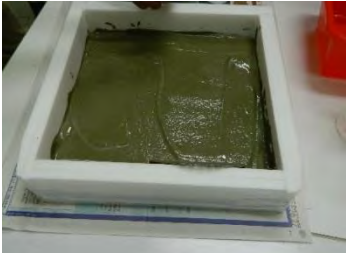
1.因為選用沙子、水泥、柏油及泥土作為地面材質，利用珍珠板製作容器，製作過程如圖片說明：

切割珍珠板	製作高5公分厚2公分的邊牆	組裝成長寬30公分高5公分 厚度2公分的珍珠板盒子4個
		

2.利用角鋼組裝支撐架，用以固定鹵素燈（代替太陽作為穩定光源），配合鐵條孔洞的位置，以間隔15公分為原則，固定溫度計（放置位置為地面高18公分、34公分、45公分處各一個），編號為上、中、下，地表溫度計設置三個，分別編號為左、右及地表)完成基礎測試的實驗裝置。

組合長60公分寬30公分 高120公分的角鋼架子	將鹵素燈固定在架子上 假設光源角度為90度	準備六個數字型液晶溫度計 分別編號及固定
		
上中下溫度計位置圖	左右及地表溫度計位置圖	光源角度90度裝置圖
		

### 3.製作水泥測試裝置：

<p>從市面購置預先調配好的水泥砂</p>	<p>將水加入水泥砂中，攪拌成水泥漿</p>	<p>倒入容器中，直到水泥漿裝滿容器為止，靜置陰乾</p>
		




### 4.實驗進行裝置圖（以沙子為例）

<p>打開鹵素燈</p>	<p>紀錄溫度計數值</p>	<p>地表溫度計放置圖</p>
		

### 5.其他裝置圖

<p>柏油</p>	<p>水泥</p>	<p>泥土</p>
		

### 6.泥土測試裝置圖

<p>泥土測試裝置俯視圖</p>	<p>地表溫度計設置</p>	<p>觀察並記錄溫度計數值</p>
		

一之2：實驗一之2/探討不同光源角度對地表溫度及地面溫度的影響。

(一) 實驗步驟：

1.實驗一結果發現，地面溫度計上的溫差特別大，應該鹵素燈直射且上方溫度計距離鹵素燈較近造成，造成數據判讀誤差，經過討論，決定更改光源角度。

2.如實驗一步驟6-9，將光源角度改為67度（春分秋分日中天太陽照射角度），持續記錄50分鐘，觀察並記錄六個溫度計數值及溫差的效應。

(二) 實驗步驟圖片說明：

1.調整鹵素燈位置：

取下實驗一鹵素燈，重新固定 將角度調整為67度	調整並固定角度	仰角67度實驗裝置圖
		

二、實驗二：探討加入太陽能風扇後，對地表溫度與地面溫度的影響。

(一) 實驗步驟：

1.利用太陽能板及馬達，組裝成太陽能風扇，在線路中加裝並聯的鱷魚夾，用以測量太陽能板驅動馬達時產生的電壓數值。

2.選擇風扇，原本利用小馬達附贈的風扇，但風量不足，經過比較，選用螺旋槳飛機的風扇。


3.決定風扇位置，經過討論，決定將風扇固定在地面溫度計下及中的中間，比較符合我們實驗裝置設定的高度。

4.重複實驗二的步驟2，使用四種地面材質，持續記錄50分鐘六個溫度計的數值並計算溫差，同時記錄太陽能板產生的電壓數值。



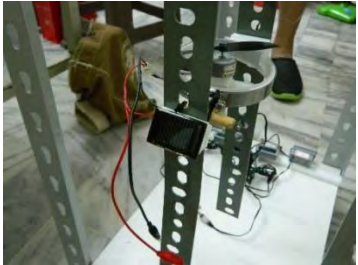
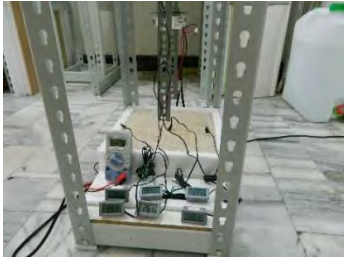


5.取四個太陽能板，串聯後接上風扇，依照上述步驟4的做法，再操作一次。

(二) 實驗步驟圖片說明：


1.組裝太陽能板

<p>將太陽板電線剪開，完成開放電路</p>	<p>套上熱縮套管，利用吹風機加熱，將接線處固定</p>	<p>完成一組太陽能電池及線路</p>
		
<p>並聯接上三用電表，旋扭轉至3V，測量電壓</p>	<p>使用黃熾燈泡照射，測試風扇是否轉動測量電壓</p>	
		

2.組裝風扇

<p>使用固定環固定馬達</p>	<p>使用模型飛機的螺旋槳做為測試風扇</p>	<p>將太陽能板及風扇固定在溫度計下及中之間</p>
		
<p>太陽能風扇及溫度計及電壓測試裝置</p>	<p>開燈測試，觀察風扇是否轉動</p>	<p>風扇順利轉動</p>
		

### 3.組裝四組太陽能板風扇

製作四組太陽能板電池 以串聯方式連接	打開鹵素燈，測試風扇是否轉 動並記錄電壓數值	風扇順利轉動
		

### 三、實驗三：探討利用「太陽能葉片」對降低地表溫度的梯度效應。

#### (一) 實驗步驟：

- 1.依照實驗二步驟架設太陽能風扇，以風速計測量不同高度的風速。
- 2.計算風速與溫度之間的關係。

### 四、實驗四：製作不同材質、大小及不同上下口徑比例的黑色圓錐，在鹵素燈仰角67度照射下，各不同高度的溫度變化。

#### (一) 實驗步驟：

- 1.依照以下規格製作不同大小的空心圓錐物體，在外部周圍繞上黑色膠帶。


編號	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2
材質	透明塑膠片		市售花盆				塑膠	鉛
上口徑	8公分	12.8公分	9公分	11公分	13.1公分	9公分	4.3公分	5.0公分
下方口徑	15.5公分	19.2公分	11.5公分	14.5公分	17.0公分	17.0公分	25.2公分	25.1公分
高度	23公分	22.2公分	12.5公分	16公分	19.4公分	32公分	24.3公分	26.5公分

- 2.依照實驗二的步驟架設編號 A1的空心圓錐，地面材質選用柏油，分別在地表、圓錐底部及圓錐頂端以膠帶固定液晶溫度計，打開鹵素燈，紀錄20分鐘內，地表溫度、圓錐下方口徑觸及圓錐上方口徑處溫度計數值。
- 3.利用 EXCEL 計算不同高度的溫差。
- 4.重複步驟2及步驟3，將圓錐改成 A2、B1、B2、B3、B4、C1及 C2。
- 5.利用 EXCEL 計算口徑比例對不同高度的溫差效應。



(二) 實驗步驟圖片說明：

1. 製作 A1 及 A2 圓錐。

裁切透明塑膠片	製作 A1 的支撐架	製作 A1 上下底的環狀邊緣
		
將 A1 黏貼在支撐架上	將 A1 取出，黏在環狀物上	小心黏上黑色絕緣膠帶
		

2. 其他椎狀物

B3 錐狀物	B4 錐狀物	B4 錐狀物測試
		
C1 塑膠漏斗原圖	C2 鉛製漏斗原圖	C1 鉛製漏斗纏黑色膠帶
		
C1 裝置測試	C2 裝置測試	測試中溫度數值
		

五、實驗五：重組不同的黑色圓錐，探討不同的上下口徑比例對圓錐溫度的影響。

(一) 實驗步驟：

- 1.將地面物質改成水泥，取 A1、B3、C1及 C2，依照實驗四的步驟2，再操作一次實驗。
- 2.依照下列方法，將實驗四的空心圓錐重新組合，探討不同的上下口徑比例對溫差的效應。

編號	五之1	五之2	五之3
組合方式	B3倒立置放	兩個 B3以較小口徑以膠帶封住，外觀呈上下口徑相同的弧狀	將 A1及 A2以編號2的方式組合

3. 利用 EXCEL 計算口徑比例改變對不同高度的溫差效應。

(二) 實驗步驟圖片說明：

五之1：B3倒立置放	五之2：兩個 B3組合	五之3：A1及 A2組合
		

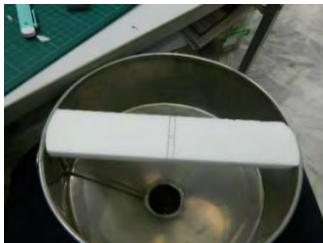


六、實驗六：在黑色錐狀物下方加裝太陽能風扇，探討風速對圓錐溫度的影響。

(一) 實驗步驟：

- 1.組裝太陽能風扇，將風扇固定在 A1、B1、B3、C1及 C2下方，依照實驗四的步驟二，再操作一次實驗。
2. 利用 EXCEL 計算空氣流速對不同高度的溫差效應。

(二) 實驗步驟圖片說明：

1.製作太陽能風扇

測量底部固定風扇的珍珠板	整理太陽能板電路	太陽能板正面
		

## 2.風扇風速測試

風速計外觀	風速計扇葉	測試 B3加太陽能風扇
		
B3太陽能風扇轉動中	測試 A1加太陽能風扇	A1太陽能風扇轉動中
		

## 伍、研究結果

### 【實驗結果架構圖】



一、實驗編號說明：實驗一之1：

	實驗條件	沙子	水泥	柏油	泥土
實驗一之1	90度/無風扇/無網子	1-A	1-B	1-C	1-D
實驗一之2	67度/無風扇/無網子	2-A	2-B	2-C	2-D
實驗二之1	67度/一組風扇/無網子	3-A-1	3-B-1	3-C-1	3-D-1
實驗二之2	67度/四組風扇/無網子	3-A-2	3-B-2	3-C-2	3-D-2
實驗三之1	67度/四組風扇/黑色網子	4-A-1	4-B-1	4-C-1	4-D-1
實驗三之2	67度/四組風扇/白色網子	4-A-2	4-B-2	4-C-2	4-D-2

二、實驗結果：實驗數據如附件說明/實驗數據圖形如下列說明

(一)實驗一之1：

<p><b>實驗1-A</b></p>	<p><b>實驗1-B</b></p>	<p><b>實驗1-C</b></p>
<p><b>實驗1-D</b></p>	<p><b>實驗2-A</b></p>	<p><b>實驗2-B</b></p>
<p><b>實驗2-C</b></p>	<p><b>實驗2-D</b></p>	<p><b>實驗3-A-1</b></p>
<p><b>實驗3-B-1</b></p>	<p><b>實驗3-C-1</b></p>	<p><b>實驗3-D-1</b></p>

<p>實驗3-B-1</p>	<p>實驗3-C-1</p>	<p>實驗3-D-1</p>
<p>實驗3-A-2</p>	<p>實驗3-B-2</p>	<p>實驗3-C-2</p>
<p>實驗3-D-2</p>	<p>實驗4-A-1</p>	<p>實驗4-B-1</p>
<p>實驗4-C-1</p>	<p>實驗4-D-1</p>	<p>實驗4-A-2</p>
<p>實驗4-B-2</p>	<p>實驗4-C-2</p>	<p>實驗4-D-2</p>

## (二) 實驗結果摘要：

因為實驗數據繁多，如實驗步驟一所說明，將各地面物質受鹵素燈照光50分鐘後，在上、中、下三個地面溫度計溫差數值及地表溫度計溫差數值整理如下表。

### 1.實驗一之1摘要：單位/°C

	沙子	水泥	柏油	泥土
實驗編號	1-A	1-B	1-C	1-D
上溫度計溫差	22.9	22.4	23.8	23.1
中溫度計溫差	8.1	6.4	8.9	7.3
下溫度計溫差	5.3	3.9	5.8	3.6
地表溫度計溫差	4.0	2.7	6.8	3.7

### 2.實驗一之2摘要：單位/°C

	沙子	水泥	柏油	泥土
實驗編號	2-A	2-B	2-C	2-D
上溫度計溫差	17.7	16.2	16.3	6.9
中溫度計溫差	15.0	14.0	14.6	6.4
下溫度計溫差	10.3	8.6	9.5	4.3
地表溫度計溫差	3.4	3.7	7.2	2.8

### 3.實驗二之1/一組太陽能板摘要：單位/°C

	沙子	水泥	柏油	泥土
實驗編號	3-A-1	3-B-1	3-C-1	3-D-1
上溫度計溫差	6.8	6.6	3.7	4.3
中溫度計溫差	6.4	6.3	3.8	4.4
下溫度計溫差	4.4	3.9	2.4	2.7
地表溫度計溫差	2.7	2.8	4.0	1.8

#### 4.實驗二之2/四組太陽能板摘要：單位/°C

	沙子	水泥	柏油	泥土
實驗編號	3-A-2	3-B-2	3-C-2	3-D-2
上溫度計溫差	6.2	5.2	4.7	5.5
中溫度計溫差	5.8	4.8	4.5	5.8
下溫度計溫差	4.2	3.0	4.6	3.9
地表溫度計溫差	3.0	2.1	5.6	2.5

#### 5.實驗四實驗結果摘要：

##### (1)實驗四之 A1 溫度紀錄表

地面材質/柏油						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	26.6	0	25.5	0	26.1	0
5	26.9	0.3	26.9	1.4	31.1	5
10	27.1	0.5	28	1.1	33.3	7.2
15	27.1	0.5	28.4	2.9	34	7.9
20	27.3	0.7	28.7	3.2	34.3	8.2

##### (2)實驗四之 B1 溫度紀錄表

地面材質/柏油						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	26.3	0	25.7	0	25.9	0
5	25.5	-0.8	26	0.3	28.1	2.2
10	25.5	-0.8	26.5	0.5	29.3	3.4
15	26.2	-0.1	26.8	1.1	29.5	3.6
20	27.2	0.9	27	1.3	29.9	4

##### (3)實驗四之 B2 溫度紀錄表

地面材質/柏油						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	26.9	0	26.8	0	27.9	0
5	29.6	2.7	27.7	0.9	30.8	2.9
10	31	4.1	28.4	1.6	32.1	4.2
15	31.7	4.8	28.7	1.9	32.6	4.7
20	31.9	5	28.9	2.1	33	5.1

(4)實驗四之 B3 溫度紀錄表

地面材質/柏油						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	27.5	0	27	0	27	0
5	29.4	1.9	27.7	0.7	30.5	3.5
10	30.4	2.9	28	1	31.5	4.5
15	30.9	3.4	28.3	1.3	32.2	5.2
20	31.1	3.6	28.3	1.3	32.6	5.6

(5)實驗四之 B4 溫度紀錄表

地面材質/柏油						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	24.6	0	25.3	0	25.9	0
5	24.8	0.2	26	0.7	27	1.1
10	25	0.4	26.5	0	27.8	1.9
15	25.2	0.6	26.5	1.2	28.2	2.3
20	25.3	0.7	26.6	1.3	27.9	2

(6)實驗四之 C1 溫度紀錄表

地面材質/柏油						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	22.4	0	23.1	0	23	0
5	22.9	0.5	23.6	0.5	27.5	4.5
10	23.3	0.9	24	0.9	30.2	7.2
15	23.5	1.1	24.2	1.1	31.8	8.8
20	23.8	1.4	24.4	1.3	31.8	8.8

(7)實驗四之 C2 溫度紀錄表

地面材質/柏油						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	24.8	0	24.5	0	26.3	0
5	25.2	0.4	24.8	0.3	27.7	1.4
10	25.4	0.6	24.9	0.4	28.7	2.4
15	25.6	0.8	25.2	0.7	29.7	3.4
20	25.8	1	25.2	0.7	30.2	3.9



## 6. 實驗五實驗結果摘要

### (1) 實驗五之 A1 溫度紀錄表

地面材質/水泥							圖表
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差	
0	26.6	0	24.7	0	24.8	0	
5	35.4	8.8	30.4	5.7	25.6	0.8	
10	37.4	10.8	32.3	7.6	25.8	1	
15	38.1	11.5	32.2	7.5	26.2	1.4	
20	38.6	12	30.9	6.2	26.6	1.8	

### (2) 實驗五之 B3 溫度紀錄表

地面材質/水泥							圖表
時(1)間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差	
0	20.9	0	20.9	0	20.9	0	
5	29	8.1	23.2	2.3	21.7	0.8	
10	30.9	10	23.9	3	22.3	1.4	
15	31.8	10.9	24.3	3.4	22.5	1.6	
20	32.6	11.7	23.7	2.8	22.8	1.9	

### (3) 實驗五之 C1 溫度紀錄表

地面材質/水泥							圖表
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差	
0	26.3	0	24.6	0	24.6	0	
5	34.1	7.8	24.8	0.2	27.7	3.1	
10	36.4	10.1	25.9	1.3	28.1	3.5	
15	37	10.7	26.5	1.9	28.5	3.9	
20	37.4	11.1	26.8	2.2	28.3	3.7	

### (4) 實驗五之 C2 溫度紀錄表

地面材質/水泥							圖表
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差	
0	26.3	0	25	0	24.7	0	
5	35.4	9.1	26.9	1.9	26	1.3	
10	37	10.7	27	2	26.5	1.8	
15	37.6	11.3	30.1	5.1	27.1	2.4	
20	38.4	12.1	27.3	2.3	30.7	6	

(5)實驗五之 B3 倒立溫度紀錄表

地面材質/水泥						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	22.8	0	23.5	0	22.5	0
5	32.3	9.5	25.2	1.7	23	0.5
10	33.6	10.8	24.8	1.3	23.4	0.9
15	33.8	11	25	1.5	23.5	1
20	34.1	11.3	25.3	1.8	23.4	0.9

(6)實驗五之 B3+B3 溫度紀錄表

地面材質/水泥						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	23.9	0	23.4	0	23	0
5	28.9	5	23.8	0.4	23.3	0.3
10	30.3	6.4	25.2	1.8	23.9	0.9
15	30.9	7	25.7	2.3	23.9	0.9
20	31.7	7.8	25.9	2.5	23.9	0.9

(7)實驗五之 A1+A2 溫度紀錄表

地面材質/水泥						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	25.2	0	22.5	0	22.5	0
5	33.2	8	25.7	3.2	23.4	0.9
10	34.6	9.4	26.7	4.2	23.7	1.2
15	35.8	10.6	26.5	4	23.7	1.2
20	36.3	11.1	26.2	3.7	23.8	1.3

7.實驗六實驗結果摘要

(1)實驗六之 A1 加風扇溫度紀錄表

地面材質/水泥						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	22.8	0	23.7	0	24.1	0
5	27.1	4.3	24.4	0.7	24	-0.1
10	28	5.2	24.9	1.2	24.6	0.5
15	28.2	5.4	25	1.3	24.6	0.5
20	28.2	5.4	25.1	1.4	24.4	0.3

(2)實驗六之 B2 加風扇溫度紀錄表

地面材質/水泥						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	24.2	0	24	0	24	0
5	26.6	2.4	24.6	0.6	24.8	0.8
10	26.1	1.9	24.9	0.9	25.3	1.3
15	27.5	3.3	25	1	25.6	1.6
20	27.4	3.2	25.1	1.1	25.7	1.7

(3)實驗六之 B3 加風扇溫度紀錄表

地面材質/水泥						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	26.8	0	24.7	0	24.4	0
5	30.1	3.3	24.6	-0.1	24.8	0.4
10	30.9	4.1	24.9	0.2	25.3	0.9
15	31.2	4.4	25.1	0.4	25.6	1.2
20	31	4.2	25.2	0.5	25.6	1.2

(4)實驗六之 C1 加風扇溫度紀錄表

地面材質/水泥						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	23.1	0	24.1	0	25.3	0
5	24.9	1.8	25.2	1.1	25.5	0.2
10	25.4	2.3	25.9	1.8	26.7	1.4
15	25.8	2.7	26.4	2.3	27	1.7
20	25.8	2.7	26.4	2.3	27.3	2

(5)實驗六之 C2 加風扇溫度紀錄表

地面材質/水泥						
時間	地表溫度	溫差	下方溫度	溫差	上方溫度	溫差
0	24.9	0	26.3	0	26.5	0
5	24.8	-0.1	25.8	-0.5	25.7	-0.8
10	25.8	0.9	27	0.7	26.6	0.1
15	25.6	0.7	26.8	0.5	26.8	0.3
20	25.8	0.9	27.1	0.8	27	0.5

## 陸、實驗討論

### 一、實驗一之1討論：

(一)實驗一之1的溫差數值中，上溫度計數值偏高，觀察實驗裝置，上溫度計距離鹵素燈20公分，同時受到照射溫度及熱輻射溫度效應，造成溫差比中溫度計溫差提高14~16°C，經過討論，不採用仰角90度的實驗裝置，在四季代表日中決定採用春分、秋分日中天太陽仰角67度為測試角度。

(二)在實驗一之1的地表溫差中，發現柏油地面的溫差提高最多，其次是沙子、泥土及水泥。

(三)從上述的討論中，發現將鹵素燈角度定為90度，實驗數據有部分無法合理解釋，經過討論決定更改光源角度，優先選擇春分秋分日中天的太陽仰角角度，會比較接近年均溫平均值。

### 二、實驗一之2討論：

(一)將鹵素燈光源角度改成67度後，發現地表溫度計溫差最大還是柏油地面（7.2°C），其次是沙子及水泥（3.4及3.7°C），溫差最低的是泥土地面（2.8°C），我們嘗試利用比熱來解釋觀察到的現象：

物質	沙子	柏油	水泥	泥土
比熱	0.2	0.4	0.24	0.5(含有水氣)
質量	3300克	1280克	4500克	2270克
質量*比熱	660	512	1080	1135
吸收熱量(卡)	2244	<b>3686</b>	<b>3996</b>	3178
地表溫差(°C)	3.4	7.2	3.7	<b>2.8(最低)</b>
上溫度計溫差	17.7	16.3	16.2	<b>6.9(最低)</b>

- 1.沙子吸收熱量數值略低，應該是沙子中間空氣吸熱，因為空氣為熱的不良導體，儲熱速度較慢，造成吸收熱量及溫差數值略低
- 2.柏油及水泥的溫差數值接近，與泥土的數值也約略相當，經過比較作為熱量吸收的參考數值。
- 3.泥土的地表溫差較低，應該是泥土中含有水分，水的比熱較大，地表溫差數值較小，因為水吸收熱量而蒸發，水蒸氣比例較高，造成上溫度計溫差數值也較低。
- 4.除了泥土外，上溫度計溫差數值約略相等，可見物質吸熱後的溫度梯度效應約略相等，泥土的溫差明顯降低，說明水蒸氣的含量多寡可能會影響溫度的梯度效應。

(二)觀察實驗一之2數值，在仰角67度的照射條件下，泥土地面吸熱後溫差最低，沙子、水泥及柏油的溫差效應相近，如果要有效降低地面溫差，應該增加城市植栽面積，減少水泥及柏油鋪面。

(三)比較實驗一的結果後，發現地面物質的比熱及質量會影響地表吸熱後的地表溫度，吸熱後輻射至較高的高度，溫度的梯度效應約略相等，水蒸氣比例及蒸發現象應該會影響地面及高空溫度。

(四)經過實驗二的修正及完成基礎測試及觀察後，思考如何利用太陽的熱對流及空氣流動之間的關係，設計不藉助外部能源，僅利用熱對流的環境來製造空氣流動的條件，觀察地表及地面溫度變化的效應，經過討論，利用太陽能板加上風扇，吸收部分的太陽能並利用風扇加速空氣的流動(強制對流)，觀察各溫度計溫差的變化，尋找可以不使用外部能源又可以有效降低地表及地面溫度的方法。

### 三、實驗二討論：

(一)實驗二從實驗一延伸，在地面溫度計上方增加一組太陽能風扇，利用風扇的強制對流加速空氣流動，觀察對地面溫度及地表溫度的溫差效應，實驗結果說明如下：

測試條件	溫差數值	沙子	柏油	水泥	泥土
67度基礎測試	地表溫差	3.4	7.2	3.7	2.8
	上溫差	17.7	16.3	16.2	6.9
一組風扇	地表溫差	2.7(降0.7)	2.8(降4.4)	4.0(升0.3)?	1.8(降1.0)
	上溫差(梯度)	6.8(+4.1)	6.6(+3.8)	3.7(-0.3)?	4.3(+2.5)
四組風扇	地表溫差	3.0(降0.4)	2.1(降5.1)	5.6(升1.9)?	2.5(降0.3)
	上溫差(梯度)	6.2(+3.2)	5.2(+3.1)	4.7(-0.9)?	5.5(+3.0)

1.加裝一組風扇後，地表因為空氣強制對流，地表溫差再降低約1.0°C，上溫差降低約10°C，加裝風扇強制對流後，可以有效降低地表及上溫度計的溫差數值。

2.加裝四組風扇後，地表及上溫差都再降低，可是地表溫差及上溫差之間的差值都約略相當，可見在30公分的測量距離中，風扇造成的上下溫度計的溫差梯度效應約略相等。

3.柏油裝風扇後地表溫差降低最多，主要是因為柏油地面的面積較小，空氣強制對流後流動空間較大造成。

(二)再延伸至四組太陽能板，觀察三用電表的電壓數值，一組太陽能板的電壓數值約在0.5伏特，四組太陽能板的電壓數值都大約在1.70伏特左右，數值變化不大，可見太陽能板串聯時，太陽能板的內電阻會消耗部分電能，造成電壓數值略降。

(三)就實驗數值來觀察，沙子及柏油的數值符合實驗設計的預想結果，加裝一組風扇會降低溫度，加裝四組風扇會再更降低溫度，水泥地面的溫差數值再降低，但是降低幅度比沙子及柏油更少，推測是水蒸氣比例變化不大造成對溫差效應的影響沒有太大的變動。

(四)就實驗數值來分析，增加太陽能板組數並沒有明顯增強溫差的效應，我們檢討裝置後，覺得可能是太陽板的效率及串聯時內電阻的影響。

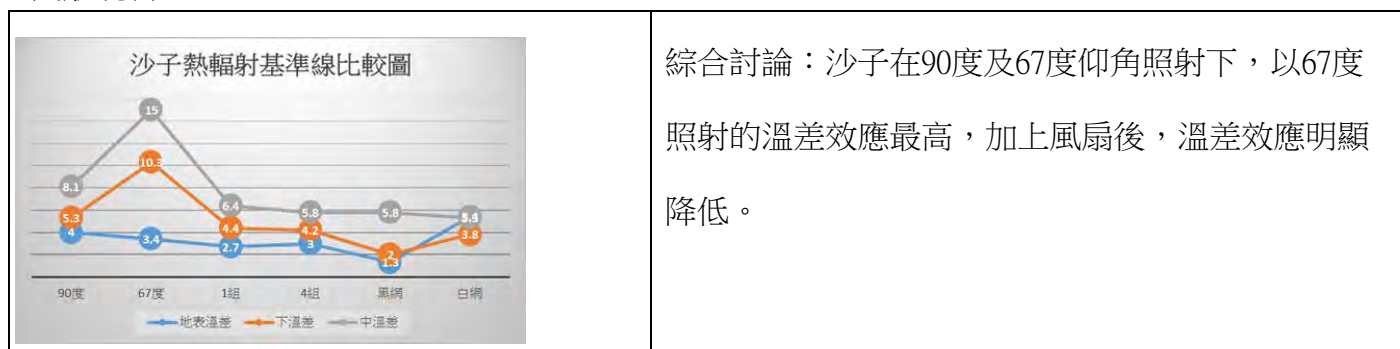
#### 四、實驗一~三綜合討論：

(一)沙子溫度效應綜合討論：

1.表格整理：

沙子	90度	67度	1組	4組
地表溫差	4.0	3.4	2.7	3.0
下溫差	5.3	10.3	4.4	4.2
中溫差	8.1	15.0	6.4	5.8

2.圖形說明：

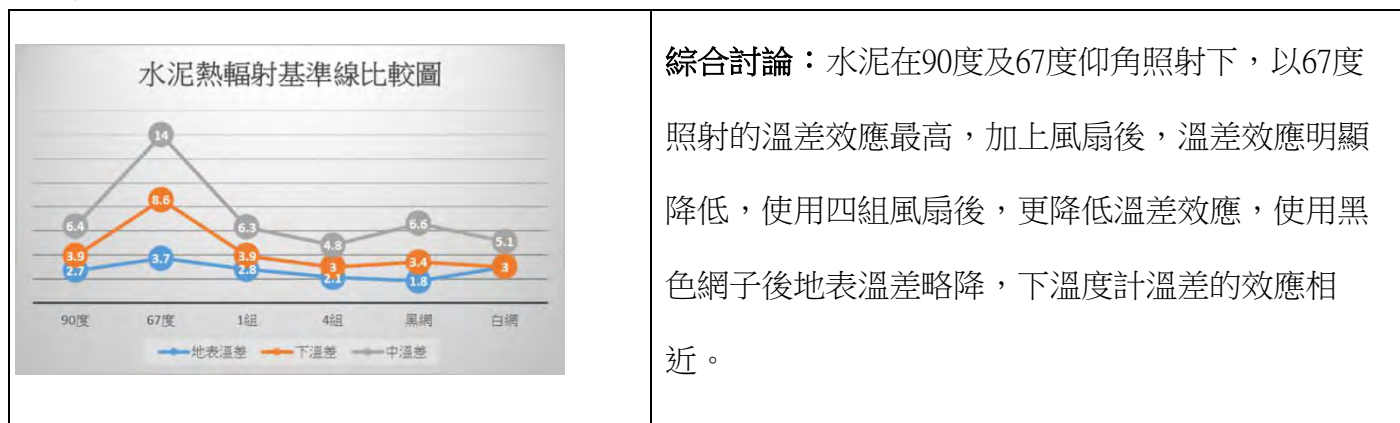


(二)水泥溫度效應綜合討論：

1.表格整理：

水泥	90度	67度	1組	4組
地表溫差	2.7	3.7	2.8	2.1
下溫差	3.9	8.6	3.9	3.0
中溫差	6.4	14.0	6.3	4.8

## 2.圖形說明：

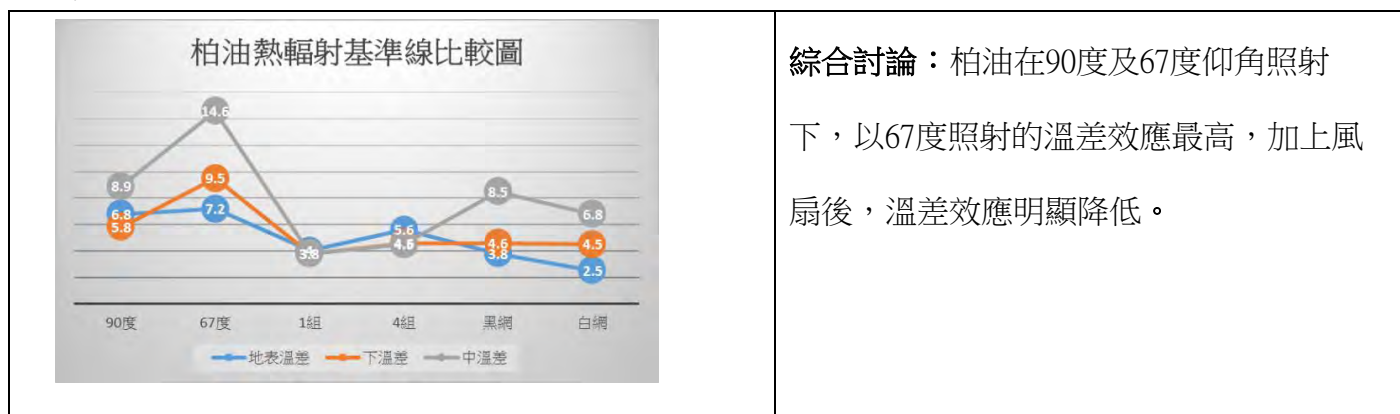


## (三)柏油溫度效應綜合討論：

### 1.表格整理：

柏油	90度	67度	1組	4組
地表溫差	6.8	7.2	4.0	5.6
下溫差	5.8	9.5	3.8	4.6
中溫差	8.9	14.6	3.8	4.5

## 2.圖形說明及討論：

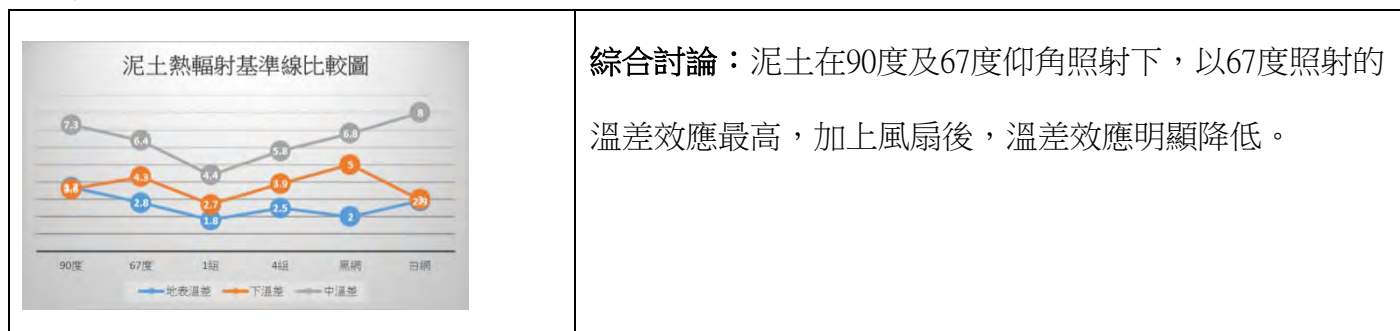


## (四)泥土溫度效應綜合討論：

### 1.數值分析說明


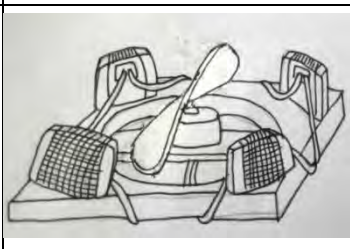

泥土	90度	67度	1組	4組
地表溫差	3.7	2.8	1.8	2.5
下溫差	3.6	4.3	2.7	3.9
中溫差	7.3	6.4	4.4	5.8

## 2.圖形說明及討論：



## 五、第一階段實驗概念—太陽能葉片

我們醞釀「太陽能葉片」，共設計三代的太陽能葉片裝置，分別說明如下：

<p>第一代裝置 一組太陽能板加風扇</p>	<p>第二代裝置 四組太陽能板串聯加一組風扇</p>	<p>第三代裝置：改良太陽能板裝置，將太陽能板建置在向光面。</p>
		

## 六、實驗四、五、六討論：

(一)綜合實驗四~六的實驗結果整理如下：

	地面		A1	B1	B2	B3	B4	C1	C2
實驗四	柏油	地表溫差	0.7	0.9	5.4	3.6	0.7	1.4	1.0
自然對流		上溫差	8.2	4.3	4.8	5.6	2.0	8.8	3.9
實驗六	水泥	地表溫差	12.0			11.7		11.1	12.1
自然對流		上溫差	1.8			1.9		3.7	6.0
實驗六	水泥	地表溫差	5.4		3.2	4.2		2.7	0.9
強制對流		上溫差	0.3		1.7	1.2		2.0	0.5
			A1+A2		B3倒立	B3+B3			
實驗五	水泥	地表溫差	11.1		11.3	7.8			
自然對流		上溫差	1.3		0.9	0.9			



(二)在實驗四的實驗裝置，鹵素燈沿用實驗一~四在較高的位置(距地面60公分)，A1~C2等七個錐狀物都會擋到鹵素燈的光線，造成地表光線不足且錐狀物直接吸收熱輻射，結果造成地表溫差降低且上溫差較高的現象，柏油吸收熱量的面積較小，經過比較後，決定重新操作實驗，將地面物質改成水泥，鹵素燈位置調低(距地面30公分)，讓鹵素燈光源可以直接照射水泥地面，因為 A1及 A2類似，僅操作 A1，B1及 B2則因為高度較低，不再進行實驗，B4則是因為高度過高，會超過架子的高度，也不再操作，在實驗六中僅進行 A1、B3、C1及 C2四個錐狀物的實驗。

(三)在實驗六的實驗數據中，A1、B3、C1及 C2四個錐狀物的地表溫度約略相等，說明實驗的條件較實驗五穩定且具參考性，在實驗六自然對流的條件下，根據熱對流的散熱公式  $Q=-hA\Delta T$ ，分別進行計算及驗證：

	H	A	$\Delta T$	Q	說明
A1	5~25	$11.75\pi * 23.0=270\pi$	12.0	$h * 3240\pi$	面積計算= (上底+下底)/2* $\pi$ *高  註：假設半面受光照
B3	5~25	$15.80\pi * 19.4=307\pi$	9.8	$h * 3009\pi$	
C1	5~25	$14.75\pi * 14.5=214\pi$	9.1	$h * 1947\pi$	
C2	5~25	$15.05\pi * 18.5=278\pi$	7.7	$h * 2140\pi$	

#### (四)說明與討論：

1. A1及 B3形狀類似，熱對流散熱量接近，C1及 C2形狀類似，熱對流散熱量接近，以形狀的條件來說明熱對流散熱量，驗證後大約符合公式。
- 2.原定的公式單位制度為公尺，我們試算使用公分，數字的規模差距為1000倍。
- 3.查詢資料得知，若要達到熱對流發電的規模，溫差至少要30°C以上(尚未考慮風速)，量體的規模，長寬至少要10倍以上，高度則至少要3~5倍，超過我們目前技術上可以製作的規模，使用風速計測量四個錐狀物上底及下底的風速，均未達到風速計可以測量的數值(風速至少2m/s)。
- 4.我們搜尋到熱對流發電塔，發現發電原理也是利用熱對流造成地溫差，將量體的半徑縮短高度拉高，在不影響受熱面積的條件下，利用量體內的高度差再形成大氣壓力差，加速空氣流動的速度，達到發電的規模。
- 5.以色列的熱對流發電是利用水霧蒸發為水蒸氣沉降至發電塔底部再推動風扇及渦輪，推動發電機，塔高為300公尺，與我們構想由下而上的發電機制不同，在實驗設計上，必須耗費電力噴出水霧

及考量水資源的利用，一開始我們就排除水霧機裝置及由上而下的熱對流發電原理。

### (五)實驗六的強制對流實驗數值驗證

#### 1.表格說明

	H	A	$\Delta T$	Q	說明
A1	20~100	$11.75 \pi * 23.0 = 270\pi$	3.8	$h * 1026\pi$	A1及 B3產生較大的誤差
B3	20~100	$15.80\pi * 19.4 = 307\pi$	5.4	$h * 1658\pi$	
C1	20~100	$14.75\pi * 14.5 = 214\pi$	1.5	$h * 321\pi$	C1及 C2形狀類似，熱對流散熱量接近
C2	20~100	$15.05\pi * 18.5 = 278\pi$	1.2	$h * 333\pi$	

#### 2.說明及討論：

(1)在強制對流的實驗條件下，C1及 C2的實驗數值接近，但是 A1及 B3的數值出現較大的誤差。

(2)強制對流的熱對流係數 h 為20~200，搜尋相關資料也說明 h 是複雜的數值，必須考慮許多因素，因為我們的實驗條件大約相同，都是在室內無空調的環境下使用相同功率的鹵素燈，且地表溫差也約略相同，所以推定熱對流係數 h 為相近的數值。

(3)所有的錐狀物均使用黑色膠帶纏繞，原先的目的是增加吸收熱輻射的實驗條件來產生更大的溫差，但是在實驗一的數據分析中發現，在前20分中溫度就達到大致條件，所以實驗四~六的實驗時間為20分鐘，在實驗六中，鹵素燈並未直接照射錐狀物，以手接觸錐狀物，發現溫度變化不大，黑色膠帶主要的作用反而是讓四個錐狀物有相同的外觀，纏繞不同顏色膠帶造成的溫度效應則必須另行設計實驗說明。

#### (4)熱傳導、對流及輻射散熱公式表

熱傳類型	數學公式	參數說明
傳導散熱	$Q = -KA\Delta T/L$	Q=傳導散熱量(W) K=熱傳導係數(W/m°C) A=截面積(m <sup>2</sup> ) $\Delta T$ =路徑兩端溫差(°C) L=傳導路徑長度(m)
對流散熱	$Q = -hA\Delta T$	Q=對流散熱量(W) h=熱對流係數(W/m <sup>2</sup> °C) A=有效散熱面積(m <sup>2</sup> ) $\Delta T$ =表面與流體溫差(°C)
輻射散熱	$Q = \epsilon\sigma AT^4$	Q=輻射散熱量(W) $\epsilon$ =散熱表面輻射率(W/m <sup>2</sup> °C) T=絕對溫度(K) $\sigma$ =史提芬波茲曼常數 $5.68 \cdot 10^{-8}$ (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )

## 七、實驗概念二：熱對流發電機

我們發展出的熱對流發電機，利用熱空氣上升的熱對流原理推動發電機，概念可分為兩種：

(一)發展不同形狀的錐狀物，利用形狀及受熱面積產生自然對流，將量體加大產生足夠地溫差，可在錐狀物的頂端利用致冷晶片發電，利用溫差發電或是利用風力發電。

(二)在發電機的底部加上太陽能風扇強制對流，將發電機的量體拉長，在量體內形成大氣壓力差或風速差，利用風力的條件來發電並降低地表溫度。

## 柒、結論

一、仰角90度的鹵素燈光源，因為鹵素燈為垂直放置，造成溫度計同時受到鹵素燈照射及熱輻射效應，溫差數值出現異常，無法討論，不採用90度的光源進行實驗。

二、在實驗一實驗數值分析中，在鹵素燈光源持續照射50分鐘時，溫度數值趨緩，實驗時間以50分鐘為限。

三、在仰角67度的穩定鹵素燈光源持續照射50分鐘，柏油地面的地表及地面溫度計溫差數值最大，柏油地面吸收熱輻射後的溫差效應最大，泥土地面的溫度上升效應最小，經過比熱計算，沙子、柏油及水泥吸熱數值約略相同，泥土地面因為水蒸氣的影響所以溫差效應最低。

四、加裝一組太陽能風扇來增加熱對流速度後，不同的地面材質在上溫度計溫差數值可以再降低約10°C，泥土地面因為在實驗二的數值基準較低，溫差數值降低最少但溫差數值最低，各地面物質地溫差梯度效應約略相同。

五、利用以上的實驗結果，發展出「太陽能葉片」的概念，將太陽能板加裝風扇，放置於地面適當的高度，利用太陽能板吸收熱輻射並提高熱輻射高度，降低地表溫度，並利用風扇的作用，加速空氣的流動，增強溫度降低的效應，可以在不使用外部能源的條件下，有效降低地表溫度。

六、實驗六利用不同的錐狀物及太陽能風扇進行自然對流及強制對流的熱量計算，在自然對流的實驗條件中，形狀及面積接近的錐狀物有相近的熱量數值，但是在強制對流的實驗條件中，A1及B3錐狀物實驗數值出現誤差，C1及C2數值符合公式計算。

七、概念二「熱對流發電」概念可分為兩種：

(一)發展不同形狀的錐狀物，利用形狀及受熱面積產生自然對流，將量體加大產生足夠地溫差，可

在錐狀物的頂端利用致冷晶片發電，利用溫差發電或是利用風力發電。

(二)在發電機的底部加上太陽能風扇強制對流，將發電機的量體拉長，在量體內形成大氣壓力差或風速差，利用風力的條件來發電並降低地表溫度。

## 捌、未來展望

一年多前，我們決定了『熱對流發電』研究主題，首先設計了概念一「太陽能葉片」，利用強制對流降低地表溫度。進行概念二「熱對流發電」，查詢資料得知，目前的熱對流發電裝置，不論是在下方噴灑水霧，利用對流塔的溫度加速水蒸發的速度，進而加速熱對流塔的熱對流速度，讓熱對流塔上方的風力發電裝置發電，或是利用噴灑水霧，讓空氣濕度增加，讓空氣沉降到熱對流塔的底部，推動在熱對流塔底部的發電機，這兩種熱對流方式都需要外部能源噴灑水霧，且水霧的顆粒必須夠小才產生作用，我們思考的改良法有以下兩個方向：

- 1.是否可以不使用外部能源？
- 2.是否可以不使用水霧裝置？

在這兩個前提下，設計並操作實驗，每一次的實驗紀錄都是20~50分鐘，實驗後再分析並統計及分析實驗數據，討論後再修改實驗裝置，再進行下一次實驗，直到實驗數據符合公式及原理的說明，有幾次因為實驗數值誤差，實驗重作了好幾次，直到問題及誤差修正為止。

地球的能源日漸枯竭，我們期待為地球盡一份心力，探討是否可以不利用外部能源及水霧裝置，只靠熱對流的溫差或產生的風力，在自然對流及強制對流的環境下，是否可以產生發電的規模，將量體加大是否可以產生發電的經濟效益。

本研究實驗結果顯示，「太陽能葉片」利用強制對流可以降低地表溫度，對「溫室效應」的影響可以再深入研究及探討，根據概念二「熱對流發電」設計的實驗裝置可以產生溫差及風力，也測得較小的電壓，雖然還無法產生發電的規模或效率，但是，我們認為利用『熱對流』產生的溫差或風力來發電，是值得繼續研究的課題。

針對研究內容，未來可以繼續深入探討的實驗方向，條列如下：

(一) 光源由鹵素燈管改成氙燈，查詢光譜及各種光源的資料，得知氙燈最接近太陽光的光源，所以擬將光源改成氙燈，比較不同光源的照射結果，才能做進一步的推論。

- (二) 擬改變太陽能板的規格及配置，提升太陽能板的發電效率。
- (三) 擬改變錐狀物的形狀及規格，使用椎狀的加油棒及寵物護頸圈(俗稱：羞羞圈)來製作不同的錐狀，目的是想要觀察並比較錐狀物上下口徑差對溫差及空氣流速的影響。
- (四) 可以進一步深入討論空氣流速及溫差的梯度效應。
- (五) 可以加裝致冷晶片，測試錐狀物在自然對流及強制對流環境下的溫差效應，並記錄電壓數值，探討利用熱對流環境產生的溫差來進行溫差發電的可能性。
- (六) 可在錐狀物上方加裝風力發電機，在下方加上風扇進行強制對流，觀察錐狀物上下風速的差異並探討利用熱對流的環境進行風力發電的可能性。
- (七) 將實驗裝置放置在太陽光環境下進行相同的實驗觀察，紀錄太陽的相關條件及實驗的溫差效應後，可以就室內控制環境下的理論值及實際陽光環境下的觀測值，進行比較並修正誤差，同時計算相關的經濟效益，探討『熱對流發電』的可能性。

## 玖、參考文獻

### 一、中文部分：

#### 【一本書】

國民中學 自然與生活科技第五冊 南一出版社

### 二、網路資源：

#### (一) 中文部分：

【單篇文章，無作者】國立師範大學物理系科學園網頁/熱的傳播方式/說明自然對流與強制對流

取自 <http://home.phy.ntnu.edu.tw/~eureka/contents/elementary/chap%203/3-3-2.htm>

【單篇文章，無作者】LAIN 探究式學習網站/熱對流的發生

取自 [http://lain.atm.ncu.edu.tw/lain\\_1/%A4%DB%B9p%A4%A7%B9%DA/b.htm](http://lain.atm.ncu.edu.tw/lain_1/%A4%DB%B9p%A4%A7%B9%DA/b.htm)

## 【評語】 030107

研究主題生活化且結果具潛在實用價值。實驗收集到有系統數據，也有適當分析。加入太陽能風扇具巧思，宜在光源、材料之外有更具創意的課題。數據呈現應注意有效數字，且作圖須有坐標軸說明，物理量亦應標示單位。

作品海報

# 摘要

近幾年暖化造成全球均溫提高，水泥叢林讓地表溫度更高，聚集大樹下，發現樹蔭下涼風徐徐，空氣從樹冠外圍往樹蔭吹來，思考如何利用熱對流降低地表溫度，設計以下實驗。1. 探討不同地面物質及不同光源角度吸熱後溫度變化；2. 利用太陽能風扇增加空氣流動速度，觀察溫度變化；3. 製作不同大小及形狀圓錐，觀察各高度溫度變化；4. 將圓錐加上太陽能風扇，觀察各高度溫差，依實驗結果提出**概念一：太陽能葉片**，利用強制對流加速空氣流動速度，達到降低地表溫度效果，**概念二：探討熱對流發電**的可能性，利用不同形狀的錐狀物組合，觀察自然對流及強制對流環境下的溫差，觀察是否能在**不加入外部能源的條件下，利用熱對流造成的溫差，達到發電的效果及規模。**

# 壹、研究動機

談到熱量，說明物質比熱，熱的傳播（傳導、對流及輻射），搜尋資料發現，地表溫度是地表物質吸收熱輻射後放熱造成，因此地表物質的比熱會影響地表溫度，而大樹下涼風徐徐是因為樹冠提高吸收熱輻射的高度，先減少地表物質吸收熱輻射的熱量，其次樹葉的蒸散作用會增加空氣對流，利用空氣充滿空間的特性，增加樹冠下方的空氣對流速度，因此我們發展出「太陽能葉片」的概念，希望在不使用其他外部能源的情況下，利用太陽能葉片增加地表的熱對流速度，實驗結果發現利用太陽能葉片可以有效降低地表溫度，得到這樣的實驗結果，我們思考熱對流是否還有其他應用，有同學大膽提出有沒有可能利用熱對流原理來進行發電，搜尋網路資料，發現已經有熱對流發電的裝置，但卻是利用沙漠地形溫度較高且要利用外部能源從上方噴灑水霧，由上而下造成冷空氣下降帶動發電機，我們希望不使用外部能源，由下而上利用實驗裝置造成足夠的空氣對流速度來發電，因為製作的模型較小，溫差效應及熱對流速度均較小，可以測得約12°C的溫差，但是還無法達到可以充電的電壓及電流數值，但是實驗裝置模型仍有參考價值，希望未來可以繼續研究，讓實驗裝置可以在不使用外部能源的條件下，達到熱對流發電的效果及可以充電的電壓及電流規模。

# 貳、研究目的

- 一、探討不同的地表物質(ex. 沙子、水泥、柏油、泥土)在不同仰角的鹵素燈照射下各不同高度溫度的變化。
- 二、探討加裝不同數量太陽能板對不同地面、高度及溫度的影響。
- 三、探討利用「太陽能葉片」對降低地表溫度的梯度效應。
- 四、製作不同材質、大小及不同上下口徑比例黑色圓錐，在鹵素燈仰角67度照射下，各不同高度的變化。
- 五、組合不同的黑色圓錐，探討不同的上下口徑比例對圓錐溫度的影響。
- 六、在黑色錐狀物下方加裝太陽能風扇，探討強制對流環境下，風速對圓錐溫度的影響。
- 七、探討如何有效利用熱對流降低地表溫度及熱對流發電的可能性。

# 參、研究設備及器材/略

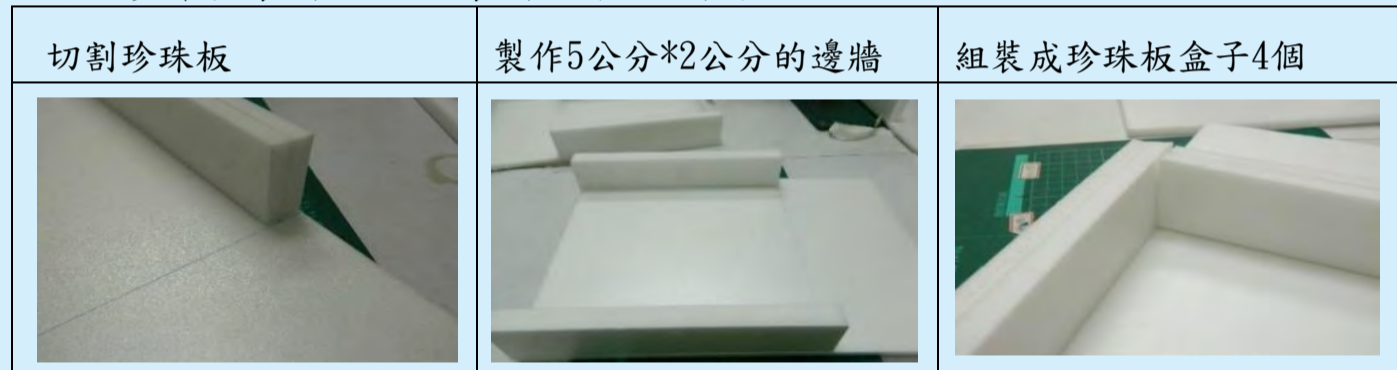
# 肆、研究過程及方法

**實驗一：探討不同的地表物質(ex. 沙子、水泥、柏油、泥土)在不同仰角的鹵素燈照射下各不同高度溫度的變化。**

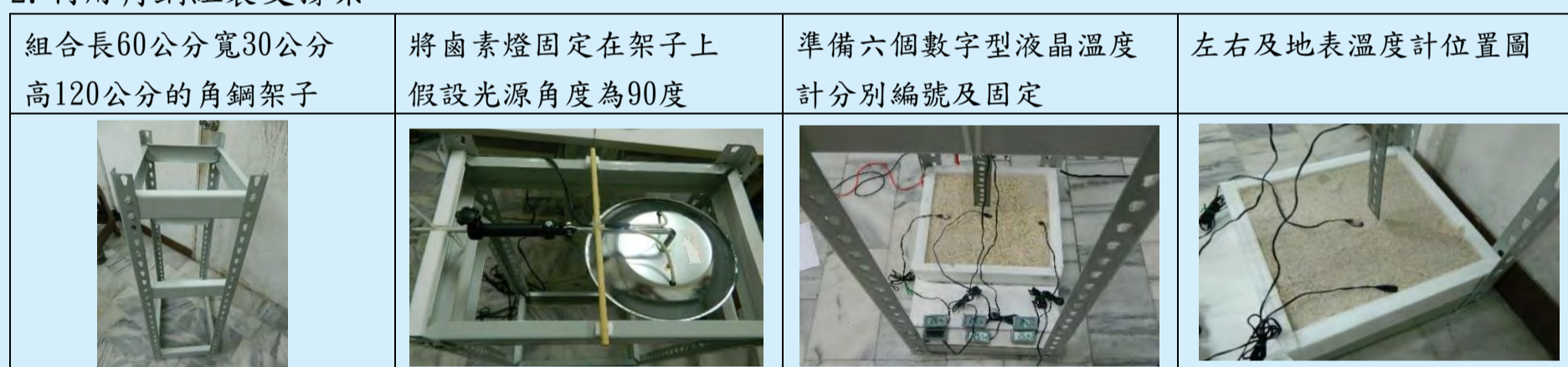
**一之1：實驗一之1/探討不同地面材質對地表溫度與地面溫度的影響。**

實驗步驟圖片說明：

1. 利用珍珠板製作容器，製作過程如圖片說明：



2. 利用角鋼組裝支撐架



3. 製作水泥測試裝置：

4. 實驗進行裝置圖（以沙子為例）



**一之2：實驗一之2/探討不同光源角度對地表溫度及地面溫度的影響。**

實驗步驟圖片說明：

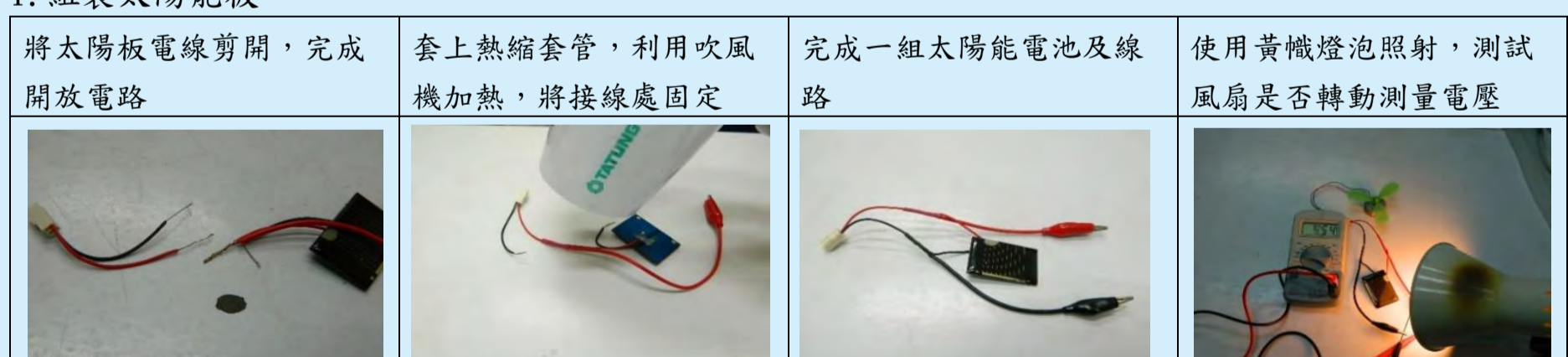
1. 調整鹵素燈位置：



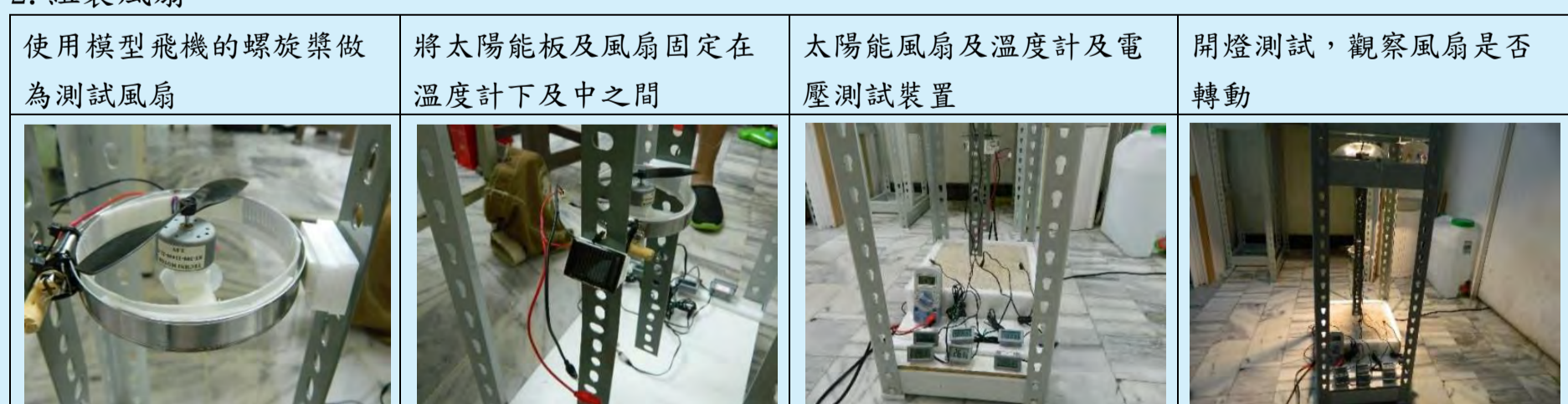
**實驗二：探討加入太陽能風扇後，對地表溫度與地面溫度的影響。**

實驗步驟圖片說明：

1. 組裝太陽能板



2. 組裝風扇



3. 組裝四組太陽能板風扇



**實驗三：探討利用「太陽能葉片」對降低地表溫度的梯度效應。**

實驗步驟：

1. 依照實驗二步驟架設太陽能風扇，以風速計測量不同高度的風速。
2. 計算風速與溫度之間的關係。

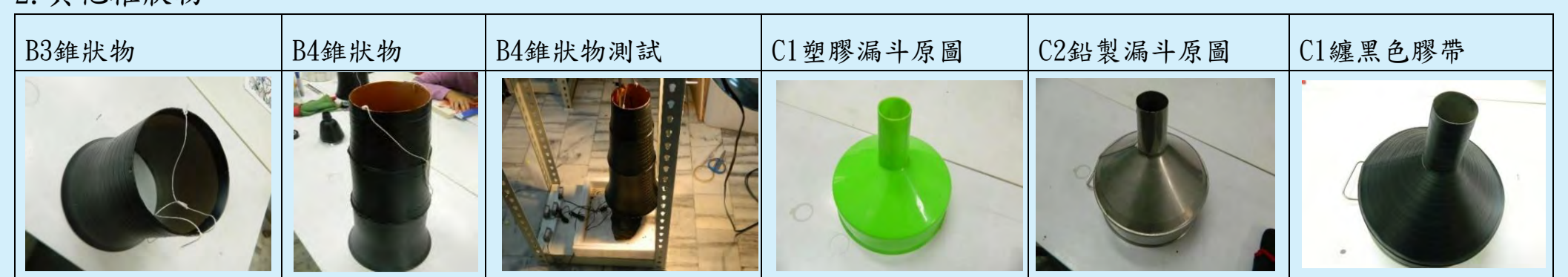
**實驗四：製作不同材質、大小及不同上下口徑比例黑色圓錐，在鹵素燈仰角67度照射下，各不同高度的溫度變化。**

實驗步驟圖片說明：

1. 製作A1及A2圓錐。



2. 其他錐狀物



**實驗五：重組不同的黑色圓錐，探討不同的上下口徑比例對圓錐溫度的影響。**

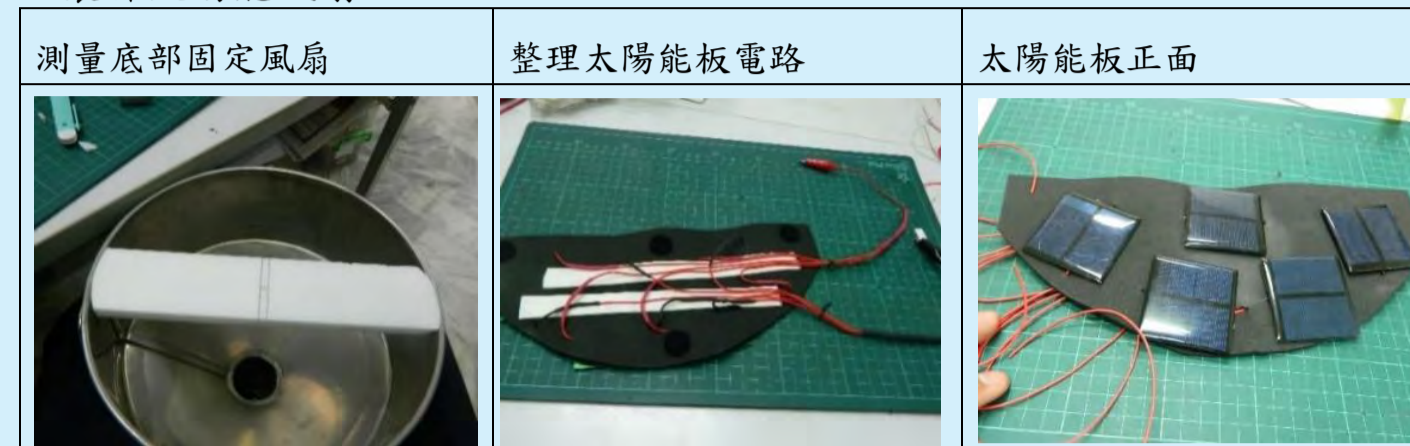
實驗步驟圖片說明：



**實驗六：在黑色錐狀物下方加裝太陽能風扇，探討風速對圓錐溫度的影響。**

實驗步驟圖片說明：

1. 製作太陽能風扇



2. 風扇風速測試



# 伍、研究結果

【實驗結果架構圖】



一、實驗編號說明：實驗一之1：

	實驗條件	沙子	水泥	柏油	泥土
實驗一之1	90度/無風扇	1-A	1-B	1-C	1-D
實驗一之2	67度/無風扇	2-A	2-B	2-C	2-D
實驗二之1	67度/一組風扇	3-A-1	3-B-1	3-C-1	3-D-1
實驗二之2	67度/四組風扇	3-A-2	3-B-2	3-C-2	3-D-2
實驗三之1	67度/四組風扇	4-A-1	4-B-1	4-C-1	4-D-1
實驗三之2	67度/四組風扇	4-A-2	4-B-2	4-C-2	4-D-2

二、實驗結果：實驗數據如附件說明/實驗數據圖形如下列說明

(一)實驗結果摘要：

因為實驗數據繁多，如實驗步驟一所說明，將各地面物質受鹵素燈照射50分鐘後，在上、中、下三個地面溫度計溫差數值及地表溫度計溫差數值整理如下表。

1. 實驗一之1摘要：單位/°C

	沙子	水泥	柏油	泥土
實驗編號	1-A	1-B	1-C	1-D
上溫度計溫差	22.9	22.4	23.8	23.1
中溫度計溫差	8.1	6.4	8.9	7.3
下溫度計溫差	5.3	3.9	5.8	3.6
地表溫度溫差	4.0	2.7	6.8	3.7

2. 實驗一之2摘要：單位/°C

	沙子	水泥	柏油	泥土
實驗編號	2-A	2-B	2-C	2-D
上溫度計溫差	17.7	16.2	16.3	6.9
中溫度計溫差	15.0	14.0	14.6	6.4
下溫度計溫差	10.3	8.6	9.5	4.3
地表溫度溫差	3.4	3.7	7.2	2.8

3. 實驗二之1/一組太陽能板摘要：單位/°C

	沙子	水泥	柏油	泥土
實驗編號	3-A-1	3-B-1	3-C-1	3-D-1
上溫度計溫差	6.8	6.6	3.7	4.3
中溫度計溫差	6.4	6.3	3.8	4.4
下溫度計溫差	4.4	3.9	2.4	2.7
地表溫度溫差	2.7	2.8	4.0	1.8

# 陸、實驗討論

一、實驗一之1討論：

(一)實驗一之1的溫差數值中，上溫度計數值偏高，觀察實驗裝置，上溫度計距離鹵素燈20公分，同時受到照射溫度及熱輻射溫度效應，造成溫差比中溫度計溫差提高14-16°C，經過討論，不採用仰角90度的實驗裝置，

在四季代表日中決定採用春分、秋分日中天太陽仰角67度為測試角度。

(二)在實驗一之1的地表溫差中，發現柏油地面的溫差提高最多，其次是沙子、泥土及水泥。

(三)從上述的討論中，發現將鹵素燈角度定為90度，實驗數據有部分無法合理解釋，經過討論決定更改光源角度，優先選擇春分秋分日中天的太陽仰角角度，會比較接近年均溫平均值。

二、實驗一之2討論：

(一)將鹵素燈光源角度改成67度後，發現地表溫度計溫差最大還是柏油地面(7.2°C)，其次是沙子及水泥(3.4及3.7°C)，溫差最低的是泥土地面(2.8°C)，我們嘗試利用比熱來解釋觀察到的現象：

物質	沙子	柏油	水泥	泥土
比熱	0.2	0.4	0.24	0.5(含有水氣)
質量	3300克	1280克	4500克	2270克
質量*比熱	660	512	1080	1135
吸收熱量(卡)	2244	3686	3996	3178
地表溫差(°C)	3.4	7.2	3.7	2.8(最低)
上溫度計溫差	17.7	16.3	16.2	6.9(最低)

- 沙子吸收熱量數值略低，應該是沙子中間空氣吸熱，因為**空氣為熱的不良導體，儲熱速度較慢**，造成吸收熱量及溫差數值略低。
- 柏油及水泥的溫差數值接近，與泥土的數值也約略相當，經過比較作為熱量吸收的參考數值。
- 泥土的地表溫差較低，應該是**泥土中含有水分**，水的比熱較大，地表溫差數值較小，因為水吸收熱量而蒸發，水蒸氣比例較高，造成上溫度計溫差數值也較低。
- 除了泥土外，上溫度計溫差數值約略相等，可見物質吸熱後的溫度梯度效應約略相等，泥土的溫差明顯降低，**說明水蒸氣的含量多寡可能會影響溫度的梯度效應**。

(二)觀察實驗一之數值，在仰角67度的照射條件下，**泥土地面吸熱後溫差最低**，沙子、水泥及柏油的溫差效應相近，如果要有效降低地面溫差，應該**增加城市植栽面積，減少水泥及柏油鋪面**。

(三)比較實驗一的結果後，發現地面物質的比熱及質量會影響地表吸熱後的地表溫度，吸熱後輻射至較高的溫度，溫度的梯度效應約略相等，**水蒸氣比例及蒸發現象應該會影響地面及高空溫度**。

(四)經過實驗二的修正及完成基礎測試及觀察後，思考如何利用太陽的熱對流及空氣流動之間的關係，設計不藉助外部能源，僅利用熱對流的環境來製造空氣流動的條件，觀察地表及地面溫度變化的效應，經過討論，利用太陽能板加上風扇，吸收部分的太陽能並利用風扇加速空氣的流動(強制對流)，觀察各溫度計溫差的變化，**尋找可以不使用外部能源又可以有效降低地表及地面溫度的方法**。

### 三、實驗二討論：

(一)實驗二從實驗一延伸，在地面溫度計上方增加一組太陽能風扇，利用風扇的強制對流加速空氣流動，觀察對地面溫度及地表溫度的溫差效應，實驗結果說明如下：

測試條件	溫差數值	沙子	柏油	水泥	泥土
67度基礎	地表溫差	3.4	7.2	3.7	2.8
測試	上溫差	17.7	16.3	16.2	6.9
一組風扇	地表溫差	2.7(降0.7)	<b>2.8(降4.4)</b>	4.0(升0.3)	1.8(降1.0)
	上溫差(梯度)	6.8(+4.1)	6.6(+3.8)	3.7(-0.3)	4.3(+2.5)
四組風扇	地表溫差	3.0(降0.4)	<b>2.1(降5.1)</b>	5.6(升1.9)	2.5(降0.3)
	上溫差(梯度)	6.2(+3.2)	5.2(+3.1)	4.7(-0.9)	5.5(+3.0)

- 加裝一組風扇後，地表因為空氣強制對流，地表溫差再降低約1.0°C，上溫差降低約10°C，加裝風扇強制對流後，可以有效降低地表及上溫度計的溫差數值。
  - 加裝四組風扇後，地表及上溫差都再降低，可是地表溫差及上溫差之間的差值都約略相當，可見在30公分的測量距離中，風扇造成的上下溫度計的溫差梯度效應約略相等。
  - 柏油裝風扇後地表溫差降低最多，主要是因為**柏油地面的面積較小**，空氣強制對流後流動空間較大造成。
- (二)再延伸至四組太陽能板，觀察三用電表的電壓數值，一組太陽能板的電壓數值約在0.5伏特，四組太陽能板的電壓數值都大約在1.70伏特左右，數值變化不大，可見太陽能板串聯時，太陽能板的內電阻會消耗部分電能，造成電壓數值略降。
- (三)就實驗數值來觀察，沙子及柏油的數值符合實驗設計的預想結果，加裝一組風扇會降低溫度，加裝四組風扇會再降低溫度，水泥地面的溫差數值再降低，但是降低幅度比沙子及柏油更少，推測是水蒸氣比例變化不大造成對溫差效應的影響沒有太大的變動。
- (四)就實驗數值來分析，增加太陽能板組數並沒有明顯增強溫差的效應，我們檢討裝置後，覺得可能是太陽板的效率及串聯時內電阻的影響。

### 四、實驗一~三綜合討論：

(一)沙子溫度效應綜合討論：

沙子	90度	67度	1組	4組	圖形說明：	綜合討論：
地表溫差	4.0	3.4	2.7	3.0		綜合討論：沙子在90度及67度仰角照射下，以67度照射的溫差效應最高，加上風扇後，溫差效應明顯降低。
下溫差	5.3	10.3	4.4	4.2		
中溫差	8.1	15.0	6.4	5.8		

(二)水泥溫度效應綜合討論：

水泥	90度	67度	1組	4組	圖形說明：	綜合討論：
地表溫差	2.7	3.7	2.8	2.1		綜合討論：水泥在90度及67度仰角照射下，以67度照射的溫差效應最高，加上風扇後，溫差效應明顯降低，使用四組風扇後，更降低溫差效應，使用黑色網子後地表溫差略降，下溫度計溫差的效應相近。
下溫差	3.9	8.6	3.9	3.0		
中溫差	6.4	14.0	6.3	4.8		

(三)柏油溫度效應綜合討論：

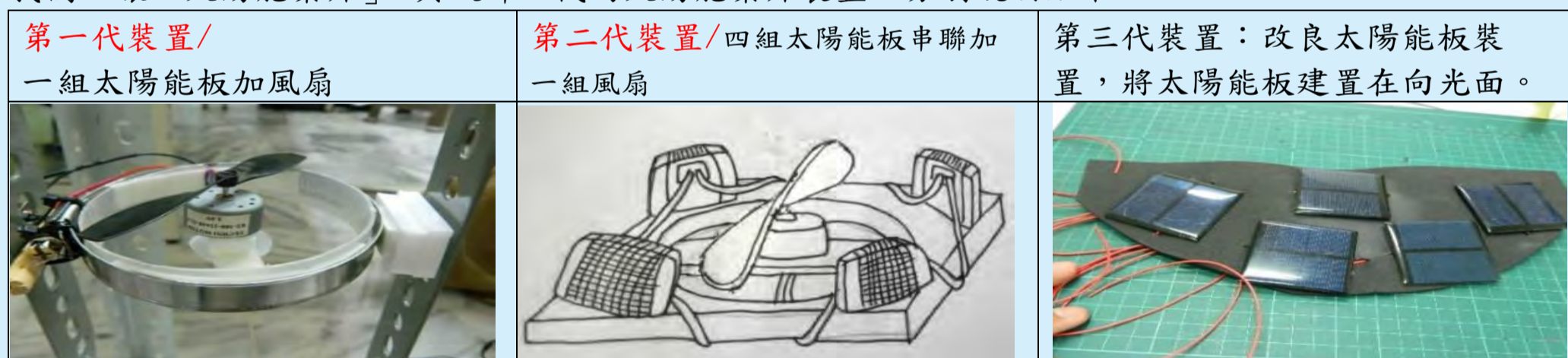
柏油	90度	67度	1組	4組	圖形說明：	綜合討論：
地表溫差	6.8	7.2	4.0	5.6		綜合討論：柏油在90度及67度仰角照射下，以67度照射的溫差效應最高，加上風扇後，溫差效應明顯降低。
下溫差	5.8	9.5	3.8	4.6		
中溫差	8.9	14.6	3.8	4.5		

(四)泥土溫度效應綜合討論：

泥土	90度	67度	1組	4組	圖形說明：	綜合討論：
地表溫差	3.7	2.8	1.8	2.5		綜合討論：泥土在90度及67度仰角照射下，以67度照射的溫差效應最高，加上風扇後，溫差效應明顯降低。
下溫差	3.6	4.3	2.7	3.9		
中溫差	7.3	6.4	4.4	5.8		

## 五、第一階段實驗概念—太陽能葉片

我們醞釀「太陽能葉片」，共設計三代的太陽能葉片裝置，分別說明如下：



## 六、實驗四、五、六討論：

(一)綜合實驗四~六的實驗結果整理如下：

實驗	地面	A1	B1	B2	B3	B4	C1	C2	
實驗四 自然對流	柏油	地表溫差	0.7	0.9	5.4	3.6	0.7	1.4	1.0
		上溫差	8.2	4.3	4.8	5.6	2.0	8.8	3.9
實驗六 自然對流	水泥	地表溫差	12.0			11.7		11.1	12.1
		上溫差	1.8			1.9		3.7	6.0
實驗六 強制對流	水泥	地表溫差	5.4		3.2	4.2		2.7	0.9
		上溫差	0.3		1.7	1.2		2.0	0.5
實驗五 自然對流	水泥	地表溫差	11.1		11.3	7.8			
		上溫差	1.3		0.9	0.9			

(二)在實驗四的實驗裝置，鹵素燈沿用實驗一~四在較高的位置(距地面60公分)，A1-C2等七個錐狀物都會擋到鹵素燈的光線，造成地表光線不足且錐狀物直接吸收熱輻射，結果造成地表溫差降低且上溫差較高的現象，柏油吸收熱量的面積較小，經過比較後，決定重新操作實驗，將**地面物質改成水泥，鹵素燈位置調低(距地面30公分)**，讓鹵素燈光源可以直接照射水泥地面，因為A1及A2類似，僅操作A1，B1及B2則因為高度較低，不再進行實驗，B4則是因為高度過高，會超過架子的頂部，也不再操作，在實驗六中僅進行A1、B3、C1及C2四個錐狀物的實驗。

(三)在實驗六的實驗數據中，A1、B3、C1及C2四個錐狀物的地表溫度約略相等，說明實驗的條件較實驗五穩定且具參考性，在實驗六自然對流的條件下，根據熱對流的散熱公式 $Q=hA\Delta T$ ，分別進行計算及驗證：

	H	A	$\Delta T$	Q	說明
A1	5-25	11.75 $\pi$ *23.0=270	12.0	h *3240	面積計算=(上底+下底)/2*H*高 註：假設半面受光照
B3	5-25	15.80 $\pi$ *19.4=307	9.8	h *3009	
C1	5-25	14.75 $\pi$ *14.5=214	9.1	h *1947	
C2	5-25	15.05 $\pi$ *18.5=278	7.7	h *2140	

(四)說明與討論：

- A1及B3形狀類似，熱對流散熱量接近，C1及C2形狀類似，熱對流散熱量接近，以形狀的條件來說明熱對流散熱量，驗證後大約符合公式。
- 原定的公式單位制度為公尺，我們試算使用公分，**數字的規模差距為1000倍**。
- 查詢資料得知，若要達到熱對流發電的規模，**溫差至少需要30°C以上(尚未考慮風速)**，量體的規模，**長寬至少要10倍以上，高度則至少需要3-5倍**，超過我們目前技術上可以製作的規模，使用風速計測量四個錐狀物上底及下底的風速，均未達到風速計可以測量的數值(風速至少2m/s)。
- 我們搜尋到熱對流發電塔，發現發電原理也是利用熱對流造成地溫差，將量體的半徑縮短高度拉高，在不影響受熱面積的條件下，**利用量體內的高度差再形成大氣壓力差，加速空氣流動的速度，達到發電的規模**。
- 以色列的熱對流發電是**利用水蒸氣為水霧蒸發為水霧蒸發至發電塔底部再加速空氣流動及渦輪，推動發電機**，塔高為300公尺，與我們構想由下而上的發電機制不同，在實驗設計上，必須耗費電力噴出水霧及考量水資源的利用，一開始我們就排除水霧裝置及由上而下的熱對流發電原理。

(五)實驗六的強制對流實驗數值驗證

1.表格說明

	H	A	$\Delta T$	Q	說明
A1	20-100	11.75 $\pi$ *23.0=270	3.8	h *1026	A1及B3產生較大的誤差
B3	20-100	15.80 $\pi$ *19.4=307	5.4	h *1658	
C1	20-100	14.75 $\pi$ *14.5=214	1.5	h *321	C1及C2形狀類似，熱對流散熱量接近
C2	20-100	15.05 $\pi$ *18.5=278	1.2	h *333	

2.說明及討論：

- 在強制對流的實驗條件下，C1及C2的實驗數值接近，但是A1及B3的數值出現較大的誤差。
- 強制對流的**熱對流係數h**為20-200，搜尋相關資料也說明h是複雜的數值，必須考慮許多因素，因為我們的實驗條件大約相同，都是在**室內無空調的環境下使用相同功率的鹵素燈，且地表溫差也約略相同**，所以推定熱對流係數h為相近的數值。
- 所有的錐狀物均使用黑色膠帶纏繞，原來的目的是**增加吸收熱輻射**的實驗條件來產生更大的溫差，但是在實驗一的數據分析中發現，**在前20分鐘溫度就達到大致條件**，所以**實驗四~六的實驗時間為20分鐘**，在實驗六中，鹵素燈並未直接照射錐狀物，以手接觸錐狀物，發現溫度變化不大，黑色膠帶主要的作用反而是讓四個錐狀物有相同的外觀，纏繞不同顏色膠帶造成的溫度效應則必須另行設計實驗說明。

### (4)熱傳導、對流及輻射散熱公式表

熱傳類型	數學公式	參數說明
傳導散熱	$Q=-KA\Delta T/L$	Q=傳導散熱量(W) K=熱傳導係數(W/m°C) A=截面積(m²) $\Delta T$ =路徑兩端溫差(°C) L=傳導路徑長度(m)
對流散熱	$Q=-hA\Delta T$	Q=對流散熱量(W) h=熱對流係數(W/m²°C) A=有效散熱面積(m²) $\Delta T$ =表面與流體溫差(°C)
輻射散熱	$Q=\epsilon\sigma AT^4$	Q=輻射散熱量(W) $\epsilon$ =散熱表面輻射率(W/m²°C) T=絕對溫度(K) $\sigma$ =史提芬波茲曼常數 $5.68*10^{-8}$ (W/m²K)

## 七、實驗概念二：熱對流發電機

我們發展出的熱對流發電機，利用熱空氣上升的熱對流原理推動發電機，概念可分為兩種：

- 發展不同形狀的錐狀物，**利用形狀及受熱面積產生自然對流**，將量體加大產生足夠的溫差，可在錐狀物的頂端利用致冷晶片發電，利用**溫差發電**或是利用**風力發電**。
- 在發電機的底部加上**太陽能風扇強制對流**，將發電機的量體拉長，在量體內形成**大氣壓力差或風速差**，利用風力的條件來發電並降低地表溫度。

# 柒、後續補充實驗

實驗一：將光源由鹵素燈管改成氙燈，觀察並比較各不同高度的溫差效應：

【實驗相片說明】



【實驗結果】

1.基礎測試：

實驗條件/水泥地面/氙燈/錐狀物/基礎測試/自然對流/單位：°C	位置							
	地表		外		低		內	
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差
0分鐘	27.7	0	26.9	0	26.6	0		
20分鐘	29.5	1.8	33.3	6.4	29.6	3.0		

2.錐狀物測試：

實驗條件/水泥地面/氙燈/錐狀物：D1/自然對流/單位：°C	位置							
	地表		外		低		內	
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差
0分鐘	27.6	0	26.9	0	26.9	0	28.1	0
20分鐘	29.1	1.5	<b>33.5</b>	6.6	29.7	2.8	<b>31.8</b>	3.7

【結論與討論】

實驗結果發現，使用氙燈為光源，顏色較接近太陽光，以手靠近燈管感覺溫度，有發燙的感覺，在預熱的時候曾經將擋光的珍珠板燒熔，但是與鹵素燈比較，**購置的鹵素燈為500W，氙燈為150W**，以照射太陽能板的發電效能來看，**太陽光優於鹵素燈，鹵素燈仍優於氙燈**，因為110V的氙燈最大功率為150W，功率更大要使用220V的電源，基於安全考量，後續實驗仍以鹵素燈為照射光源。

實驗二：改變太陽能板的規格及配置，提升太陽能板的發電效率。【實驗相片】



【實驗結果】

太陽能板	電壓	串聯風扇	電壓	風扇轉速	風扇風速	串聯電壓	電壓
第一片	3.30/3.04	一片	2.18V	2477RPM/41.3RPS	44.3Km/hr	12.3m/s	
第二片	6.74/6.17	串聯二片	2.46V	2549RPM/42.5RPS	49.5Km/hr	13.75m/s	串聯二片 3.08V
第三片	9.43/8.66	串聯三片	2.48V	2600RPM/43.3RPS	50.0Km/hr	13.9m/s	串聯三片 3.12V
第四片	12.05/11.20	串聯四片	3.07V	5115RPM/85.3RPS	61.3Km/hr	17.0m/s	串聯四片 3.07V
第五片	15.31/14.15	串聯五片	3.25V	7159RPM/119.3RPS	64.6Km/hr	17.95m/s	串聯五片 3.09V

【結論與討論】

考慮串聯的通路可能因某一片太陽能板故障而發生斷路，太陽能板以並聯的通路進行實驗操作，但是風扇的風速不夠，馬達的電壓也不足，造成溫差的效應不夠明顯，在補充實驗中，更改太陽能板的配置方式，**讓五片太陽能板的板面都平行正對鹵素燈管(仰角67°)**，讓太陽能板在鹵素燈照射下有較佳的發電效能，同時更改為串聯的通路，並**改用不同規格的太陽能馬達(最大可到9V)**，實驗結果發現，**將太陽能板平行擺放並以串聯通路連接**，在中午太陽光照射下，可以產生最大的電壓及風扇轉速，鹵素燈則其次，後續實驗以平行擺放並連接串聯通路的太陽能板作為強制對流的電力來源。

實驗三：改變錐狀物的形狀及規格，使用錐狀的加油棒及寵物頸圈來製作不同的錐狀，目的是想要觀察並比較錐狀物上下口徑對溫差及空氣流速的影響。

【實驗相片】



【實驗結果】

1.基礎測試：

實驗條件/水泥地面/鹵素燈/錐狀物：D1/自然對流/單位：°C	位置							
	地表		外		低		內	
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差
0分鐘	27.8	0	28.0	0	26.6	0	27.2	0
20分鐘	31.5	3.7	<b>44.6</b>	16.4	33.3	6.7	<b>34.8</b>	7.7

【結論與討論】



## 2. 基礎測試：

內外溫差-0.7°C

實驗條件/水泥地面/鹵素燈/錐狀物：D2/自然對流/單位：°C										
位置	地表		外		低		內		電壓	風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差		
0分鐘	28.9	0	28.7	0	28.6	0	28.4	0	未使用太陽能板	測不到風速
20分鐘	31.5	2.6	<b>45.3</b>	16.6	34.6	6.0	<b>46.0</b>	17.6		

## 3. 實驗結果：

內外溫差14.0°C (實驗過程中產生最大的內外溫差)

實驗條件/水泥地面/鹵素燈/錐狀物：D1/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C										
位置	地表		外		低		內		太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差		
0分鐘	28.4	0	28.0	0	28.0	0	28.3	0	V	m/s
20分鐘	30.8	2.4	<b>44.8</b>	16.8	33.5	5.5	<b>30.8</b>	2.5	1.65	9.47

## 4. 實驗結果：

內外溫差2.1°C

實驗條件/水泥地面/鹵素燈/錐狀物：D2/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C										
位置	地表		外		低		內		太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差		
0分鐘	28.0	0	27.4	0	0	m/s	27.7	0	V	m/s
20分鐘	31.1	3.1	<b>34.1</b>	5.7	31.2	3.6	<b>32.0</b>	4.3	1.62	8.25

## 5. 實驗結果：

內外溫差2.6°C

實驗條件/水泥地面/鹵素燈/錐狀物：C1/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C										
位置	地表		外		低		內		太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差		
0分鐘	29.1	0	28.4	0	V	m/s	28.7	0	V	m/s
20分鐘	30.5	1.4	<b>41.0</b>	12.6	31.3	2.3	<b>38.4</b>	9.7	1.71	0.3

## 6. 實驗結果：

內外溫差7.9°C

實驗條件/水泥地面/鹵素燈/錐狀物：B3/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C										
位置	地表		外		低		內		太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差		
0分鐘	29.4	0	29.9	0	29.0	0	30.1	0	V	m/s
20分鐘	31.3	1.9	<b>40.3</b>	10.4	32.3	3.3	<b>32.4</b>	2.3	1.75	10.08

(四) 討論空氣流速及溫差的梯度效應。

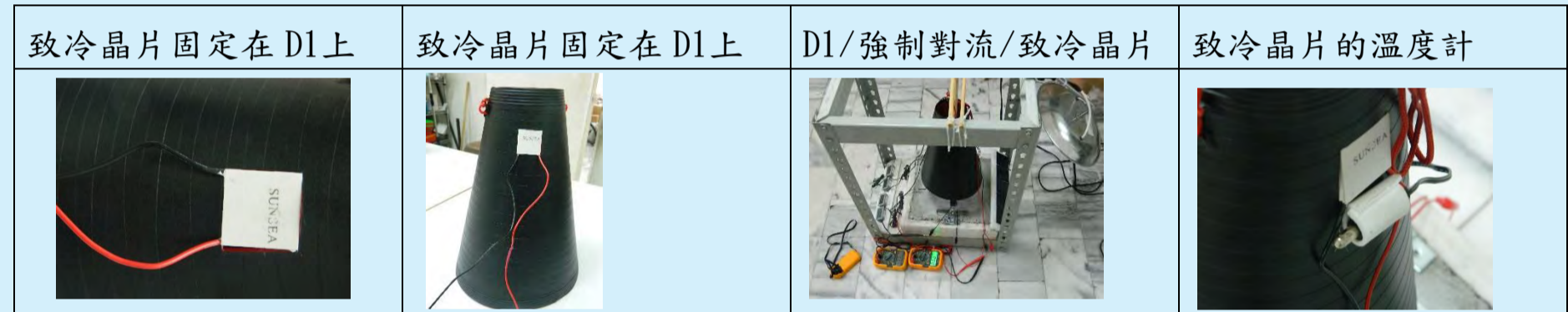
## 【實驗三、四結論與討論】

1. 實驗結果發現，將加油棒裁切後的D1錐狀物，因為形狀比較自然，且上下兩端開口的直徑差較大，在自然對流及強制對流的實驗中，D1在錐狀物上方及錐狀物開口內產生的溫差均較大，因為後續實驗使用致冷晶片的內外溫差發電，在錐狀物上端內外溫差越大，致冷晶片的發電效率越好，經過比較實驗結果，後續實驗使用錐狀物D1。

2. 比較強制對流的效能，使用五組太陽能板進行強制對流測試，馬達風扇的風速以D1的數值最穩定，太陽能板的電壓數值以D2最不穩定，在錐狀物頂端開口內外的溫差數值比較，**D1 (14.0°C) > B3 (7.9°C) > C1 (2.6°C) > D2 (2.1°C)**，D1的效果最佳 (14.0°C)，D2的溫差效應最差 (2.1°C)，後續實驗以D1為進行致冷晶片及太陽光強制對流測試的錐狀物。

實驗五、加裝致冷晶片，測試錐狀物在自然對流及強制對流環境下的溫差效應，並記錄電壓數值，探討利用熱對流環境產生的溫差來進行溫差發電的可能性。

## 【實驗相片】



## 【實驗結果】

### 1. 實驗結果：

20分鐘時內外溫差13.7°C

水泥地面/鹵素燈/錐狀物：D1/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C/加裝致冷晶片											
位置	地表		外		低		內		致冷晶片電壓	太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差			
0分鐘	28.0	0	27.5	0	27.4	0	27.4	0	mV	V	m/s
20分鐘	32.2	4.2	<b>51.3</b>	23.8	35.8	8.4	<b>37.6</b>	10.2	<b>51mV</b>	<b>1.69V</b>	<b>9.8</b>

### 2. 實驗結果：

內外溫差8.4°C

水泥地面/鹵素燈/錐狀物：C1/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C/加裝致冷晶片											
位置	地表		外		低		內		致冷晶片電壓	太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差			
0分鐘	28.3	0	27.5	0	26.6	0	26.7	0	mV	V	m/s
20分鐘	32.0	3.7	<b>49.1</b>	21.6	34.4	7.8	<b>40.7</b>	14.0	11mV	1.69V	9.0

## 【結論與討論】

實驗結果發現，在錐狀物上端開口利用致冷晶片可以產生微量的電壓及電流，可是電壓數值仍偏低，討論過後，可能是實驗時間較短(20分鐘)，致冷晶片的作用時間不足造成，但是，使用太陽能風扇進行強制對流，利用熱對流原理產生溫差再進而產生電壓及電流，符合研究團隊一開始的發想，在不使用外部能源的環境下，利用熱對流原理降低地表溫度並利用「熱對流發電」。

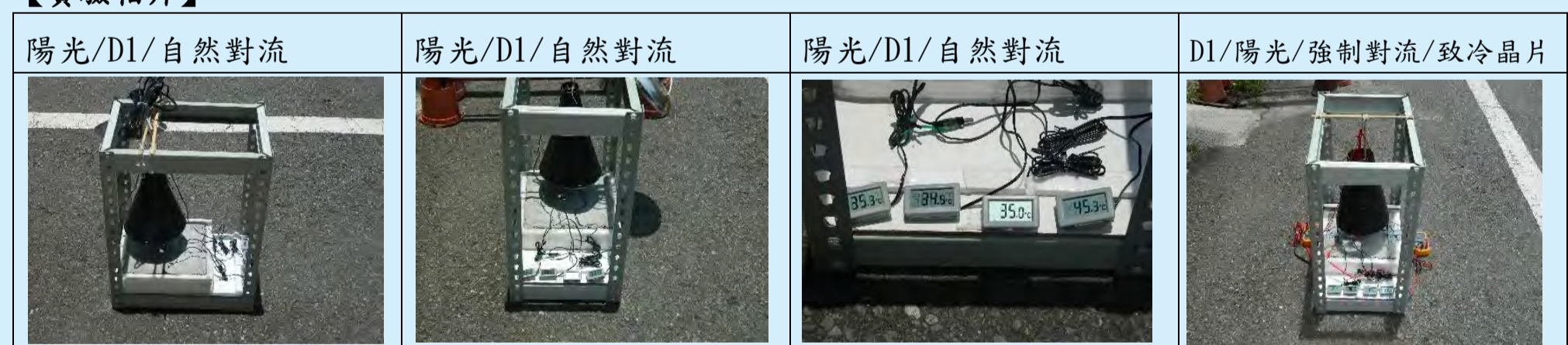
實驗六、在錐狀物上方加裝風力發電機，在下方加上風扇進行強制對流，觀察錐狀物上下風速的差異並探討利用熱對流環境進行風力發電的可能性。

## 【說明】

在強制對流的實驗中，測量錐狀物上方的風速，風速數值較低，無法利用簡易風力發電機發電。

實驗七、將實驗裝置放置在太陽光環境下進行強制對流實驗，觀察並紀錄太陽能發電條件及實驗的溫差效應後，可以就室內控制環境下的理論值及實際陽光環境下的觀測值，進行比較並修正誤差，同時計算相關的經濟效益，探討「熱對流發電」的可能性。

## 【實驗相片】



## 【實驗結果】

### 1. 基礎測試-1：

實驗條件/水泥地面/太陽光源/無錐狀物/基礎測試 (自然對流) /單位：°C/測試時間：上午10：40											
位置	地表		外		低		內		致冷晶片電壓	太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差			
0分鐘	33.2	0	34.4	0	36.6	0			未測量		
20分鐘	38.0	4.8	38.1	3.7	38.1	1.5					

### 2. 基礎測試-2：

內外溫差3.0°C

實驗條件/水泥地面/太陽光源/錐狀物：D1/基礎測試/單位：°C/測試時間：上午11：10											
位置	地表		外		低		內		致冷晶片電壓	太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差			
0分鐘	31.6	0	29.4	0	31.1	0	30.9	0			
20分鐘	35.7	4.1	<b>40.5</b>	10.9	39.0	7.9	<b>37.9</b>	7.0			

### 3. 基礎測試-3：

內外溫差-1.1°C

實驗條件/水泥地面/太陽光源/錐狀物：D2/基礎測試/單位：°C/測試時間：上午11：40											
位置	地表		外		低		內		致冷晶片電壓	太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差			
0分鐘	30.5	0	29.0	0	29.0	0	28.8	0			
20分鐘	35.8	5.3	<b>37.4</b>	8.4	38.1	9.1	<b>38.5</b>	9.7			

### 4. 實驗結果：

內外溫差-0.7°C

水泥地面/太陽光源/錐狀物：D1/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C/加裝致冷晶片											
位置	地表		外		低		內		致冷晶片電壓	太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差			
0分鐘	33.3	0	36.0	0	33.9	0	34.4	0	mV	V	m/s
20分鐘	35.0	1.7	<b>36.5</b>	0.5	36.6	2.7	<b>37.2</b>	2.8	31mV	2.21V	12.8

## 5. 實驗結果：

內外溫差1.5°C

水泥地面/太陽光源/錐狀物：D1/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C/加裝致冷晶片											
位置	地表		外		低		內		致冷晶片電壓	太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差			
0分鐘	32.9	0	34.8	0	36.5	0	37.3	0	mV	V	m/s
20分鐘	40.1	7.1	<b>44.6</b>	10.2	42.0	5.5	<b>43.1</b>	5.8	37mV	2.74V	16.0

## 6. 實驗結果：

內外溫差9.7°C

水泥地面/鹵素燈/錐狀物：D1/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C/加裝致冷晶片3.5V											
位置	地表		外		低		內		致冷晶片電壓	太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差			
0分鐘	27.5	0	27.7	0	27.4	0	28.0	0	mV	V	m/s
20分鐘	31.7	4.2	<b>47.3</b>	19.6	35.2	7.8	<b>37.6</b>	9.6	37mV	2.74V	5.9

## 7. 實驗結果：

內外溫差0.9°C

水泥地面/太陽光源/錐狀物：D1/強制對流/串聯五組太陽能板接風扇/單位：°C/加裝致冷晶片3.5V											
位置	地表		外		低		內		致冷晶片電壓	太陽能板電壓	馬達風速
	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差	溫度	溫差			
0分鐘	31.0	0	37.3	0	33.2	0	35.0	0	mV	V	m/s
20分鐘	36.8	5.8	<b>46.4</b>	9.1	41.3	8.1	<b>44.5</b>	9.5	23mV	1.65V	10.1

## 【結論與討論】

- 利用太陽光源進行強制對流實驗，實驗數值發現，**利用太陽光源的太陽能板電壓數值最高**，可見太陽光源的光譜條件對太陽能板的發電效能最佳，鹵素燈較氙燈為佳的原因應該是功率相差太多造成 (500W 與 150W)，可見在串聯五片太陽能板的通路條件下進行強制對流，**太陽光源的發電效能最佳**，鹵素燈其次，氙燈因為功率較低，發電效能較差。
- 在上列的實驗數據中，在太陽光源下，內外溫差為負值，與致冷晶片的發電量不成比例，也不符合致冷晶片規格中所說明的發電電壓，仔細觀察實驗裝置，發現在鹵素燈管照射下，內溫度計並沒有照射到鹵素光源，但是在太陽光源下進行實驗，因為太陽光為平行光源，內溫度計會照射到太陽光，進而產生誤差，我們後來重新操作實驗，將內溫度計往下放，到無法照射陽光處，內溫度計數值才正常，**推估內外溫度差約為 10.0°C 左右**。
- 利用太陽光源進行強制對流，再利用致冷晶片發電，實驗結果發現錐狀物開口頂端內外的溫差及致冷晶片的發電電壓均偏低，因為利用太陽光源進行基礎測試 (自然對流) 及發電測試 (強制對流)，分別在不同日期的中午 (中午溫度較高)，進行基礎測試時，當天的自然風的風速很低 (測不到)，進行強制對流當天中午，溫度很高但是風速很大 (1.8m/s)，可見**自然風的風速會影響錐狀物頂端開口的溫差效應**，同時因為風向剛好正對致冷晶片，研判因為空氣流動形成風也同時影致冷晶片熱面的溫度，造成溫差效應較差，連帶致冷晶片發電效能也變差，未來在進行相關研究及實驗時，可以將錐狀物開口端溫度計放低，將致冷晶片熱面放一塊玻璃或薄型透光物質，減少風速對致冷晶片熱面的溫度影響。
- 對科展團隊的實驗發想，一開始利用鹵素燈控制實驗條件，並針對實驗環境進行修正與調整，最終的實驗，還是必須回到太陽光源下進行測試，才符合研究團隊的初衷，在進行太陽光源的強制對流測試時，可以得到**更佳的發電效率**，但是因為自然風風速的影響，致冷晶片的發電效能降低，經過再次修正後，致冷晶片的發電效能也提升，**說明利用熱對流原理降低地表溫度及應用強制對流的原理**，在不使用外部能源的環境下，進行熱對流發電是可行的方案。

## 捌、結論

- 仰角90度的鹵素燈光源，因為鹵素燈為垂直放置，造成溫度計同時受到鹵素燈照射及熱輻射效應，溫差數值出現異常，無法討論，不採用90度的光源進行實驗。
- 在實驗一實驗數值分析中，在鹵素燈光源持續照射50分鐘時，溫度數值趨緩，實驗時間以50分鐘為限。
- 在仰角67度的穩定鹵素燈光源持續照射50分鐘，柏油地面的地表及地面溫度計溫差數值最大，柏油地面吸收熱輻射後的溫差效應最大，泥土地面的溫度上升效應最小，經過比熱計算，沙子、柏油及水泥吸熱數值約略相同，泥土地面因為水蒸氣的影響所以溫差效應最低。
- 加裝一組太陽能風扇來增加熱對流速度後，不同的地面材質在上溫度計溫差數值可以再降低約10°C，泥土地面因為在實驗二的數值基準較低，溫差數值降低最少但溫差數值最低，各地面物質地溫差梯度效應約略相同。
- 利用以上的實驗結果，發展出「太陽能葉片」的概念，將太陽能板加裝風扇，放置於地面適當的高度，利用太陽能板吸收熱輻射並提高熱輻射高度，降低地表溫度，並利用風扇的作用，加速空氣的流動，增強溫度降低的效應，可以在不使用外部能源的條件下，有效降低地表溫度。
- 實驗六利用不同的錐狀物及太陽能風扇進行自然對流及強制對流的熱量計算，在自然對流的實驗條件中，形狀及面積接近的錐狀物有相近的熱量數值，但是在強制對流的實驗條件中，A1及B3錐狀物實驗數值出現誤差，C1及C2數值符合公式計算。
- 概念二「熱對流發電」概念可分為兩種：
  - 發展不同形狀的錐狀物，利用形狀及受熱面積產生自然對流，將量體加大產生足夠地溫差，可在錐狀物的頂端利用致冷晶片發電，利用溫差發電或是利用風力發電。
  - 在發電機的底部加上太陽能風扇強制對流，將發電機的量體拉長，在量體內形成大氣壓力差或風速差，利用風力的條件來發電並降低地表溫度。

綜合實驗結果，研究團隊得到以下較佳的實驗條件及結論：

**在水泥或柏油鋪面**上方，設置空心圓錐狀物體 (上下口徑比大於 1：2)，串聯太陽能板後接上馬達及風扇，使用太陽光源，在圓錐下方進行強制對流，降低地表溫度 (5.1°C) 並加速空氣流動，可以降低圓錐內部溫度 (最大溫差 14°C)，圓錐外部以黑色物質覆蓋，主要目的為吸收熱量並提高溫度，在圓錐的中間接上致冷晶片，強制對流能有效降低地表溫度並利用熱對流產生的溫差進行發電，是值得繼續研究的課題。