

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

030817

綠色革命的冷房系統研究

學校名稱：高雄縣立鳳西國民中學

作者： 國二 鄭詩仙 國二 林中冠 國二 李冠霖 國二 李冠億	指導老師： 劉百清
---	--------------

關鍵詞：熱傳播、太陽輻射能、冷房系統

# 綠色革命的冷房系統研究

## 壹、摘要

台灣地處亞熱帶地區，不論日照時數和太陽輻射能都非常可觀，但是截至目前為止，都還沒有作最合理、有效的運用，殊為可惜！本研究主要是針對這些不合理、無效率之處，研究出一套創新的解決方案，使太陽能能夠作最佳的利用。研究中特別針對水的傳導、對流作了一系列實驗以便掌握水的熱量傳播方式，並且設計了溫控和光控兩種開關以控制水的流量，從而研發出一套創新的「綠色革命冷房系統」。

## 貳、研究動機

「喔！好熱哦！」每年一到四、五月的時候，天氣就逐漸地炎熱起來，在學校頂樓上課的班級，常可聽到這樣的吶喊聲。即使把教室內全部的電風扇通通打開，但由於吹出來的都是熱風，對改善逼人的暑氣幫助並不大，同學們還是得在炎熱的天氣裡揮汗如雨地上課，真是辛苦！在另一方面，許多家庭也在此時紛紛打開耗電量極大的冷氣機消暑，也使得夏天的尖峰用電量屢創新高，但當他們洗澡時卻又燃燒大量的瓦斯產生熱水來洗淨身體，豈不矛盾？更值得一提的是，全世界所蘊藏的石油也即將在這個世紀內用完，化石燃料的價格持續飆漲。針對以上所提到種種不合理的現象和問題，我們決定尋找一個可以有效改善的方法，以同時解決這些棘手的難題。

## 參、研究目的

- 一、探討太陽常數和高雄地區日照量情形
- 二、比較目前太陽能的隔絕和利用的方法
- 三、探討熱能的傳播方式
- 四、研發一種創新的完全隔熱裝置
- 五、建立一套自動控制的冷房系統

## 肆、研究設備及器材

試管、酒精燈、試管夾、碎冰、酒精溫度計、鋼絲絨、打火機、燒杯、三腳架、陶瓷纖維網、鐵架、三孔特殊試管、橡皮塞、數位溫度計、雙金屬複合棒、直尺、水銀溫度計、壓克力模型、水管、水龍頭開關、不銹鋼模型

## 伍、研究過程或方法

### 一、 探討台灣的太陽常數和高雄地區的日照量：

#### (一) 太陽常數和日照率

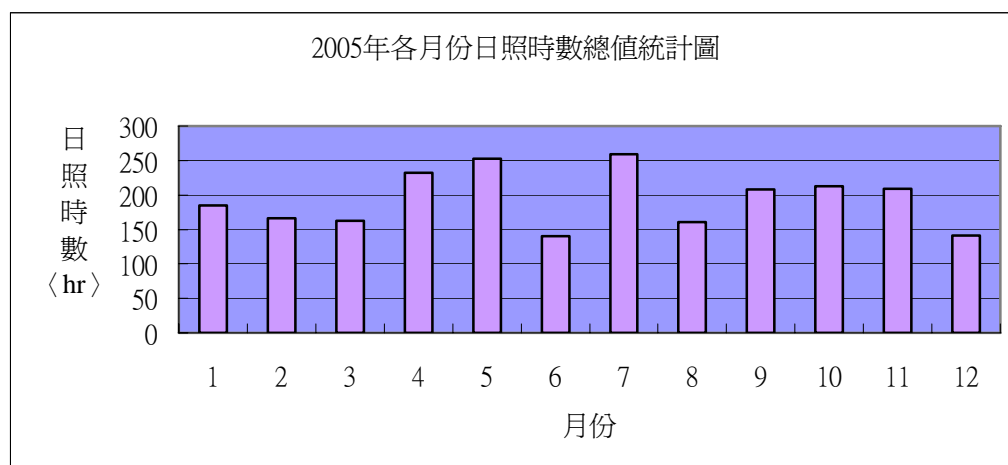
一般所謂之太陽常數，係指當地球位於太陽與地球之平均距離時，在地球大氣外圍垂直太陽輻射能之單位面積上於單位時間內所通過的太陽輻射量。目前，大家公認的太陽常數約為 1353 瓦/平方公尺，或是 0.03cal/平方公分×秒。而所謂「日照率」則是指地表上單位水平面積，於時間內所接收之總太陽輻射能量。〈包括「直接」和「漫射」輻射能〉。

台灣地區的年平均太陽輻射為 300cal/平方公分×天，則三萬六千平方公里的面積一年接收到的太陽輻射能約為  $300 \times 365 \times 36000 \times$

$10^{10} \text{cal} = 3.942 \times 10^{16} \text{Kcal} = 4.58 \times 10^{13} \text{KW-hr}$ ，約相當於 45.8 兆度的電能，實在驚人。

#### (二) 高雄地區日照情形探討

另外，爲了瞭解高雄地區的日照情形，我們也向中央氣象局訂購了 2005 年高雄地區的逐月逐日氣象資料，發現當年度高雄地區每個月的日照時數約在 140.4hr 〈六月份〉到 259.4hr 〈七月份〉之間，以下是我們根據此項資料所畫成的統計圖〈經度：120° 18' 28.92"E 緯度：22° 34' 04.40"N〉



圖一

由此圖可知，高雄地區全年的日照時數高達 2329.3 小時，即月平均日照時數約為 194.1 小時，日平均日照時數的 6.4 小時，相當可觀！而如果以上面所提到的台灣地區的年平均太陽輻射能來計算，台灣每天每平方公尺接受到的太陽能高達 3000 仟卡，南部地區遠超過此數值，若全部用於加熱，將可使 100 公斤的水溫度上升 30°C！也難怪政府要在南部地區大力推薦太陽能熱水器了。

## 二、 隔絕或利用太陽能的方法：

### (一)蓋鐵皮屋頂：

對頂樓的降溫效果不錯，雖所費不多，但容易破壞建築物的整體美，且鐵皮屋內仍相當悶熱，因此大部分作為倉庫使用。



圖三

### (三)免電力通風器：

許多工廠或體育館的屋頂，常可看到裝設此種通風設備，利用風能和熱對流轉動渦輪葉片，自動將熱氣排除，但採用這種方法時，通常屋頂已經被太陽曬得溫度很高，想靠區區少數的通風器把大量的廢熱排除出去實非易事，因此降溫效果可說相當有限。



圖四

### (四)太陽能熱水器：

利用高吸收率的金屬及熱板將太陽能有效吸收之後產生熱水，這是政府大力鼓吹的利用太陽能方法，台灣南部全年日照量大，日照時數長，十分適合這種太陽能的利用方式。不過由於集熱板面積通常不大，對頂樓降溫幫助相當有限。



圖五

### (五)灑水器噴水：

這是最省錢省事的隔熱降溫方法，而其主要缺點，一是浪費珍貴的水資源，二來是常會使屋頂變成黃褐色，影響美觀。



圖二

### (二)屋頂花園：

屬於較佳的隔熱方法，美觀且功效好，但費用較高，設置時要注意防水處理和防風載重等問題。

### 三、探討熱量的傳播方式：

熱量永遠由溫度高處傳至溫度低處，直到兩者的溫度相等時為止，這就是熱平衡的觀念。熱量由高溫傳至低溫，主要有三種不同的傳播方式：傳導、對流、輻射，傳導發生在各種物體上，其中以固體的傳導作用最好，而金屬的傳導效果又大於非金屬，對流主要發生在流體（包括液體、氣體），為流體最主要的傳熱方式，輻射則不須透過任何物體，可直接以光速由高溫傳至低溫處。

這些熱的傳播方式，一般的理化教科書上都有詳細的說明和介紹，不用我們耗費太多的時間和精神去做探討和研究。不過其中「水」的傳導能力和對流現象則與本研究主題關係非常密切，亟待我們深入地研究一番，才能掌握其物理特性和數學關係，因此我們決定先從這個地方下手進行一些有關的實驗和測試。

### 四、水的對流和傳導實驗：

首先，我們為了瞭解水的傳導情形設計了下面的實驗。為減少儀器測量時所造成的誤差，我們分別將溫度計置於內部、外部，並且再使用數位式溫度計測量一次，以得到較精確的測量結果。

#### ※實驗 1.

##### (一)實驗目的

藉由實驗了解水傳導熱量的情形

##### (二)實驗步驟

- 1.將試管中裝入定量的碎冰後置入鋼絲絨〈碎冰置於底層〉
- 2.再將試管中加入約八分滿的水
- 3.以打火機點燃酒精燈，在接近試管口的地方加熱
- 4.於試管底、口各放一支溫度計以測量其加熱後的溫度

#### ※實驗 2.

與實驗一的步驟相同，只是冰塊置於鋼絲絨上方，且在試管底端加熱

\*此時鋼絲絨並沒有特別用處，只是為了維持原來的實驗條件而放入。

#### ※實驗 3.

##### (一)實驗目的

探討水藉對流傳播熱量的情形

##### (二)實驗步驟

- 1.在燒杯中加入 175ml 的水
- 2.不使用陶瓷纖維網，用酒精燈直接在燒杯的中間部分加熱
- 3.在靠近杯壁與中間部分各放一支溫度計測量其溫度

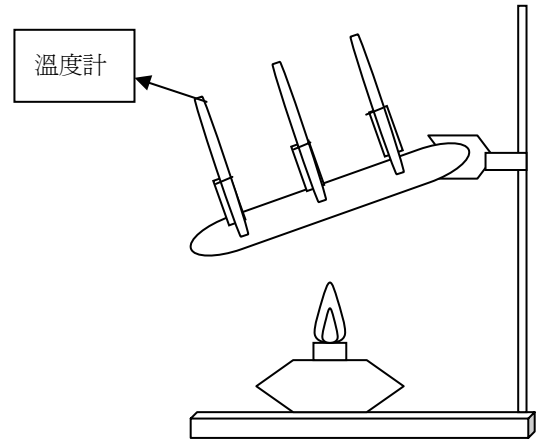
※實驗 4.

(一)實驗目的

測試特殊試管的溫度分布情形

(二)實驗步驟

- 1.將試管夾套上鐵架，調整高度備用
- 2.將三孔特殊試管充滿水，在第二孔和第三孔分別塞上一個橡皮塞和一支溫度計，第一孔不用，並紀錄最初溫度



圖六

- 3.將試管夾夾住三孔特殊試管，在試管中段下方放置一酒精燈，調整試管夾高度並鎖緊，讓酒精燈火焰微之接觸試管中段為度
- 4.以打火機點燃酒精燈，測量第二孔、第三孔溫度計溫度變化，紀錄之

## 五、金屬棒受熱彎曲程度實驗：

在我們的創作中，將會以雙金屬的受熱彎曲效應作為控制水流流量的方法之一。因此，雙金屬受熱彎曲情形也是我們亟欲知道的項目，於是我們又做了以下的實驗加以探討。

※實驗 5.

(一)實驗目的

探討雙金屬受熱之後的彎曲形變

(二)實驗步驟

- 1.以打火機點燃酒精燈，將雙金屬複合棒置於火焰上方，觀察其受熱彎曲的情形
- 2.以直尺測量火焰至複合棒的距離，將複合棒置於火焰上方 5cm 處，以直尺測量最大彎曲形變，紀錄之
- 3.將複合棒分別置於火焰上方 4.3.2.1cm 處，重複步驟(2)

## 六、研發一種創新的完全隔熱裝置：

經由以上一系列的實驗我們瞭解到水利用傳導的方式來傳播熱量的效率很低，而如果要以對流的方式傳播熱量，必須熱水在下方，冷水在上方，如果顛倒過來（即冷水在下，熱水在上）則不易發生對流！即穩定的水溫排列方式應如下圖所示。



圖七

### (一)圖解構造

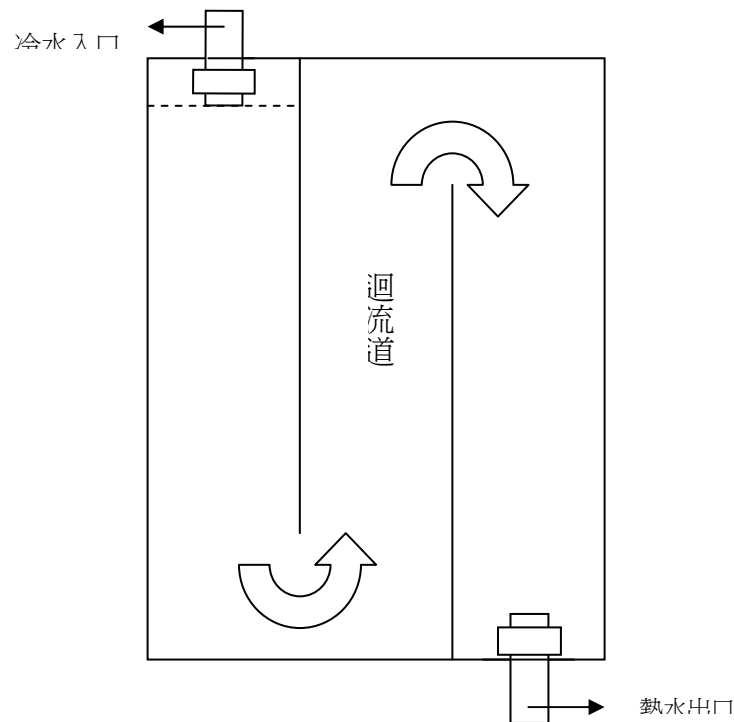
根據這種穩定水溫排列的方式，我們設計了一種創新的隔熱裝置模型，以下是我們初步模型的設計圖，使用的材質為壓克力。



圖八：正視圖



圖九：側視圖-



圖十：上視圖-

<說明>

此模型一共分成三層，每層之間以支架支撐，並有水孔相通。最底層稱為「冷水層」，由冷水入口注入低溫的冷水；中層稱為緩衝層主要的目的是隔開上層的熱水和下層的冷水；最上層稱為「熱水層」，可接收太陽的輻射能，而使得此層的水溫逐漸升高。另外最上層設有迴流道，由左上角〈參閱上圖所示〉所流入的溫水順著迴流道慢慢加熱，當達到最高溫時由熱水出口導出，注入大型熱水儲存槽中備用。

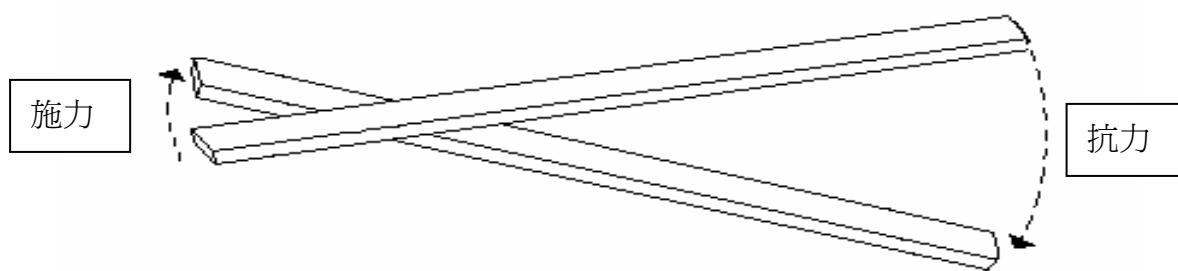
(二)創作說明

這一套創新的「免電力冷房裝置」主要是巧妙的利用了水在 4°C 以上熱脹冷縮的特性，冷水由於密度大可保持在下層，維持下方所需要的的舒適冷涼環境。上層的水則受到陽光的加熱後溫度升高密度變小，而保持在上層，供作熱水沐浴或其他用途〈如在都市中可考將熱水大量收集後，供作發電之用〉另外由前面的系列實驗可知水的傳導效果並不好，因此上層的水要藉由傳導方式將熱量將熱量傳播至下層並非易事，尤其中間設置了緩衝層，即使有一部分熱量由上層傳導下來，也將被流動狀態的水流帶回上層，並不會影響下層的冷水溫度變化。

另外，為了能全自動控制這種冷房裝置，我們也分別設計了溫控開關和光控

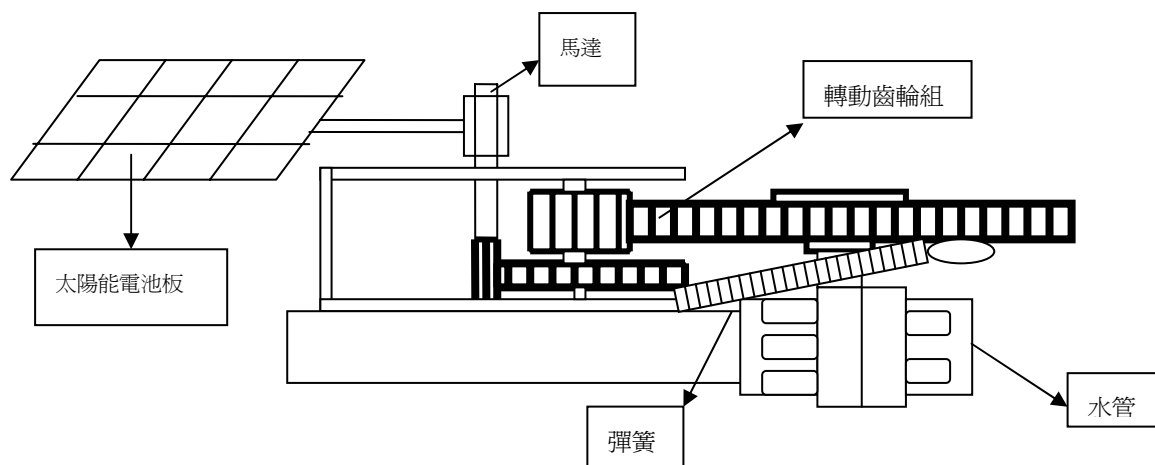


開關，其中溫控開關是爲了讓管路水流在溫度高時流量增加溫度低時流量減小，光控開關則是控制管路水流在陽光直射流量增加、陽光斜射或無陽光時流量減少。溫控開關是利用復合金屬棒受熱彎曲的物理特性，不過我們在實驗過程中發現要把復合金屬棒加熱到相當高的溫度時，才可看出比較明顯的彎曲程度，實際的環境溫差不可能如此的巨大，因此我們利用省時費力的簡單機械（如第一、三種槓桿）將這種微小的彎曲加以放大，作為控制水流流量之用。



圖十一

光控開關則利用太陽能電池板提供電壓、電流使馬達轉動，再經過齒輪組的傳動作用將管路開關開大些或全開，無陽光照射時則藉由彈簧的恢復力使管路開關開小一些或關閉。



圖十二

### (三) 縮小化完成品實驗

我們在完成了細節設計，並且再三討論之後，委託指導老師向工廠訂購一副縮小化的不鏽鋼實驗器材，其尺寸為 25 cm(寬)×35 cm(長)×3.5 cm(高)分為三層：底層、緩衝層、上層，底層設有一個入水口，上層設置一個出水口，我們將這個特製的實驗器材連上水龍頭之後，又進行下列的實驗。

#### ※實驗 6.

##### (一) 實驗目的

利用縮小化完成品驗證創作可行程度

##### (二) 實驗步驟

1. 以溫度計測量自來水的水溫，記錄溫度和測試時刻
2. 將特製實驗器材連上水龍頭，觀測自來水進出情形是否如原先預期，測試水流速度和流量
3. 把此裝置至於太陽光底下曝曬調整水流大小，每隔 1 分鐘以溫度計測量出水口的溫度，記錄之
4. 將水流開大一點，重複步驟 3.
5. 將水流開小一點，重複步驟 3.

#### ※實驗 7.---進階模型實驗

經過以上的實驗之後，我們發現所研發出來的創新作品：一種可同時「保冷」又「製熱」的裝置已經發揮了預期的效果，在提供冷涼環境的同時也提供了有用的熱水。不過因為不銹鋼製品容易反光，使得「製熱」的效果還不是很理想。因此我們決定在這方面加以改善，使製熱效果更好，於是又進行了以下的實驗。

##### (一) 實驗目的

提升模型的「製熱」效率

##### (二) 實驗步驟

1. 將不銹鋼模型表面以黑色噴漆塗黑，其餘實驗條件不變
2. 其他步驟與※實驗 6.相同

## 陸、研究結果與討論

### 一、水的對流和傳導實驗結果：

※實驗 1. 〈冰置於下層，溫度計分別置於試管內、壁、外〉

時間 (分鐘)	0	1	2	3	4
試管頂部 (°C)	16.5	22.5	40	60	69.5
試管底部 (°C)	2	6	6.5	7	7
時間 (分鐘)	5	6	7	8	9
試管頂部 (°C)	73.5	80	83.5	92	89
試管底部 (°C)	8	9	11	11	12

〈溫度計置於試管內〉

表一

時間 (分鐘)	0	1	2	3	4
試管頂部 (°C)	18	43	58	72	83
試管底部 (°C)	7	12	9	11	10
時間 (分鐘)	5	6	7	8	9
試管頂部 (°C)	93	94	94	95	96
試管底部 (°C)	11	11	10	13	13

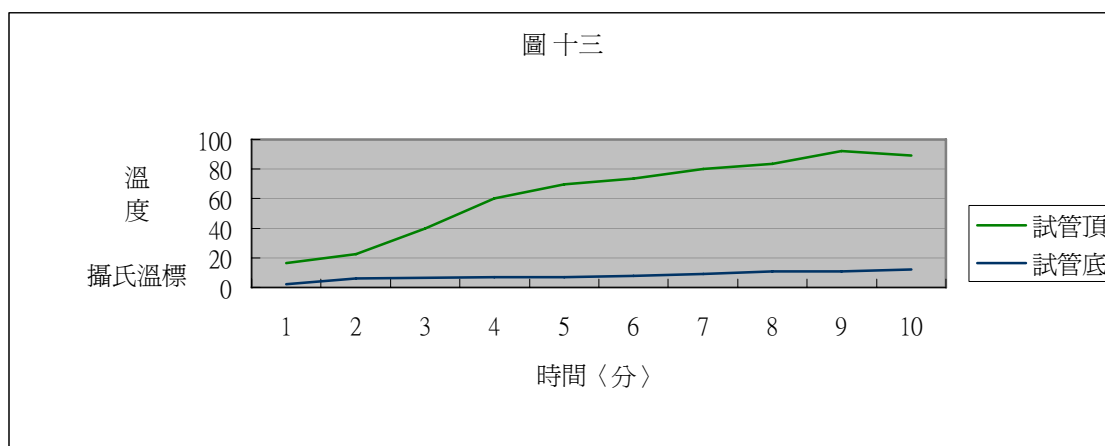
〈溫度計置於試管壁〉

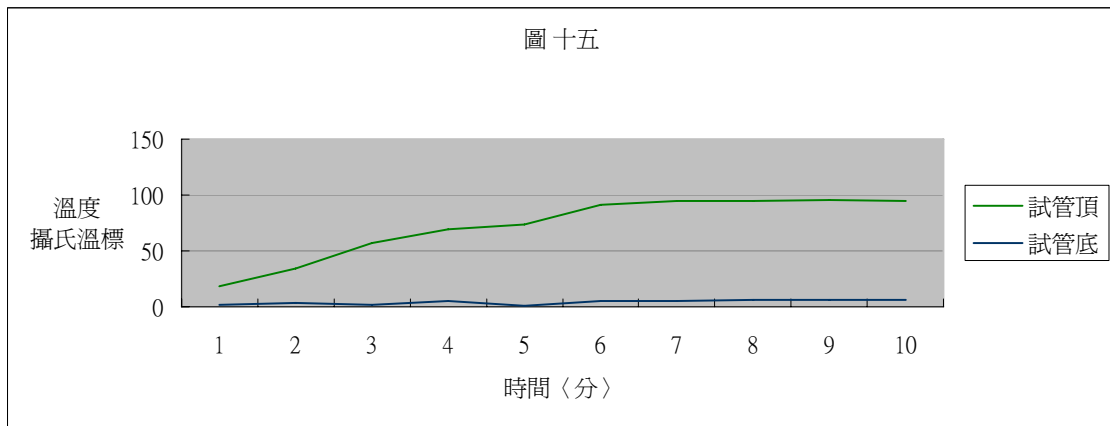
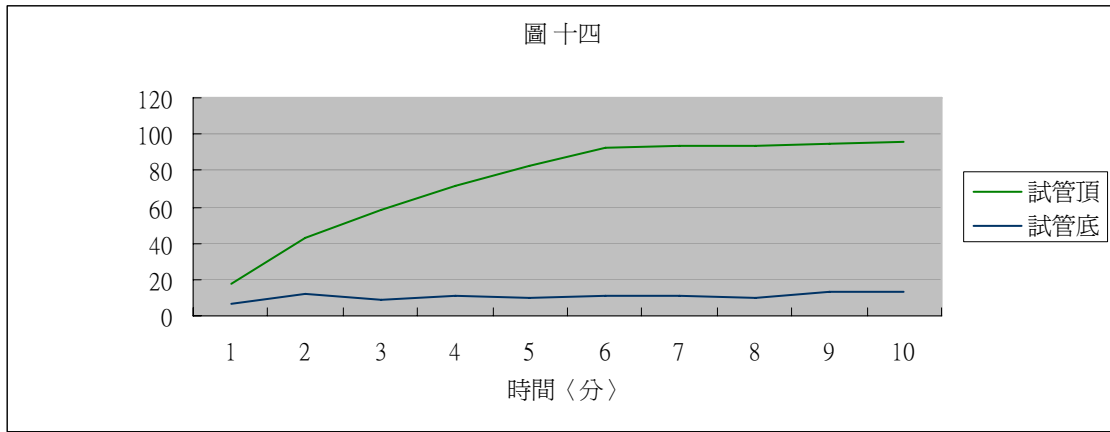
表二

時間 (分鐘)	0	1	2	3	4
試管頂部 (°C)	18	34.5	57	69	74
試管底部 (°C)	1.4	3.8	2.1	5.7	1
時間 (分鐘)	5	6	7	8	9
試管頂部 (°C)	91	95	95	96	95
試管底部 (°C)	5.4	5.4	6	6	6.3

〈電子溫度計置於試管外〉

表三





※實驗 2. 〈冰位於上層，溫度計置於試管內、壁、外〉

時間 (分鐘)	0	1	2	3	4
試管頂部 (°C)	3	20	34	45	54
試管底部 (°C)	10	27	31	44	55
時間 (分鐘)	5	6	7	8	9
試管頂部 (°C)	62	73	77	82	88
試管底部 (°C)	61	72	80	84	95

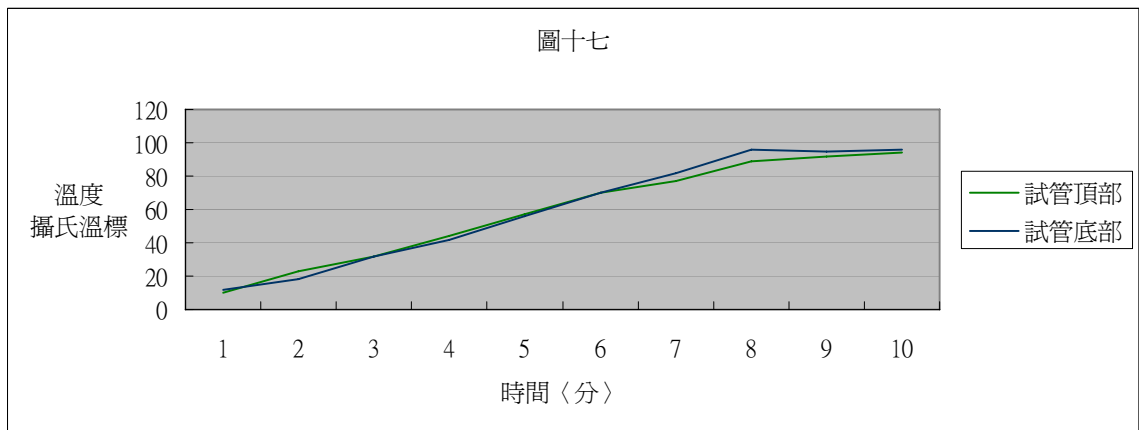
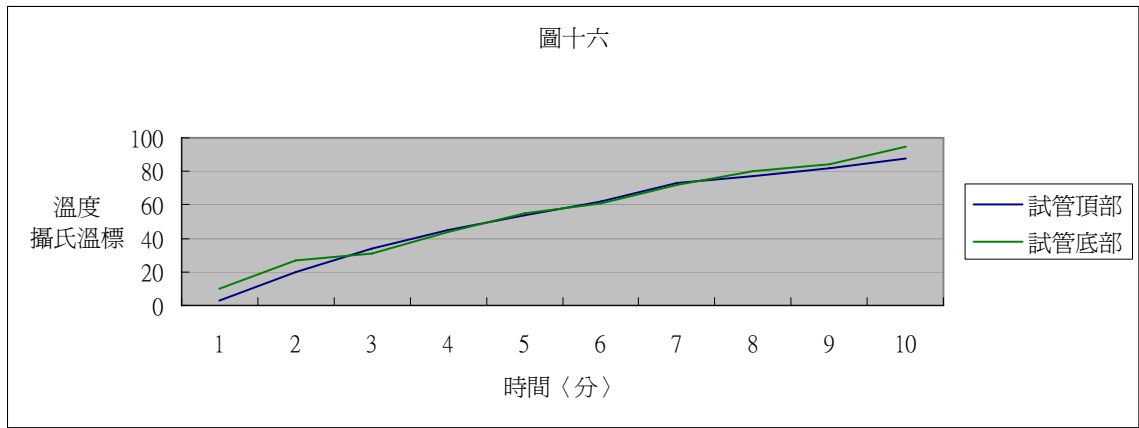
〈溫度計置於試管內〉

表四

時間 (分鐘)	0	1	2	3	4
試管頂部 (°C)	10	23	32	44	57
試管底部 (°C)	12	18	32	42	56
時間 (分鐘)	5	6	7	8	9
試管頂部 (°C)	70	77	89		
試管底部 (°C)	70	82	96		

〈溫度計置於試管壁〉

表五



<結果>

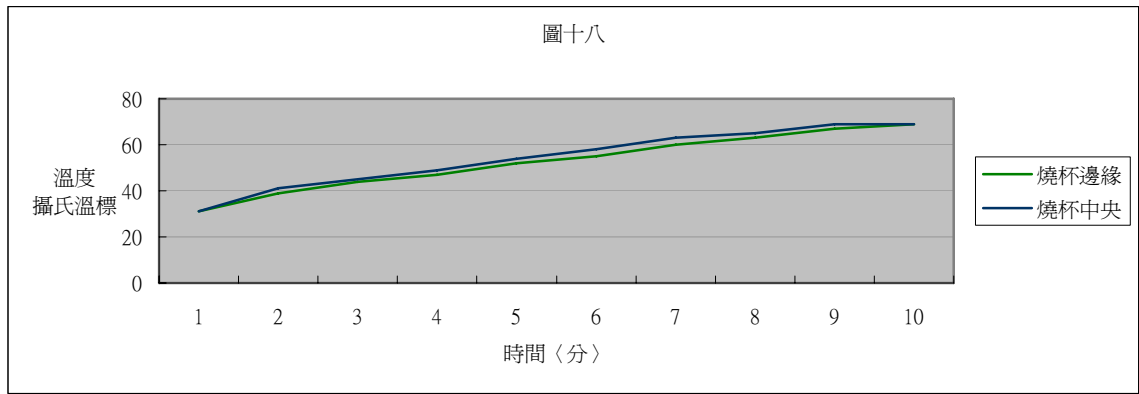
水為流體主要的傳熱方式為對流，若利用傳導來傳播熱量，由實驗可看出，是管上端接近沸騰時，試管底部還留有碎冰，傳導結果極差，而這正是我們所期待的結果:以水作為緩衝層，可將上層的熱水和下層的冷水有效地隔絕，可同時提供下層冷涼的環境和上層熱騰騰的熱水。

※實驗 3---燒杯對流實驗

時間 (分鐘)	0	1	2	3	4
燒杯邊緣(°C)	31	39	44	47	52
燒杯中央 (°C)	31	41	45	49	54
時間 (分鐘)	5	6	7	8	9
燒杯邊緣 (°C)	55	60	63	67	69
燒杯中央 (°C)	58	63	65	69	69

〈未使用陶瓷纖維網〉

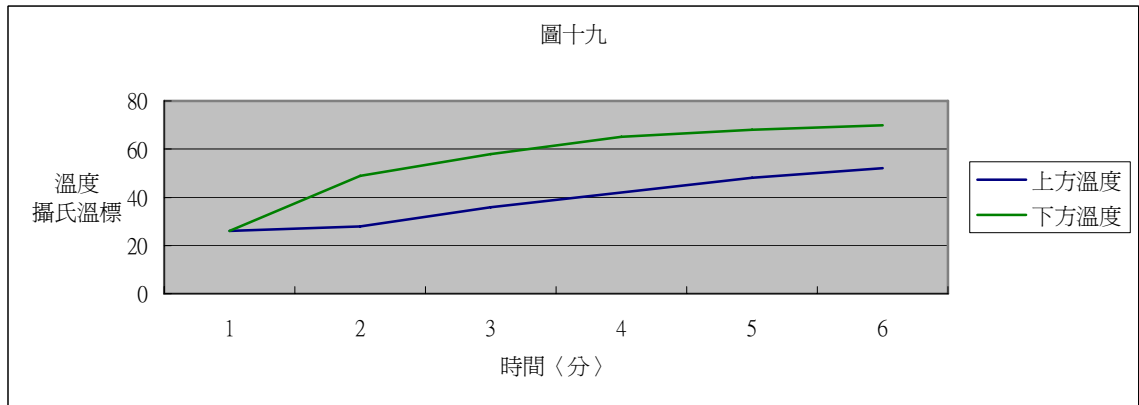
表六



※實驗 4.---特殊試管對流實驗

時間〈分鐘〉	0	1	2	3	4	5
上方溫(°C)	26	28	36	42	48	52
下方溫(°C)	26	49	58	65	68	70

表七

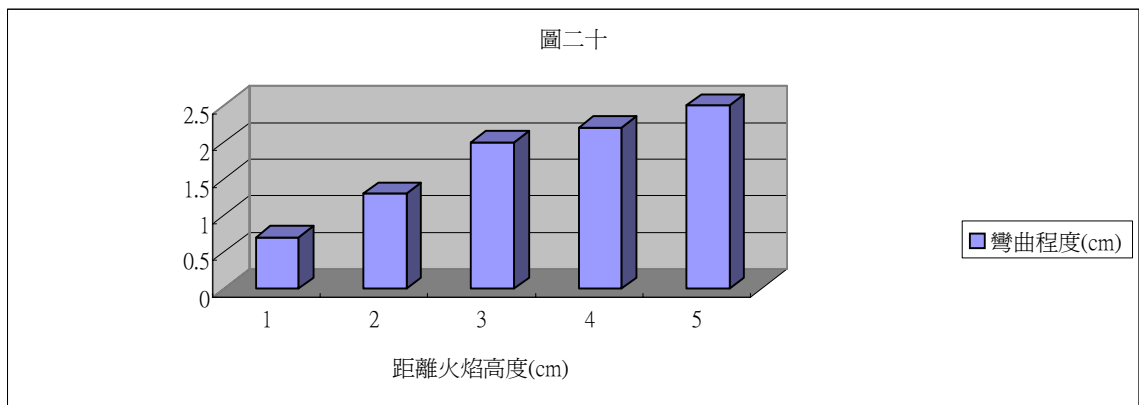


二、金屬棒受熱彎曲程度：

※實驗 5.

距火高度	5(cm)	4(cm)	3(cm)	2(cm)	1(cm)
彎曲程度	0.7cm	1.3cm	2cm	2.2cm	2.5cm

表八



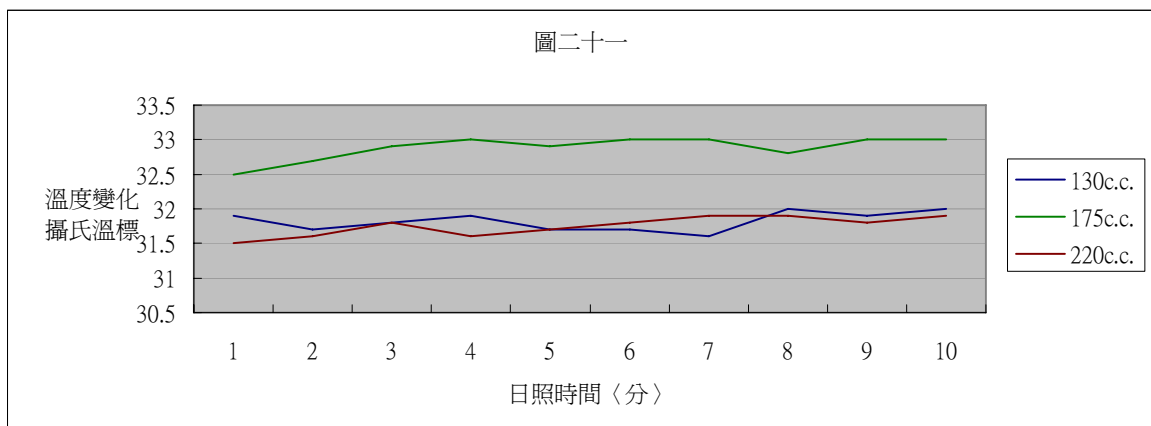
### 三、創新的完全隔熱裝置實驗：

#### ※實驗 6.---縮小化完成品實驗

〈初溫 28°C；實驗時間正午 12 點〉

時間 水量溫度	1min	2min	3min	4min	5min	6min	7min	8min	9min	10min	平均值
130c.c. (°C)	31.9	31.7	31.8	31.9	31.7	31.7	31.6	32.0	31.9	32.0	31.82
175c.c. (°C)	32.5	32.7	32.9	33.0	32.9	33.0	33.0	32.8	33.0	33.0	32.88
220c.c. (°C)	31.5	31.6	31.8	31.6	31.7	31.8	31.9	31.9	31.8	31.9	31.75

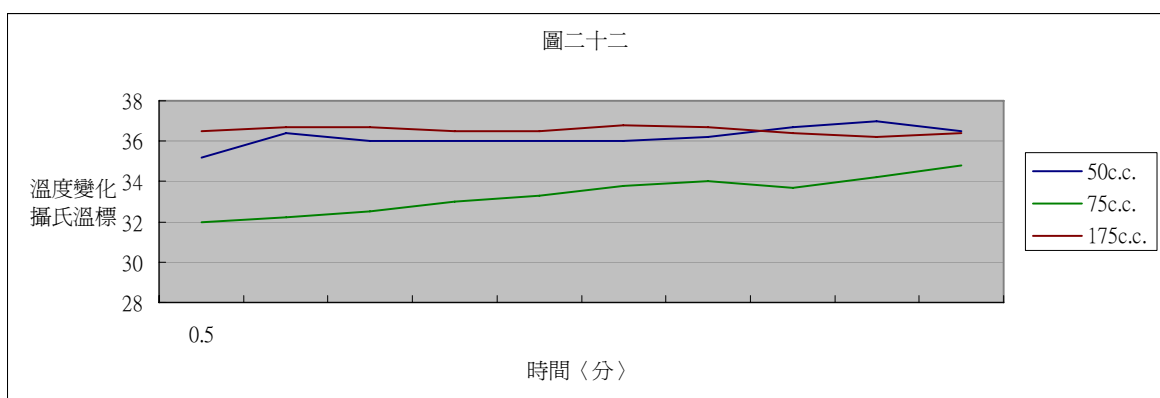
表九



#### ※實驗 7.---進階模型實驗

時間 水量溫度	0.5 min	1 min	1.5 min	2 min	2.5 min	3 min	3.5 min	4 min	4.5 min	5 min	平均值
50 c.c. (°C)	35.2	36.4	36.0	36.0	36.0	36.0	36.2	36.7	37.0	36.5	36.2
75c.c (°C)	32.0	32.2	32.5	33.0	33.3	33.8	34.0	33.7	34.2	34.8	33.35
175 c.c. (°C)	36.5	36.7	36.7	36.5	36.5	36.8	36.7	36.4	36.2	36.4	36.54

表十



## 四、討論

### (一)水藉著傳導和對流傳播熱量，效率上有何差異？

由圖十三、圖十四、圖十五可看出：試管頂端的水體藉由對流的作用很快就達到沸騰或接近沸騰，而試管底端的水體很不容易藉由傳導吸收外來熱量，因此水溫上升很慢（有一部分的原因是冰塊要吸收 80 卡/克的熱量才會融化）；而由圖十六、圖十七則可看出：在相同的實驗條件下，若在試管底端加熱，則不論是試管底端或頂端的水體都可以很快地升溫，且兩者溫度差異不大！另外，由圖十九則可看出在特殊試管的對流實驗中，試管上方與下方的溫度差異相當大，約相差攝氏 20 度左右。

### (二)水對流的溫度分佈情形如何？

由圖十八可知：未使用陶瓷纖維網的燒杯中的水產生對流作用時，杯壁與中央部分的水溫約可相差 0~3°C 左右。

### (三)雙金屬複合棒受熱後彎曲程度如何？

由圖二十可看出：雙金屬在距離火燄五公分時約彎曲 0.7 公分左右，距離火燄一公分時則約彎曲 2.5 公分左右，由此可知：雙金屬必須在溫度相當高時才可看出明顯的彎曲形變。

### (四)未塗黑的縮小實體實驗中，水溫變化情形如何？

由圖二十一可看出：在未塗黑的縮小實體實驗中，出水口的水溫約較入水口高約 3.5 ~ 5°C 左右，雖然理論上在相同的熱源加熱之下，水溫變化應與水流量（或水的質量）成反比關係，但因為實際操作時發生了「熱滯現象」受到太陽光加熱後的水體滯留在模型內，使得愈後面的實驗愈容易受到前面實驗的影響，水溫會一直累加上去，因此所得到的數據僅作為水溫變化情形的參考，而不能直接以熱量公式： $H=mxs\times\Delta T$  去作研判、分析！

### (五)塗黑之後的縮小實體實驗中，與未塗黑有何差異？

由圖二十二可看出：在已塗黑的縮小實體實驗中，出水口的水溫約較入水口高約 4~9°C 左右，可見塗黑之後的物體其吸收輻射熱的能力較未塗黑優異許多。



比較表九和表十中每分鐘水流量 175cc 的數據可發現，在不考慮熱滯現象的影響下，未塗黑的水溫上升 4.5~5°C 左右，而已塗黑的水溫則可上升達 8.2~8.8°C 左右，也可得到證明。

(六)此創新模型的熱效率約為若干？

本模型一分鐘約可吸熱  $0.03 \text{ 卡/cm}^2 \cdot \text{sec} \times 25\text{cm} \times 35\text{cm} \times 60\text{sec} = 1575 \text{ 卡}$ ，而 130 cc 的水由 28°C 上升置 31.8°C 〈平均值〉吸熱  $130 \text{ cc} \times 1\text{g/cc} \times (31.8^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}) = 494 \text{ 卡}$ ，故吸熱效率約為  $494 \text{ 卡} / 1575 \text{ 卡} \times 100\% = 31\%$

(七)太陽能的利用有何缺點或限制？

太陽能的利用客觀上有如下的缺點或限制：(1)它是「稀薄的」(diluted)能源，需要廣闊面積才能收集到足夠人類使用能量。(2)它是「間接性的」能源，無法連續不斷的供應，例如陽光僅出現在白天，而且時常會受到雲層遮蔽，因此太陽能必須加以儲存，以供夜晚或多雲日子使用，這通常需要他種輔助之能源設備〈如電熱器〉配合使用。(3)集中式收集器需另外使用追日裝置。

(八)可否利用熱虹吸現象(thermosiphon)控制水流量？

熱虹吸現象是應用在自然循環式的太陽能熱水系統中，此種形式之儲水箱置於儲水器上方，太陽能收集器則斜放，其原理是水在收集器中水溫不同而產生溫度差，引起浮力，促使水在儲水箱及收集器中自然流動，其水流量與收集器之太陽能吸收量呈正比關係。而本創作一方面是平放於屋頂，一方面則需將冷、熱水分開利用，可能並不適合利用此種熱虹吸現象。

## 柒、結論

- 一、太陽能是一種取之不盡用之不竭的能源，足夠供應未來人類大部分之所需，而其對環境的污染又小，換言之，太陽是一種最具發展潛力之非傳統性能源之一。尤其台灣地處亞熱帶地區，日照時數長，日照率大，太陽能的利用、開發非常值得吾人賦予高度重視，並且積極從事研究及發展。
- 二、「冷」與「熱」其實都是一種很有用的資源，善加利用將可大幅改善民眾的生活品質，本研究主要的目的就是將冷熱水做有效的分隔，使冷水與熱水各自發揮其最大的經濟利益，我們相信若能加以推廣、利用，將是居住於熱帶、亞熱帶地區居民的一大福音。

三、太陽能是一種「稀薄的」能源，因此最佳的太陽能利用方式應是以大面積全面加以收集，才符合經濟效益，本創作可謂完全符合這個要求，特別適合一些大型的建築物如工廠、學校、體育館……等等。

四、台灣自產能源極其有限，百分之九十六以上要從國外進口，經濟發展和國計民生受到國際石油價格的影響非常的巨大。然而，台灣地理上位居亞熱帶，太陽能的蘊藏量非常豐富，我們應該好好發揮「利用、厚生」的科學價值善加利用，才不辜負上天賦與我們的珍貴資源！

## 捌、參考資料

- 一、中央氣象局 2005 年高雄地區逐月逐日氣象資料
- 二、能源應用-----黃文良、黃昭睿/第三版
- 三、國中二年級上學期自然與生活科技課本-----翰林出版
- 四、<http://www.aim.net.tw/sun/next.htm>-----關於太陽能
- 五、<http://www.cwb.gov.tw/>-----中央氣象局全球資訊網
- 六、<http://www.solar-energy168.com.tw/profile.htm>-----太陽能熱水器

評 語

030817 綠色革命的冷房系統研究

利用水的對流降低溫度或進行溫控，為一有實用性之想法。