

作品名稱：火傘高張天空掛-----溫度效應與巨蛋的探討

高小組 地球科學科 第一名

縣市：台北市

作者：許木炘、邱麟傑

校名：永安國小

指導老師：曹大年、王芳珠

關鍵詞：實測、模擬、推測



壹、研究動機：

每次在學校巨蛋下活動時，除了發現光線明暗不同之外，還有巨蛋內外，涼爽、溫暖、炎熱的感覺也不一樣。我們很好奇想了解其中的原因，於是開始了火傘與巨蛋的研究之旅。

貳、研究目的：

- 一、冬季時，學校巨蛋中庭與花園中庭氣溫差異性之研究。
- 二、模擬冬季時，太陽照射對巨蛋中庭與花園中庭氣溫之影響。
- 三、比較冬季實測與模擬實驗溫度變化的相關性。
- 四、模擬春秋季時，太陽照射對巨蛋中庭與花園中庭氣溫之影響。
- 五、模擬夏季時，太陽照射對巨蛋中庭與花園中庭氣溫之影響。
- 六、推測春秋分、夏至時太陽照射對巨蛋中庭與花園中庭氣溫之變化。

參、文獻探討：

表 0-1

測量地點		台北				北緯 25.03 度			
太陽移動時間	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
冬至仰角	15.6	25.9	34.3	39.8	41.4	38.8	32.6	23.6	13.1
春秋分仰角	28.5	41.3	53.0	61.9	64.9	60.2	50.4	38.4	25.4
夏至仰角	37.3	50.7	64.2	77.8	87.8	74.7	61.1	47.6	34.2

附註：台北位於北迴歸線以北，所有太陽的仰角都偏南。
(自然教學指引五上 P51、P56 牛頓開發教科書股份有限公司)

肆、研究設備器材：

- | | | | |
|------------|-----|----------------------|-----|
| 一、電子式溫度計 | 5 個 | 二、200W 燈泡 | 1 個 |
| 三、模擬太陽軌道 | 1 座 | 四、量角器 | 1 個 |
| 五、棉繩 | 1 條 | 六、帆布 (200cm x 288cm) | 1 塊 |
| 七、150CM 皮尺 | 1 條 | 八、塑膠布 (31cm x 35cm) | 1 片 |
| 九、學校建築模型 | 1 座 | | |

伍、研究過程及結果分析：

研究過程分為兩大部分實測學校溫度以及模擬四季太陽高度角變化

- 一、實測是爲了瞭解在冬季的陽光照射下，學校建築物內的溫度變化；另外，也可以知道學校的巨蛋頂篷對溫度會有什麼影響。
- 二、模擬則是爲了知道在春秋季、夏季的太陽對學校內的溫度有什麼影響；以及推測春秋季、夏季學校內的實際溫度變化。

實際測量冬季溫度

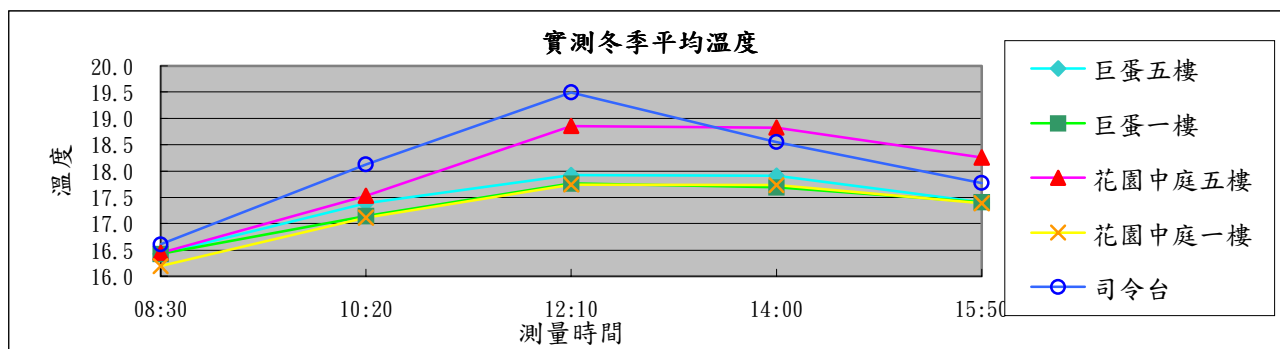
實驗一：冬季時，學校巨蛋中庭與花園中庭氣溫差異性之研究

一、方法：

1. 選取校園中，巨蛋中庭五樓 (A)、巨蛋中庭一樓 (B)、花園中庭五樓 (C)、花園中庭一樓 (D) 及司令台 (E) 五個區域。
2. 以電子溫度計測量各區域不同位置的溫度。
3. 測量後，找出最接近平均溫度的測量點，定爲 A.B.C.D.E。
4. 每次測量前記錄電子溫度計的原始溫度。
5. 再將電子溫度計分別懸掛於 A.B.C.D.E. 五個位置 5 分鐘。
6. 實際測量 A.B.C.D.E. 五個位置每日 8:30、10:20、12:10、14:00、15:50 等五個時間的氣溫，並記錄。
7. 共測 17 天，求取平均值，繪製折線圖 1-1。

二、結果：

圖 1-1 (實測溫度折線圖)



三、討論：

1. 從圖 1-1 的五條折線中，我們可以發現每一條折線都在 12:00 到 14:00 之間出現最高溫度。
這正反映了太陽高度角的變化造成陽光斜射或直射地球表面，使溫度產生變化。(太陽升起開始提供熱能，當太陽提供的熱量比測量點散熱量多的時候，則溫度上升。直到太陽提供的熱量等於測量點散熱量的時候，溫度到達最高點，之後溫度開始下降。)
2. 圖 1-1，E 點 (司令台) 的折線的溫度起伏最大。
這是因為司令台四處空曠，陽光能直接輻射到地面，吸收的熱能最快也最多，受到太陽的影響最大，所以當陽光輻射量減少，溫度也就最先下降。其它地點受到建築物的影響，陽光不容易直接照射，所以升溫、降溫比較慢。
3. 在學校建築內，我們觀察到在 A、B、C、D 四點的溫度變化當中，C 點 (花園中庭五樓) 的溫度起伏比其它測量點大。
因為五樓比一樓容易照射到陽光，而且花園中庭沒有遮蔽物，當中的空氣比巨蛋更能直接受到陽光輻射及對流。
4. B 點 (巨蛋一樓) 及 D 點 (花園中庭一樓) 的溫度非常接近而且隨著時間的溫度變化也相似。
雖然太陽照射 B 點與 D 點所提供的熱量有差異，但是 B 點與 D 點與地面相接，所以地面的熱傳導影響比較大，加上實際的學校建築物在巨蛋與花園中庭之間各樓層還有一條連通走廊，能使空氣彼此流通，所以兩個定點測出的溫度會很接近，隨時間的溫度變化也相似。
5. 花園中庭五樓與一樓的溫度差 (C 點-D 點) 較大；
巨蛋五樓與一樓的溫度差 (A 點-B 點) 較小。
因為 B、D 兩點的溫度差異小，所以主要的溫度差別來自於 A、C 兩點的環境條件。
 - (1). A 點有頂篷會阻擋太陽輻射，當頂篷吸熱後，部分的熱再向下輻射，所以外界提供 A 點的熱能較少；而 C 點沒有頂篷阻擋，陽光直接輻射，熱量能直接傳到 C 點。
 - (2). 頂篷遮蓋使熱量在巨蛋內部上下對流，拉近 A、B 兩點的溫度差；而 C、D 兩點間主要是空氣受熱膨脹向上流動，所以溫度差較大。(我們也可從圖 1-1 中見到 B 點溫度略高於 D 點溫度。)
6. 由前面的討論中我們知道地球表面的熱能主要是來自於太陽的熱輻射。當太陽照射的高度角改變，熱輻射的量也隨著變化，造成地表溫度的上升與下降。

7. 在早上 8:00, A 點 (巨蛋五樓) 的熱量主要來自於地面空氣向上的熱對流, 所以我們在實測時常發現 B 點溫度比 A 點稍高; 在 11:00 之後, A 點的熱能主要來自於頂篷吸熱後的熱輻射, 此時 A 點的溫度比 B 點高。

模擬四季太陽高度角

【四季時, 太陽軌道與太陽定位法】

1. 學校建築物正面為正西方, 背面為正東方。
2. 以學校建築物模型一樓的正中心為基準點, 將太陽軌道架設於建築物的東西方。
3. 參考牛頓版五上自然科教學指引「太陽的位置」太陽高度角, 查出夏至 12:00 的太陽高度角為 87.8° 。
(請參照 P2 表 0-1)
4. 從建築物中心點垂直向上延伸, 決定中午 12:00 的太陽位置。
5. 將太陽軌道向南方移動, 以量角器及棉繩找到夏至 12:00 的高度角 87.8° , 定出夏至太陽軌道位置。
6. 再應用量角器與棉繩, 分別定出夏至 8:00 起至 16:00 每小時燈泡在太陽軌道上的位置。
7. 以太陽軌道正中心點為春秋分 12:00 的位置, 將太陽軌道向南推, 找出太陽高度角 64.9° 時太陽軌道的位置。
8. 再應用量角器與棉繩, 分別定出春秋分 8:00 起至 16:00 每小時燈泡在太陽軌道上的位置。
9. 以太陽軌道正中心點為冬至 12:00 的位置, 將太陽軌道向南推, 找出太陽高度角 41.4° 時太陽軌道的位置。
10. 再應用量角器與棉繩, 分別定出冬至 8:00 起至 16:00 每小時燈泡在太陽軌道上的位置。

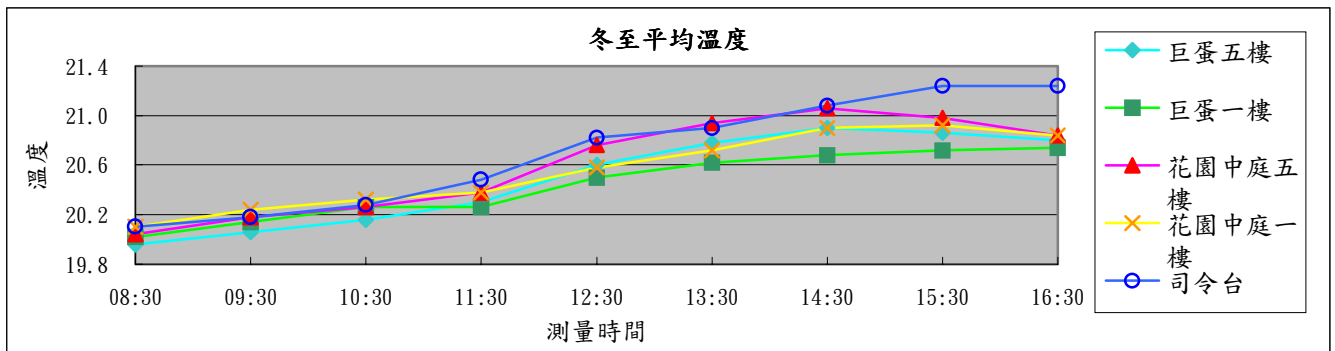
實驗二：模擬冬季時, 太陽照射對巨蛋中庭與花園中庭氣溫之影響

一、方法：

1. 把建築物模型固定於帆布上。
2. 將電子溫度計固定於建築物模型巨蛋五樓(A)、巨蛋一樓(B)、花園中庭五樓(C)、花園中庭一樓(D)、司令台(E)五個位置。
3. 太陽軌道放在帆布上冬至的位置。
4. 早上 8:00 先記錄 A、B、C、D、E 五點的起始溫度。
5. 早上 8:00 打開燈泡電源, 並固定於 9:00 至 16:00 止, 每隔一小時調整軌道上冬至燈泡位置, 至 16:30 時熄燈。
6. 分別於 8:30 起至 16:30 止, 每隔一小時記錄 (A) (B) (C) (D) (E) 五個位置的溫度。
7. 反覆五次, 求取平均值, 繪製圖 2-1。

二、結果：

圖 2-1 (模擬冬至平均溫度圖)



三、討論：

- 在圖 2-1 的五條折線中，A（巨蛋五樓）、C（花園中庭五樓）、D（花園中庭一樓）這三條折線都是先向上升而後向下降，B（巨蛋一樓）、E（司令台）這兩條折線是先向上升而後平緩。

首先 A、C、D 三點的溫度變化主要是受到白熱燈泡的高度角影響，所以會先升後降。

B 點則是因為溫度最低，溫度緩慢上升，最後 16：30 時，B 點的溫度仍然比 A 點低。（同樣的現象也出現在 15：30 的 C、D 兩點。）

E 點的模擬測量點位於中間線偏西，下午時由於燈泡與測量點的距離較近，使得溫度上升較快不易下降。（與圖 1-1 的 E 點相比較，我們可以發現在司令台最容易受到周圍環境影響，所以溫度變化會比其它各點都來得早，這包括溫度下降的時間也比其它測量點早。）

- 我們發現影響圖 2-1 溫度變化的因素有：

- 太陽照射高度角的改變。
- 燈泡和測量點的距離。

這兩個因素使得各測量點的溫度變化與實際測量時的變化不同，其中最大的不同就是模擬時溫度下降的時間延後發生。

- 在圖 2-1 中，E（司令台）的溫度折線起伏最大。

E 點溫度在 11：30 之前比 D 點（花園中庭一樓）溫度低。

因為模型的高度阻擋了白熱燈泡的照射，所以 E 點的溫度在一開始的前 3 小時比 D 點溫度低。（實際 E 點溫度是會在一開始就比其它各點溫度高。）

- 圖 2-1，A（巨蛋五樓）、B（巨蛋一樓）、C（花園中庭五樓）、D（花園中庭一樓）這四條折線中，C 點的溫度起伏最大，與實測的結果相同。

C 點位於模型東南方，受到白熱燈泡的照射量最大，同時 C 點與外界環境的接觸面最大，所以溫度改變的幅度最大。

- 圖 2-1 中，D 點（花園中庭一樓）溫度變化比 B 點（巨蛋一樓）溫度變化大，而且大部分時間也比 A 點（巨蛋五樓）的溫度高，與圖 1-1 實測結果不同。

- 沒有頂篷阻隔，D 點受到白熱燈泡照射量比較大，也容易受到外面環境變化而改變溫度。
- D 點與燈泡的距離也比 B 點近，所以溫度變化較大。
- 模型中 B 點與 D 點分別屬於不同的空間無法產生對流，只有靠地面及中間建築物進行傳導，無法迅速達到均溫。

- 花園中庭五樓與一樓的溫度差（C 點－D 點）和巨蛋五樓與一樓的溫度差（A 點

-B點)相近。

因為模型左右兩側一到五樓的距離相同，所以形成的溫度差相近。

比較實驗一（冬季實測）與實驗二（模擬冬至）：找出相似性與相異點：

一、實驗條件與環境比較：

1. 測量點：模擬的測量點決定方式是比照實際測量的定點。
2. 建築物：兩組的主體均為E字形結構。在模型中，E字形左右兩邊的空間在建築物內部是不相通；實際的建築物則在各樓層之間有連通走廊。
3. 光源：實測是太陽；模擬則是白熱燈泡。兩組光源均會提供光及熱。
4. 實驗的操縱變因：實測是太陽高度角改變；模擬是白熱燈泡的照射高度角改變。兩組都是照射高度角改變。
5. 實驗的地點：實測是在實際的學校定點；模擬是在學校星象館內。
6. 實驗規模：實測是實際太陽照射對永安國小的溫度影響；模擬則是受到實驗器材的操作條件及場地大小影響而比實際小很多，使燈泡與測量點之間的距離對實驗結果影響更大。

二、結果比較：

圖 2-2（冬季巨蛋五樓比對圖）

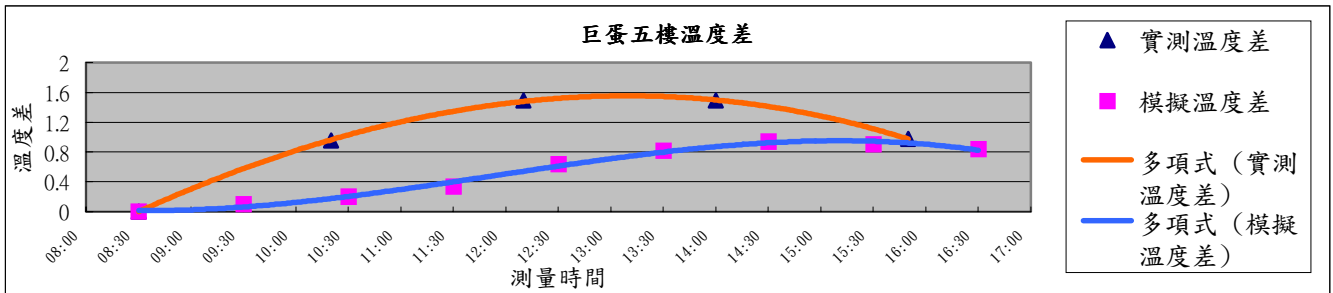


圖 2-3（冬季巨蛋一樓比對圖）

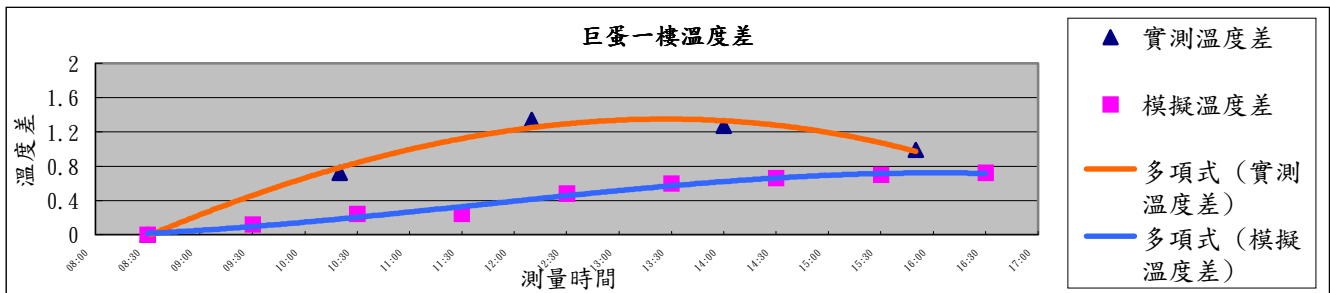


圖 2-4（冬季花園中庭五樓比對圖）

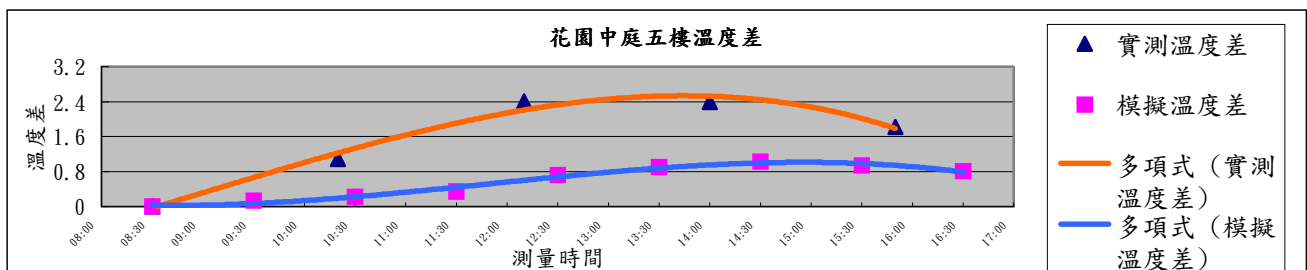


圖 2-5 (冬季花園中庭一樓比對圖)

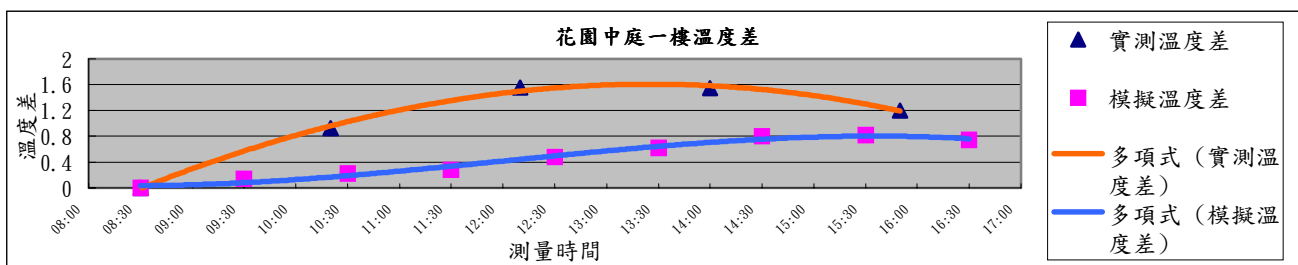
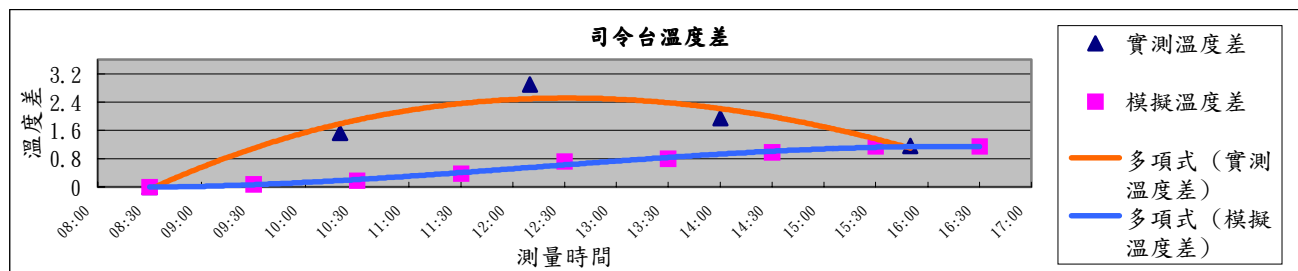


圖 2-6 (冬季司令台比對圖)



1. 由圖 2-2~圖 2-6 的曲線變化，可以看出受到照射的高度角變化影響，實測與模擬的折線都有先升後降的變化趨勢。
2. 比較圖 2-2~圖 2-6 中曲線的最高點，發現受到實驗規模大小影響，模擬的溫度曲線最高點出現的比實際的曲線變化晚。
3. 在圖 2-2 (巨蛋五樓)、圖 2-3 (巨蛋一樓)、圖 2-4 (花園中庭五樓)、圖 2-5 (花園中庭一樓)、圖 2-6 (司令台) 五個測量點的溫度差最高點，實測都約為模擬的 2 倍。
4. 在圖 1-1 (冬季實測) 中，C 點減 D 點的溫度差大，A 點減 B 點的溫度差小。圖 2-1 (模擬冬至) 的 C 點減 D 點的溫度差與 A 點減 B 點的溫度差相近。
5. C 點 (花園中庭五樓) 的溫度折線在圖 1-1 與圖 2-1，都是 A、B、C、D 四點當中溫度變化最大的。
6. 模擬時，受限於實驗器材條件及空間大小不同，所以圖 2-1 中 E 點的溫度變化與圖 1-1 (實測) E 點的溫度變化不同。

一、 分析整理：

1. 圖 2-2~圖 2-6 的實測與模擬圖形變化趨勢相似，可以看出光源照射的高度角是影響溫度變化的主要原因。
實測與模擬的圖形相似，表示模擬的結果在溫度變化趨勢上具有代表性，可利用此代表性反推春秋分及夏至的實測溫度變化。
2. 受到模型的左右空間沒有連通，但是實際建築物的左右空間是連通的，所以在圖 1-1 與圖 2-1 的巨蛋、花園中庭五樓與一樓的溫度差不同。
實際的 B 點與 D 點之間的空氣熱對流與地面熱傳導作用會拉近兩點的溫度及變化。
3. 模擬時，光源與測量點之間的距離是會影響提供熱量多寡的變因，但是這並不改變光源在不同季節的軌道移動對測量點的溫度變化及所造成溫度差別的影響。

四季高度角不同造成溫度的變化，這樣的影響仍然可以拿來推論春秋分與夏至的溫度變化。

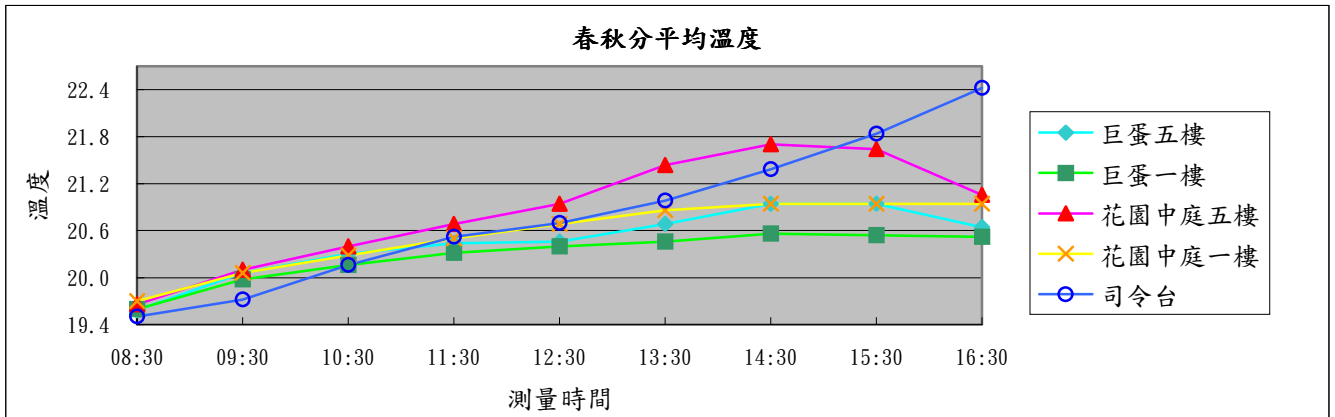
實驗三：模擬春秋分時，太陽照射對巨蛋中庭與花園中庭氣溫之影響

一、方法：

1. 同實驗二，方法（1）～（7）。
2. 但將太陽軌道移至帆布上春秋分的位置。
3. 燈泡的位置則依太陽軌道上各時間的位置來移動。

二、結果：

圖 3-1（模擬春秋分平均溫圖）



三、討論：

1. 在圖 3-1 的五條折線中，A（巨蛋五樓）、B（巨蛋一樓）、C（花園中庭五樓）、D（花園中庭一樓）這四條折線都是先向上升而後向下降，E（司令台）這條折線是溫度持續上升。
A、B、C、D 四點的溫度變化是隨著燈泡高度角不同，造成熱能改變。
E 點在冬至與春秋分的溫度都是持續上升，是因為下午的燈泡與 E 點距離很近。
2. E 點（司令台）的溫度變化最大。
因為 E 點四周空曠，最容易受到環境條件改變而產生溫度變化。
3. 圖 3-1，A（巨蛋五樓）、B（巨蛋一樓）、C（花園中庭五樓）、D（花園中庭一樓）四條折線比較，C 點的溫度最高、溫度變化也最大；B 點的溫度最低，溫度變化也最小。
C 點位於模型東南方最接近白熱燈泡，與外界環境的接觸面最大也最直接。
B 點的熱量來源是地面的熱傳導、頂篷向下的熱輻射及空氣對流，使 B 點得到的熱量最少。
4. 花園中庭五樓與一樓的溫度差（C 點－D 點）大；
巨蛋五樓與一樓的溫度差（A 點－B 點）小。
因為 C 點能被白熱燈泡直接照射所以獲得熱量最多。另外，D 點溫度仍然比 B 點溫度高，這是左右空間不相通所造成的。
5. 圖 3-1 的 A 點（巨蛋五樓）折線在 12：30 到 14：30 之間溫度上升速度加快。
這是因為春秋分的太陽軌道在中午之後有部分的光可以從建築物正面直接輻射進入巨蛋之中，這使得 A、B 兩點熱能來源增加，溫度上升的速度變快。

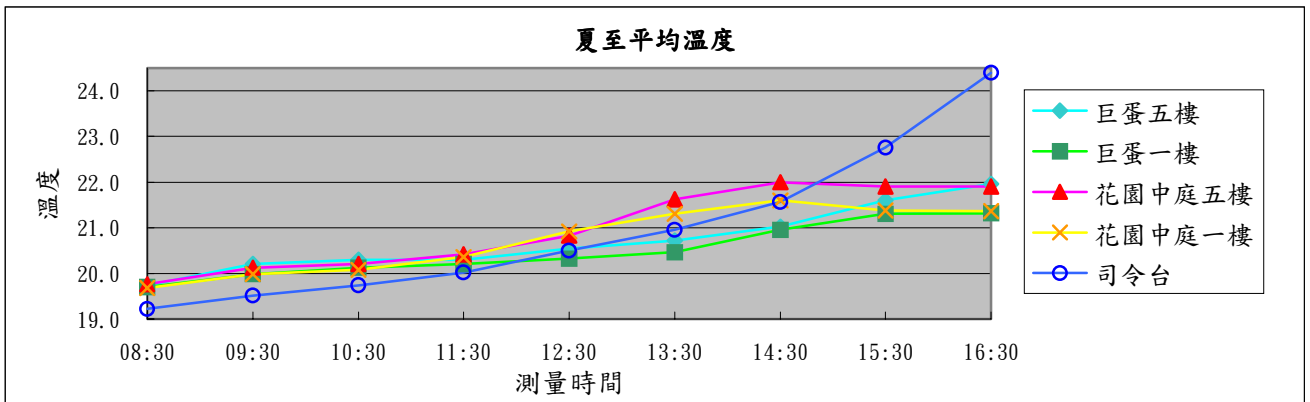
實驗四：模擬夏季時，太陽照射對巨蛋中庭與花園中庭氣溫之影響

一、方法：

- 1.同實驗二，方法（1）～（7）。
- 2.但將太陽軌道移至帆布上夏至的位置。
- 3.燈泡的位置則依太陽軌道上夏至各時間的位置來移動。

二、結果：

圖 4-1（模擬夏至平均溫度圖）



三、討論：

圖 4-1 的溫度變化趨勢及 A、B、C、D、E 各點的溫度比較結果大致與圖 3-1 相同。

以下是差異比較大的部分：

- 1.在圖 4-1 的五條折線中，C（花園中庭五樓）、D（花園中庭一樓）這兩條折線都是先向上升而後向下降，A（巨蛋五樓）、B（巨蛋一樓）、E（司令台）這三條折線是溫度持續上升。

E 點的溫度持續上升是因為下午的燈泡與 E 點距離很近。

A、B 兩點則是因為夏至太陽約在正西方降至地平面下，使得在 12：30 之後有更多的光線會從建築物的正面進入巨蛋，在 16：00 所移動的燈泡高度比建築物低，頂篷會使這些熱能留在巨蛋內，使得溫度持續上升，最高溫的時間向後延至 16：30 之後。（所以在推測實際溫度時，以 C、D 點的溫度變化來推測會比較正確。）

- 2.在 12：30 的時候 C 點（花園中庭五樓）的溫度比 D 點（花園中庭一樓）的溫度低。

這是因為白熱燈泡在 12：00 調整高度角之後能直接照射到 D 點，使得 D 點的溫度快速上升，加上地面吸熱後向上的熱輻射，使得 D 點的溫度略高於 C 點溫度。

- 3.圖 4-1，在 11：30 到 15：30 之間 D 點（花園中庭一樓）溫度比 B 點（巨蛋一樓）溫度高。

因為在這段時間裡燈泡能直射到 D 點；B 點只有部分被燈泡直射。（在推測夏至實際溫度時，也必須考慮到這一點。）

推測春秋分、夏至時太陽照射對巨蛋中庭與花園中庭氣溫之變化。

圖 5-1（巨蛋五樓模擬溫度比對圖）

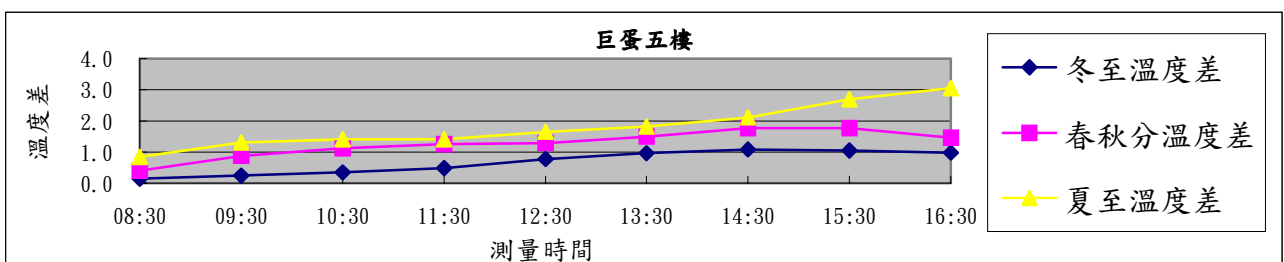


圖 5-2 (巨蛋一樓模擬溫度比對圖)

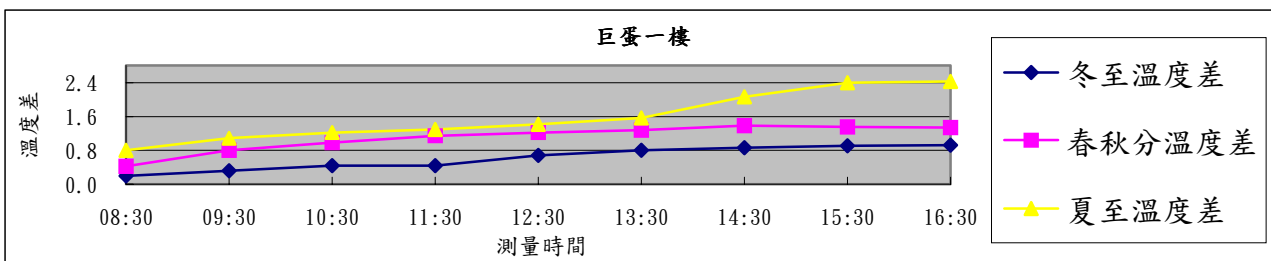


圖 5-3 (花園中庭五樓模擬溫度比對圖)

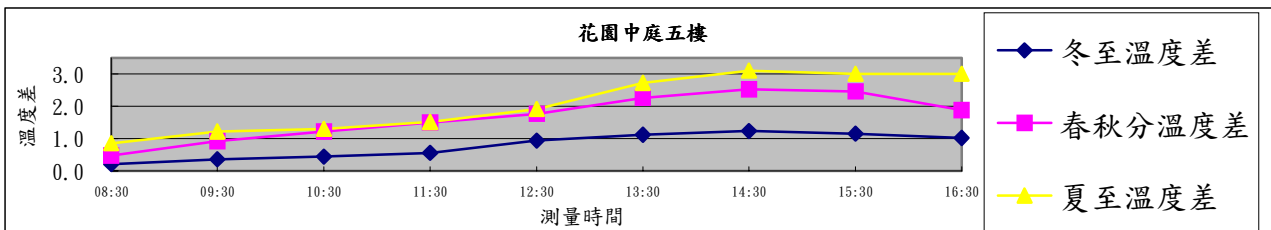


圖 5-4 (花園中庭一樓模擬溫度比對圖)

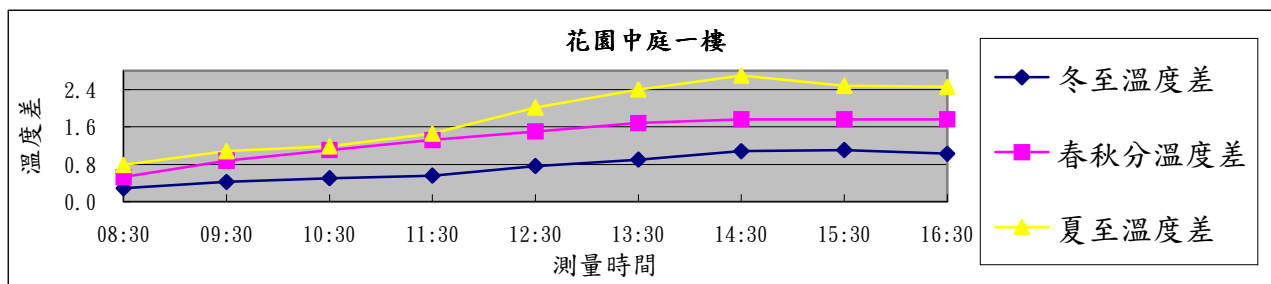
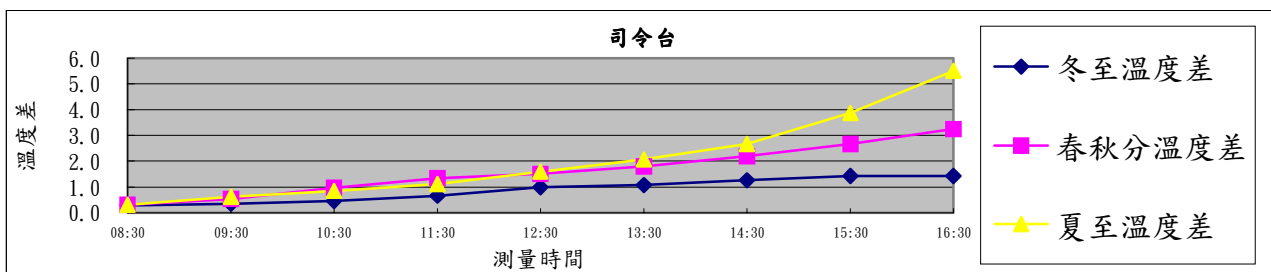


圖 5-5 (司令台模擬溫度比對圖)



推測春秋分的實際溫度變化：

一、比較實驗三（模擬春秋分）與實驗二（模擬冬至）的相似性與相異性：

1. 實驗的器材及使用場地相同。不同的是模擬太陽軌道位置在春秋分比冬至接近模型。另外在各測量時間的高度角則依實際太陽高度角調整。
2. 圖 2-1 及圖 3-1 當中的 A (巨蛋五樓)、B (巨蛋一樓)、C (花園中庭五樓)、D (花園中庭一樓) 四條折線由於照射的高度角改變，使得溫度變化是先升後降。同時 E 點的四周最空曠，容易受到燈泡照射條件影響，所以溫度改變幅度最大。
3. 在 A、B、C、D 四點的溫度變化當中，圖 2-1 與圖 3-1 的 C 點由於無頂篷阻擋白熱燈泡照射，所以溫度最高，變化最大。
4. 圖 2-1 與圖 3-1，A、B、C、D 四點的溫度最高點都出現在 14：30，但是在比較圖 2-1 與圖 3-1 的趨勢線最高點，我們發現實驗三（春秋分）比實驗二（冬至）約晚 20 分鐘出現溫度最高點。
5. 圖 2-1 的 A 點（巨蛋五樓）溫度折線在 11：30 溫度上升加快。

是因為在 11：30 之後燈泡可由上方照射頂篷。

圖 3-1 的 A 點溫度折線在 13：30 之後溫度上升加快。

是因為有部分的光能由建築物正面照射進入巨蛋。

二、分析整理：

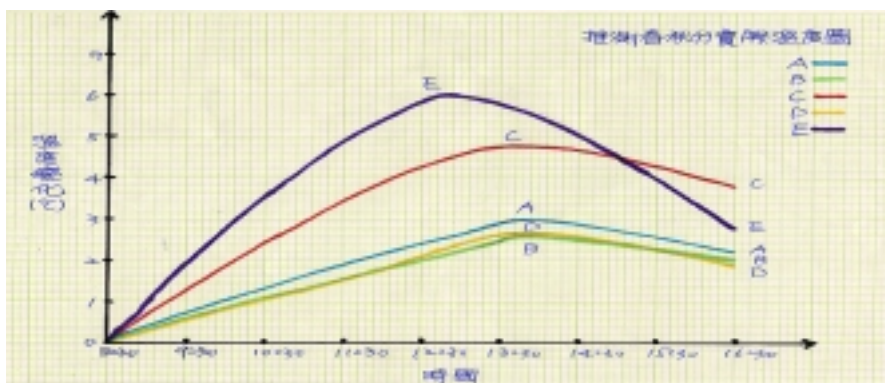
從圖 5-1～圖 5-5 溫度差折線及實驗條件的比較，我們認為實驗三（春秋分）與實驗二（冬至）有以下相關性：

1. 圖 5-1～圖 5-5 的冬至及春秋分溫度變化趨勢上有相似性，都是受到照射角度變化而改變。
2. 具有相似性所以可以將實驗二（模擬冬至）與實驗一（實測）的比較結果應用在實驗三（模擬春秋分）藉以推測春秋分實際溫度。
3. 在推測春秋分實際溫度時，必須考慮在 13：30 之後有部分陽光會由建築物正面照射進入巨蛋。

三、推測結果：

1. E 點（司令台）的溫度變化最大，也最先反映太陽高度角變化及照射熱量。
在圖 1-1 中，E 與 C 的折線約在 13：00 相交，考慮到陽光的高度角是影響溫度變化最重要的因素，所以查表 0-1，此時高度角約為 39 度。同時，春秋分高度角 39 是在 15：00 左右，所以我們推測實際春秋分的 E 點與 C 點的溫度曲線會在 15：00 相交。（推測結果請見圖 5-6）
2. 在 A（巨蛋五樓）、B（巨蛋一樓）、C（花園中庭五樓）、D（花園中庭一樓）四點當中：
 - (1). C 點的溫度變化最大，而且溫度最高。
 - (2). B、D 兩點的溫度及變化會很接近，但是 B 點溫度會比 D 點高。
頂篷遮蓋會增加上下層空氣對流。
 - (3). A 點溫度介於 C 點與 B 點之間，也就是 A、B 兩點的溫度差會比 C、D 兩點小。
在 A 點，頂篷會阻擋陽光直射減少熱量吸收。
3. A、B 兩點的溫度折線圖，在 13：30 之前會比較平緩，在 13：30 之後會因為部分的陽光由建築物正面照入巨蛋，而有一小時間溫度上升比較快，接下來會因為太陽照射角度減小，溫度開始下降。
4. 由於圖 1-1 冬季實測溫度的最高點大約會出現在 13：20，所以推測在春秋分的時候，溫度最高點的時間大約在 13：40。
因為比較圖形 2-1 與圖形 3-1 的溫度趨勢線發現圖 3-1 的溫度最高點比圖 2-1 的溫度最高點晚約 20 分鐘出現。
5. 比較表 5-3 及圖 5-3 的春秋分與冬至溫度折線最高點，我們發現溫度變化量春秋分約為冬至的 2 倍，所以我們推測春秋分 13：40 的實際 A、B 兩點溫度差約為 0.4℃，而 C、D 兩點溫度差約為 2.2℃。

圖 5-6 (推測春秋分溫度變化圖)



推測夏至實際溫度測量：

一、比較實驗四（模擬夏至）與實驗二（模擬冬至）的相似性與相異性：

1. 實驗的器材及使用場地相同。不同的是模擬太陽軌道位置在夏至是在模型上方比冬至及春秋分更接近模型。另外在各測量時間的高度角則依實際太陽高度角而調整。
2. 圖 2-1 及圖 4-1 當中的 C（花園中庭五樓）、D（花園中庭一樓）兩條折線由於照射的高度角改變，使得溫度變化是先升後降。
同時 E 點的四周最空曠，容易受到燈泡照射條件影響，所以溫度改變幅度最大。
圖 4-1 的 A（巨蛋五樓）、B（巨蛋一樓）溫度折線在實驗四則受到燈泡比建築物低而溫度持續上升，與圖 1-1 實際狀況及圖 2-1（模擬冬至）的結果不同。
3. 在 A、B、C、D 四點的溫度變化當中，圖 2-1 與圖 4-1 的 C 點由於無頂篷阻擋白熱燈泡照射，所以溫度最高，變化最大。
4. 圖 2-1 及圖 4-1 的 C、D 點溫度折線，溫度最高點都出現在 14：30，但是比較圖 2-1 與圖 4-1 的趨勢線的最高點，我們發現實驗四（夏至）比實驗二（冬至）約晚 40 分鐘出現最高點。
5. 圖 2-1 的 B 點（巨蛋一樓）溫度折線在 11：30 溫度上升加快。
是因為燈泡可以從上方照射到巨蛋。
圖 4-1 的 B 點溫度折線在 13：30 之後溫度上升加快。
是因為有部分的光能由建築物正面照射進入巨蛋。

二、分析整理：

從圖 5-1～圖 5-5 夏至與冬至的溫度差折線及實驗條件的比較，我們認為實驗四（夏至）與實驗二（冬至）有以下相關性：

1. 圖 5-1～圖 5-5 的溫度變化趨勢上有相似性，都是受到照射角度變化而改變。
2. 具有相似性所以可以將實驗二（模擬冬至）與實驗一（實測）的比對結果應用在實驗四（模擬夏至）藉以推測夏至實際溫度。
3. 在推測實際溫度時，必須考慮在 13：30 之後有部分陽光會由建築物正面照射進入巨蛋。
4. 推測實際溫度時，也必須考慮到 D 點在 12：00 之後受到太陽直射，溫度的上升的幅度增加，此時 D 點溫度會比 B 點高。

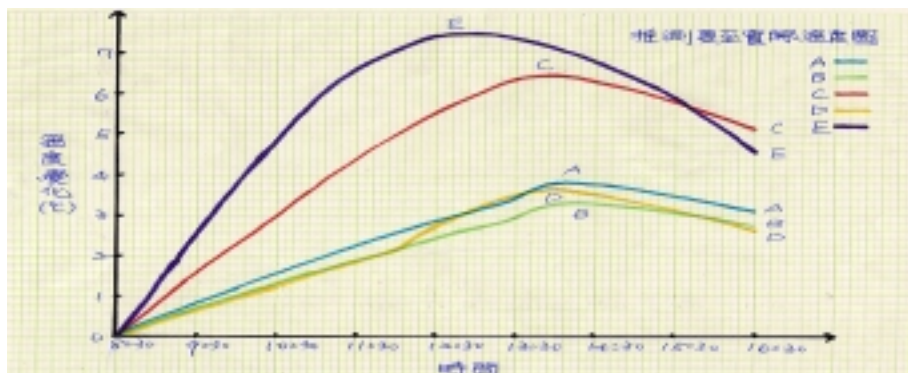
三、推測結果：

1. E 點（司令台）的溫度變化最大，也最先反映太陽高度角變化及照射熱量。
在圖 1-1 中，E 與 C 的折線約在 13：00 相交，考慮到陽光的輻射高度角是影響

溫度變化最重要的因素，所以查表 0-1，此時高度角約為 39 度。同時，夏至高度角 39 是在 15：40 左右，所以我們推測實際夏至 E 點與 C 點（花園中庭五樓）的溫度折線會在 15：40 相交。（推測結果請見圖 5-7）

- 在 A（巨蛋五樓）、B（巨蛋一樓）、C（花園中庭五樓）、D（花園中庭一樓）四點當中：
 - C 點的溫度變化最大，而且溫度最高。
 - 12：00 之前 B、D 兩點的溫度及變化很接近，但是之後 D 點受到陽光直射後溫度上升速度加快，使 D 點溫度高於 B 點溫度，在 13：30 以後有部分陽光直射巨蛋，使 B、D 兩點的溫度差變小。
 - A 點因為頂篷阻擋陽光直射，所以溫度會低於 C 點溫度。所以花園中庭的溫度比巨蛋的溫度高。
- A、B 兩點的溫度折線圖，在 13：30 之前會比較平緩，在 13：30 之後會因為部分的陽光由建築物正面照入巨蛋，而有一段時間溫度上升比較快，接下來會因為太陽照射角度減小，溫度開始下降。
- 由於圖 1-1 冬季溫度的最高點大約會出現在 13：20，所以推測在夏至的時候，溫度最高點的時間大約在 14：00。因為比較圖形 2-1 與圖形 4-1 的溫度趨勢線發現圖-1 的溫度最高點比圖 2-1 的溫度最高點晚約 40 分鐘出現。
- 比較表 5-3 及圖 5-3 的夏至與冬至溫度折線最高點，我們發現溫度變化量夏至約為冬至的 2.5 倍，所以我們推測夏至 14：00 的實際 A、B 兩點溫度差約為 0.5℃，而 C、D 兩點溫度差約為 2.8℃。

圖 5-7（推測夏至溫度變化圖）



陸、結論：

- 隨著太陽高度角的改變，太陽對地表所提供的輻射熱能也有不同，但是並不是高度角最大的時候溫度最高，而是當太陽的輻射熱與地表散熱量相同時（不再加溫）溫度最高，這個溫度最高的出現時間會隨著四季變化（太陽軌道不同）而產生變化，夏季比春秋季來得晚，春秋季又比冬季來得晚。
- 不同季節太陽高度角不同及日照時間長短不同，使得夏季白天溫度變化幅度比春秋季白天溫度變化幅度大，冬季白天的溫度變化幅度則最小。
- 物體之間的輻射、對流、傳導，也是造成不同地點溫度變化的原因。在這當中，隨著不同時間，輻射、對流、傳導的影響性也有各種變化。

- 四、能夠被陽光直接照射到的地方溫度變化會最大，這也證明熱輻射的速度比熱對流及熱傳導快，例如實驗當中的 E 點（司令台）、C 點（花園中庭五樓）。
- 五、由以上的實驗與推論，將四季實測與模擬溫度的最高點以及 E 與 C 相交點的時間，列舉如下：

出現時間	冬至	春秋分	夏至
溫度最高點（模擬）	14：30	14：50	15：10
溫度最高點（實測）	13：20	13：40	14：00
E、C 相交點	13：00	15：00	15：40

E、C 相交點的時間，表示在這個時間之後操場溫度會比建築物的溫度低。也就是在冬季 13：00、春秋季 15：00、夏季 15：40 之後適合在室外上課。

- 六、在冬季，太陽無法直射到 B 點（巨蛋一樓）與 D 點（花園中庭一樓），所以溫度相近；在春秋季 12：00 之後有一部分陽光能照射到花園中庭，所以 D 點溫度會比 B 點高；在夏季的 12：00 之後陽光直射花園中庭，所以 D 點與 B 點的溫度差距會更大。
- 七、巨蛋的頂篷阻擋了部分的太陽輻射熱，使得在巨蛋內的空間溫度會比外界溫度低，在圖 1-1～圖 4-1 當中 C 點（花園中庭五樓）溫度比 A 點（巨蛋五樓）的溫度高。加上頂篷對於空氣對流的影響會縮小五樓與一樓的溫度差，所以巨蛋的溫度差會比花園中庭的溫度差小。
- 八、冬季的陽光不強烈，比較無法感受到巨蛋中庭與花園中庭的不同；春秋季與夏季的陽光更強烈，特別是夏天台北的溫度上升到三十多度左右，在巨蛋內陽光無法直射，會讓我們感覺比較涼爽，上課時精神也能更好更能集中。所以在**永安國小的巨蛋中庭學習會比花園中庭來得好。**

柒、參考資料：

- | | |
|--------------------|---------------|
| 一、光、音、熱的魔術 | 東方出版社 |
| 二、自然科教學指引第九冊 | 牛頓開發教科書股份有限公司 |
| 三、不可思議的科學實驗室物理篇 | 世茂出版社 |
| 四、高爾夫球的酒窩 | 遠哲科學教育基金會 |
| 五、和空氣玩遊戲 | 親親文化事業有限公司 |
| 六、空氣風力與飛行 | 文庫出版事業有限公司 |
| 七、物理與能 | 時代生活知識文庫 |
| 八、光復科學圖鑑-----天氣、氣象 | 光復書局 |
| 九、千變萬化的氣象 | 東方出版社 |

評語：

作品討論巨蛋與溫度間之關係，在不同樓層測量溫度，探討自「巨蛋」(屋頂)與「無巨蛋」時之差別，另外在室內以模型、模擬與意測資料比較模型係比照學校建築物製作，本作品附有創意並有長期之意測資料表達能力良好。

作者簡介

邱木忻

我是邱木忻，出生於七十八年十二月三日。

我的爸爸任職於台育證券公司，媽媽是家庭主婦，哥哥現在就讀高中一年級，家裡小康。我從一年級到四年級在敦化國小就讀，曾經當選兩次模範生。自從去年搬到新家大直，選擇了現在的永安國小。很幸運的受到同學的支持又當選一次模範生，現在我很喜歡永安國小，因為學校的全新設備都是我的最愛。

我感謝學校給我機會讓我參加科展比賽，在老師細心的指導下終於得到全國第一名。我的興趣是打籃球、彈電子琴及打電腦。今後我會更加努力，希望在學校有更好的表現。

邱麟傑

大名：邱麟傑 小名：丘陵地 幾年生：79年 屬馬

興趣：打球、玩電腦、看課外讀物 嗜好：看新東西（電腦）

經歷：從一年級至五年級得了不少獎，其中以全國科展大會獎第一名我最為印象深刻，所以我喜歡這個獎。打從我一年級時，對自然還沒有什麼興趣，但我看了很多有關科學的書，慢慢對科學產生興趣，因此參加這次的活動，想繼續做有關自然的活動。

將來還要探討科學方面的事物，希望這個願望能實現，也希望能在學校更突出。