

# 「熱透」了量一「涼」--教室抗熱效能之研究

## 摘要

本研究係探討每天生活的學校教室各種影響蘊熱力變因，包括建築物方位、樓層、外牆色差、外牆材質、外牆厚度、外牆隔熱介質與隔熱介質位置。

研究結果顯示：「建築物方位」與「建築物樓層」差異與教室的「蘊熱力」呈現正相關，南北向教室溫度較東西向溫度涼爽，樓層低較樓層高溫度涼爽。「屋頂形狀」也影響室內溫度，水、保麗龍都能夠良好的阻絕熱傳導，鋁箔可以阻隔熱輻射。以鋁箔與保麗龍來隔熱放置於熱源前端效果最佳，原因是鋁箔可以阻隔熱輻射，保麗龍能夠阻絕熱傳導，室內效果次之，夾置於牆壁內部效果最差。建築物的牆壁厚度愈厚隔熱效果愈佳，因為厚度愈厚熱傳導的距離必須拉長，且熱源會被吸收的緣故。建築物的塗料顏色與聚熱程度呈現正相關，因為色差愈淡反射熱源輻射性質越良好，顏色越重越能夠吸收熱源輻射。學校建築物的外牆材質與隔熱程度呈現正相關，因為不同材質的外牆反射熱輻射與熱傳導性質不同。建築物的牆壁厚度愈厚隔熱效果愈佳，因為厚度愈厚熱傳導的距離必須拉長，且熱源會被吸收的緣故。

## 壹、研究動機

學校東側大樓因建築東西向，上午太陽東曬，下午西邊照射，且走廊屬於中央走廊，東邊教室與西邊空氣對流不足，教室溫度高讓我和同學上課時不容易專心，所以我們希望如何可以在節約能源為前提下，設計一棟能夠夏天涼爽的教室。上自然課時我們學習到『熱傳播方式』時，我們知道熱空氣會上升、冷空氣下降形成對流現象，希望能透過進行各項實驗並深入討論探究的方法，能提出改善的有效方法，讓同學們有舒適的學習環境，能更專注於課業學習。

因此我們想要探討在相同日照、濕度等氣候條件下，建築物方位、樓層、外牆色差、外牆材質、外牆厚度、外牆隔熱介質的蘊熱力變化。

與課程相關單元：

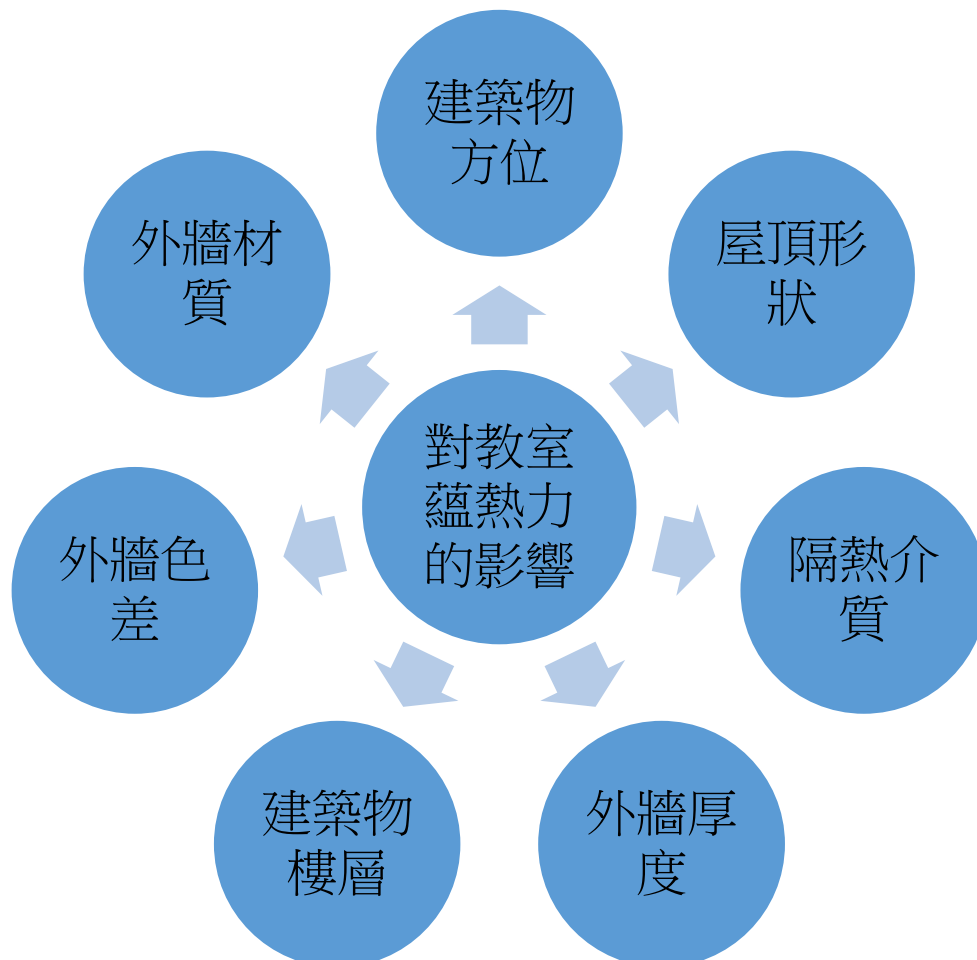
自然與生活科技四下第二單元水的移動（康軒版）

自然與生活科技五上第三單元熱對物質的影響（翰林版）

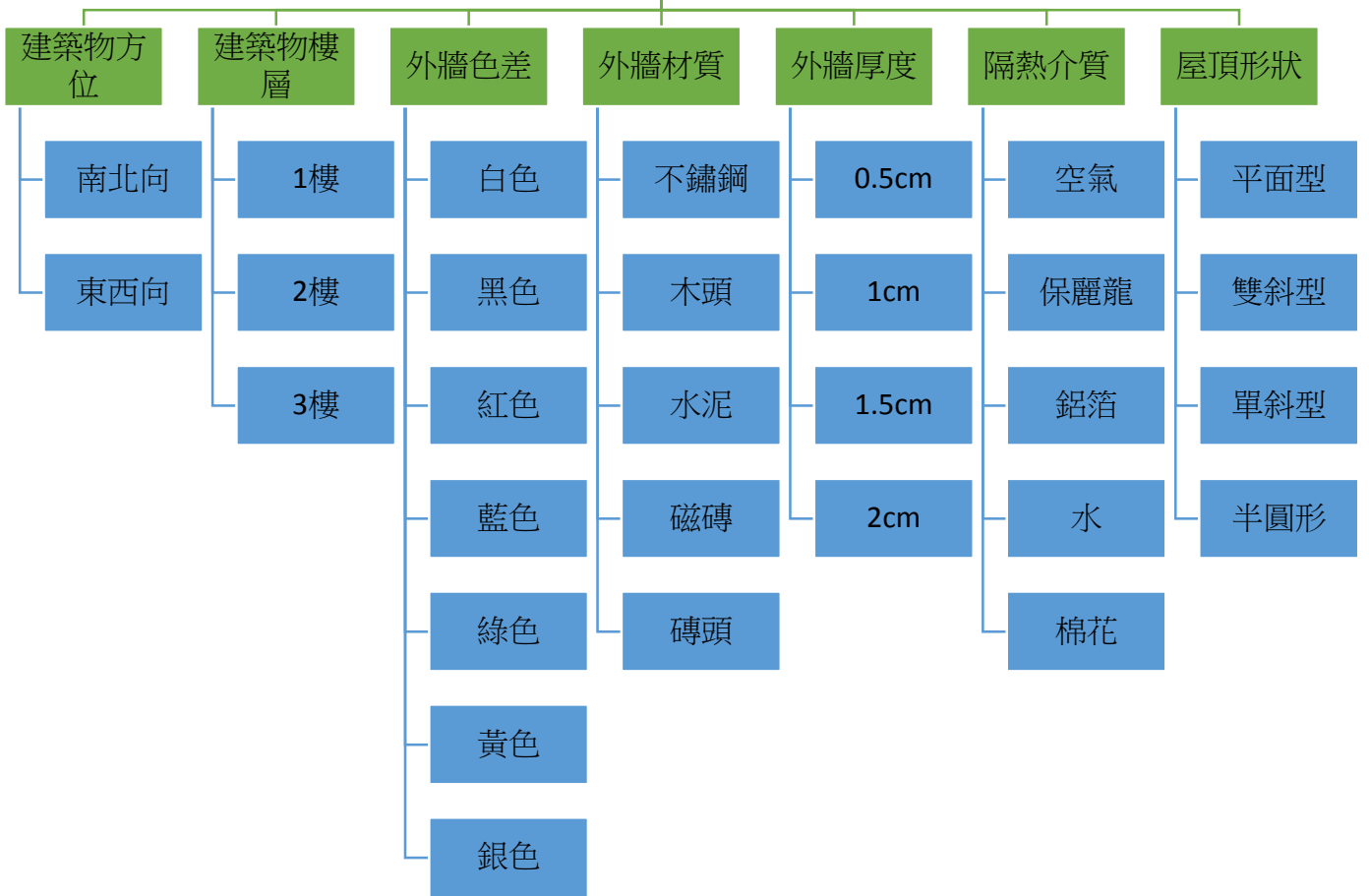
自然與生活科技六下第三單元物質的變化（康軒版）

## 貳、研究目的

- 一、探討學校校園「建築物方位」差異，對教室「蘊熱力」的影響。
- 二、探討學校校園「建築物樓層」差異，對教室「蘊熱力」的影響。
- 三、探討學校校園「屋頂形狀」差異，對教室「蘊熱力」的影響。
- 四、探討外牆「隔熱介質」差異，對教室「蘊熱力」的影響。
- 五、探討外牆「厚度」差異，對教室「蘊熱力」的影響。
- 六、探討外牆「顏色」差異，對教室「蘊熱力」的影響。
- 七、探討外牆「材質」差異，對教室「蘊熱力」的影響。



「熱透」了量一「涼」



參、研究器材及設備

電子式溫度計、燈具組、厚紙板、指北針、電暖器、棉花、溫度計、鋁箔紙、碼錶、夾鏈袋、不鏽鋼、木頭、水泥、磁磚、磚頭、壓克力顏料

		
燈具組	紅外線溫度計	電暖器
		
室內室外溫度計	電子式溫度計	碼錶

## 肆、研究方法及過程

### 一、蒐集彙整研究資料：

我們仔細觀察學校建築造型、方位、樓層、外表材質後，並且從網路上搜尋相關資料，彙整後獲得以下知識：

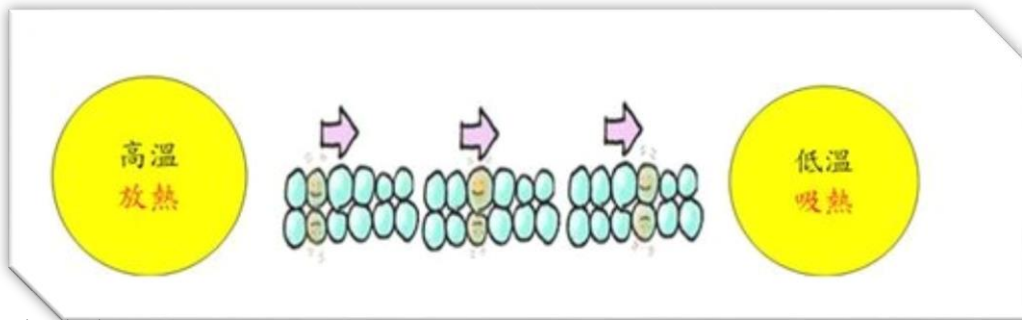
#### (一) 斜屋頂

屋頂是建築物之最上層樓版的構造，其作用為防止日曬雨淋、隔熱避寒等。斜屋頂為斜面坡度造型外觀的主要詮釋構造稱呼，是坡度一般大於 10% 的屋頂，此坡度設計有其洩水、雪等機能。



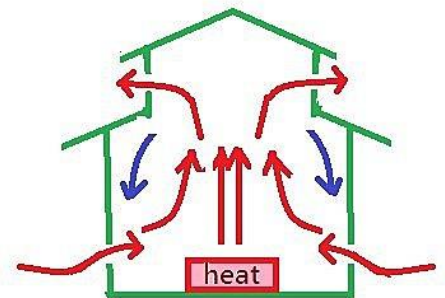
#### (二) 熱傳導效應

熱傳導效應是指熱能從高溫向低溫部分轉移的過程，是一個分子向另一個分子傳遞振動能的結果。各種材料的熱傳導性能差異，傳導性能好的，如金屬，還包括了自由電子的移動，所以傳熱速度快，可以做熱交換器材料，傳導性能不好的可以做熱絕緣材料。物體本身的密度越高，熱傳導率就越高，也就是代表著熱傳遞的速度越快。



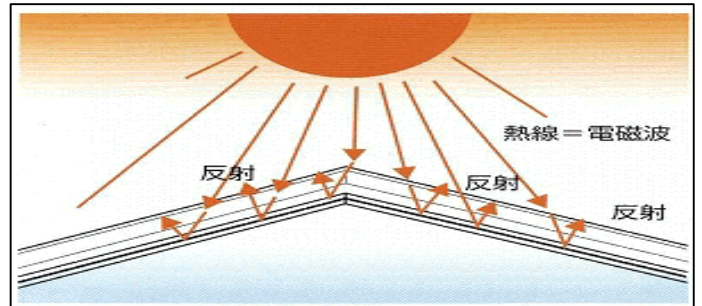
#### (三) 熱對流效應

當液體或氣體物質一部分受熱時，體積膨脹，密度減少，逐漸上升，其位置由周圍溫度較低、密度較大的物質補充之，此物質再受熱上升，周圍物質又來補充，如此循環不已，遂將熱量由流動之流體傳播到各處。在基本的對流中，熱源加熱氣體表面周圍，而且其他流動性物體如風等將熱帶走，冷流因此取代熱流。

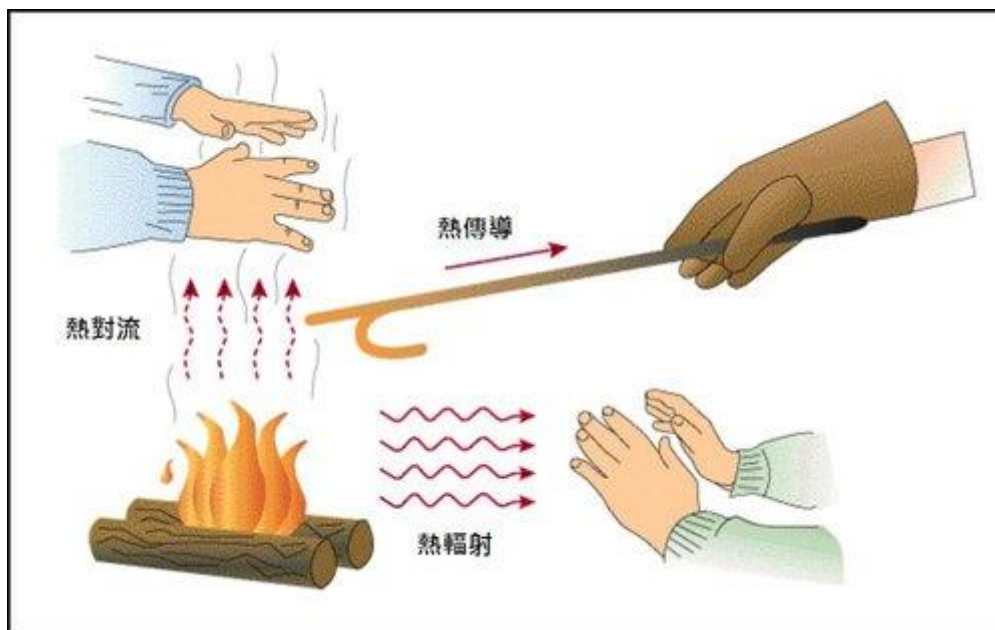


#### (四) 熱輻射原理

熱輻射係指特定溫度下的物體藉由電磁波和環境作能量交換。如果一個物體的溫度比外界高，釋放能量就會大於吸收能量，使其溫度降低。熱平衡時，即表示熱的吸收率=放射率。物體的熱輻射譜是連續的，並且和物質本身的種類無關，只和溫度有關。所謂的黑體係指，照射在物體上面的電磁波會被該物體完全吸收。



熱的傳遞分成三種方式: 熱傳導、熱對流與熱輻射。其中，以熱輻射為主要的傳遞方式，其餘的熱對流或是熱傳導是當物體在接受熱輻射時遇到阻礙時，才會發生的作用。值得注意的是熱傳遞時的流動方向。熱傳導與熱輻射皆是全方位的向四面八方傳遞熱能；相反地，熱對流通常是向上方傳遞熱能。



## 二、測定方法：

### 1. 不同校園建築物方位、樓層蘊熱力測量

- (1) 準備紅外線溫度計
- (2) 分別至學校東昇樓（東西向中央走廊）、育英樓（東西向）、日新樓（南北向）一、二、三、四樓放置溫度計。
- (3) 分別於AM08:00、AM09:00、PM10:00、PM11:00、PM12:00、PM13:00、PM14:00、AM15:00、AM16:00進行測量。
- (4) 測量十次。
- (5) 將記錄數值依大小排序後，排除最大兩次與最小兩次極端值，取中間六次求平均值。

### 2. 自製模型

- (1) 將水泥粉末以固定比例3:1與水攪拌均勻後，倒置於固定大小的鋁箔模型上。
- (2) 以相同材質回收紙箱自製平屋頂、單斜屋頂、雙斜屋頂、半圓屋頂模型屋。
- (3) 以相同材質回收紙箱自製1層、2層、3層、4層不同厚度紙板
- (3) 將材質回收紙板，以2面紙板分別夾入空氣、保麗龍、鋁箔、水、棉花

### 3. 以自製模型燈具組蘊熱力測量

- (1) 準備紅外線溫度計
- (2) 以燈泡模擬陽光自製燈具組。
- (3) 以燈泡發光 5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘進行不同材質溫度測量（木頭、水泥、磁磚、磚頭、不鏽鋼）。
- (4) 將各種壓克力顏料塗抹均勻於自製水泥塊與木板上。
- (5) 以燈泡發光 5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘進行不同色差溫度測量（白色、黑色、紅色、藍色、綠色、黃色、銀色）水泥塊與木板。
- (5) 測量六次。
- (7) 將記錄數值依大小排序後，排除最大兩次與最小兩次極端值，取中間四次求平均值。

## 三、實驗設計與條件：

1. 燈泡組需使用相同功率燈泡。
2. 使用相同紅外線溫度計，測量距離與定點固定。
3. 溫度、溼度等天候條件須相同。
4. 模型測量時須將門窗緊閉且不開啟空調與電扇，並且拉上窗簾以免影響燈泡溫度。
5. 不同材質的取樣高度不一，在樣品下墊上物品，讓樣品感溫處至燈泡處距離一致。
6. 測量六次，依大小排序後排除最大兩次與最小兩次極端值，取中間四次求平均值，排除極端植誤差。

#### 四、實驗步驟：

(一) 實驗一：「建築物方位」與「建築物樓層」差異，與教室「蘊熱力」的關係。












(1) 準備紅外線溫度計

(2) 分別至學校東昇樓（東西向中央走廊）、育英樓（東西向）、日新樓（南北向）一、二、三、四樓放置溫度計。

(3) 分別於AM08:00、AM09:00、PM10:00、PM11:00、PM12:00、PM13:00、PM14:00、AM15:00、AM16:00進行測量。

(4) 測量10次。

(5) 將記錄數值依大小排序後，排除最大兩次與最小兩次極端值，取中間6次求平均值，紀錄30天後取平均值。

日新樓（南北向）			
			
東昇樓（東西向中央走廊）			
			
育英樓（東西向）			
			

(二) 實驗二：校園「屋頂形狀」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

(1) 準備室內室外同步藍光溫濕度計、電暖器、碼表

(2) 以相同材質回收紙箱自製平屋頂、單斜屋頂、雙斜屋頂、半圓屋頂模型屋。

(3) 以電暖器模擬陽光照射自製不同校園屋頂形狀模型。

(4) 5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘進行不同校園屋頂形狀模型表面溫度與室內溫度測量

(5) 測量10次。

(6) 將記錄數值依大小排序後，排除最大兩次與最小兩次極端值，取中間6次求平均值。

### 自製模型屋



平屋頂

單斜屋頂

雙斜屋頂

半圓屋頂模型屋





(三) 實驗三：外牆「隔熱介質」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

- (1) 準備室內室外同步藍光溫濕度計、電暖器、碼表
- (2) 將不同大小夾鏈袋裝入自來水。
- (3) 將材質回收紙板，以2面紙板分別夾入空氣、保麗龍、鋁箔、水、棉花。
- (4) 保麗龍、鋁箔分別製作夾入紙板中間與紙板前後
- (5) 以電暖器模擬陽光照射自製隔熱介質模型。
- (6) 5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘進行「隔熱介質」表面溫度  
室外與室內溫度測量，測量10次。
- (7) 記錄依大小排序後，排除最大兩次與最小兩次極端值，取中間6次求平均值。

自製隔熱介質模型



(四) 實驗四：外牆「厚度」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

(1) 準備室內室外同步藍光溫濕度計、電暖器、碼表。

(2) 以相同材質回收紙箱自製1層、2層、3層、4層不同厚度紙板。

(3) 以電暖器模擬陽光照射自製隔熱介質模型。

(4) 5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘進行「隔熱介質」表面溫度  
室外與室內溫度測量，測量10次。

(5) 將記錄依大小排序後，排除最大兩次與最小兩次極端值，取中間6次求平均值。



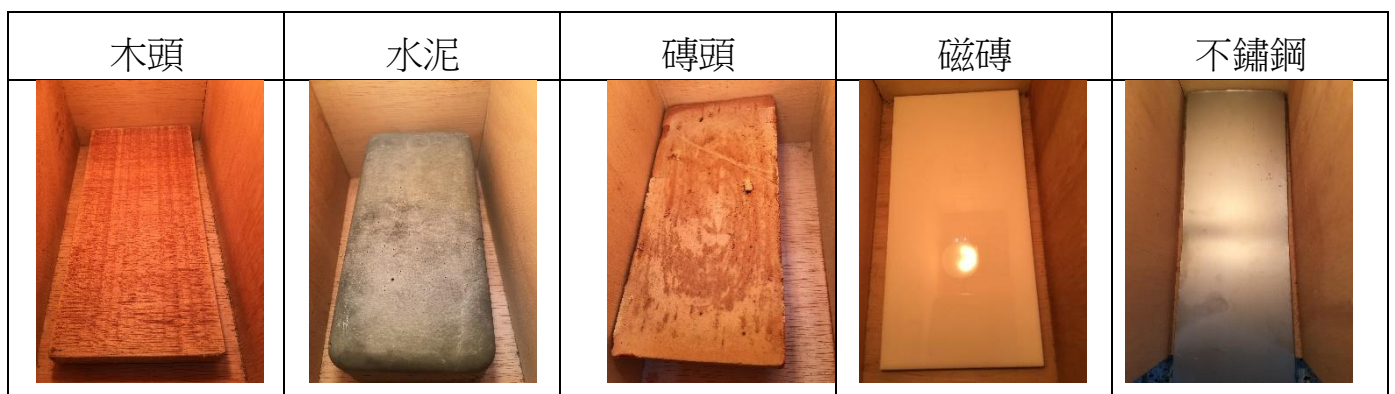
(五) 實驗五：外牆「材質」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

(1) 準備紅外線溫度計

(2) 以燈泡模擬陽光自製燈具組。

(3) 以燈泡發光 5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘進行不同材質溫度測量（木頭、水泥、磁磚、磚頭、不鏽鋼），測量10次。

(4) 將記錄依大小排序後，排除最大兩次與最小兩次極端值，取中間6次求平均值。



(六) 實驗六：外牆「顏色」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

- (1) 將水泥粉末以固定比例3:1與水攪拌均勻後，倒置於固定大小的鋁箔模型上。
- (2) 為避免受傷及吸入水泥粉末，操作同學戴上手套及口罩。
- (3) 水泥靜置10天後，將各種壓克力顏料塗抹均勻於自製水泥塊與木板上。
- (4) 以燈泡模擬陽光自製燈具組。
- (5) 以燈泡發光 5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘進行不同「顏色」溫度測量（木頭、水泥），測量10次。
- (6) 將記錄數值依大小排序後，排除最大兩次與最小兩次極端值，取中間6次求平均值。

自製水泥板



塗抹壓克力顏料



模擬陽光自製燈具組實驗



白色

藍色

綠色

黃色

紅色

黑色

銀色

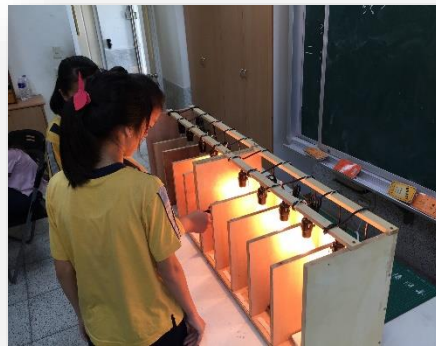


## 伍、結果與討論

本研究主要探討在相同日照、濕度等氣候條件下，建築物方位、樓層、外牆色差、外牆材質、外牆厚度、外牆隔熱介質的蘊熱力變化。操縱變因為「建築物方位」、「屋頂形狀」、「隔熱介質」、「建築物厚度」、「外牆表面顏色」、「外牆材質」，實驗分為實際觀測與製作室內模型

- 一、 實際觀測本校東昇樓（東西向中央走廊）、育英樓（東西向）、日新樓（南北向）一、二、三、四樓，每節下課時間溫度，紀錄 30 天後取平均值。
- 二、 因為室外觀察受限天氣變化、風向、風力等較不易掌握控制變因，所以製作室內加熱燈具組模擬建築物各項變因與太陽熱能的關聯性。
- 三、 為進行外牆顏色差異實驗掌握控制變因，所以自製水泥板確保不同水泥板面積與厚度一致。
- 四、 為探討不同屋頂形狀與運熱力關係，分別製作平屋頂、單斜屋頂、雙斜屋頂、半圓屋頂模型屋。。

希望能提出科學數據佐證何種學校建築，可以有效降低夏季學校溫度，減少電扇與冷氣運作，達成節能減碳永續校園愛護地球環保概念，提供學校未來改建做為參考建議。

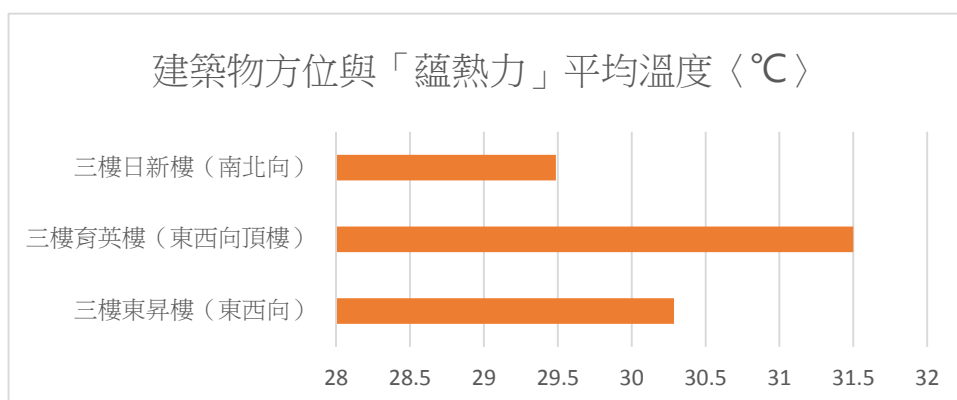
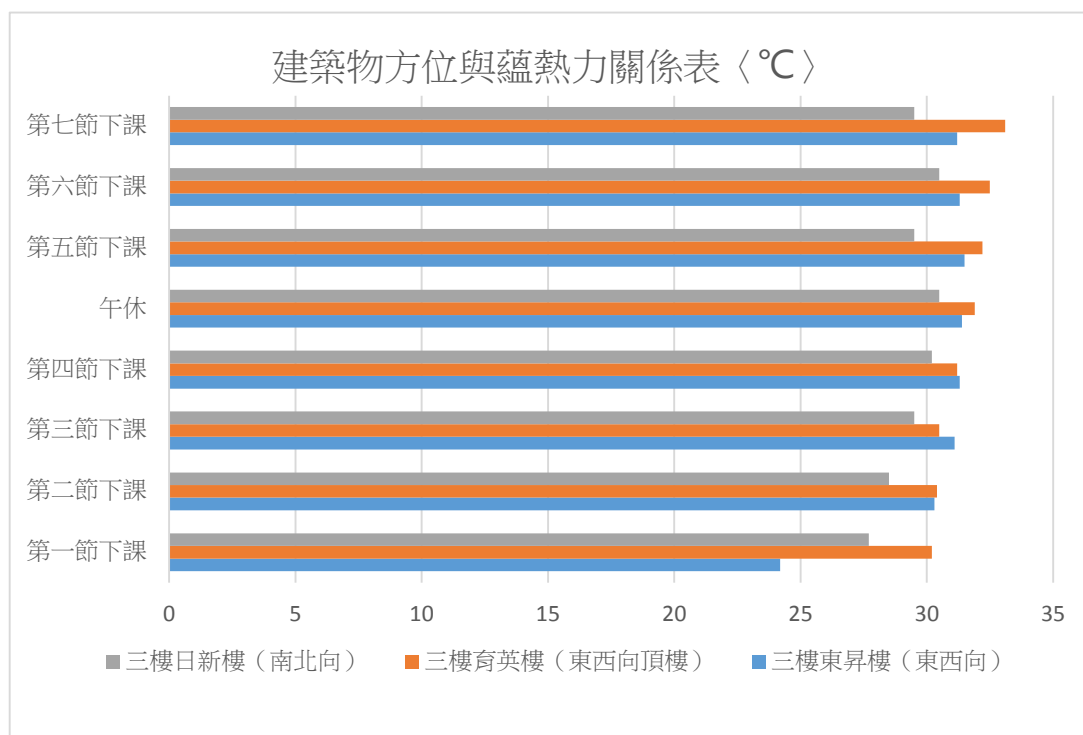


一、實驗一：「建築物方位」與「建築物樓層」差異，與教室「蘊熱力」的關係。

1.實驗結果：「建築物方位」與「建築物樓層」差異與「蘊熱力」關係表

我的學校教室4月1日~11日下課時間平均溫度（℃）

地點 時間	一樓			二樓			三樓			四樓	
	東昇樓	育英樓	日新樓	東昇樓	育英樓	日新樓	東昇樓	育英樓	日新樓	東昇樓	日新樓
第一節	21.7	27.1	28.5	20.2	29.9	27.5	26.2	30.2	27.7	28.5	26.5
第二節	21.4	27.2	29.5	23.5	29.5	28.5	30.3	30.4	28.5	30.5	26.8
第三節	20.3	27.5	29.5	30.1	29.5	28.5	31.1	30.5	29.5	31.2	27.2
第四節	25.4	29.5	29.6	30.5	29.5	30.1	31.3	31.2	30.2	32.5	27.3
午休	27.1	30.2	31.2	31.7	30.2	31.3	31.4	31.9	30.5	32.2	27.5
第五節	28.7	28.5	29.5	32.6	30.4	30.5	31.5	32.2	29.5	32.3	27.5
第六節	28.4	28.5	29.5	32.5	31.2	30.5	31.3	32.5	30.5	32.3	27.5
第七節	28.1	28.4	29.5	32.3	30.5	30.4	31.2	33.1	29.5	32.5	27.5
平均	25.13	28.362	29.6	29.175	30.087	29.662	30.287	31.5	29.487	31.5	27.22



地點 時間	東昇樓 (°C)				日新樓 (°C)				育英樓 (°C)		
	一樓	二樓	三樓	四樓	一樓	二樓	三樓	四樓	一樓	二樓	三樓
第一節下課	21.7	20.2	24.2	28.5	28.5	27.5	27	26.5	27.1	29.9	30.2
第二節下課	21.4	23.5	30.3	30.5	29.5	28.5	28.5	26.8	27.2	29.5	30.4
第三節下課	20.3	30.1	31.1	31.2	29.5	28.5	29.5	27.2	27.5	29.5	30.5
第四節下課	25.4	30.5	31.3	32.5	29.6	30.1	30.2	27.3	29.5	29.5	31.2
午休	27.1	31.7	31.4	32.2	31.2	31.3	30.5	27.5	30.2	30.2	31.9
第五節下課	28.7	32.6	31.5	32.3	29.5	30.5	29.5	27.5	28.5	30.4	32.2
第六節下課	28.4	32.5	31.3	32.3	29.5	30.5	30.5	27.5	28.5	31.2	32.5
第七節下課	28.1	32.3	31.2	32.5	29.5	30.4	29.5	27.5	28.4	30.5	33.1
平均	25.1375	29.175	30.2875	31.5	29.6	29.6625	29.4	27.225	28.36	30.0875	31.5

## 2.討論：

實驗結果如上表格與圖表，共觀測學校東昇樓（東西向中央走廊）、育英樓（東西向頂樓）、日新樓（南北向）1、2、3、4樓，10天進行排序後捨去前後各兩天極端值，以排序中間六天求取平均值，東昇樓只有3樓。

### (1) 以建築物方位為比較基準

由觀察結果中，我們發現大部分時間溫度高低呈現育英樓（東西向頂樓）> 東昇樓（東西向中央走廊）> 日新樓（南北向）。

我們認為應該是東西向教室因為大部分太陽光直射熱輻射的關係所以育英樓（東西向頂樓）和東昇樓（東西向中央走廊）溫度高於日新樓（南北向）。而育英樓（東西向頂樓）溫度高於東昇樓（東西向中央走廊）應該是育英樓頂樓熱傳導的關係。

### (2) 以建築物樓層為比較基準

由觀察結果中，我們發現東昇樓（東西向）與育英樓（東西向）樓層溫度呈現四樓> 三樓> 二樓> 一樓，我們認為東西向教室因為太陽光先熱輻射頂樓水泥，再熱傳導的關係所以溫度四樓> 三樓> 二樓> 一樓。

日新樓（南北向）的觀察結果呈現四樓> 一樓> 三樓> 二樓的溫度差異，我們認為是日新樓因為南北向，所以南北風力明顯，所以除了太陽熱輻射與熱傳導變項外，氣流變項也應納入微氣候考量，日新樓一樓因為學校周遭住家建築阻擋氣流的關係，溫度較高。

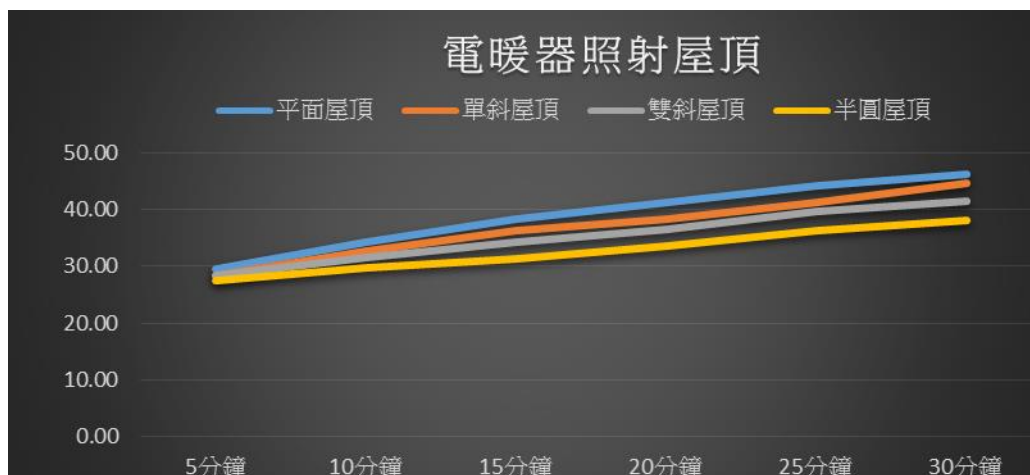
小結：「建築物方位」與「建築物樓層」差異，與教室「蘊熱力」正相關，我們發現南北向教室溫度較東西向溫度涼爽，樓層低較樓層高溫度涼爽，所以我們建議新建教室時能儘量納入「建築物方位」考量儘量以南北向進行設計，而高樓層普遍較低樓層溫度高，所以可以採用屋頂隔熱物質減低熱傳導，甚至利用屋頂熱能裝置太陽能發電。

## 二、實驗二：校園「屋頂形狀」差異，與教室「蘊熱力」關係探究

### 1.實驗結果：校園「屋頂形狀」差異，與教室「蘊熱力」關係表（室內溫度°C）

形狀 次數	電暖器照射 5 分鐘屋頂				電暖器照射 10 分鐘屋頂				電暖器照射 15 分鐘屋頂			
	平面	單斜	雙斜	半圓	平面	單斜	雙斜	半圓	平面	單斜	雙斜	半圓
第一次	29.1	28.4	28.1	27.4	34.4	32.6	31.5	29.7	38.2	36.3	34.2	31.3
第二次	29.3	28.5	28.1	27.3	33.9	32.5	31.4	29.6	38.5	36.1	34.3	31.9
第三次	29.7	28.4	28.4	27.2	34.3	32.6	31.3	29.5	38.1	36.5	34.3	31.4
第四次	29.6	28.4	28.3	27.9	34.5	32.4	31.8	29.6	38.1	36.4	34.2	31.1
第五次	29.5	28.3	28.4	27.3	34.3	32.5	31.6	29.7	38.4	36.2	34.1	31.1
第六次	29.1	28.4	28.5	27.4	34.2	32.7	31.4	30.1	38.2	36.2	34.2	31.5
平均	29.38	28.40	28.30	27.42	34.27	32.55	31.50	29.70	38.25	36.28	34.22	31.38

形狀 次數	電暖器照射 20 分鐘屋頂				電暖器照射 25 分鐘屋頂				電暖器照射 30 分鐘屋頂			
	平面	單斜	雙斜	半圓	平面	單斜	雙斜	半圓	平面	單斜	雙斜	半圓
第一次	41.2	38.5	36.7	33.9	44.3	41.2	39.7	36.4	46.2	44.7	41.3	38.1
第二次	41.1	38.4	36.4	33.4	44.2	41.3	39.6	36.5	46.1	44.8	41.9	37.9
第三次	41.1	38.2	36.5	33.4	44.3	41.5	39.5	36.4	46.1	44.8	41.3	37.7
第四次	41.3	38.3	36.7	33.8	44.3	41.2	39.5	36.4	46.3	44.3	41.2	38.2
第五次	41.4	38.5	36.5	33.7	44.1	41.1	39.4	36.3	46.3	44.5	40.9	37.9
第六次	41.1	38.4	36.5	33.4	44.2	41.7	40.1	36.2	46.4	44.7	41.9	38.3
平均	41.2	38.38	36.55	33.60	44.23	41.33	39.63	36.37	46.23	44.63	41.42	38.02



### 2.討論：

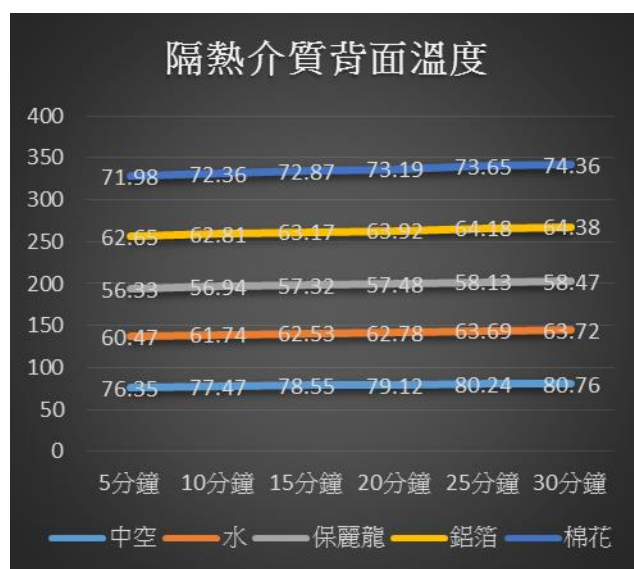
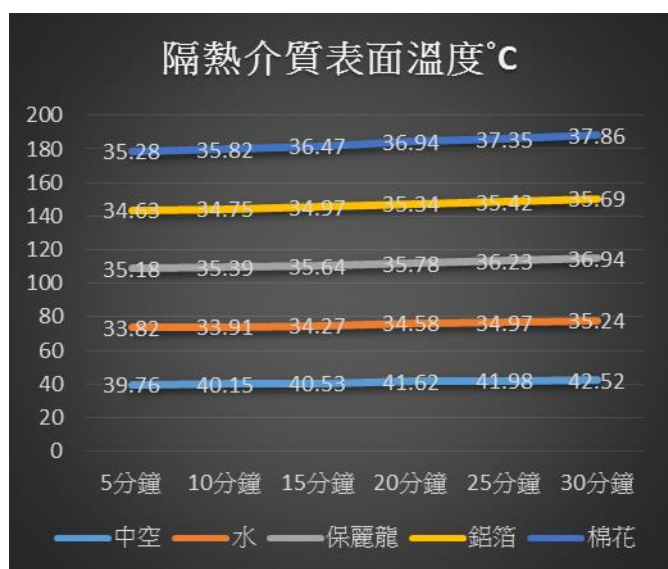
實驗結果如上表格與圖表，我們發現以電暖器照射平面、單斜、雙斜、半圓屋頂，5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘，而室內溫度由高至低分別為平面屋頂、單斜屋頂、雙斜屋頂、半圓屋頂。

小結：實驗證明「屋頂形狀」與教室「蘊熱力」呈現正相關，半圓屋頂的接收的熱輻射較低且熱傳導至放置電子溫度計的下方距離較遠，雙斜屋頂接收的熱輻射也低於單斜屋頂，因實驗控制設計熱源固定90度垂直照射平面屋頂，所以平面屋頂的室內溫度最高，所以我們建議新建教室時能儘量以斜屋頂或是半圓屋頂設計以降低室內溫度。

### 三、實驗三：外牆「隔熱介質」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

#### 1.實驗結果：「隔熱介質」與教室「蘊熱力」的關係—介質於中間（℃）

時間 \ 材質	表面溫度					背面溫度				
	中空	水	保麗龍	鋁箔	棉花	中空	水	保麗龍	鋁箔	棉花
5 分鐘	76.35	60.47	56.33	62.65	71.98	39.76	33.82	35.18	34.63	35.28
10 分鐘	77.47	61.74	56.94	62.81	72.36	40.15	33.91	35.39	34.75	35.82
15 分鐘	78.55	62.53	57.32	63.17	72.87	40.53	34.27	35.64	34.97	36.47
20 分鐘	79.12	62.78	57.48	63.92	73.19	41.62	34.58	35.78	35.34	36.94
25 分鐘	80.24	63.69	58.13	64.18	73.65	41.98	34.97	36.23	35.42	37.35
30 分鐘	80.76	63.72	58.47	64.38	74.36	42.52	35.24	36.94	35.69	37.86



#### 2.討論：

實驗結果如上表格與圖表，我們共測試十次分別以5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘進行「隔熱介質」表面溫度室外與室內溫度測量，測量10次。進行排序後捨去前後各兩次極端值，以排序中間六次求取平均值。

我們發現表面溫度由高到低分別為中空材質、棉花、鋁箔、水、保麗龍，保麗龍表面溫度最低原因應該是比熱較低關係，水則因自來水水溫低於室溫關係，鋁箔能反射有效阻隔熱輻射，棉花古人常運用於衣服保溫所以較不易產生熱傳導。

背面溫度由高到低分別為中空材質、棉花、保麗龍、鋁箔、水同樣因為水溫較低且比熱低關係，鋁箔因前端可以阻隔熱輻射所以熱傳導至背面溫度次低，保麗龍利用發泡隔熱材獨立氣泡阻絕空氣產生對流作用，而達到隔熱效果。

小結：水、保麗龍都能夠良好的阻絕熱傳導，鋁箔可以阻隔熱輻射，所以建議學校建築時可以使用鋁箔進行隔熱，水與保麗龍雖然隔熱較果也不錯，但是因為體積較大，建築物如使用須注意影響結構安全，可以採取外貼方式處理。



### 三、實驗三：外牆「隔熱介質」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

#### 1.實驗結果：「隔熱介質」介質於建築物前、中、後的關係—室內溫度

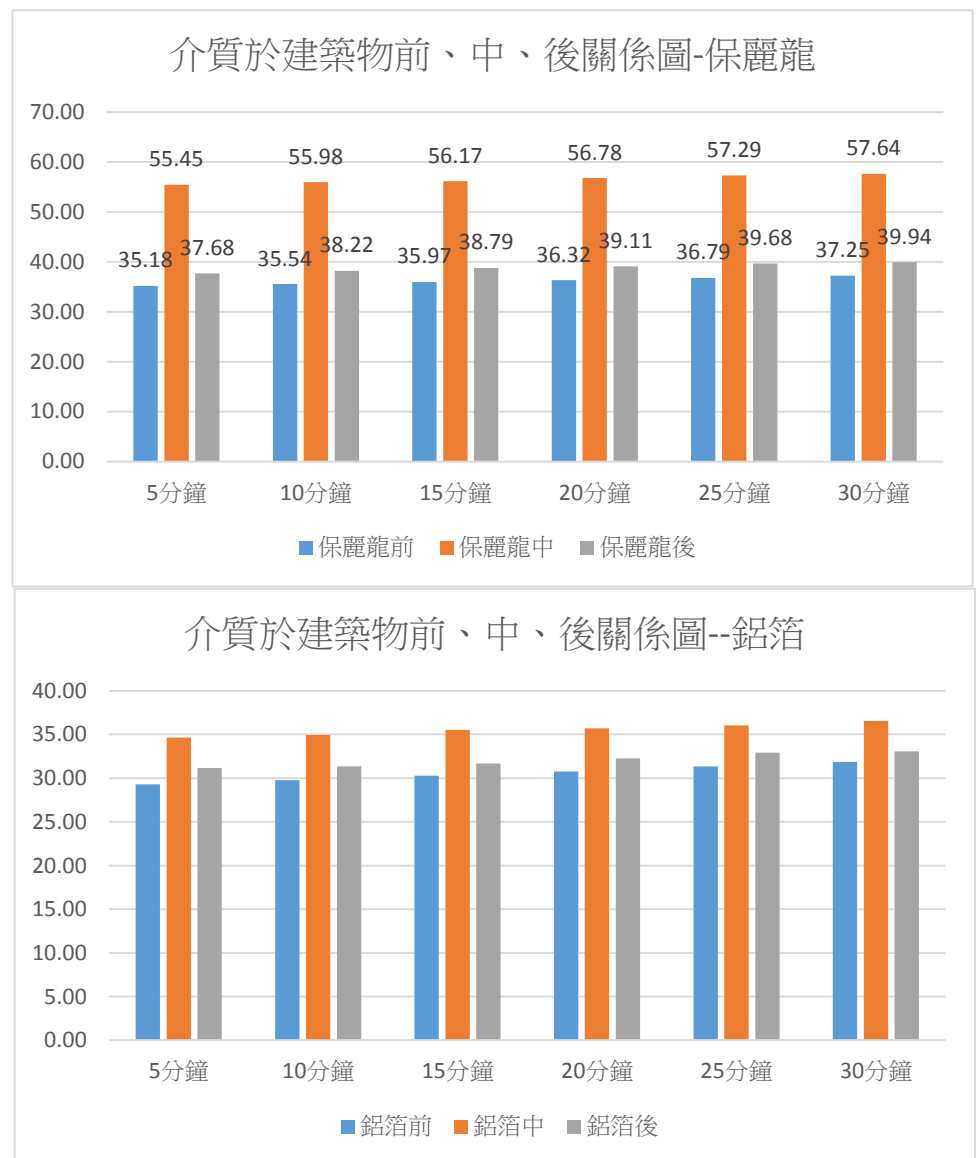
時間 \ 位置	保麗龍前	保麗龍中	保麗龍後	鋁箔前	鋁箔中	鋁箔後
5 分鐘	35.18	55.45	37.68	29.28	34.63	31.18
10 分鐘	35.54	55.98	38.22	29.76	34.96	31.34
15 分鐘	35.97	56.17	38.79	30.28	35.53	31.67
20 分鐘	36.32	56.78	39.11	30.76	35.71	32.27
25 分鐘	36.79	57.29	39.68	31.34	36.05	32.94
30 分鐘	37.25	57.64	39.94	31.87	36.54	33.06

#### 2.討論：

實驗結果如上表格與圖表，我們共測試十次分別以5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘進行「隔熱介質」背面溫度測量，我們以鋁箔與保麗龍為介質分別放置於紙板前、中、後。

結果發現背面溫度（室內），保麗龍與鋁箔放置於紙板中溫度最高，鋁箔置於熱源前端隔熱效果最好，原因是鋁箔可以反射熱源輻射，放置於後面效果次之，原因是鋁箔金屬散熱性較佳的緣故。保麗龍置於前端熱傳導至後方不易，保麗龍置於後方同樣熱傳導小。

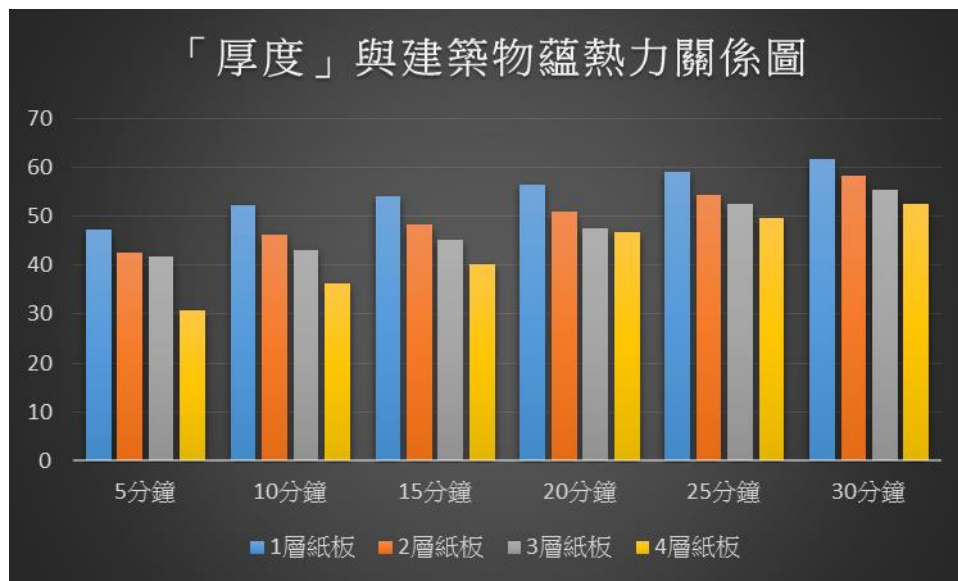
小結：以鋁箔與保麗龍來隔熱放置於熱源前端效果最佳，原因是鋁箔可以阻隔熱輻射，保麗龍能夠阻絕熱傳導，室內效果次之，夾置於牆壁內部效果最差。



#### (四) 實驗四：外牆「厚度」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

##### 1. 實驗結果：「厚度」與建築物蘊熱力的關係

厚度 時間	1 層紙板	2 層紙板	3 層紙板	4 層紙板
5 分鐘	47.35	42.63	41.73	30.75
10 分鐘	52.28	46.30	43.05	36.21
15 分鐘	54.09	48.41	45.24	40.05
20 分鐘	56.37	50.83	47.38	46.81
25 分鐘	58.95	54.25	52.42	49.71
30 分鐘	61.72	58.24	55.39	52.46



##### 2. 討論：

實驗結果如上表格與圖表，我們共測試十次分別以5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘以1層紙板、2層紙板、3層紙板、4層紙板進行建築物「厚度」背面溫度測量，測量10次。進行排序後捨去前後各兩次極端值，以排序中間六次求取平均值。

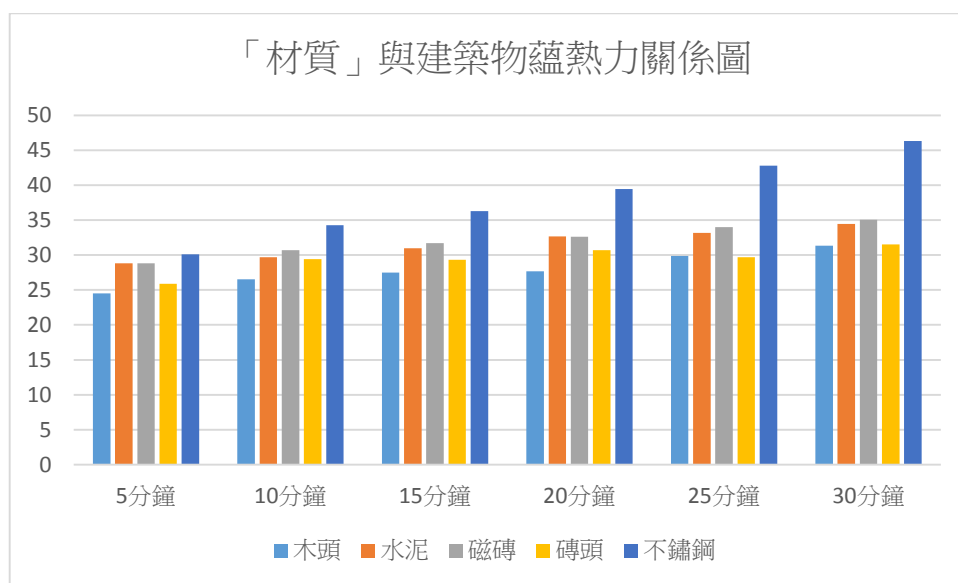
結果發現背面溫度由高至低分別為1層紙板> 2層紙板> 3層紙板> 4層紙板，而且從5分鐘開始測量至30分鐘結果都相同，所以我們認為建築物的厚度與隔熱程度呈現正相關，因為厚度愈厚熱傳導的距離必須拉長，且熱源會被吸收的緣故。

小結：建築物的牆壁厚度愈厚隔熱效果愈佳，因為厚度愈厚熱傳導的距離必須拉長，且熱源會被吸收的緣故。

## (五) 實驗五：外牆「材質」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

### 1. 實驗結果：「材質」與建築物蘊熱力的關係

	木頭	水泥	磁磚	磚頭	不鏽鋼
5 分鐘	24.5	28.8	28.8	25.9	30.1
10 分鐘	26.5	29.7	30.71	29.43	34.27
15 分鐘	27.47	30.97	31.70	29.30	36.29
20 分鐘	27.67	32.67	32.60	30.70	39.42
25 分鐘	29.87	33.17	33.97	29.67	42.79
30 分鐘	31.33	34.43	35.03	31.53	46.29



### 2. 討論：

實驗結果如上表格與圖表，我們共測試十次分別以5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘以木頭、水泥、磁磚、磚頭、不鏽鋼進行建築物表面溫度測量，測量10次。進行排序後捨去前後各兩次極端值，以排序中間六次求取平均值。

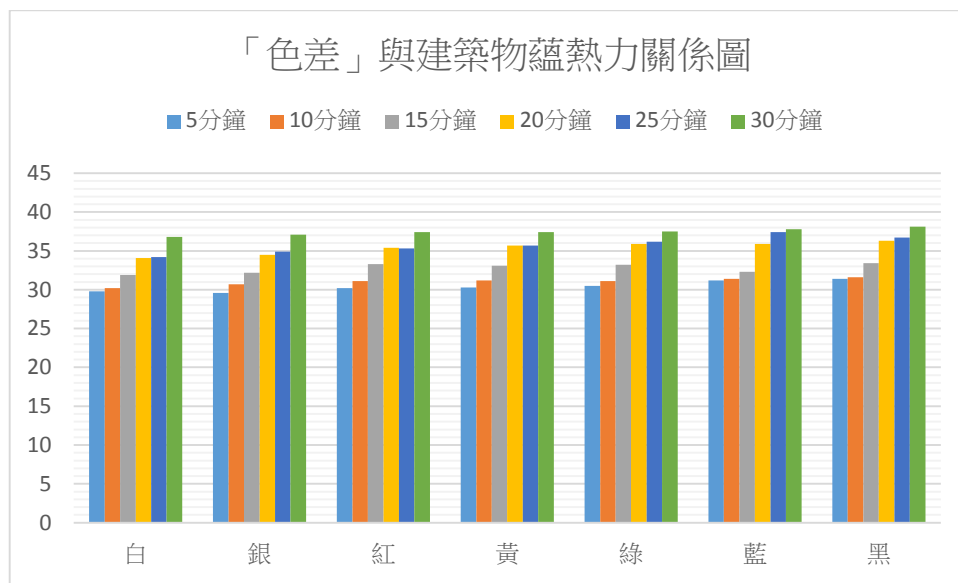
結果發現表面溫度由高至低分別為不鏽鋼> 磁磚> 水泥> 磚頭> 木頭，而且從5分鐘開始測量至30分鐘結果都相同，我們認為不鏽鋼屬於金屬熱傳導性能佳所以溫度最高，水泥與瓷磚大致相同熱傳導能力次之，磚頭可能因內部孔隙較大且較厚關係溫度較低，木頭溫度最低。因此我們認為建築物的材質與隔熱程度呈現正相關，因為不同材質的密度與熱傳導性質不同。

小結：學校建築物的外牆材質與隔熱程度呈現正相關，因為不同材質的密度與熱傳導性質不同。

## (六) 實驗六：外牆「顏色」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

### 1. 實驗結果：「色差」與建築物蘊熱力的關係

顏色 時間	白	紅	黃	藍	黑	銀	綠
5 分鐘	29.8	30.2	30.3	31.2	31.4	29.6	30.5
10 分鐘	30.2	31.1	31.2	31.4	31.6	30.7	31.1
15 分鐘	31.9	33.3	33.1	32.3	33.4	32.2	33.2
20 分鐘	34.1	35.4	35.7	35.9	36.3	34.5	35.9
25 分鐘	34.2	35.3	35.7	37.4	36.7	34.9	36.2
30 分鐘	36.8	37.4	37.4	37.8	38.1	37.1	37.5



### 2. 討論：

實驗結果如上表格與圖表，我們共測試十次分別以5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘以白色、銀色、紅色、黃色、綠色、藍色、黑色進行建築物表面溫度測量，測量10次。進行排序後捨去前後各兩次極端值，以排序中間六次求取平均值。

結果發現表面溫度由低至高分別為白色> 銀色> 紅色> 黃色> 綠色> 藍色> 黑色，而且從5分鐘開始測量至30分鐘結果都相同，我們認為色差愈淡反射熱源輻射性質越良好，顏色越重越能夠吸收熱源輻射，所以我們認為建築物的塗料顏色與聚熱程度呈現正相關，建議學校外牆可以粉刷淡色系顏料以避免吸收太陽輻射熱源。

小結：學校建築物的塗料顏色與聚熱程度呈現正相關，因為色差愈淡反射熱源輻射性質越良好，顏色越重越能夠吸收熱源輻射。

## 陸、結論與建議

結論一：「建築物方位」與「建築物樓層」差異，與教室的「蘊熱力」呈現正相關，南北向教室溫度較東西向溫度涼爽，樓層低較樓層高溫度涼爽。

建議一：新建教室時能儘量納入「建築物方位」考量，儘量以南北向進行設計，而高樓層普遍較低樓層溫度高，所以可以採用屋頂隔熱物質減低熱傳導，甚至利用屋頂熱能裝置太陽能發電。

結論二：「屋頂形狀」與教室「蘊熱力」呈現正相關，半圓屋頂的接收的熱輻射較低且熱傳導至放置電子溫度計的下方距離較遠，雙斜屋頂接收的熱輻射也低於單斜屋頂，因實驗控制設計熱源固定90度垂直照射平面屋頂，所以平面屋頂的室內溫度最高

建議二：新建教室時能儘量以斜屋頂或是半圓屋頂設計以降低室內溫度，提升學習品質並減少冷氣使用達成節能減碳愛護地球。

結論三：水、保麗龍都能夠良好的阻絕熱傳導，鋁箔可以阻隔熱輻射。

建議三：學校建築可以使用鋁箔進行隔熱，水與保麗龍雖然隔熱較果也不錯，但是因為體積較大，建築物如使用須注意影響結構安全，可以採取外貼方式處理。

結論四：以鋁箔與保麗龍來隔熱放置於熱源前端效果最佳，原因是鋁箔可以阻隔熱輻射，保麗龍能夠阻絕熱傳導，室內效果次之，夾置於牆壁內部效果最差。

建議四：使用鋁箔或保麗龍等隔熱材料放置於熱源前端效果最佳，可以採取鋁箔外貼的方式阻隔熱輻射，保麗龍阻絕熱傳導。

結論五：建築物的牆壁厚度愈厚隔熱效果愈佳，因為厚度愈厚熱傳導的距離必須拉長，且熱源會被吸收的緣故。

結論六：學校建築物的外牆材質與隔熱程度呈現正相關，因為不同材質的外牆反射熱輻射與熱傳導性質不同。

建議五：建築物可以使用較不易接收熱輻射與熱傳導特性的材質，來達成斷熱的目的讓室內溫度品質較舒適。

結論七：建築物的塗料顏色與聚熱程度呈現正相關，因為色差愈淡反射熱源輻射性質越良好，顏色越重越能夠吸收熱源輻射。

建議六：學校外牆可以粉刷淡色系顏料以避免吸收太陽輻射熱源。

## 柒、參考資料

一、104年學校溫度觀測紀錄統計表

二、戰勝科展的第1本書—溫度與熱。貓頭鷹出版。

三、牛頓科學研習百科（物理）—熱的世界。牛頓出版股份有限公司。

四、自然科學大百科。第16冊聲、光、熱。綠地球國際有限公司。