

教育部 104 年度中小學科學教育計畫專案

成果報告

計畫編號：057

計畫名稱：環保科學探究活動

主持人：陳勝哲

壹、計畫目的及內容：

一、計畫目的：

- 〈一〉配合九年一貫課程，深化創意課程轉化與教學創新。
- 〈二〉培養學生主動探索科學原理，發揮創意之興趣。
- 〈三〉提供機會使學生將所習得的科學知識應用於科學操作。
- 〈四〉培育學生創造力，激發學生想像能力豐富校園創意文化。
- 〈五〉落實以科學研究精神，關懷生活中的校園綠建築探討。

二、計畫內容：

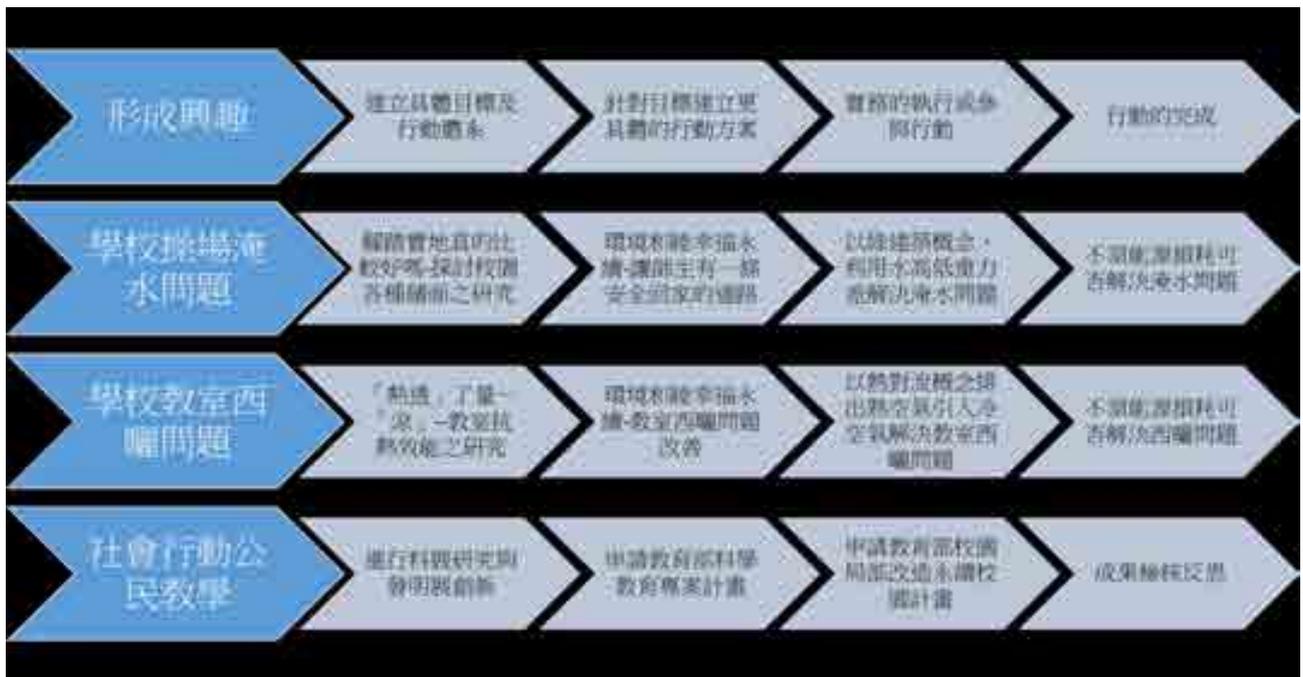
校園綠建築科學探究活動預計透過「環保生活創意王」、「熱透了，量一涼」、「抽排相隨，清涼一夏」、「太陽把都市變涼了」、四項主題活動，規劃以高年級科學社團師生為核心，並擔任各班科學種子小老師，進行科學實驗探討與發表，最後並將綠建築與科學概念普及推展至全校師生。

- 一、 環保生活創意王
- 二、 熱透了，量一涼
- 三、 抽排相隨，清涼一夏
- 四、 太陽把都市變涼了



本計畫擬採用「科學遊戲創意教學」把握創意引導、創意學習，以及創意生活的 3L 精神 (Leading, Learning, and Living)，循「情境關注」、「探索發現」，和「創造省思」的活動軸線進行教學。在自發性科學遊戲中，孩子看現象，會「講道理、有禮貌」；做活動，會「有創意、真歡喜」。「科學創意社團」提供了學生實現想法、運用知識的機會！其主要目的在於透過合作思考與小組學習的教育模式，鼓勵學生動手做科學，並提昇學生創意思考的能力，以培養學童靈活思考、應用科技和解決問題的能力，並藉由互相交流觀摩學習，社團成員返回原班級成為科學創意種子小教師，達到在校園中將趣味科學競賽活動普遍化的目標。

社會行動方案的具體實踐



教學對象	課程	備註
科學社團 (點)	<ol style="list-style-type: none"> 校園不同鋪面蘊熱調查 學校東側大樓溫度監測 校園各種鋪面蘊熱性模型實驗 校園各種鋪面蘊熱性實際實驗 教室排熱效能之探究 學生綠建築創意發想 	於中、高年級招生，以對環境保育有興趣的學生為核心，推廣永續校園的精神。藉由實務操作，讓學生不僅體驗校園局部改造的始末，更能積極參與日常維護。
班級活動 (線)	<ol style="list-style-type: none"> 冷熱量一量 和睦國小這一班~清涼一夏! 夢想和睦 環保綠建築 綠建築改造與省思 	以低、中、高年段分別，規劃不同課程，讓學生參與。
教育宣導 (面)	<ol style="list-style-type: none"> 成果發表(含網頁建置) 集會宣導 	視集會時機適時宣導與成果發表。

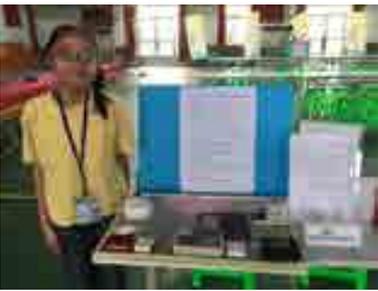
活動名稱	項次
環保生活創意王	環保科學創意講座
	生活創意王競賽
	環保生活創意王發表會
校園綠建築科學探究	綠建築概念講座
	環保綠建築概念前測作業
	環保綠建築校園改造點大搜尋
	環保綠建築校園改造點大搜尋班級簡報製作
	環保綠建築校園改造點大搜尋班際簡報比賽
	環保綠建築概念後測作業
熱透了量一涼	熱傳導概念前測作業
	熱傳導概念講座
	教室方位樓層溫差實驗
	建築材質顏色溫差實驗
	建築材質介質溫差實驗
	遮陽板運用溫差實驗
	抽風機運用溫差實驗
	熱傳導概念後測作業
	熱透了量一涼成果發表

活動名稱	項次
抽排相隨清涼一夏	熱對流概念前測作業
	熱對流概念講座
	綠建築模型製作
	煙囪效應探討
	熱氣流導流實驗
	熱對流概念後測作業
	抽排相隨清涼一夏成果發表

參、目前研究成果：

生活創意王

編號	作品名稱	作品效用	照片
1	汽車 360 度透明視野系統	<ol style="list-style-type: none">1. 能夠穿透汽車 AB 柱死角視線，避免車禍發生。2. 顯示器形狀能夠與 A 柱貼合，避免現有商品額外架設，影響開車專心度。	
2	防狼噴霧手錶	將防狼噴霧與手錶結合，預防性侵害發生 按下按鈕即可發射防狼噴霧	
3	行動電源登山杖	<ol style="list-style-type: none">1. 登山杖外型皆為金屬棒狀訊號天線增強 GPS 衛星定位訊號。當失智症長者記憶力衰退迷路走失或是發生山難時，提供救援定位。2. 登山杖內側為加裝鋰電池，手杖外側提供 USB 充電接口形成行動電源，提供充電。3. 手杖上方加裝紅色 LED 燈提供夜間警示作用，並且加裝 LED 手電筒提供夜間照明。	
4	自動遙控擦黑板機	當老師及同學要擦黑板時，有時會因為黑板高度太高而擦不到，使用自動擦黑板機，能夠節省時間，也能讓黑板擦乾淨。	

5	自動旋轉馬桶刷	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可以更輕鬆掃廁所，刷馬桶時省時省力。 2. 刷柄裝置清潔劑使用時更便利。馬桶刷頭可更換，刷毛掉落時可以更新，也可以因應不同狀況使用不同軟硬度的刷頭。 	
6	老人健康無線告警求救系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. 跌倒時無線發射器(裝有水銀開關)自動發出信號，接收器接收後啟動電話自動報警求救，也可利用無線發射器拉環啟動求救訊號。 2. 遇緊急事件可按下無線發射器上之紅色按鈕，啟動求救系統。 	
7	舒眠震動型鬧鐘枕頭	<ol style="list-style-type: none"> 1. 早上可以變成鬧鐘枕頭。 2. 晚上可以聽比較舒眠的音樂，幫助入眠。 3. 白天可以當成按摩靠枕，幫你按摩。 	
8	防寒抗熱兩用型圍巾	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冬天時夠保暖，夏天時能保持涼爽。 2. 冷熱兩用帽裝置內植晶片模組與電流開關。 3. 將致冷片與電流開關包覆於圍巾內層。 4. 電流開關可以控制電流方向，調整致冷或是加溫。 	
9	自動泡奶粉機	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可以快速調製出溫度與奶粉黃金比例的牛奶。 2. 採用聚乙烯塑膠管製作模組成本低廉。 3. 加裝電動馬達可以自動攪拌。 	
10	火災無線自動告警即自動撥電話通知系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用偵煙式感應器，偵測到火災煙霧，送信號給無線發射器。 2. 當無線發射器收到感應器信號，同步啟動無線接收器(音樂及閃光)告警。 3. 同時也自動啟動電話機 4. 利用無線電傳給枕頭，發出振動及音響、燈光告知火警。 	

肆、目前完成進度

104 年度教育部科學教育專案計畫

生活創意王課程表

地點	和睦國小綜合教室
講師	陳淑瑤
時間	104 年 10 月 14 日
13:00~14:00	創意發明展製作
14:00~15:00	創意發明展發想
15:00~1600	創意發明展實做
時間	104 年 10 月 17 日
13:00~14:00	創意發明展實做
14:00~15:00	創意發明展實做
15:00~1600	創意發明展實做
時間	104 年 10 月 22 日
08:00~09:00	發明展口語表達



104 年度教育部科學教育專案計畫

生活創意王課程表

地點	和睦國小電腦教室
講師	陳勝哲
時間	104 年 9 月 21 日
07:40~08:40	創意發明展資料搜尋
時間	104 年 9 月 22 日
07:40~08:40	創意發明展作品觀摩



104 年度教育部科學教育專案計畫

生活創意王課程表

地點	和睦國小電腦教室
講師	李宗憲
時間	104 年 9 月 23 日
07:40~08:40	創意發明展資料搜尋
時間	104 年 9 月 24 日
07:40~08:40	創意發明展書面資料撰寫
時間	104 年 9 月 25 日
07:40~08:40	創意發明展書面資料撰寫



104 年度教育部科學教育專案計畫

生活創意王課程表

地點	和睦國小電腦教室視聽教室操場
講師	陳勝哲
時間	105 年 1 月 21 日
08:00~12:00	創意發明作品製作
13:00~17:00	創意發明作品製作



104 年度教育部科學教育專案計畫

生活創意王課程表

地點	和睦國小電腦教室視聽教室操場
講師	李宗憲
時間	105 年 1 月 26 日
08:00~12:00	創意發明作品製作校正
13:00~17:00	創意發明比賽發表演練



104 年度教育部科學教育專案計畫

熱對流課程表

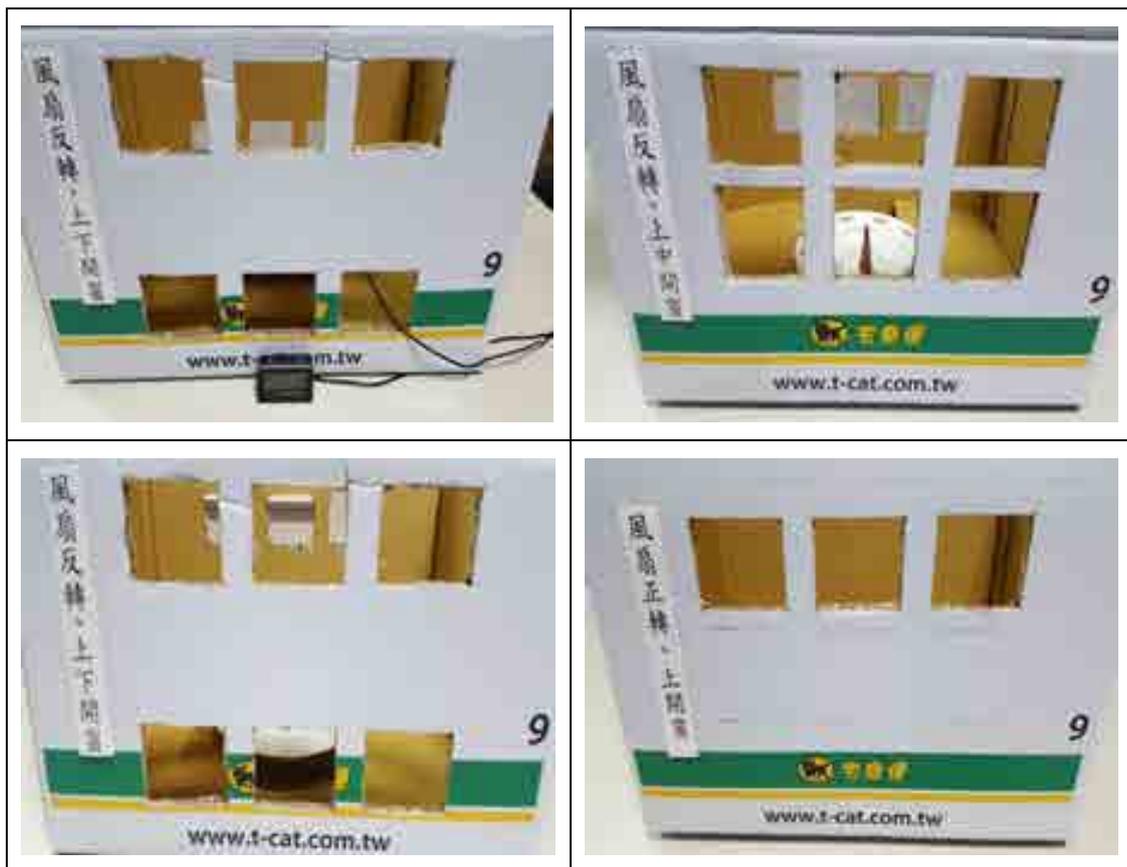
地點	和睦國小電腦教室視聽教室操場
講師	陳勝哲
時間	105 年 4 月 1 日
07:40~08:40	色差與熱傳導實驗
時間	105 年 4 月 7 日
07:40~08:40	色差與熱傳導實驗
時間	105 年 4 月 8 日
07:40~08:40	校內不同教室樓層溫度測量
時間	105 年 4 月 10 日
08:00~10:00	隔熱物質與熱關係實驗
時間	105 年 4 月 11 日
07:40~08:40	熱對流模型製作與實驗



104 年度教育部科學教育專案計畫

熱對流課程表

地點	和睦國小電腦教室視聽教室操場
講師	李宗憲
時間	105 年 4 月 10 日
10:00~12:00	不同屋頂形狀與熱關係實驗
13:00~17:00	不同隔熱介質與熱關係實驗



科學主題發表秀

一年級創意繪圖發表會



發表主題：建築師 1-1曾宇賢

我要發明一個超大的蓋房子機器人，他有六隻手，夾子手可以搬鋼筋水泥，板子手可以抹平牆壁、貼瓷磚，鋸子手可以挖洞，做窗戶、陽台；他有一雙長滿刷毛的腳，裝著吸塵器，只要在房子裡走一走，就可以把地掃得很乾淨。當地震把房子震倒的時候，就可以請他蓋房子給災民住。

科學主題發表秀

二年級創意繪圖發表會



作品名稱：超級服務員 二年三班
看看我們一手打造的超級服務員！
他看起來就是高人一等，不管你遇到什麼困難，他都能很容易察覺到並且為你送上服務。比起一般機器人，他是更貼心的好夥伴，一旦按了黑鍵開機，就會堅持服務好品質到任務結束，不會突然斷電罷工耍脾氣，因為頭上的觸角用空氣就能充電了。
超級服務員之所以「super」，除了他的堅持貼心，更重要的是他是專為學校教育所量身打造的校園志工，按下身上的彩色按鈕，辛苦的老師和愛心志工們就可以得

科學主題發表秀

三年級演講比賽



在未來的生活中，我們所居住的房子將和那繽紛又美麗的蛋糕一樣，只要按下一顆按鈕，裡面的佈置將隨著自己的想法和需求去做改變。而房子的機動性極高，它就像帳篷一樣，可以隨心所欲的移動，只要事先確定好房屋的移動地點即可，例如：它可以在陸地上，也能在天上飛，又能在海裡游，一點都不受時間和空間的限制。

科學主題發表秀

四年級演講比賽



科學主題發表秀

五年級簡報比賽-科學家的故事



科學主題發表秀

五年級簡報比賽-科學家的故事



科學主題發表秀

六年級簡報比賽-環保綠建築



科學主題發表秀

六年級簡報比賽-環保綠建築



「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。

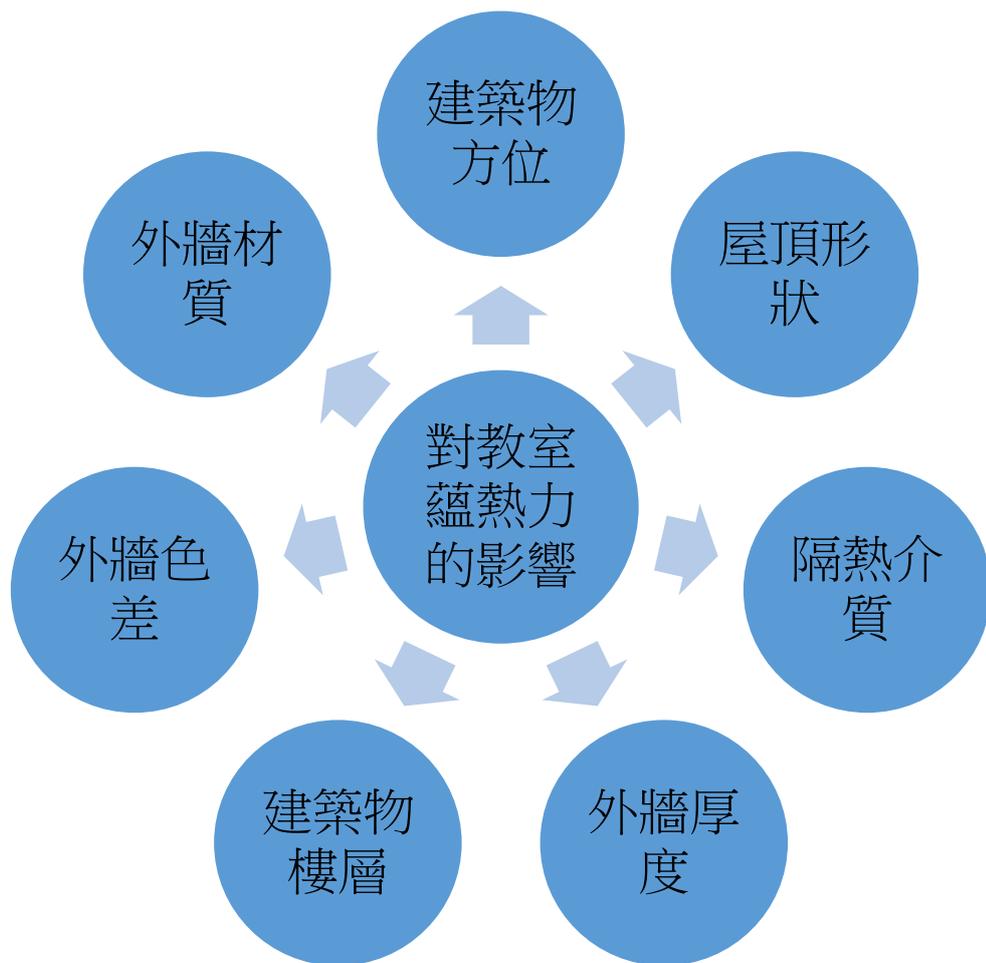
與課程相關單元：

自然與生活科技四下第二單元水的移動（康軒版）

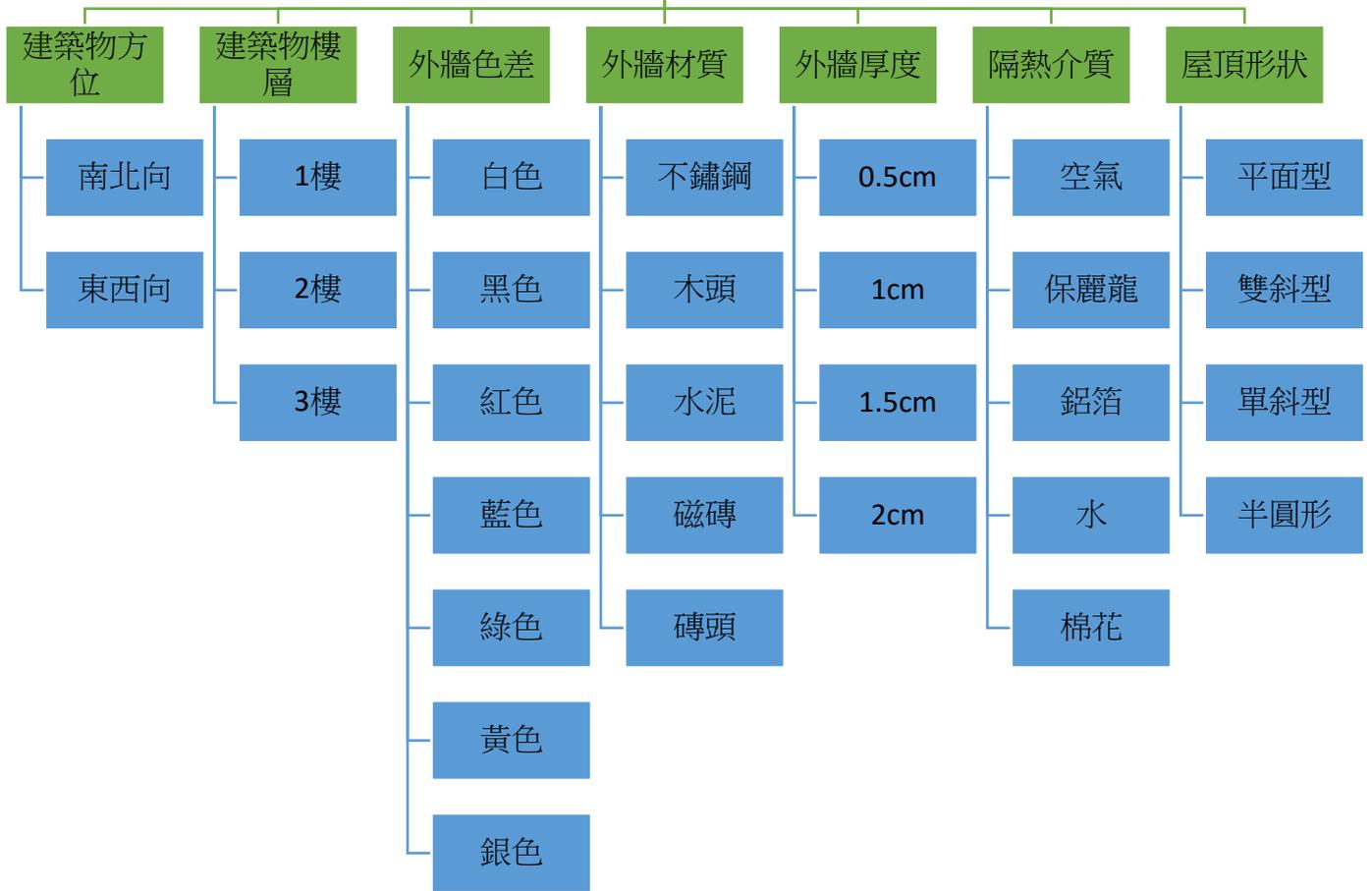
自然與生活科技五上第三單元熱對物質的影響（翰林版）

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

		
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：

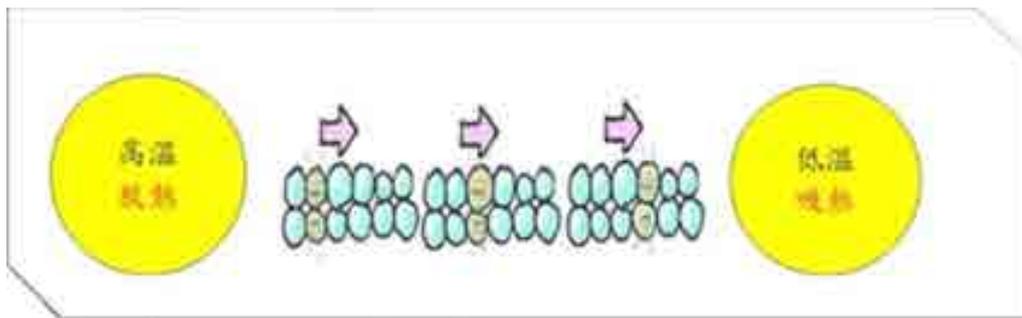
(一) 斜屋頂

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。



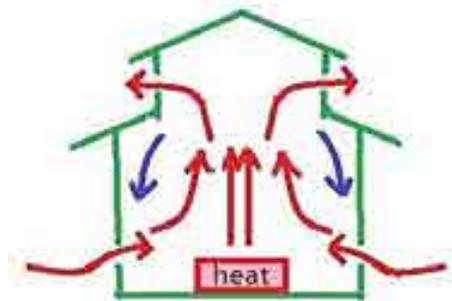
(二) 熱傳導效應

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。



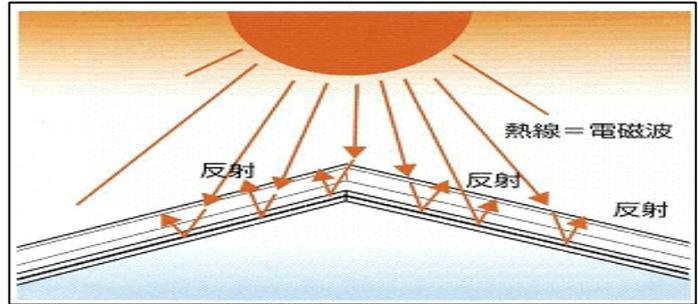
(三) 熱對流效應

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。

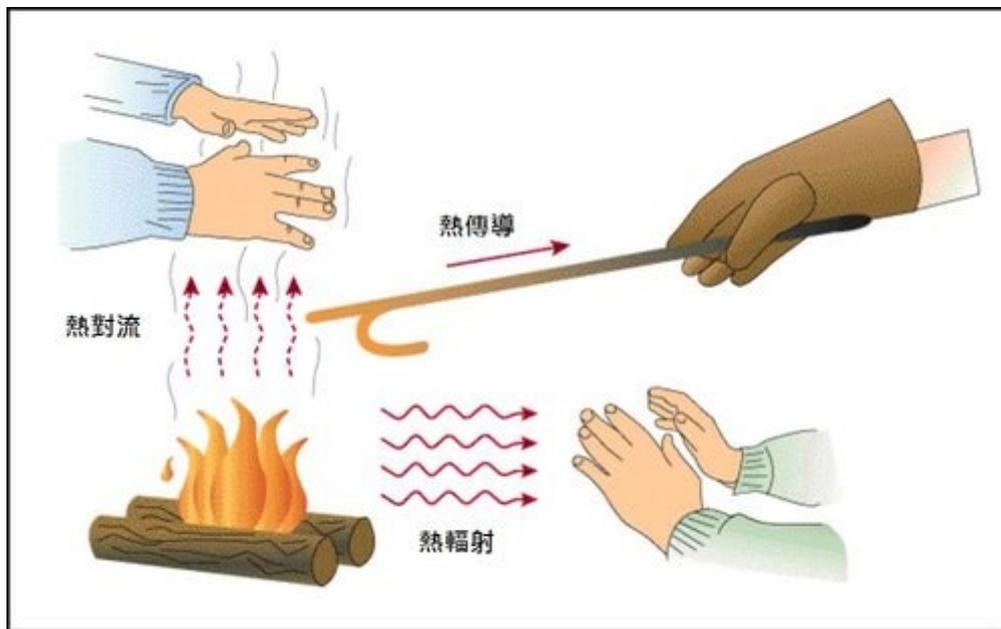


(四) 熱輻射原理

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) 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。
- (2) 測量六次。
- (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」

- (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。



(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				
				
以棉花為介質	以鋁箔為介質	空氣為介質	保麗龍為介質	以水為介質
				
棉花為介質	以鋁箔為介質	以空氣為介質	保麗龍為介質	以水為介質
				
鋁箔紙貼於熱源前	鋁箔紙貼熱源後	保麗龍貼熱源前	保麗龍貼於熱源後	
				

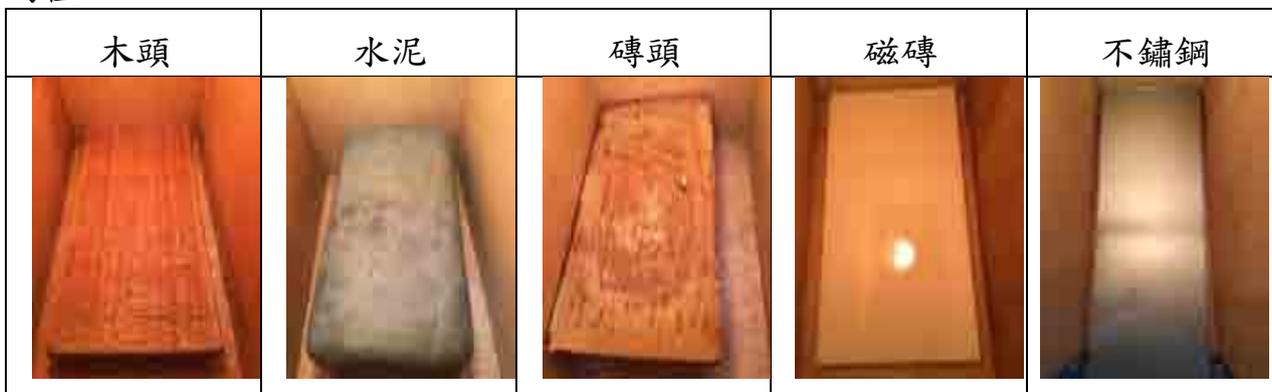
(四) 實驗四：外牆「厚度」差異，與教室「蘊熱力」的關係探究。

- (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。

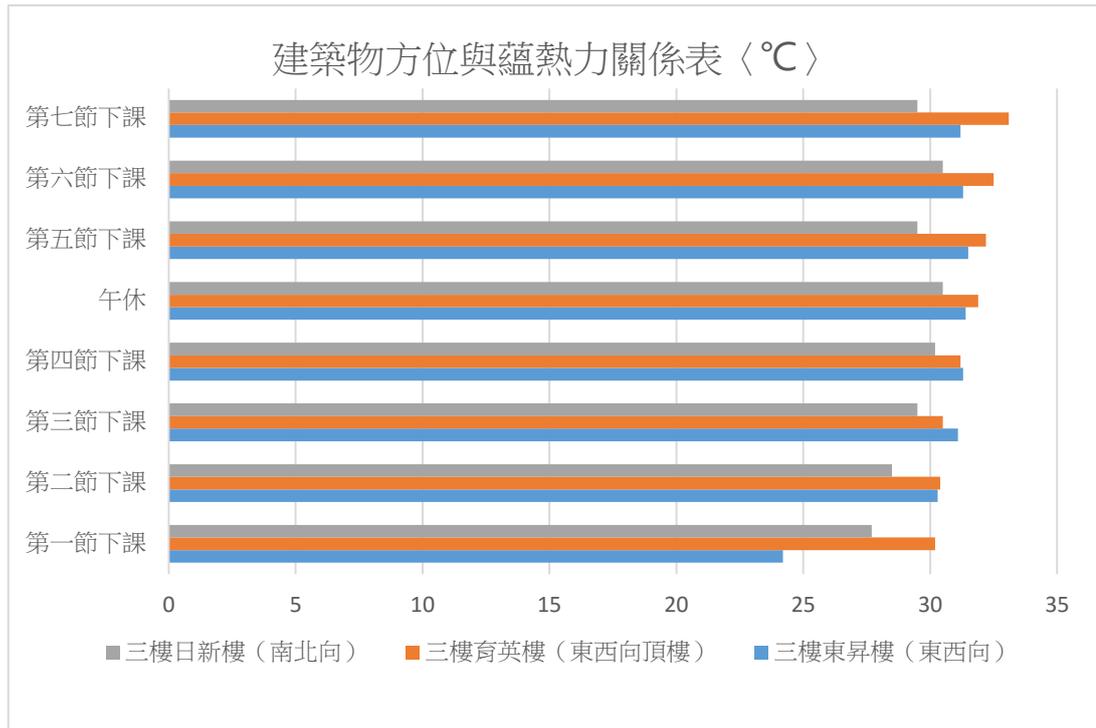


一、實驗一：「建築物方位」與「建築物樓層」差異，與教室「蘊熱力」的關係。

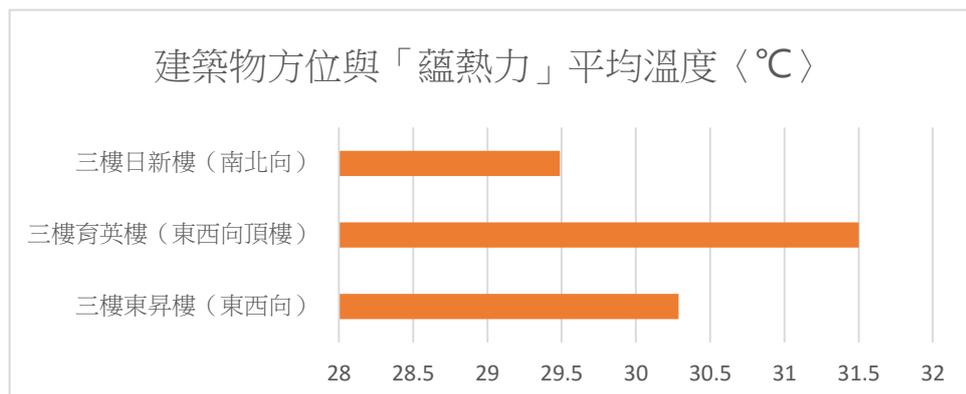
1. 實驗結果：「建築物方位」與「建築物樓層」差異與「蘊熱力」關係表

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	25.1 3	28.3 62	29.6	29.1 75	30.0 87	29.6 62	30.2 87	31.5	29.4 87	31.5	27.2 2



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	25.13	29.17	30.28	31.5	29.6	29.66	29.4	27.22	28.36	30.08	31.5
	75	5	75			25		5		75	



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（溫度 $^{\circ}\text{C}$ ）

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
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
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
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
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
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
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	29.3	28.4	28.3	27.4	34.2	32.5	31.5	29.7	38.2	36.2	34.2	31.3
	8	0	0	2	7	5	0	0	5	8	2	8

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
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
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
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
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
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
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	38.3	36.5	33.6	44.2	41.3	39.6	36.3	46.2	44.6	41.4	38.0
		8	5	0	3	3	3	7	3	3	2	2

2. 討論：

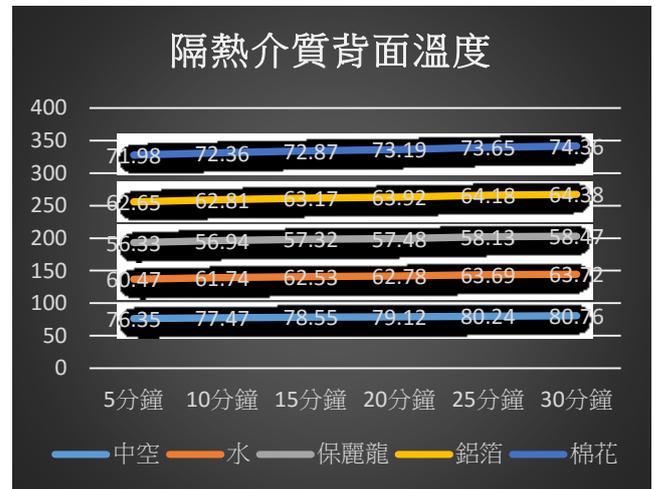
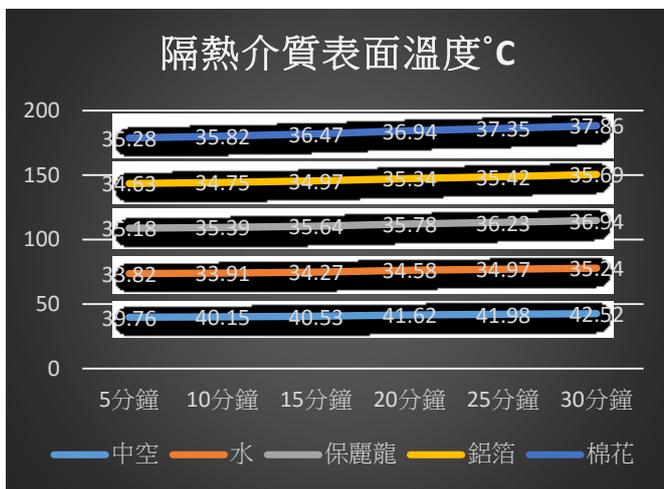
實驗結果如上表格與圖表，我們發現以電暖器照射平面、單斜、雙斜、半圓屋頂，5分鐘、10分鐘、15分鐘、20分鐘、25分鐘、30分鐘，而室內溫度由高至低分別為平面屋頂、單斜屋頂、雙斜屋頂、半圓屋頂。

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 (°C)

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」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，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

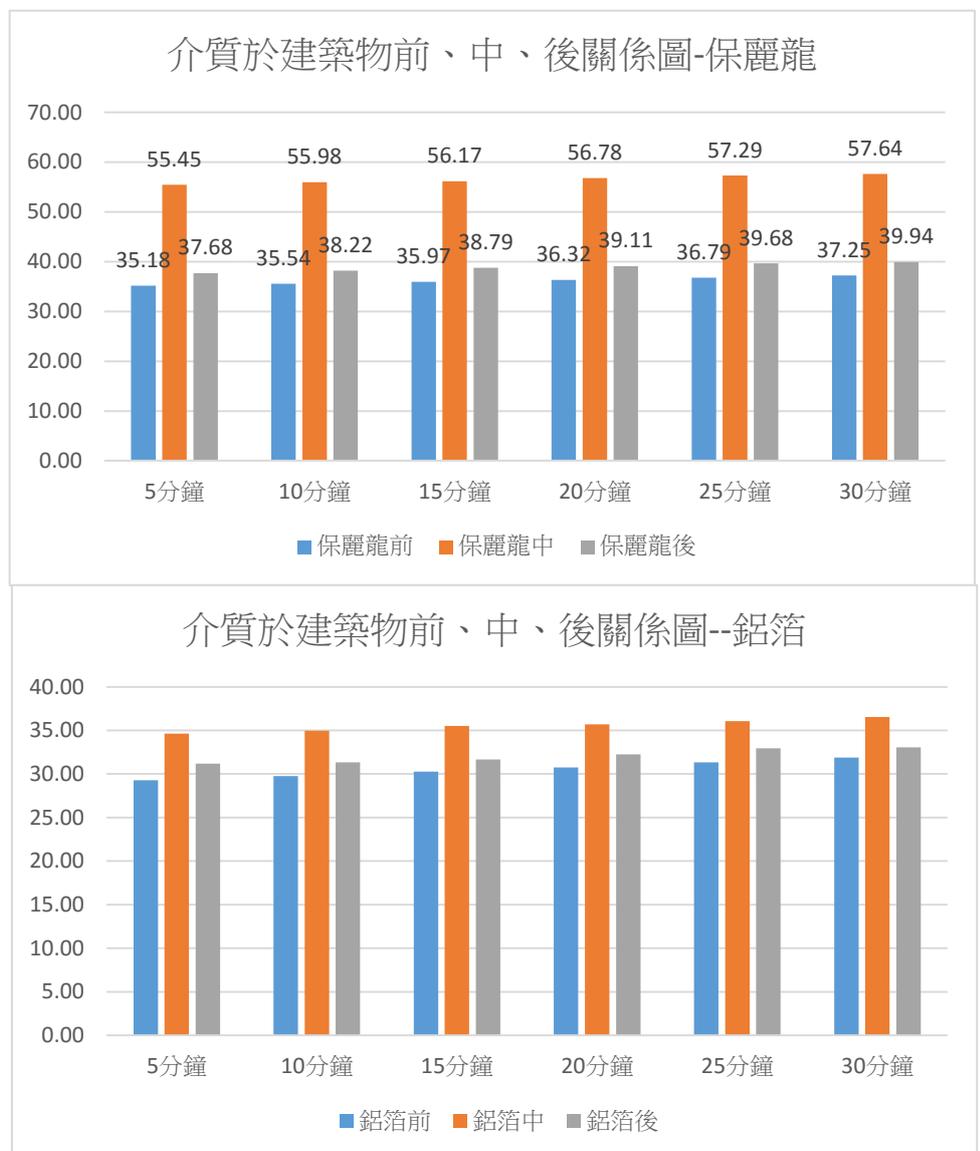
時間 \ 位置	保麗龍前	保麗龍中	保麗龍後	鋁箔前	鋁箔中	鋁箔後
5 分鐘	35.18	55.45	37.68	29.28	34.63	31.18
10 分鐘	35.54	55.98	38.22	29.76	34.96	31.34
15 分鐘	35.97	56.17	38.79	30.28	35.53	31.67
20 分鐘	36.32	56.78	39.11	30.76	35.71	32.27
25 分鐘	36.79	57.29	39.68	31.34	36.05	32.94
30 分鐘	37.25	57.64	39.94	31.87	36.54	33.06

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。

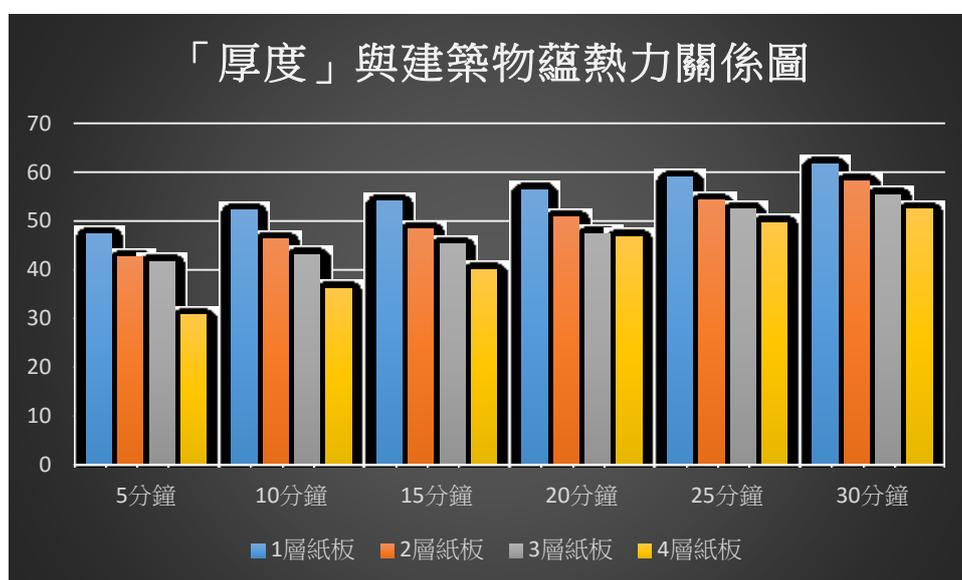
小結：以鋁箔與保麗龍來隔熱放置於熱源前端效果最佳，原因是鋁箔可以阻隔熱輻射，保麗龍能夠阻絕熱傳導，室內效果次之，夾置於牆壁內部效果最差。



(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。

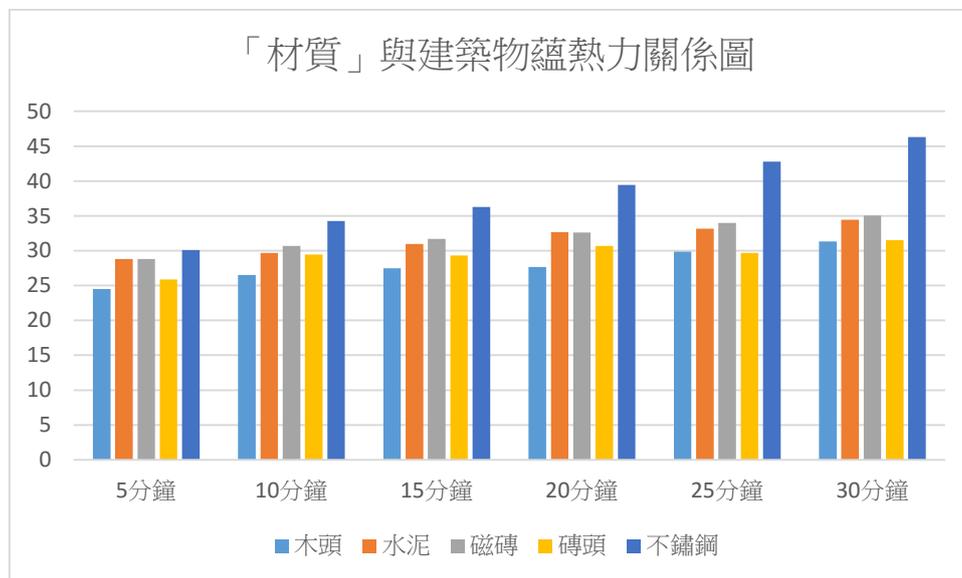
結果發現背面溫度由高至低分別為1層紙板> 2層紙板> 3層紙板> 4層紙板，而且從5分鐘開始測量至30分鐘結果都相同，所以我們認為建築物的厚度與隔熱程度呈現正相關，因為厚度愈厚熱傳導的距離必須拉長，且熱源會被吸收的緣故。

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，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。以排序中間六次求取平均值。

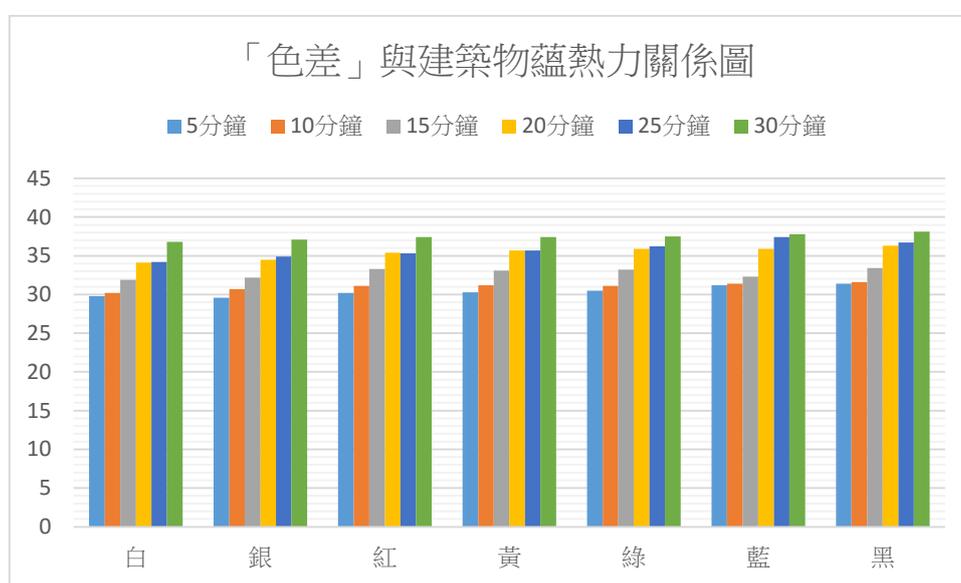
結果發現表面溫度由高至低分別為不鏽鋼> 磁磚> 水泥> 磚頭> 木頭，而且從5分鐘開始測量至30分鐘結果都相同，我們認為不鏽鋼屬於金屬熱傳導性能佳所以溫度最高，水泥與瓷磚大致相同熱傳導能力次之，磚頭可能因內部孔隙較大且較厚關係溫度較低，木頭溫度最低。因此我們認為建築物的材質與隔熱程度呈現正相關，因為不同材質的密度與熱傳導性質不同。

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。

結果發現表面溫度由低至高分別為白 > 銀 > 紅 > 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。

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。

附件四：

嘉義縣第 56 屆國民中小學科學展覽會
作品說明書（封面）

科 別：生活與應用科學

組 別： 國小組

作品名稱：抽排相隨清涼一夏

關鍵詞：熱對流 抽排（最多三個）

編號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由承辦學校統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

抽排相隨清涼一夏

摘要

維持良好室內空氣品質必須使空氣產生對流，藉由不同開窗位置的紙箱模型與頂部風扇的風向對香塔燃燒時間與熱水降溫的速度來探討其影響，根據實驗結果所得到的結論是想在空間中通風，最重要的關鍵是『進風口低、出風口高』，越是符合這個關鍵效果越好，但是透過頂部風扇反轉往上抽風做一些強制對流的輔助，可使得空間裡空氣對流越強，可以利用這樣的原理使教室達成較好的排熱效能。

壹、研究動機

每年夏天時，在教室上課就好像在烤箱裡一樣悶熱。只靠在教室天花板上裝了4隻吊扇，以及在氣窗上裝上抽風扇使空氣對流，雖空氣對流可以讓教室降溫，但是效果並非很理想。而且站在節能減碳的角度上，如果能盡量減少能源的消耗會更好，畢竟我們只有一個地球，要好好去珍惜它。

剛好這時候自然老師在教導有關傳導、對流、輻射三種熱的傳播方式，有特別提出很多生活實際應用的例子，其中我們對綠建築中利用浮力通風的原理，搭配吊扇的使用，可以減少空調系統的使用，感到非常有興趣，如果教室內也可以採用相同的設計，就可以熱教室的熱空氣往上排出，然後讓外面的新鮮冷空氣流進來，不只可以達到降低教室內的溫度，也可以降低二氧化碳濃度，使得上課的精神更清醒，提高學習效果。

利用浮力通風的原理，造成氣流流動一來可以排出熱空氣，一來可以吸入新鮮的冷空氣。但實際熱氣流的動力可能不如我們預期，所以我們就非常好奇究竟是那些因素會影響到浮力通風的效率，希望透過一些實驗設計找出那些因素，可以提供學校進行改善教學環境的一些參考。

貳、研究目的

- 一、瞭解浮力通風的基本原理。
- 二、不同開窗位置對空氣流動的影響。
- 三、頂部風扇的正反轉對空氣流動的影響。

參、研究設備及器材

- 一、材料：黑貓宅急配9號箱子、塔香、小馬達風扇、電池盒、鋁箔盒。
- 二、器材：美工刀、鐵尺、膠帶、電子溫度計、電子計時器。



黑貓宅急配 9 號箱子



塔香、鋁箔盒



美工刀、鐵尺、膠帶、電池盒、小馬達風扇



電子溫度計、電子計時器

肆、研究過程與方法

實驗一：製作不同開窗位置的紙箱模型

- (一) 取黑貓宅急便的 9 號紙箱當成教室的模型，紙箱規格為 38 公分 x 27 公分 x 23 公分，以 38 公分 x 27 公分那兩面設計不同的開窗位置，使用鉛筆在上面畫出窗戶的位置，模擬實際教室的窗戶，上面的氣窗設計為 6 公分 x 5 公分，中間的窗戶為 6 公分 x 6 公分，並多設計一組有下面窗戶 6 公分 x 5 公分。
- (二) 第一組模擬實際教室的窗戶，上面的氣窗設計為 6 公分 x 5 公分，中間的窗戶為 6 公分 x 6 公分。
- (三) 第二組模擬實際教室的窗戶，但只開上面的氣窗設計為 6 公分 x 5 公分，中間的窗戶不開。
- (四) 第三組模擬實際教室的窗戶，但不開上面的氣窗，只開中間的窗戶 6 公分 x 6 公分。
- (五) 第四組模擬實際教室的窗戶，開上面的氣窗設計為 6 公分 x 5 公分，中間窗戶不開，但加開下面第三排窗戶 6 公分 x 5 公分。
- (六) 將各個設計好不同開窗位置的紙箱模型，使用美工刀小心將窗戶割開。



步驟一：設計不同的開窗位置



步驟二：1 號紙箱(上、中開窗)



步驟三：2 號紙箱(上開窗)



步驟四：3 號紙箱(中開窗)



步驟五：4 號紙箱(上、下開窗)



步驟六：使用美工刀將窗戶割開

實驗二：不同開窗位置的紙箱模型對香塔燃燒時間的影響

- (一) 分別使用 1 號、2 號、3 號、4 號模型四個不同開窗位置的紙箱模型。
- (二) 將點燃的香塔置放於不同紙箱模型內。
- (三) 分別測試香塔燃燒完畢的時間。



1 號紙箱(上、中開窗)



2 號紙箱(上開窗)



3 號紙箱(中開窗)



4 號紙箱(上、下開窗)

實驗三：不同開窗位置的紙箱模型對熱水降溫的影響

- (一) 分別使用 1 號、2 號、3 號、4 號模型四個不同開窗位置的紙箱模型。
- (二) 取一盤溫度攝氏 60 度的熱水置放於不同紙箱模型內。
- (三) 分別測試水溫下降的速度。



1 號紙箱(上、中開窗)



2 號紙箱(上開窗)



3 號紙箱(中開窗)



4 號紙箱(上、下開窗)

實驗四：頂部風扇的風向對香塔燃燒時間的影響

- (一) 分別使用 1 號、2 號、3 號、4 號模型四個不同開窗位置的紙箱模型。
- (二) 於紙箱模型上方安裝四隻小風扇模擬教室的吊扇，並將電池正反轉分別測試不同風向。
- (三) 取一盤溫度攝氏 60 度的熱水置放於不同紙箱模型內。
- (四) 分別測試香塔燃燒完畢的時間。



風扇正轉、上、中開窗



風扇正轉、上開窗



風扇正轉、中開窗



風扇正轉、上、下開窗



風扇反轉、上、中開窗



風扇反轉、上開窗



風扇反轉、中開窗



風扇反轉、上、下開窗

實驗五：頂部風扇的風向對熱水降溫的影響

- (一) 分別使用 1 號、2 號、3 號、4 號模型四個不同開窗位置的紙箱模型。
- (二) 於紙箱模型上方安裝四隻小風扇模擬教室的吊扇，並將電池正反轉分別測試不同風向。
- (三) 將點燃的香塔置放於不同紙箱模型內。
- (四) 分別測試水溫下降的速度。



風扇正轉、上、中開窗



風扇正轉、上開窗



風扇正轉、中開窗



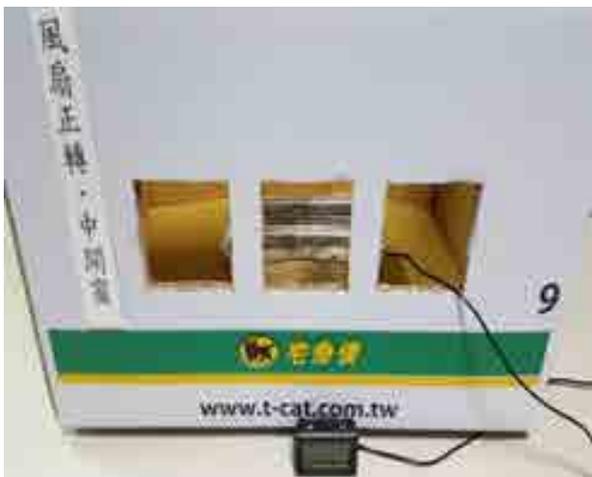
風扇正轉、上、下開窗



風扇反轉、上、中開窗



風扇反轉、上開窗



風扇反轉、中開窗



風扇反轉、上、下開窗

伍、研究結果

實驗一、製作不同開窗位置的紙箱模型

製作模擬教室的模型有很多種材料可以使用，選擇使用紙箱是因為取得方便，對於我們來說加工製作也較容易與安全，本想使用一般的回收紙箱，但因為長寬高尺寸不一，且紙箱箱材質的厚薄不同，再加上有些旁邊都有一些縫隙必須黏合，為了不影響實驗結果，上網收集資料時，發現中華郵政與黑貓宅急便的制式紙箱是最容易取得，考量與實際教室的長寬高比例，發現黑貓的 9 號紙箱比較接近。

實驗二、不同開窗位置的紙箱模型對香塔燃燒時間的影響

要觀察不同開窗位置對空間的氣流的流動是否有影響，可以透過點燃香塔，觀察煙霧的流向，但是很難有一個很明確的量化數據，之前上自然課時有學過燃燒三要素，如果助燃物氧氣供應越充足，燃燒的速度就會越快，所以如果空氣的流動的越順暢，代表補充給香塔的氧氣越充足，燃燒的就會越旺盛，所以我們可以藉由測量香塔燃燒完畢的時間來了解空間內對流的程度，可以透過數據來量化其開窗位置來影響空氣對流效果的好壞。

經由下表可以得知，不同開窗位置對香塔的燃燒時間的有很大的影響，3 號(中開)的燃燒時間最久，2 號(上開)稍短些，1 號(上、中開)其次，但感覺數據差異並不大，但 4 號(上、下開)最短。

老師告訴我們空氣流動是循環的，當空氣受熱後體積膨脹密度減少而逐漸上升，內部空出的位置則由左右二旁氣流補足，因此在水平方向會感受到有風的流動。熱對流上升越快，左右引入的氣流也越大，對於香塔來說引入的氣流越大，帶來的氧氣就越充足，燃燒效率越高，香塔所能燃燒的時間就越短。

同開窗位置的紙箱模型對香塔燃燒時間的影響

紙箱模型	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
1 號(上、中開)	22' 38"	22' 55"	23' 06"	22' 12"	21' 56"	22' 33"
2 號(上開)	23' 53"	24' 02"	24' 12"	23' 48"	24' 18"	24' 09"
3 號(中開)	25' 40"	25' 36"	25' 36"	24' 38"	25' 12"	25' 20"
4 號(上、下開)	21' 26"	22' 6"	21' 32"	22' 08"	21' 56"	22' 00"

實驗三、不同開窗位置的紙箱模型對熱水降溫的影響

要觀察不同開窗位置對空間的氣流的流動是否有影響，除了使用燃燒的香塔外，我們也可以在紙箱模型內放置熱水，藉由熱水降溫的速度來量化空間降溫的速度。

經由下表可以得知，不同開窗位置對熱水降溫的速度的有很大的影響，特別是 4 號(上、下開)的降溫最快，1 號(上、中開)稍慢些，2 號(上開)其次，但感覺數據差異並不大，但 3 號(中開)最慢。

老師告訴我們熱空氣體積大密度小向上飄，所以上面開窗位置越高越可以幫助熱空氣排出，冷空氣體積小密度大向下沉，所以下面開窗位置越低對從外面補充空氣效果越好，3 號紙箱因為熱空氣不好排出，大部分聚集在上部空間，所以無法形成牽引作用吸入冷空氣，所以熱水降溫最慢。

不同開窗位置對熱水降溫速度的影響

紙箱模型	2 分鐘	4 分鐘	6 分鐘	8 分鐘	10 分鐘	12 分鐘
1 號(上、中開)	55.2	50.8	47.6	44.5	42.2	39.1
2 號(上開)	56.5	52.3	48.3	45.1	43.5	40.1
3 號(中開)	57.1	53.1	49.4	46.8	44.1	41.2
4 號(上、下開)	54.9	49.3	46.8	43.9	41.2	38.5

實驗四、頂部風扇的風向對香塔燃燒時間的影響

要觀察頂部風扇的風向對香塔燃燒時間是否有影響，我們可以藉由電極的反接來使風扇正轉與反轉，使得風是往香塔方向下吹及由下往上抽風，觀察那一種會使得香塔燃燒的時間縮短。

經由下表可以得知，頂部風扇的正轉反轉對香塔燃燒時間有很大的影響，在風扇正轉的情況下香塔燃燒的時間比實驗 2 裡不加風扇的時間稍長一些，但差異並不大；但特別的是在風扇反轉的情況下，香塔燃燒的時間平均來說減少 2 分鐘多。

老師告訴我們因風扇反轉向上吹的風與紙箱模型內的熱空氣向上升的方向相同，故風扇反轉時可幫助熱空氣由紙箱內向外排出去，形成牽引作用再由靠近底部的窗戶引進新鮮的冷空氣，大量的氧氣供應，使得香塔的燃燒更加旺盛，燒燃的時間也就變短了。

風扇正轉對香塔燃燒時間的影響

紙箱模型(風扇正轉)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
1 號(上、中開)	23' 12"	22' 15"	23' 56"	23' 25"	22' 56"	23' 09"
2 號(上開)	24' 53"	25' 02"	24' 38"	24' 48"	25' 18"	24' 56"
3 號(中開)	26' 40"	26' 36"	25' 26"	24' 45"	25' 33"	25' 48"
4 號(上、下開)	22' 26"	22' 16"	22' 12"	23' 08"	22' 56"	22' 36"

風扇反轉對香塔燃燒時間的影響

紙箱模型(風扇反轉)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
1 號(上、中開)	20' 38"	20' 55"	21' 06"	20' 12"	19' 56"	20' 33"
2 號(上開)	21' 28"	22' 22"	22' 12"	21' 48"	22' 18"	22' 03"
3 號(中開)	23' 40"	23' 36"	23' 36"	22' 38"	23' 12"	23' 20"
4 號(上、下開)	19' 42"	20' 23"	19' 32"	20' 27"	19' 45"	19' 58"

實驗五、頂部風扇的風向對熱水降溫速度的影響

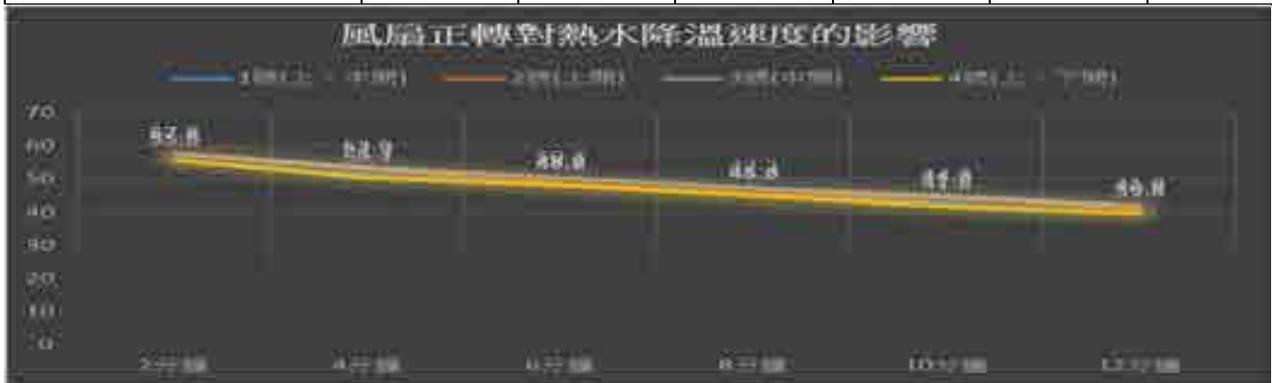
要觀察頂部風扇的風向對熱水降溫是否有影響，我們可以藉由電極的反接來使風扇正轉與反轉，使得風是往香塔方向下吹及由下往上抽風，觀察那一種會使得對熱水降溫的速度變快。

經由下表可以得知，頂部風扇的正轉反轉對熱水降溫的速度有很大的影響，在風扇正轉的情況下熱水降溫的速度的時間比實驗 3 裡不加風扇的速度要稍慢些，但差異並不大；但特別的是在風扇反轉的情況下，熱水降溫的速度平均來說快了攝氏 1 度多。

老師告訴我們因風扇反轉向上吹的風與紙箱模型內的熱空氣向上升的方向相同，故風扇反轉時可幫助熱空氣由紙箱內向外排出去，形成牽引作用再由靠近底部的窗戶引進新鮮的冷空氣，風扇反轉後具備有排風扇的功能，在模型箱內實際進行溫度量測，發現風扇反轉使得熱水較正轉降溫更多。

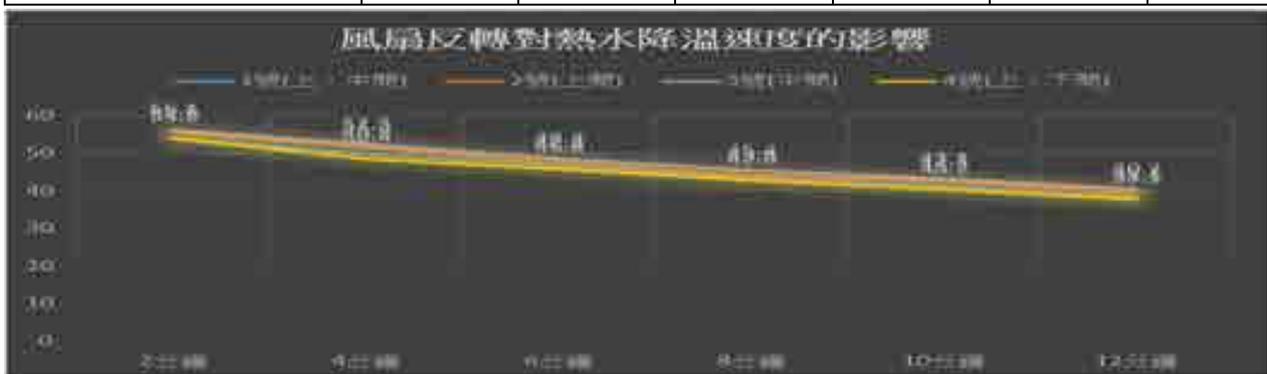
風扇正轉對熱水降溫速度的影響

紙箱模型(風扇正轉)	2 分鐘	4 分鐘	6 分鐘	8 分鐘	10 分鐘	12 分鐘
1 號(上、中開)	55.8	51.3	48.2	45.3	42.9	39.8
2 號(上開)	57.3	52.9	48.8	45.6	44.2	40.9
3 號(中開)	57.6	53.5	50.3	47.2	44.8	41.9
4 號(上、下開)	55.6	50.1	47.8	44.9	41.8	39.6



風扇反轉對熱水降溫速度的影響

紙箱模型(風扇反轉)	2 分鐘	4 分鐘	6 分鐘	8 分鐘	10 分鐘	12 分鐘
1 號(上、中開)	54.2	49.8	46.6	43.4	41.2	38.1
2 號(上開)	55.5	51.5	47.3	43.9	42.5	39.1
3 號(中開)	56.1	52.3	48.4	45.2	43.1	40.2
4 號(上、下開)	53.9	48.4	45.8	42.6	40.2	37.5



陸、討論

一、空氣為什麼會流動？

風就是流動的空氣，空氣為什麼會流動呢？這是熱空氣和冷空氣相互的作用，氣體和液體都是流體，它們的分子可以自由移動，故在傳遞熱量時，大部份靠分子之移動來完成。當它們一部份受熱時，除少數特例以外，均有體積膨脹，使密度減小之現象，此時密度小者上升，附近未受熱且密度大者立即流動過來填補，流體分子不斷循環流動，逐漸將熱傳播於全體，此一現象稱為對流。

對流通常發生在流體內或流體和容器之間有溫度差時，因為溫度的差異會使得流體之間密度不同，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。

在熱傳學中，對流被分為自然對流與強制對流。自然對流是指在流體之間僅有溫度差存在時發生的運動，例如，熱空氣密度較冷空氣小會上升，反之冷空氣密度較熱空氣大會下降。強制對流是指當有外力推動，如透過風扇吹動流體導致流體運動的對流現象。

二、開窗的位置會影響空氣流動的快慢嗎？

為了讓我們的實驗更準確，在實驗裡我們統一使用黑貓宅急便的9號紙箱來製做模型，最早曾使用其他紙箱或別種材料來製作，發覺不是效果不好就是製作不易，為了透過數據客觀來量化，我們設計量測香塔燃燒完的時間與熱水降溫的速度來呈現空氣流動的快慢，我們發現4號紙箱模型速度最快，其次是1號紙箱模型，再來是2號紙箱模型，最慢的是3號紙箱模型；我們歸納實驗結果發現越符合進風口越低、出風口越高原理的紙箱模型，空氣流動的效果就越好，使得香塔的燃燒時間就越短，熱水的降溫速度就越快，在實際的教室環境裡，如果空氣流動的效果越好，代表可以將教室空間裡師生們身上所產生的熱越快帶走，使得教室保持涼爽，以及更好的換氣率，學生就可以有更好的學習效果。

三、頂部風扇的正反轉會影響空氣流動的快慢嗎？

經過頂部風扇實驗正轉與反轉實驗分析，發現紙箱模型內的香塔燃燒時間變短，還有熱水溫度下降的速度加快，足見頂部風扇的反轉的確會讓紙箱模型內的空氣對流的效果變好。頂部風扇的風，是將風扇上方空氣，往下吹動，同時將熱水散發出的熱空氣往下吹，熱空氣就圍繞著紙箱模型四週。因此，模型裡的熱空氣往上飄，風扇又將熱空氣吹下來，在無風的狀況下，模型外面的涼空氣又進不來，所以熱水降溫的速度就比較慢。

所以要如何做？才能將紙箱模型裡的熱空氣快速往外移動出去呢？如果將風扇電極反裝，讓風扇轉動方向相反，使其當作排風扇使用，將風扇下方空氣，往上吸起，同時將熱水散發出的熱空氣往上吸起，經由旁邊的窗戶排出，並從靠近底部帶進模型外面的涼空氣，使熱水降溫的速度變快。在實際的教室環境裡，可以透過吊扇作一些強制對流的輔助，快速的將教室的廢熱快速排出，而不是越吹越熱越昏昏欲睡。

柒、結論

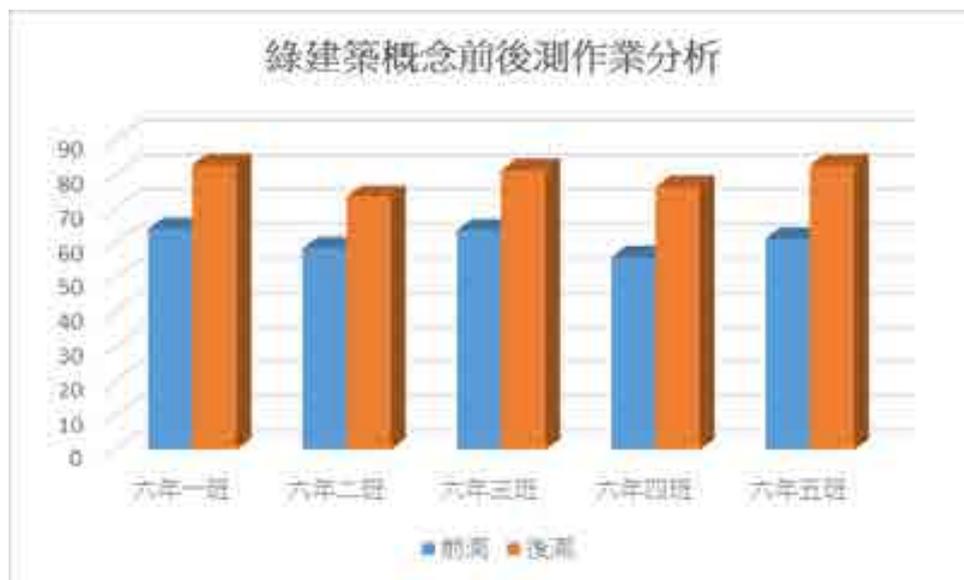
- 一、想在空間中通風，有一個關鍵：『進風口低、出風口高』。利用空氣受熱上升的原理，將"熱"藉由浮力送至屋頂排除，這種垂直方向的通風則為『浮力通風』；由底部入風，而在高處將風排開，讓垂直空間的氣流也能流動，使對流的區域最大。熱空氣密度低，因此室內的熱空氣上升後，會聚集在屋子上方，透過教室的上面窗戶，使熱空氣得以排出，還可以透過裝設電扇製造空間的負壓，來達到更佳的通風散熱效果。目前利用熱對流原理來改善生活空間設計非常夯，未來我們也希望能以本研究為基礎，繼續研究更有效率的綠色環保的居住環境。
- 二、透過本次的模型實驗我們推論，如果在教室環境裡上課，一群學生剛呼出的二氧化碳CO₂溫度較高，基於熱空氣往上升的道理，因此二氧化碳會瀰漫在教室天花板上方，此時如果一般往下吹的吊扇又將熱的二氧化碳吹到下方學生座位上，怪不得熱空氣一直吹襲圍繞著學生，就算是下層四週窗戶打開，因為熱空氣已佔據著教室內部，外頭的涼空氣想進來也進不來，因此，炎炎夏日，既熱又悶的空氣圍繞著學生，無怪乎教室內一直感覺悶熱。如何作才能將教室內的熱空氣，不斷地往天花板移動呢？就是將吊扇反轉，使其將熱空氣「吸」到教室上方，再由旁邊的氣窗排出，又可以從下面窗戶吸進涼爽的新鮮空氣，就可以用少許的能源達成良好的學習環境，未來也許可以再研究利用那些熱空氣來產生能源，發明既省錢又環保的法子。
- 三、經由實驗的結果，我們可以得知，如果教室裡的熱空氣跑不出去，外面冷空氣又進不來，所以在教室裡的人會一直覺得很悶熱，即使將教室裡所有吊扇都打開正轉往下吹，還是很悶熱，還是不覺得有涼爽的感覺，要創造涼爽的室內環境，就要讓室外涼空氣進入室內，帶走身體流汗蒸散的熱空氣才能達到較好的效果；所以開窗的位置與吊扇的正反轉嚴重影響空氣流動的效果。如果我們可以好好利用熱空氣上升冷空氣下降之熱浮力原理，去設計浮力通風的路徑，來使教室在炎熱的夏天不再那麼悶熱，利用煙囪效應的原理，迅速的將教室內的熱空氣帶出外面上方，並由窗戶補充新鮮的冷空氣，創造一個低耗能的良好教學環境。
- 四、空氣對流可分為自然對流與強制對流，自然對流是指當空氣流體內部因溫度差異導致流體運動的對流現象。例如，熱空氣上升冷空氣下降，因為熱空氣密度較冷空氣小所以會上升，反之冷空氣密度較熱空氣大所以會下降。如果善加利用被動式節能的自然通風特性，就可以減少對強制對流的需要性。現在能源的價格越來越貴，未來我們也希望能如果能以其他再生能源如太陽或風力來當成強制對流驅動的能量來源，就可以對我們的環境更加友善，使得地球不再一直發燒，讓我們一起努力讓地球趕快好起來。

捌、參考資料

- 一、中華民國第二十屆中小學科學展覽會。國小組。物理科。窗戶怎樣開較涼爽。
- 二、中華民國第三十七屆中小學科學展覽會。國小組。物理科。冷熱交流—窗窗有玄機。
- 三、http://www.ied.edu.hk/apfslt/v11_issue1/nelson/index.htm#contents。吊扇怎麼吹才會涼之探討陳正治 國立科學工藝博物館 科技教育組。

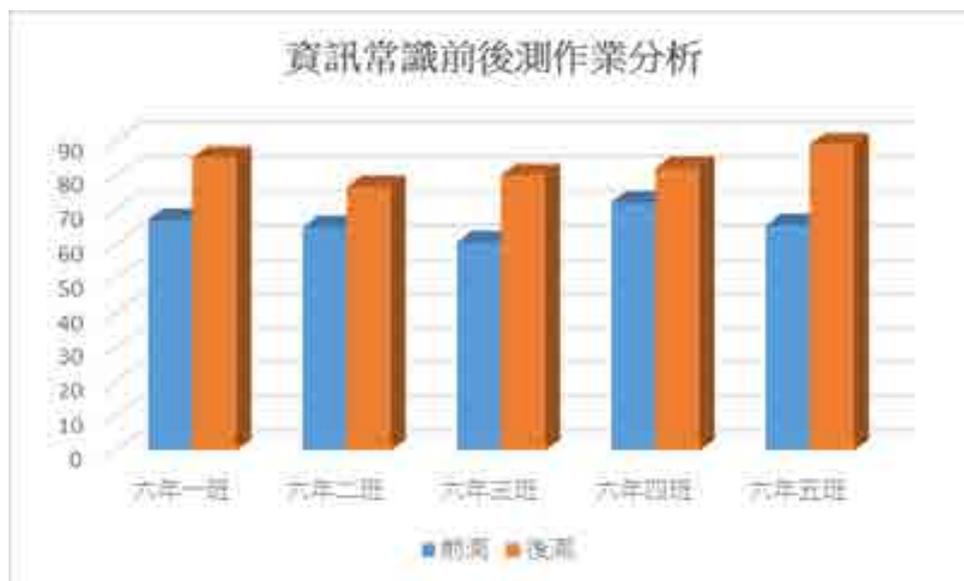
綠建築概念前後測作業分析

	六年一班	六年二班	六年三班	六年四班	六年五班
前測	64.2	58.6	63.9	56	61.4
後測	82.8	73.6	81.3	76.4	82.6



資訊常識前後測作業分析

	六年一班	六年二班	六年三班	六年四班	六年五班
前測	67.3	65.1	60.7	72.3	65.7
後測	85.4	76.9	80.4	82.4	89.3



陸、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

本計畫係以創意科學-科學創意競賽為主軸，學校原有自然科技領域師資專業性與實施科學創意競賽經驗不足，幸賴嘉義市發明人協會與鄰近大專院校吳鳳科技大學與嘉義市遙控飛機協會共同協助，本計畫得以成功執行。

柒、參考資料

嘉義市發明人協會