

教育部 103 年度中小學科學教育計畫專案

期末報告

計畫編號：076

計畫名稱：環保綠建築探究科學活動

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。

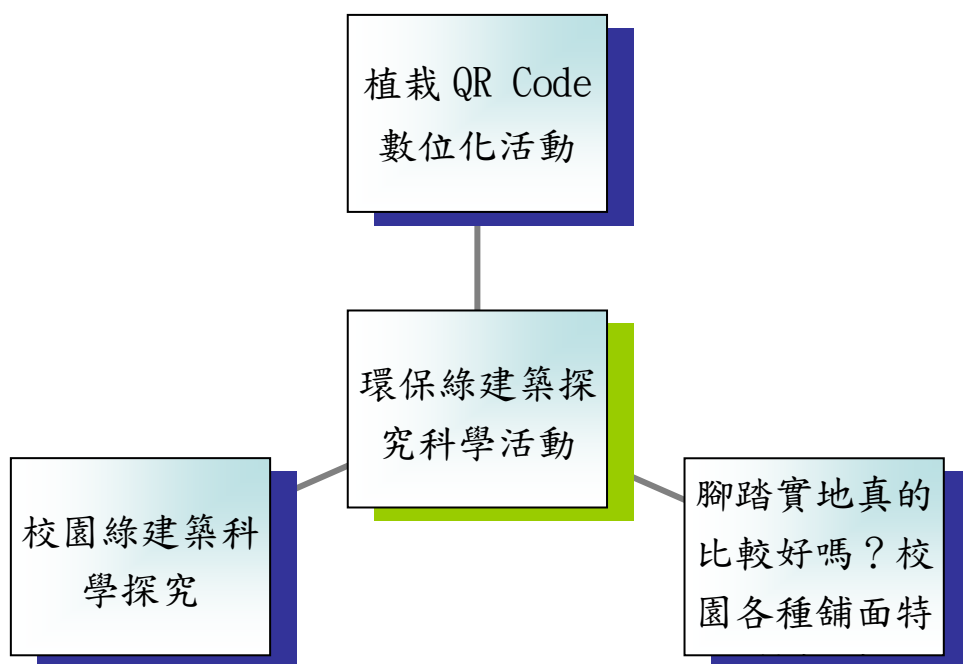
二、計畫內容：

計畫預計透過「校園綠建築科學探究」、「植栽 QR Code 數位化活動」、「腳踏實地真的比較好嗎？探討校園各種鋪面特性」、三項主題活動，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、 校園綠建築科學探究

二、 植栽 QR Code 數位化活動

三、 腳踏實地真的比較好嗎？校園各種鋪面特性探討



| 環保綠建築探究科學活動 | | | |
|-------------|-----------|----------------|--------------------------|
| 環保生活創意王 | 校園綠建築科學探究 | 植栽QR Code數位化活動 | 腳踏實地真的比較好嗎 校園各種鋪面特性探討 |

貳、研究方法及步驟：

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。

| 教學對象 | 課程 | 備註 |
|---------------|--|--|
| 科學社團 (點) | 1. 校園不同鋪面蘊熱調查 2. 學校東側大樓溫度監測 3. 校園各種鋪面蘊熱性模型實驗 4. 校園各種鋪面蘊熱性實際實驗 5. 教室排熱效能之探究 6. 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) | 1. 冷熱量一量 2. 和睦國小這一班~清涼一夏！ 3. 夢想和睦 4. 環保綠建築 5. 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) | 1. 成果發表(含網頁建置) 2. 集會宣導 | 視集會時機適時宣導與成果發表。 |

| 活動名稱 | 項次 |
|-----------|---------------------|
| 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 |
| | 綠建築空氣熱對流實驗 |
| | 綠建築隔熱實驗 |
| | 窗簾材質與顏色遮陽效果實驗 |



| 活動名稱 | 項次 |
|------------------|---------------------------|
| 植栽 QR Code 數位化活動 | 校園植栽總體調查 |
| | 植栽常識前測作業 |
| | 資訊能力前測作業 |
| | QR Code 二維條碼標示數位化處理 |
| | 建置環境教育校園植栽網站 |
| | 舉辦教師 QR Code 二維條碼研習 |
| | 分組操作平板電腦進行 QR Code 二維條碼教學 |
| | 學生依分組將主要課程觀察與拍攝植栽資料進行整理 |
| | 學生分組製作植物簡報 |
| | 學生校園植物簡報分享 |
| | 校園植物導覽解說員培訓營 |
| | 植栽常識後測作業 |
| | 資訊能力後測作業 |



| 活動名稱 | 項次 |
|-----------------------|-------------------------|
| 腳踏實地真的比較好嗎？探討校園各種鋪面特性 | 學校操場淹水問題探究 |
| | 校園各種露天地板鋪面總體調查 |
| | 校園各種露天地板鋪面常識前測作業 |
| | 校園各種鋪面「透水性」實驗活動 |
| | 校園各種鋪面「緩衝力」實驗活動 |
| | 校園各角落溫度總體調查 |
| | 校園各種鋪面「蘊熱力」實驗活動 |
| | 校園各種鋪面「蘊熱力」、「緩衝力」戶外實驗活動 |
| | 校園各種鋪面「蘊熱力」、「緩衝力」戶外實驗活動 |
| | 校園各種鋪面「蘊熱力」、「緩衝力」戶外實驗活動 |
| | 校園各種鋪面「蘊熱力」、「緩衝力」戶外實驗活動 |
| | 校園各種鋪面「蘊熱力」、「緩衝力」戶外實驗活動 |
| | 校園各種露天地板鋪面總體調查結果討論與簡報製作 |
| | 校園各種露天地板鋪面總體調查簡報全校師生分享 |
| | 校園各種露天地板鋪面常識後測作業 |



貳、目前研究成果：

103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築簡報製作課程表

| | |
|-------------|-----------------|
| 地點 | 和睦國小電腦教室 |
| 講師 | 曾凱堂 |
| 時間 | 103 年 11 月 5 日 |
| 13:00~14:00 | 綠建築基本概念 |
| 14:00~15:00 | 操場淹水改造與綠建築運用 |
| 15:00~1600 | 水資源與防災 |
| 時間 | 103 年 11 月 12 日 |
| 13:00~14:00 | 透水性鋪面 |
| 14:00~15:00 | 零碳教室 |
| 15:00~1600 | 降低電源消耗 |
| 時間 | 103 年 11 月 19 日 |
| 13:00~14:00 | 降低水資源使用 |
| 14:00~15:00 | 更換管線與重新安排開關配置 |
| 15:00~1600 | 屋頂綠化 |



103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築講座課程表

| | |
|-------------|----------------|
| 時間 | 103 年 12 月 5 日 |
| 地點 | 和睦國小視聽教室 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 07:50~08:50 | 綠建築基本概念與運用 |



103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築簡報分享課程表

| | |
|-------------|-----------------|
| 時間 | 103 年 12 月 25 日 |
| 地點 | 和睦國小視聽教室 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 07:50~08:50 | 綠建築簡報分享 |



103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築概念與實例課程表

| | |
|-------------|----------------|
| 時間 | 104 年 1 月 28 日 |
| 地點 | 和睦國小自然教室 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 13:00~15:00 | 綠建築基本概念 |
| 15:00~17:00 | 綠建築實例探討 |



103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例考察-北回太陽館課程表

| | |
|---|--|
| 時間 | 104 年 1 月 29 日 |
| 地點 | 北回太陽館 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 13:00~15:00 | 綠建築實例探討-北回太陽館 |
| 15:00~17:00 | 緯度差異與綠建築 |
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

科展分享與討論課程表

| | |
|-------------|----------------|
| 時間 | 104 年 1 月 30 日 |
| 地點 | 自然教室 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 13:00~15:00 | 科展題目訂定技巧 |
| 15:00~17:00 | 歷年獲獎科展作品分享與討論 |



103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例考察-嘉義大學課程表

| | |
|---|---------------|
| 時間 | 104 年 2 月 2 日 |
| 地點 | 嘉義大學 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 13:00~15:00 | 綠建築實例考察-嘉義大學 |
| 15:00~17:00 | 庭園植栽與綠建築 |
|  | |

103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例考察-中正大學課程表

| | |
|---|--|
| 時間 | 104 年 2 月 3 日 |
| 地點 | 中正大學 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 13:00~15:00 | 綠建築實例考察-中正大學 |
| 15:00~17:00 | 綠建築與建築物防震 |
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例考察-觸口生態園區課程表

| | |
|---|--|
| 時間 | 104 年 2 月 4 日 |
| 地點 | 觸口生態園區 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 13:00~15:00 | 綠意館介紹 |
| 15:00~17:00 | 樹木銀行介紹 |
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例考察-樹谷生態園區課程表

| | |
|-------------|----------------|
| 時間 | 104 年 5 月 16 日 |
| 地點 | 樹谷生態園區 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 08:00~10:00 | 樹谷生態園區介紹 |
| 10:00~12:00 | 光學應用 |
| 13:00~15:00 | 簡易機械 |
| 15:00~17:00 | 遠古化石 |



103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例考察-溪口文化生活館課程表

| | |
|-------------|----------------|
| 時間 | 104 年 5 月 30 日 |
| 地點 | 溪口文化生活館 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 08:00~10:00 | 溪口文化生活館綠建築介紹 |
| 10:00~12:00 | 溪口文化生活館廁所特色 |
| 13:00~15:00 | 溪口文化生活館生態池 |
| 15:00~17:00 | 在地天然素材製作建築 |



103 年度教育部科學教育專案計畫

校園各種鋪面蘊熱力探究課程表

| | |
|-------------|---------------|
| 地點 | 自然教室 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 時間 | 104 年 4 月 6 日 |
| 12:30~13:30 | 校園各種鋪面類型探討 |
| 時間 | 104 年 4 月 7 日 |
| 12:30~13:30 | 熱島效應 |
| 時間 | 104 年 4 月 8 日 |
| 12:30~13:30 | 校園各種鋪面模型製作 |
| 時間 | 104 年 4 月 9 日 |
| 12:30~13:30 | 感溫實驗操作 |



103 年度教育部科學教育專案計畫

優良科展作品分享課程表

| | |
|-------------|----------------------------------|
| 地點 | 自然教室 |
| 講師 | 李宗憲 |
| 時間 | 104 年 1 月 28 日 |
| 13:00~15:00 | 優良科展作品分享 霧網恢恢密而不失---捕霧網的研究與探討 |
| 15:00~17:00 | 優良科展作品分享 豐年蝦耐久卵脫殼試驗 |



103 年度教育部科學教育專案計畫

航太科技與環保課程表

| | |
|---|--|
| 地點 | 自然教室 |
| 講師 | 李宗憲 |
| 時間 | 104 年 1 月 29 日 |
| 13:00~15:00 | 航太科技與環保原理 |
| 15:00~17:00 | 綠建築植栽選擇 |
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例考察-嘉義產業創意中心課程表

| | |
|---|--|
| 地點 | 嘉義產業創意中心 |
| 講師 | 李宗憲 |
| 時間 | 104 年 1 月 30 日 |
| 13:00~15:00 | 垂直植栽降溫原理 |
| 15:00~17:00 | 隔熱玻璃原理 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築與植栽種植課程表

| | |
|-------------|---------------|
| 地點 | 嘉義大學 |
| 講師 | 李宗憲 |
| 時間 | 104 年 2 月 2 日 |
| 13:00~15:00 | 山坡地植栽種植 |
| 15:00~17:00 | 耐旱植物種植 |

| | |
|---|--|
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例與廢紙回收再利用課程表

| | |
|---|--|
| 地點 | 中正大學 |
| 講師 | 李宗憲 |
| 時間 | 104 年 2 月 3 日 |
| 13:00~15:00 | 綠建築實例-中正大學 |
| 15:00~17:00 | 廢紙回收再利用 |
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例-廁所科學課程表

| | |
|---|--|
| 地點 | 觸口生態園區 |
| 講師 | 李宗憲 |
| 時間 | 104 年 2 月 3 日 |
| 13:00~15:00 | 綠建築廁所科學原理 |
| 15:00~17:00 | 空氣對流原理 |
|  |  |
|  |  |





103 年度教育部科學教育專案計畫

水生植物與汙水處理課程表

| | |
|---|--|
| 地點 | 台南科學園區汙水處理廠 |
| 講師 | 李宗憲 |
| 時間 | 104 年 5 月 16 日 |
| 08:00~10:00 | 農作物種植與環保 |
| 10:00~12:00 | 工業革命與汙染 |
| 13:00~15:00 | 汙水處理 |
| 15:00~17:00 | 水生植物與汙水處理 |
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

熱對流實驗與討論課程表

| | |
|---|--|
| 地點 | 自然教室 |
| 講師 | 李宗憲 |
| 時間 | 104 年 4 月 6 日 |
| 12:30~13:30 | 熱交換 |
| 時間 | 104 年 4 月 7 日 |
| 12:30~13:30 | 熱對流 |
| 時間 | 104 年 4 月 8 日 |
| 12:30~13:30 | 煙囪效應 |
| 時間 | 104 年 4 月 9 日 |
| 12:30~13:30 | 不同瓦數燈泡對熱對流的影響 |
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

綠建築實例考察-大林火車站課程表

| | |
|---|--|
| 地點 | 大林火車站 |
| 講師 | 李宗憲 |
| 時間 | 104 年 5 月 30 日 |
| 08:00~10:00 | 大林火車站綠建築特色 |
| 10:00~12:00 | 空氣對流與照明 |
| 13:00~15:00 | 綠建築斜屋頂運用 |
| 15:00~17:00 | 水果植栽鳳梨環保應用 |
|  |  |
|  |  |

103 年度教育部科學教育專案計畫

生活創意王發明講座課程表

| | |
|-------------|----------------|
| 時間 | 104 年 1 月 27 日 |
| 地點 | 和睦國小綜合教室 |
| 講師 | 陳勝哲 |
| 07:50~08:50 | 生活創意王發明範例 |



環保綠建築校園改造點大搜尋比賽作品

| | | |
|---|---|---|
| <p>103 年度科學教育專案計畫環保綠建築校園改造點大搜尋</p> <p>作品名稱：[作品名稱]</p> <p>作品內容：[作品內容]</p> <p>作品圖：[作品圖]</p> | <p>103 年度科學教育專案計畫環保綠建築校園改造點大搜尋</p> <p>作品名稱：[作品名稱]</p> <p>作品內容：[作品內容]</p> <p>作品圖：[作品圖]</p> | <p>103 年度科學教育專案計畫環保綠建築校園改造點大搜尋</p> <p>作品名稱：[作品名稱]</p> <p>作品內容：[作品內容]</p> <p>作品圖：[作品圖]</p> |
|---|---|---|

熱力騰騰轉不停---教室排熱效能之探究

摘要

製作高效率的走馬燈，主要的影響在於燈泡的功率與轉筒的長短，根據實驗結果所提到的是燈泡的功率越大越好；而轉筒的長度是越長效果越好，但是超過一定長度，就會受到重量的影響而降低轉速，上下層空氣溫差越大所能形成熱對流就越大，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。只靠在氣窗上裝上排熱風扇使空氣對流，雖熱可以讓教室稍降溫，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，也可以降低二氧化氮濃度，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、測試燈泡的功率對轉速的影響。
- 三、測試筒身的長度對轉速的影響。

參、研究設備及器材

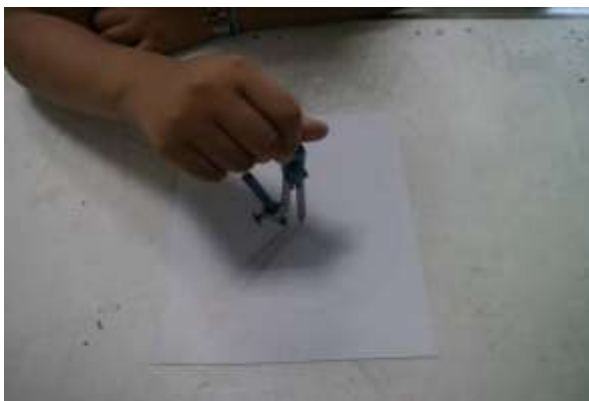
- 一、材料：圖畫紙、子母扣、鐵絲、燈泡
- 二、器材：剪刀、圓規、白膠、燈座、老虎鉗。
- 三、圖畫紙、子母扣、鐵絲、燈泡剪刀、圓規、白膠、燈座、老虎鉗



肆、研究過程與方法

實驗一：製作走馬燈

- (一) 取一張圖畫紙，以紙片的中心當圓心，使用圓規以 8 公分為半徑畫圓，再以 1 公分為半徑畫同心圓。
- (二) 將此圓分成 12 等分，用直尺將圓周上各等分點與圓心做連線。
- (三) 用剪刀沿著大圓線剪下來。
- (四) 再沿著等分線向裡剪至小圓周上。
- (五) 將每片扇葉沿著同一方向以 30 度的角度輕輕的摺一下。
- (六) 再將每片扇葉的邊緣向內 1 公分摺一下。
- (七) 用剪刀在圓心上戳一個洞，將子母扣扣上。
- (八) 取一張比扇葉圓周長略長的圖畫紙，將扇葉的摺痕以 30 度左右平均黏貼上圖畫紙，最後再將桶壁黏合。



步驟一：畫同心圓



步驟二：將圓 12 等分



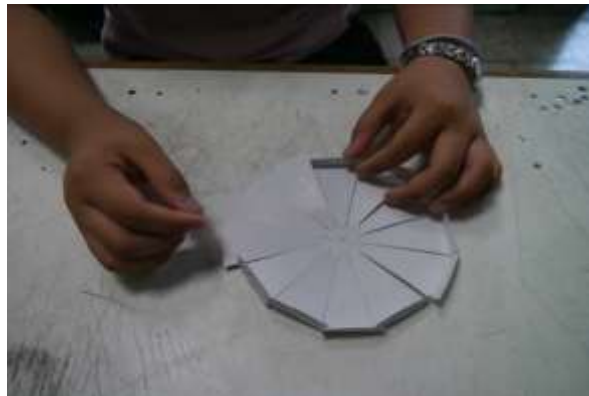
步驟三：將大圓剪下



步驟四：將等分線剪至小圓



步驟五：將扇葉沿同向輕摺



步驟六：將扇葉邊緣向內摺



步驟七：將子母扣扣上



步驟八：將扇葉與筒身黏合

實驗二：不同瓦數燈泡的走馬燈對熱對流的影響

(一) 分別使用 20w、40w、60w、100w 四個不同瓦數燈泡做為熱源。

(二) 將實驗一製作的走馬燈置放於燈座上。

(三) 分別測試一分鐘轉幾圈。



20w 燈泡



40w 燈泡



60w 燈泡



100w 燈泡

實驗三：不同高度的走馬燈對熱對流的影響

- (一) 製作 15 公分、20 公分、25 公分、30 公分四個不同的高度當作走馬燈桶身。
- (二) 按照實驗一的方式組合成走馬燈。
- (三) 分別測試一分鐘轉幾圈。



15 公分轉筒



20 公分轉筒



25 公分轉筒



30 公分轉筒

伍、研究結果

實驗一、製作走馬燈

製作走馬燈不限材料，重點在於尺寸並須精準，尤其是黏合扇葉與筒身務必使各個距離平均，使走馬燈在轉動時重心可以平衡，而不會有偏轉的情況，才可以測出正確的轉速。還有燈座上支撐筒身的鐵絲的尖端必須磨成較細，使與子母扣間的摩擦力影響達成最小，對轉速的影響降至最低。

實驗二、不同瓦數燈泡的走馬燈對熱對流的影響

經由觀察不同功率大小的燈泡對走馬燈轉速的影響，發現功率越大的燈泡，走馬燈轉動速度越快，最快的是 100w，其次分別是 40w、60w，最慢的是 20w，功率越大的燈泡可以提供較大的熱源，所以可以提供走馬燈較大的動力來源。

剛開始做測試時，發現一開始時的轉速並不是很穩定，所得到的數據差異非常大，於是老師要我們讓它先轉一分鐘後轉速穩定後，再開始測試一分鐘的轉速，所得到的數據會比較有參考性。

| 燈泡功率 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 20w | 7 | 6 | 6 | 5 | 7 | 6.2 |
| 40w | 9 | 10 | 8 | 9 | 10 | 9.2 |
| 60w | 14 | 15 | 17 | 16 | 17 | 15.8 |
| 100w | 19 | 21 | 21 | 19 | 20 | 20 |

實驗三、不同高度的走馬燈對熱對流的影響

經由下表可以得知，走馬燈的高度的大小對轉速的有很大的影響，特別是 15 公分至 25 公分的變化增加很大，25 公分與 30 公分層也有些差異，但感覺數據差異並不大。

老師告訴我們筒身雖然越長對轉速有所提昇，可是越長的筒身代表重量也會跟著增加，所以當筒身長度的增加到一定程度，因為重量也跟著增加，所以對轉速提升的效果有限。

| 筒身高度 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 15 公分 | 17 | 16 | 17 | 16 | 17 | 16.6 |
| 20 公分 | 21 | 20 | 21 | 19 | 20 | 20.2 |
| 25 公分 | 22 | 23 | 23 | 22 | 22 | 22.4 |
| 30 公分 | 23 | 23 | 24 | 23 | 23 | 23.2 |

陸、討論

一、走馬燈轉動的力量是哪裡來的？

當我們將走馬燈內的燈泡點亮時，桶身就會自動地轉起來，但是剛開始時是慢慢地動，大約過了二十秒以後就轉得很順暢，如果把手放到葉片上方的位置，會覺得有熱氣而且溫度很高；當我們把燈泡熄滅轉筒轉動就會變慢而停下來，而且葉片上方的熱氣也就消失了。因為當走馬燈內的燈泡亮時才會轉動，而熄滅燈泡就停止轉動；而且轉動時葉片上方的熱氣溫度很高，所以我們推測是走馬燈內部燈泡所產的熱能在推動轉筒。

二、熱源的大小會影響轉動的快慢嗎？

為了讓我們的實驗更準確，在實驗裡我們統一製做轉筒底面半徑 8 公分，高 20 公分的走馬燈來探討；最早的時候曾使用蠟燭當熱源，但我們覺得蠟燭燃燒產生的熱能不夠穩定也不容易比較，所以我們使用燈泡來當作熱量的來源，而且在燈泡點亮 1 分鐘後，熱源與轉速穩定後才開始測量一分鐘轉動的次數，並且以 5 次的測量再算取平均值來比較。實驗的結果發現功率不同大小的燈泡 20w、40w、60w、100w 每分鐘轉動的次數分別為 6.2 圈、9.2 圈、15.8 圈、20 圈，我們發現燈泡的瓦特數越高所發出來的熱能也越多，推動走馬燈的力量也越大，使得轉筒轉動的速度也越快。

三、轉筒的高度會影響轉動的快慢嗎？

為了瞭解轉筒的高度會不影響空氣對流的速度，於是我們製作 15 公分、20 公分、25 公分、30 公分高的轉筒，經由實驗數據可以得知，走馬燈的高度的大小對轉速的有很大的影響，特別是 15 公分至 25 公分的變化增加很大，25 公分與 30 公分層也有些差異，但感覺數據差異並不大。筒身雖然越長對轉速有所提昇，可是越長的筒身代表重量也會跟著增加，所以當筒身長度的增加到一定程度，因為重量也跟著增加，所以對轉速提升的效果有限。

柒、結論

- 一、因為空氣熱對流而轉動的走馬燈不僅是一樣有趣的科學玩具，在教學上也能解釋空氣熱對流現象，此外也能擺在客廳內，當成裝飾品。目前利用熱對流原理設計出的科學玩具數量有限，未來我們也希望能以本研究為基礎，繼續研究更好玩的科學玩具。
- 二、透過本次的研究我們發現，當光源強弱不同時產生熱源不同，走馬燈轉動的速度就不同，未來也可進一步探討「走馬燈轉速」與「氣溫」的相關性，期待藉由風車的轉速，就可以知道當下的氣溫。
- 三、現在能源的價格越來越貴，未來我們也希望能如果能以太陽當成熱源驅動走馬燈轉動，就可以朝「風力發電」的替代能源方向研究，可以將扇葉旋轉的動能儲存起來，以供人們利用。
- 四、經由實驗的結果，我們可以得知使用熱源越大的效果越好，可以造成上下兩個不同的氣溫層，使空氣因「溫度差」產生流動而達成通風作用，我們可以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，可以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。

捌、參考資料

- 一、小牛頓兒童科學園地第 182 期（1999）走馬燈表心意－牛頓出版股份有限公司。
- 二、瀧川洋二（2003）70 個奇妙有趣的科學實驗 世茂出版社。
- 三、自然與生活科技（2014）康軒文教事業。

三個鐵罐救地球---火箭爐的研究與探討

摘要：

製作高效率的火箭爐，主要的影響在於燃料室的高度與直徑的比例，根據資料裡所提到的最佳比例是 2 倍；但是保溫層的影響也很重要，可以減少熱能的散失，進而提高燃燒室的溫度，讓竹筷盡量完全燃燒，還有要保持進料口下半部通暢，使空氣能順利流通，形成完美的煙囪效應。

壹、研究動機：

最近電視一直播著石油與電費要漲價的新聞，整個社會吵得沸沸揚揚，剛好老師在上自然課的時候，也有提到這個問題，雖然大家都不喜歡漲價，但是長久之下油價與電價還是會不斷上漲，因為這些資源是有限的，最終會因為人類大量的使用，而蘊藏量越來越少，產生供需不平衡，以致價格不斷攀升，所以還是想辦法減少對這些非再生能源的依賴。

這些化石燃料大部份都從遙遠的地方，跑了快半個地球才來到我們的日常生活，在運送的過程中又消耗了不少能源，與製造很多的二氧化碳，如果能就近來取得燃料，最好又能持續不斷的生產，老祖先以前生活中也沒有使用到電與石油，最大的耗能應該是生火煮食及取暖，最方便的燃料就是環境週遭生生不息的植物，光是撿拾枯枝就使用不完了，在鄉下很多人還是使用柴火煮食與燒熱水，一整年下來就可以省下以萬元計數的電費或瓦斯費，在油電漲價之後，所能節省的费用更是嚇人。

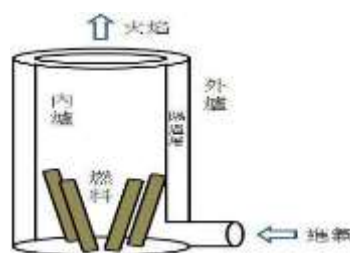
在燒柴的過程可能會產生一些煙，在都市使用可能會讓鄰居受不了，而向環保局告發，而且在市區也不像在鄉下那麼容易取得大量的薪柴，老師告訴我們要解決這個問題並不是那麼難，只要能讓薪柴盡量完全燃燒，就不會產生那麼多煙霧，而且可以減少燃料的耗用。老師以前上課有提過燃燒三要點，要完全燃燒就只有提供大量的氧氣，必須不斷想辦法送空氣進去燃燒室，所以都會不停的扇風，這樣實在有點累與麻煩！

這地球上有一半人口會在家裡用煤和木柴等燃料煮食，世界衛生組織估計，每年有一百五十萬人因此吸入過多二氧化碳或者呼吸道疾病死亡，數字超過了瘧疾。人數實在太驚人，八十年代美國教授 Dr. Larry Winiarsk 去了非洲考察，然後訂出十個使用爐子的原則，除了安全，還要節省燃料，若要花相當多時間去收集柴枝，貧窮地區的婦女是吃不消的。最後他設計出「火箭爐」。

這爐子的設計不但安全，並且火力超強，只要七根竹筷子，就可煮出兩杯咖啡和煎蛋早餐，製作並不會太困難，使用廢棄的鐵罐就可以製作，依照其原理可大可小，在德國就有專家估計，使用火箭爐每個家庭每年可省約一噸柴木，減少燃燒，即是減少碳排放。所以我們想去找最佳的設計火箭爐的方式，並把這樣的理念推廣出去，在日常生活運用，以減少對石油與電的依賴，可以減少碳排放，更可以節省荷包的支出，真是一舉數得，何樂而不為呢？

貳、研究目的：

- 一、瞭解火箭爐製作的基本原理。
- 二、測試燃燒室的高度與直徑的最佳比例。
- 三、測試保溫層是否對溫度有所影響。



參、研究設備及器材：

- 一、材料：鐵罐、竹筷、紙條、發泡煉石
- 二、器材：鐵皮剪、自在曲線定規、游標卡尺、開罐器、鐵鎚、鐵釘、簽字筆、溫度計、燒杯、鉗子、手錶。



鐵 罐



開罐器、鐵皮剪



游標卡尺、曲線定規

肆、研究過程與方法：

實驗一：製作火箭爐



- (一) 大罐當外罐，與當內罐的中罐平放，內罐要比外罐高 2 公分，在外罐下半部、高於內罐底線處，再用奇異筆描出當側罐的小罐圓周。
- (二) 在畫好的圓周中間，以鐵釘先釘出幾個洞。
- (三) 再用鐵皮剪刀剪成放射狀，剪開的鐵片尖端部分可用鐵片剪剪去。
- (四) 用鉗子將鐵片全部盡量往內壓，讓鐵片服貼在罐子的內側。
- (五) 將側罐試塞在洞內，若是塞不進，可調整洞孔大小。
- (六) 外罐中先鋪一層發泡煉石，讓內罐套入大罐後高出 2 公分，奇異筆如圖在內罐上畫出和外罐開孔尺寸相同的圓。
- (七) 用側罐在內罐剛畫的圓再描一次圓周，與外罐開孔相同方式剪開內罐，剪開鐵片向外壓平，超過罐底部分可剪掉。
- (八) 內罐上方的 2 公分處，一樣用螺絲釘和鐵片剪，共開 6~8 個方形孔，當作對流孔。
- (九) 用開罐器將側罐底部去除，讓小罐成為空心。
- (十) 取外罐或內罐封口片，以奇異筆在中間標出側罐直徑。
- (十一) 用鉗子將直徑外兩側向下壓成 90°，再放入側罐中。
- (十二) 將內罐放入外罐，側罐從側邊塞入 2 層罐子，一半罐身在外。
- (十三) 用發泡煉石將外罐和內罐之間的縫隙填到 8~9 分滿。
- (十四) 若外、內罐間距離太緊，無法放發泡煉石，可用開罐器去除外罐罐口內框；若兩者距離太寬，則留外罐蓋子再剪成環狀，可封外、內罐間縫隙。
- (十五) 火箭爐對流順暢，有發泡煉石保溫層，燃燒效率很好。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 描出切口 | 鐵釘先釘出幾個洞穿 | 鐵皮剪刀剪成放射狀 |

| | | |
|--|--|--|
|  |  |  |
| 側罐試塞在洞 | 插入通風管 | 側罐在內罐畫圓 |
|  |  |  |
| 開罐器將側罐底部去除 | 開對流孔 | 標出側罐直徑 |
|  |  |  |
| 用鉗子向下壓成 90° | 組合火箭爐 | 塞發泡煉石 |



實驗二：不同高度的鐵罐燃燒室對水溫的影響

- (一) 找兩個不同高度的鐵罐當作燃燒室。
- (二) 按照實驗一的方式組合成火箭爐。
- (三) 取一個 500 毫公升的燒杯，裡面裝 250 毫公生的水。
- (四) 分別置於不同高度的的火箭爐起火燃燒，測量加熱至 100 度所需時間。

| | |
|---|--|
|  |  |
| 燃燒室較高 | 燃燒室較低 |

實驗三：不同長度的進料口對水溫影響

- (一) 找兩個不同長度的鐵罐當作進料口。
- (二) 按照實驗一的方式組合成火箭爐。
- (三) 取一個 500 毫公升的燒杯，裡面裝 250 毫公生的水。
- (四) 分別置於不同高度的火箭爐起火燃燒，測量加熱至 100 度所需時間。

| | |
|---|--|
|  |  |
| 較長進料口 | 較短進料口 |

實驗四：保溫層對水溫影響

- (一) 將實驗一的火箭爐製作 2 個。
- (二) 其中一個有裝發泡煉石當保溫層。
- (三) 另一個則不裝保發泡煉石。
- (四) 取一個 500 毫公升的燒杯，裡面裝 250 毫公生的水。
- (五) 分別置於不同的火箭爐起火燃燒，測量加熱至 100 度所需時間。

| | |
|---|--|
|  |  |
| 發泡煉石保溫層 | 無保溫層 |

伍、研究結果：

實驗一、製作火箭爐

製作火箭爐不限材料，以能保溫蓄溫為主，還有把握「熱空氣上升、冷空氣由下補充」的煙囪效應原則，形成完全燃燒；經實驗測試果然就像其名一樣，火像火箭一樣噴出來，感覺威力真是驚人，在製作的過程中發現要將鐵罐在圓形鐵罐上面畫線，不是可以很精準的畫出來，後來我們使用了兩個方法，第一就是利用自在曲線定規；第二就是在一張紙上先描繪出形狀，再將紙上的形狀剪下，再至鐵罐上描繪，就可以很精準的畫出所要的圖形。

實驗二、不同高度的鐵罐燃燒室對水溫的影響

經觀察溫度計，溫度上升的速度非常的快，感覺上不會比瓦斯爐加熱慢，可以將此原理放大製作的話，要燒開水、煮飯、炒菜，甚至燒洗澡水，應該都不會花太多燃料與時間。

由下表可得知燃燒室高度對燃燒效率的影響成正比關係，但老師告訴我們雖然是這樣，可是高度越高熱傳導就會較差，所以也不是無限的高度都可以，通常高度是直徑的 2 倍，此時煙囪效應與熱傳導剛好形成較好的平衡。

| （直徑 6.3 公分的鐵罐） | 17.5 公分高度 | 11 公分高度 |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| 250 毫公升的水加熱至攝氏 100 度 所需時間 | 11 分 20 秒 | 12 分 45 秒 |
| 250 毫公升的水加熱至攝氏 100 度 所需竹筷數量 | 13 隻 | 15 隻 |

實驗三、不同長度的進料口對水溫影響

經由下表可以得知，進料口的長度對燃燒的效率的影響，並沒有很大的關係。

| （直徑 5 公分的鐵罐） | 13.5 公分高度 | 10.5 公分高度 |
|----------------------------|-----------|-----------|
| 250 毫公升的水加熱至攝氏 100 度所需時間 | 11 分 35 秒 | 11 分 53 秒 |
| 250 毫公升的水加熱至攝氏 100 度所需竹筷數量 | 14 隻 | 14 隻 |

實驗四、保溫層對水溫影響

經由下表可以得知，有發泡鍊石保溫層對燃燒的效率的影響，成正比關係；老師告訴我們燃燒室與外罐之間的空隙越來越大，而在其中填充保溫材質，有助於燃燒室溫度累積，可以使燃料充分完全燃燒，對溫度的提升有很大的幫助，但因為我們的外罐體積有限，所以效果的差異不是那麼大。

| （發泡鍊石保溫層的有無） | 有保溫層 | 無保溫層 |
|----------------------------|-----------|-----------|
| 250 毫公升的水加熱至攝氏 100 度所需時間 | 11 分 15 秒 | 12 分 25 秒 |
| 250 毫公升的水加熱至攝氏 100 度所需竹筷數量 | 13 隻 | 15 隻 |

陸、討論：

一、火箭爐的材料何者為佳？

火箭爐的原理很簡單，用料可以是泥，可以是磚，或是鐵罐。重點是可以耐得住火的高溫燃燒，而不會自己燒融，還有就是要形成一個 L 型的彎管，以鐵罐為例，可以是一個大鐵罐，套一個小一圈的鐵罐，再塞進一個罐頭鐵罐。罐頭鐵罐是燃料入口，特意造得很小，不浪費燃料；接駁到小鐵罐的長長內部，讓火集中地燒，減少出煙，而氧氣燒盡，又會再把冷空氣從底下的罐頭鐵罐扯進來，彷彿一把風扇，不斷把火燒得更旺。大小鐵罐之間，塞一層砂石，用來保溫。原理就是這樣，各人可視乎手上的物料再設計，不同的設計也就有不同的效果。

二、火箭爐的大小比例何者為佳？

火箭爐的大小其實不影響燃燒的效率，只是體型越小的火箭爐，在製作上必須更加謹慎小心，很容易因為製作不夠精準而影響其效率，甚至是失敗，大型的火箭爐一樣要遵守其原理來製作，才會有好的效率。

三、火箭爐的保溫層材料何者為佳？

這次我們拿發泡煉石來當火箭爐的保溫層材料，它是一種經由特殊方法煉製燒結而成的蓬鬆的石礫狀產況，考量的是重量輕，有許多孔隙，具有良好的保溫效果，所製成的火箭爐重量較輕，方便搬運；也可以就近取用泥土或小石礫，一樣具有良好的保溫效果，只是重量會大為增加，不利於火箭爐的搬運。

四、火箭爐有那些形式的應用？

其實在我們古代在使用的大灶，其實也是火箭爐的運用，只是可以調整其效率更好，所以在古代製作灶是非常講究的，像我們去土雞城所吃的甕窯雞、桶子雞，火鍋店的木炭火鍋，還有最近非常夯的神明點鈔機，其實就是利用火箭爐的煙囪效應，讓金紙不用手丟進金爐，而靠煙囪裡熱空氣不斷上升，並將送紙口外的冷空氣不停的吸入，於是就是形成金紙不斷自己飛入金爐的奇特景觀。

柒、結論：

一、想想看，我們日常生活常用的燃料，如電、煤碳、瓦斯或石油能源都要遠從半個地球之外戰火連天的遙遠地區運輸來台，這些燃料通常要經過處理之後，才能在發電廠轉化為電，然後又千里迢迢地傳送到各個家庭。經過各種複雜的能量轉換，大部分的能量都已經散失掉了。比較有效率的作法其實是在住家旁留些空間讓植物生長，然後步出戶外，找些乾枯樹枝，並以最能留住熱能的方式燃燒。這樣大家就會多種些樹，都市的熱島效應就會減緩，空氣品質也會變好許多；不然在市區住家附近其實有許多公園、學校、機關，裡面有很多大型植物，常常為了清理這些枯枝落葉傷腦筋，如果當作是廢棄物交由垃圾車運送至焚化爐燃燒，運輸過程中又多造成碳的排放，可以就近利用變成火箭爐的燃料，以最有效率的方式轉換為熱能供我們使用，剩下的一點點的灰渣，剛好又可以回饋給植物當肥料，形成一個完美的循環。

二、而火箭爐是一個燃燒效率非常高的爐具，可以用來煮食或家庭其他用途的簡單器具，僅僅以三個舊鐵罐做成。火箭爐的原理很簡單。你只需要二個鐵罐做成一個 L 型的彎管，再將 L 型彎管裝在大鐵罐裡面，L 管和大鐵罐的空隙可以中空，或以非燃性材料如蛭石、泥土的混合物填滿；最後，在 L 管底部插入一個架子，木材就能放在這個架子上燃燒。燃燒時，因為氧氣燃燒掉形成真空的關係，空氣會再從架子底下進入。這種的設計能做有效的燃燒，因為它會不斷吸入架子下面的空氣。如果使用乾燥的材料燃燒，其產生的煙非常少。

三、火箭爐適合在戶外等開放空間使用，第一次使用易有燃漆味，因為這些鐵罐上面都有漆，燒完之後，就不會再有味道了；使用火箭爐的鍋底容易黑，可固定一個專用的鍋具，不然也可以變更火箭爐的型式，上面放置鐵板間接加熱，再加上排煙管設計，鍋具放在上面就不會再黑掉了，不過這樣效率會比鍋具直接加熱差了一點點，，但好處是鍋具就不會黑掉，像之前國語課本介紹的蒙古包就是利用這樣的方式來取暖與煮食，每個蒙古包中央都有一隻長長的煙囪伸出，每當夜

晚就會看到煙囪有小火噴出，非常漂亮。

四、經由實驗的結果，我們可以得知燒燃室的高度大約為直徑的兩倍，這時的加熱效率最好，雖然在理論上，高度越高越好，但熱度的集中就會變分散，對於進料口的長度就比較沒有影響，但是下面必須要留有通氣口，效率才會好，沒有留的話，進料如果擠滿，就比較沒有新鮮的空氣流進燃燒室，這時火就不旺，然後就熄滅，也比較會留下較大的灰渣，保溫層的效果在於將燃燒所產生的熱能集中在燃燒室中，而不是有一部份透過傳導從旁邊傳出去，可以使效率更好，因為我們實驗所使用的是較小的設計，所以比較看不出效果。

植栽 QR Code 數位化活動

校園植栽總體調查



建置環境教育校園植栽網站



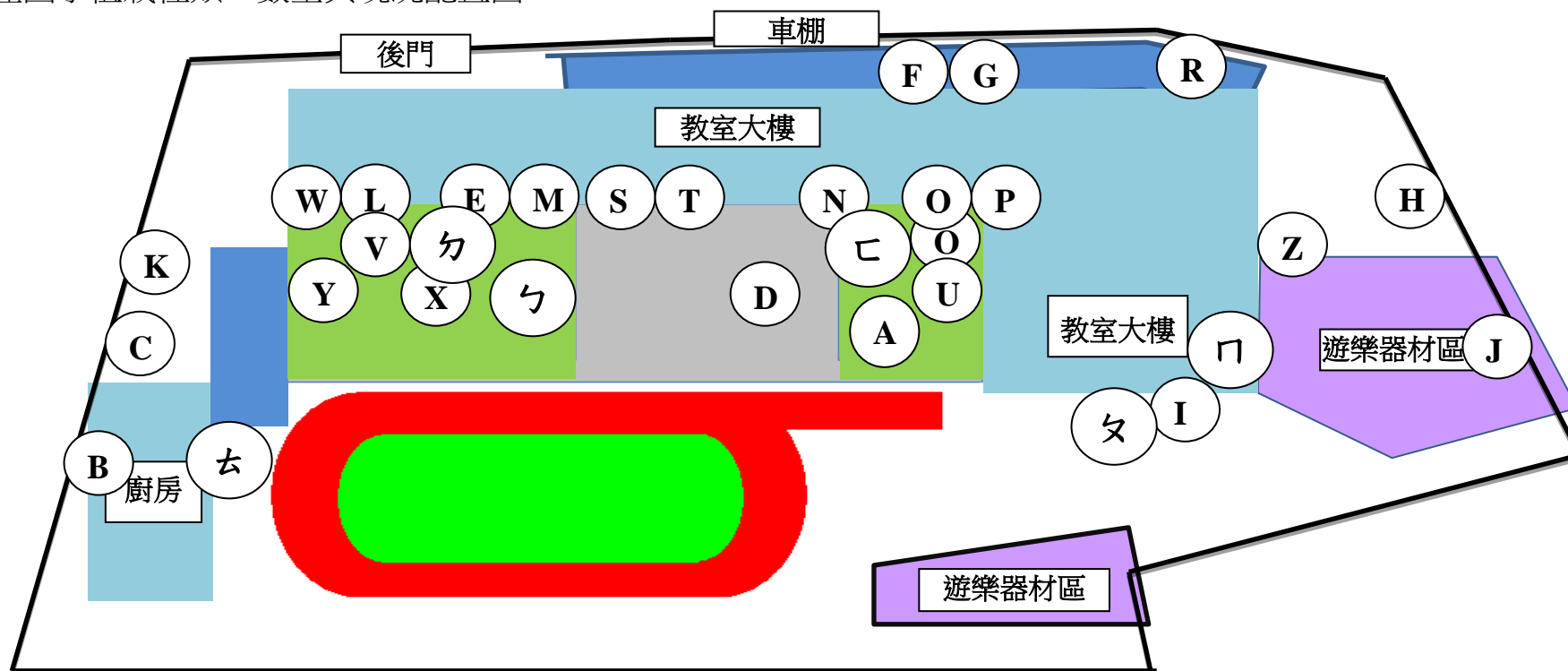
舉辦教師 QR Code 二維條碼研習



分組操作平板電腦進行 QR Code 二維條碼教學



和睦國小植栽種類、數量與現況配置圖



正門親和性圍籬

[illegible]



水生植物池生態



大安水蓼衣

Hygrophila pogonocalyx Hayata



别名 大安水蓼衣、龍砂蛇、魚骨草、九節花、墨菜



紙莎草

Cyperus papyrus



别名 埃及莎草



香蒲

Typha orientalis Presl



别名 毛藍蒲、水藍蒲、黑刀蒲、水蒲、水鴨香蒲、東方香蒲



大萍

Pistia stratiotes Linn.



别名 水蓬、芙蓉蓬



粉綠虎尾藻

Myriophyllum aquaticum



别名 羽毛草



田字草

Marsilea minuta L.



别名 萍、四葉草、四葉萍、南國田字草



台灣水龍

Ludwigia x taiwanensis Peng



别名 過江龍



滿江紅

Azolla pinnata R. Brown



别名 三角水絲絨、江萍、紅浮萍、豬鬃、黃萍、大藍萍、紫萍、三角萍



薤菜

Ipomoea aquatica Forsk.



别名 空心菜、藤藤菜、蕹菜、蕹菜



布袋蓮

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms



别名 鳳眼蓮、水風車、浮水蓮花、大水萍



西區植物園



樟樹

Cinnamomum camphora
(L.) Nees & Eberm.

別名 本樟、樟木子、樟樹、香樟、烏樟、芳樟

洋玉蘭

Magnolia grandiflora L.

別名 荷花玉蘭、泰山木、木蓮、木蓮花、黃玉蘭、廣木蘭、木蘭花、泰山木、大花木蘭

鵝掌藤

Schefflera odorata
(Blanco) Merr. & Rolfe

別名 七葉蓮

雞蛋花

Plumeria rubra L.

別名 樹蘭、鹿角樹、番仔花

朱槿

Hibiscus rosa-sinensis L.

別名 赤槿、日及、佛桑、扶桑、紅扶桑、紅木槿、皋桐、火紅花、蜀葵紅、宋槿、二紅花、花上花、土紅花、假牡丹、燈籠仔花

棕櫚

Trachycarpus fortunei

別名 唐棕、井棕、中國棕

變葉木

Codiaeum variegatum

別名 變色葉、變葉木、彩葉木、錦葉木、萬金樹

草海桐

Scaevola sericea

別名 水草、海草、青桐草、草桐、水草仔、大網梢、絨葉水草

春不老

Ardisia squamulosa Presl

別名 山藥肉、鵝掌金牛、東方紫金牛、萬壽金

龍柏

Juniperus chinensis L. var. *kaizuka* Hort. ex Endl.

別名 真珠柏、葉柏、鵝綠柏、鱗龍柏、日本柏、鳳凰松

麵包樹

Artocarpus altilis
(Park.) Fosberg

別名 麵包樹、馬嘜樹、雞樹薯



東區植物園



南洋杉

Araucaria excelsa
(Lamb.) R. Br.



桂花

Osmanthus fragrans



別名：月桂、木犀、木樨



台灣三角楓

formosanum (Hayata) Sasaki



別名：三片楓、台灣白栂



圓柏

Juniperus chinensis L. var.
horizontalis Hort. ex Endl.



別名：真珠柏、紫柏、鋪地柏、鋪地龍柏、日本柏、龍柏珠



變葉木

Codiaeum variegatum Bl.



別名：變色葉、變葉草、彩葉木、錦葉木、觀金柏



矮仙丹

Zoroaster x williamsii Hort. cv. Sunkist



別名：萬丹花、貴子木、貴子木、萬壽仙丹、三仙花、三仙花、山丹花、紅繡球



小葉桑

Morus australis Poir.



別名：桑樹、桑材樹、簕仔樹、繅桑仔、簕仔桑樹



台灣欒樹

Koelreuteria elegans



別名：苦楝樹、苦楝江、金苦楝、苦楝子、苦楝樹、苦楝木、苦楝仔、五色樹



百香果

Passiflora edulis



別名：安石榴、西番蓮果、西番果、巴西果、西番果



和嗒生態園



白玉蘭

Michelia alba DC.

别名：五瓣花、玉蘭、白蘭、木蘭、望春花
 金華花、木花樹、五瓣香、木蘭花
 廣華花、木花樹、五瓣花



和嗒生態園



黃金風鈴木

Tabeaena chrysantha

(Jacq.) Nees

别名：黃金風鈴木、巴西風鈴木、伊羅羅



和嗒生態園



羊蹄甲

Bauhinia variegata L.

别名：馬蹄豆、洋紫荊、南洋紫荊



和嗒生態園



黑板樹

Alstonia scholaris (L.) R. Br.

别名：金皮樹、金皮木、度母樹、鐵樹樹
 紅木、黑中樹、黑中樹、黑中樹
 廣花木、黑木木、黑木木、黑木木



和嗒生態園



扶桑

Hibiscus rosa-sinensis L.

别名：扶桑花、大紅花、紅扶桑、扶桑
 中國錦葵、扶桑、扶桑、扶桑
 扶桑、扶桑、扶桑、扶桑
 扶桑、扶桑、扶桑、扶桑



和嗒生態園



臺灣肖楠

Calocedrus formosensis

别名：臺灣肖楠、肖楠、肖楠、肖楠
 臺灣肖楠、肖楠、肖楠、肖楠
 臺灣肖楠、肖楠、肖楠、肖楠
 臺灣肖楠、肖楠、肖楠、肖楠



和嗒生態園



芒果

Mangifera indica L.

别名：樹梨、樹仔



和嗒生態園



鳳凰木

Delonix regia (Raj.) R.

别名：紅花風鈴木、火樹、鳳凰、紅花樹



和嗒生態園



阿勃勒

Cassia festiva L.

别名：黃粉蝶、黃粉蝶、黃粉蝶
 黃粉蝶、黃粉蝶、黃粉蝶、黃粉蝶
 黃粉蝶、黃粉蝶、黃粉蝶、黃粉蝶



和嗒生態園



橫仁

Tournefortia catappa L.

别名：紅花風鈴木、紅花風鈴木、紅花風鈴木
 紅花風鈴木、紅花風鈴木、紅花風鈴木
 紅花風鈴木、紅花風鈴木、紅花風鈴木

腳踏實地真的比較好嗎？探討校園各種鋪面特性

學校操場淹水問題探究



校園各角落溫度總體調查



校園各種鋪面「蘊熱力」、「緩衝力」戶外實驗活動



校園各種鋪面模型製作



「足踏實地」不一定真的好？--探討校園各種鋪面之研究

摘要

本研究係探討每天生活的學校操場不同材質的鋪面應用，在蘊熱力之品質研究。為了減少誤差增加觀察數值正確性，研究範圍除了含括本校室外各種鋪面，另外至鄰近本校嘉義市興安國小、蘭潭國小、文雅國小、輔仁中學與嘉義大學蘭潭校區學校地面進行戶外測量。另外為了增加實驗過程的嚴謹性，另外製作不同材質鋪面的模型，以避免戶外測量無法掌握的變因影響實驗結果。

實驗操縱變因為「蘊熱力」，鋪面應用材質方面將探討草地、泥土、沙坑、水泥地、磁磚、透水磚、安全地墊、PU跑道、紅土跑道與木頭。

研究結果顯示：PU跑道、PU操場、磁磚、透水磚、水泥地等硬鋪面夏季容易聚熱造成校園高溫，必須消耗能源進行降溫，廢棄物又難以處理，相當不環保，未來校園改造可以多使用透水性鋪面。

壹、研究動機

學校因為大部分的鋪面散熱力不佳，所以在夏天的午後讓學校的教室像烤爐般炎熱，又像是熱鍋上的螞蟻，很明顯是水泥叢林帶來的熱島現象，

因此我們想要探討在相同日照、濕度等氣候條件下，草地、泥土、沙坑、水泥地、磁磚、透水磚、安全地墊、PU高分子聚合物跑道與木頭等不同鋪面應用材質的蘊熱力變化。

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、瞭解學校操場不同材質的鋪面應用。
- 二、探討露天操場「鋪面材質」不同，對「蘊熱力」的影響。

參、研究設備與器材

一、基本材料：

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 草地 | 泥土 | 沙坑 |
|  |  |  |
| 水泥地 | 安全地墊 | PU跑道 |
|  |  |  |
| 透水磚 | 磁磚 | 木頭 |

二、器具：

燈具組、碼表、紅外線溫度計、溫度計、噴水器。

肆、研究過程與方法

一、蒐集彙整研究資料：

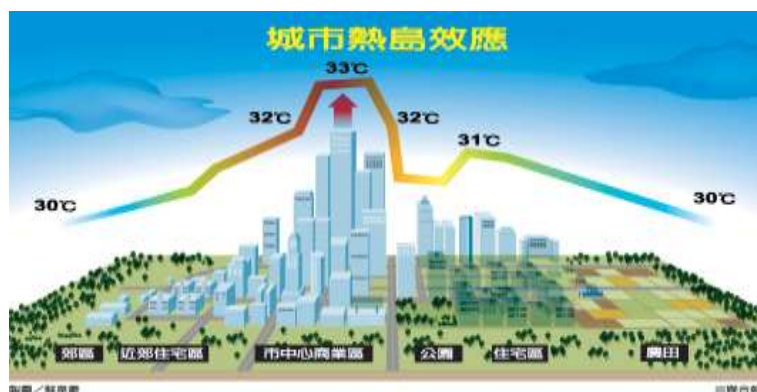
我們從巡視校園仔細觀察露天操場不同鋪面，並且從網路上搜尋相關資料，彙整後獲得以下知識：

（一）我們學校露天操場鋪面種類如下

草地、泥土地、沙坑、水泥地、磁磚、透水磚、安全地墊、PU
高分子聚合物跑道與木頭。

（二）熱島效應

熱島現象、或稱熱島效應，都市地區其等溫線排列，由都市中心向四周鄉村遞減，很像一個海島的地形圖。都市內部的氣溫比四周郊區高，在氣溫的空間分佈上，市區高溫宛如一個熱島，矗立在四周鄉間較涼的海洋中。因此稱都市中心較熱的地方為「熱島」。



二、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，測量快速準確。
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. 不同材質的鋪面取樣高度不一，應該在樣品下墊上物品，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，排除極端值誤差。

三、實驗步驟：

(一) 實驗一：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係—室內模型乾燥

- (1) 準備紅外線溫度計
- (2) 以燈泡模擬陽光照射自製不同校園鋪面模型。
- (3) 以燈泡發光 5分鐘、10分鐘、15分鐘進行不同鋪面溫度測量
- (4) 測量六次。
- (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，取中間四次求平均值。
- (6) 關閉電燈後5分鐘、10分鐘、15分鐘進行不同鋪面溫度測量
- (7) 測量六次。
- (8) 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。

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 磁磚 | 透水磚 | 安全地墊 | PU平面 | PU顆粒 |
|  |  |  |  |  |
| 水泥 | 泥土 | 沙坑 | 紅土 | 草地 |

(二) 實驗二：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係—室內模型潮濕

- (1) 準備紅外線溫度計
- (2) 準備噴水器對不同校園鋪面模型噴灑各10cc清水
- (3) 以燈泡模擬陽光照射自製不同校園鋪面模型。
- (4) 其餘過程如前項。



(三) 實驗三：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係探究--我的學校

- (1) 準備紅外線溫度計
- (2) 分別於AM7:00、AM12:00、PM14:00、PM16:00進行測量。
- (3) 分別至草地、泥土地、沙坑、木頭、磁磚、安全地墊、透水磚、水泥地與PU跑道上進行試驗。
- (4) 測量十次、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。



(四) 實驗四：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係探究--興安國小
實驗步驟同上。

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 紅土跑道 | 木板 | 透水磚 | PU | 泥土地 |
|  |  |  |  | |
| 磁磚 | 水泥地 | 安全地墊 | 草地 | |

(四) 實驗四：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係探究--文雅國小
實驗步驟同上。

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 沙坑 | 木板 | 透水磚 | 紅土跑道 | 泥土地 |
|  |  |  |  |  |
| 磁磚 | 水泥地 | 安全地墊 | 草地 | PU地面 |

(五) 實驗五：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係探究--蘭潭國小實驗步驟同上。

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 紅土跑道 | 木板 | 透水磚 | 沙坑 | 泥土地 |
|  |  |  |  |  |
| 磁磚 | 水泥地 | 安全地墊 | 草地 | 植草磚 |

(六) 實驗六：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係探究--輔仁中學
實驗步驟同上。

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| PU地面 | 木板 | 透水磚 | 紅土跑道 | 泥土地 |
|  |  |  |  | |
| 磁磚 | 水泥地 | 植草磚 | 草地 | |

(七) 實驗七：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係探究--嘉義大學
實驗步驟同上。

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| PU跑道 | 木板 | 透水磚 | 沙坑 | 泥土地 |
|  |  |  |  |  |
| 磁磚 | 水泥地 | 安全地墊 | 草地 | 植草磚 |

伍、結果與討論

一、實驗一：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係—室內模型乾燥

1.實驗結果：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係表

燈泡照射5分鐘

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 沙坑 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 安全地墊 | PU 平面 | PU 顆粒 | 紅土 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 22.7 | 23.8 | 26.6 | 21.3 | 26.1 | 21.1 | 26.8 | 23.8 | 29 | 20.1 |
| 第二次 | 22.6 | 23.6 | 26 | 21.2 | 26.5 | 21.2 | 26.9 | 23.9 | 25.3 | 19.8 |
| 第三次 | 22.6 | 23.8 | 26.8 | 21 | 26.8 | 21.3 | 26.5 | 23.9 | 25.5 | 19.8 |
| 第四次 | 22 | 23.6 | 25.6 | 20.7 | 27.7 | 20.8 | 26.5 | 23.7 | 25.3 | 19.9 |
| 第五次 | 22 | 23.7 | 26.3 | 20.6 | 27.9 | 21.1 | 26.1 | 24.2 | 25.3 | 20.4 |
| 第六次 | 23 | 23.4 | 26.2 | 20.7 | 26.6 | 20.8 | 25.9 | 23.9 | 25.3 | 20.1 |
| 平均 | 22.48 | 23.65 | 26.25 | 20.92 | 26.93 | 21.05 | 26.45 | 23.90 | 25.95 | 20.02 |

燈泡照射5分鐘



燈泡照射10分鐘

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 沙坑 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 安全地墊 | PU 平面 | PU 顆粒 | 紅土 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 23.8 | 24.5 | 27.2 | 21.7 | 26.7 | 23.8 | 29 | 23.7 | 24.6 | 20.4 |
| 第二次 | 23.8 | 24.4 | 27.2 | 21.9 | 27.1 | 22.2 | 26.6 | 23.8 | 24.7 | 20.5 |
| 第三次 | 23.4 | 24.4 | 27.6 | 21.5 | 27.1 | 22.2 | 27.5 | 23.8 | 24.7 | 19.4 |
| 第四次 | 23.4 | 24.2 | 29.3 | 21.3 | 27.1 | 22.4 | 26.9 | 23.8 | 24.3 | 18.7 |
| 第五次 | 23.4 | 24.2 | 27.1 | 20.7 | 27.8 | 22.2 | 26.9 | 24.2 | 24.5 | 18.7 |
| 第六次 | 22.9 | 24.2 | 28 | 20.7 | 28.2 | 22 | 26.9 | 23.7 | 24.5 | 19.9 |
| 平均 | 23.45 | 24.32 | 27.73 | 21.30 | 27.33 | 22.47 | 27.30 | 23.83 | 24.55 | 19.60 |



燈泡照射15分鐘

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 沙坑 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 安全地墊 | PU 平面 | PU 顆粒 | 紅土 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 24.7 | 25.3 | 31.9 | 26.2 | 28.1 | 27.8 | 26.2 | 27.5 | 27.5 | 23.8 |
| 第二次 | 24.6 | 23.5 | 31.9 | 26.8 | 28.3 | 27.1 | 27.8 | 29.2 | 29.3 | 23.8 |
| 第三次 | 24.8 | 24.2 | 31.9 | 26.8 | 28.3 | 27.1 | 31.4 | 29.2 | 29.1 | 23.8 |
| 第四次 | 24.8 | 24.2 | 31.5 | 26.4 | 28.3 | 27.7 | 31.1 | 28.5 | 29.1 | 24.2 |
| 第五次 | 24.8 | 24.6 | 29.6 | 26.4 | 28.7 | 27.5 | 30.9 | 28.5 | 29.1 | 24.2 |
| 第六次 | 23.4 | 24.1 | 30.5 | 26.4 | 28.3 | 27.5 | 30.6 | 28.6 | 28.9 | 23.4 |
| 平均 | 24.52 | 24.32 | 31.22 | 26.50 | 28.33 | 27.45 | 29.67 | 28.58 | 28.83 | 23.87 |



2.討論：

實驗結果如上表格與圖表，共測試十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，我們以5分鐘、10分鐘與15分鐘為測試標準結果發現當燈泡照射5分鐘後沙坑、磁磚、安全地墊溫度超過26度C，紅土跑道取出的紅土平均溫度為20.2度C最低。

由實驗結果中發現沙坑、磁磚、安全地墊無論燈泡照射5分鐘、10分鐘與15分鐘溫度都偏高、PU平面、PU顆粒在照射15分鐘後溫度也超過28.5度C；紅土、泥土與草地則溫度偏低。

其中紅土溫度在5分鐘時為20.2度C，10分鐘時卻不升反降為19.6度C應該為實驗誤差值。

小結：室內自製模型以燈泡代替太陽進行測試中，我們發現以PU材質與安全地墊的地面蘊熱力最高、校園中蘊熱力較低的鋪面有草地、泥土與紅土跑道，其中最低的為草地。

二、實驗二：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係—室內模型潮濕

1.實驗結果：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係表

燈泡照射5分鐘

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 沙坑 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 安全地墊 | PU 平面 | PU 顆粒 | 紅土 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 第一次 | 22.3 | 21.7 | 25.5 | 21 | 25.4 | 21 | 26.4 | 23.6 | 23.7 | 23.6 |
| 第二次 | 22.2 | 21.5 | 24.9 | 20.9 | 25.8 | 21.1 | 26.5 | 23.7 | 23.8 | 23.7 |
| 第三次 | 22.2 | 21.7 | 25.7 | 20.7 | 26.1 | 21.2 | 26.1 | 23.7 | 23.8 | 23.7 |
| 第四次 | 21.6 | 21.5 | 24.5 | 20.4 | 27 | 20.7 | 26.1 | 23.5 | 23.6 | 23.5 |
| 第五次 | 21.6 | 21.6 | 25.2 | 20.3 | 27.2 | 21 | 25.7 | 24 | 24.1 | 24 |
| 第六次 | 22.6 | 21.3 | 25.1 | 20.4 | 25.9 | 20.7 | 25.5 | 23.7 | 23.8 | 23.7 |
| 平均 | 22.08 | 21.55 | 25.15 | 20.62 | 26.23 | 20.95 | 26.05 | 23.7 | 23.8 | 23.7 |



燈泡照射10分鐘

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 沙坑 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 安全地墊 | PU 平面 | PU 顆粒 | 紅土 |
|----------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 第一次 | 23.7 | 24.3 | 26.9 | 21.6 | 26.5 | 23.6 | 28.9 | 24 | 24.4 | 20.3 |
| 第二次 | 23.7 | 24.2 | 26.9 | 21.8 | 26.9 | 22 | 26.5 | 24.1 | 24.5 | 20.4 |
| 第三次 | 23.3 | 24.2 | 27.3 | 21.4 | 26.9 | 22 | 27.4 | 24.1 | 24.5 | 19.3 |
| 第四次 | 23.3 | 24 | 29 | 21.2 | 26.9 | 22.2 | 26.8 | 24.1 | 24.1 | 18.6 |
| 第五次 | 23.3 | 24 | 26.8 | 20.6 | 27.6 | 22 | 26.8 | 24.5 | 24.3 | 18.6 |
| 第六次 | 22.8 | 24 | 27.7 | 20.6 | 28 | 21.8 | 26.8 | 24 | 24.3 | 19.8 |
| 平均 | 23.35 | 24.12 | 27.43 | 21.2 | 27.13 | 22.27 | 27.2 | 24.13 | 24.35 | 19.5 |



燈泡照射15分鐘

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 沙坑 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 安全地墊 | PU 平面 | PU 顆粒 | 紅土 |
|----------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 24.8 | 25.2 | 31.7 | 26 | 27.9 | 27.6 | 26 | 27.3 | 27.3 | 23.7 |
| 第二次 | 24.7 | 23.4 | 31.7 | 26.6 | 28.1 | 26.9 | 27.6 | 29 | 29.1 | 23.7 |
| 第三次 | 24.9 | 24.1 | 31.7 | 26.6 | 28.1 | 26.9 | 31.2 | 29 | 28.9 | 23.7 |
| 第四次 | 24.9 | 24.1 | 31.3 | 26.2 | 28.1 | 27.5 | 30.9 | 28.3 | 28.9 | 24.1 |
| 第五次 | 24.9 | 24.5 | 29.4 | 26.2 | 28.5 | 27.3 | 30.7 | 28.3 | 28.9 | 24.1 |
| 第六次 | 23.5 | 24 | 30.3 | 26.2 | 28.1 | 27.3 | 30.4 | 28.4 | 28.7 | 23.3 |
| 平均 | 24.62 | 24.22 | 31.02 | 26.3 | 28.13 | 27.25 | 29.47 | 28.38 | 28.63 | 23.77 |



2.討論：

由實驗結果中發現沙坑、磁磚、安全地墊無論燈泡照射5分鐘、10分鐘與15分鐘溫度都偏高、PU平面、PU顆粒在照射15分鐘後溫度也超過28.5度C；紅土、泥土與草地則溫度偏低。

小結：室內自製模型以燈泡代替太陽進行測試中，我們發現以PU

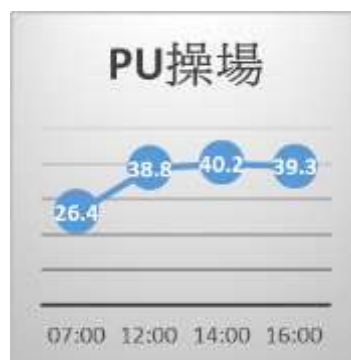
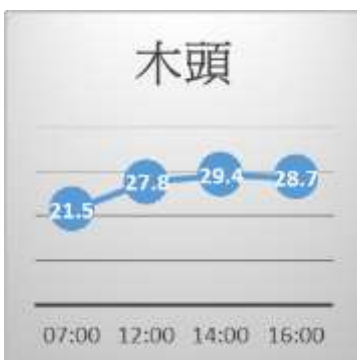
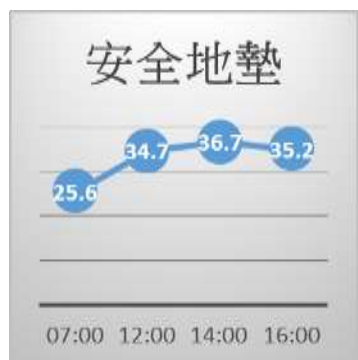
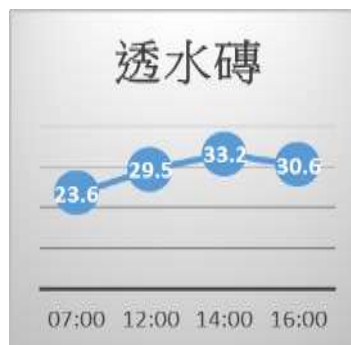
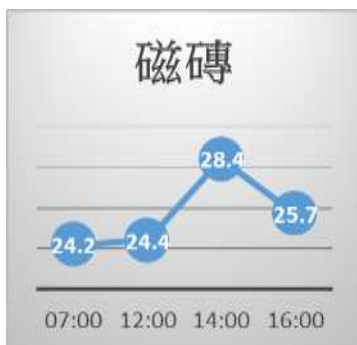
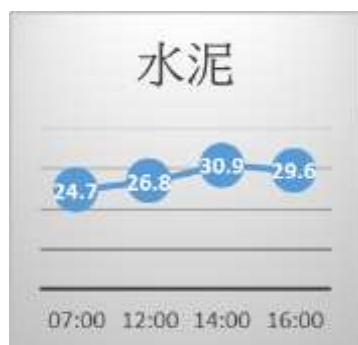
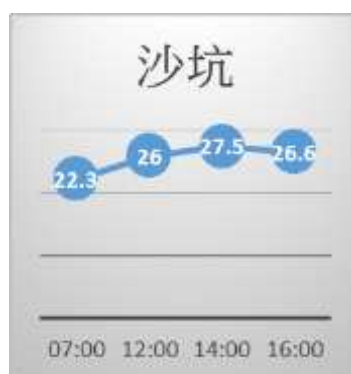
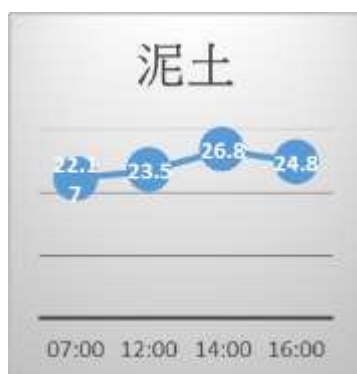
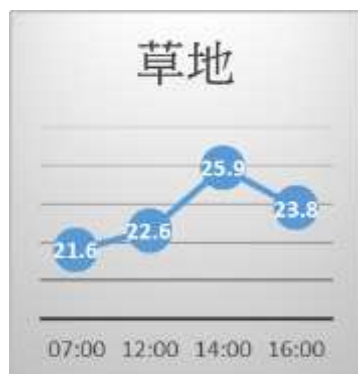
材質與安全地墊的地面蘊熱力最高、校園中蘊熱力較低的鋪面有草地、泥土與紅土跑道，其中最低的為草地。

三、實驗三：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係探究--我的學校

1.實驗結果：

校園各種鋪面與「蘊熱力」關係〈℃〉—時間與蓄熱關係

| 鋪面 時間 | 草地 | 泥土 | 沙坑 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 安全地墊 | 木頭 | PU 操場 | PU 跑道 | 室溫 |
|----------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 07:00 | 21.6 | 22.17 | 22.3 | 24.7 | 24.2 | 23.6 | 25.6 | 21.5 | 26.4 | 27.3 | 19.4 |
| 12:00 | 22.6 | 23.5 | 26 | 26.8 | 24.4 | 29.5 | 34.7 | 27.8 | 38.8 | 40.6 | 21.8 |
| 14:00 | 25.9 | 26.8 | 27.5 | 30.9 | 28.4 | 33.2 | 36.7 | 29.4 | 40.2 | 42.7 | 23.2 |
| 16:00 | 23.8 | 24.8 | 26.6 | 29.6 | 25.7 | 30.6 | 35.2 | 28.7 | 39.3 | 41.4 | 22.9 |



2.討論：

實驗結果如上表格與圖表，共測試十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，我們發現草地、泥土地、沙坑、木頭、磁磚、安全地墊、透水磚、水泥地、PU跑道以紅外線溫度器測試最低溫都出現在AM07:00；最高溫都出現在PM14:00。

校園各種鋪面最低溫會出現在AM07:00，原因應該是AM7:00相較於AM12:00、PM14:00與PM16:00太陽高度角較低，所以太陽輻射的熱量較低的關係。令我們大出意外的是校園各種鋪面最高溫出現在PM14:00左右而非原先我們小組預想的AM12:00，原先我們認為AM12:00是太陽高度角最大所以太陽的輻射熱也是最強的時間，但是顯然地表各種鋪面具有「蓄熱性」的特質，PM14:00太陽高度角高的太陽輻射熱量與一天中PM14:00以前，從日出地表開始接收太陽傳遞的輻射熱，蓄積至PM14:00與PM14:00當時的輻射熱，堆疊的熱數值為一天中最高溫。

所以後續的實驗規劃我們以下午14:00為測量標準，分別至鄰近本校嘉義市興安國小、蘭潭國小、文雅國小、輔仁中學與嘉義大學蘭潭校區各種鋪面進行測量溫度比較，以提高樣本數增加數據正確性。

小結：一天中太陽最大高度角出現在AM12:00，也是太陽輻射熱能

最大時刻，但是因為地表聚熱特行的關係，最高溫約為PM14:00左右。

四、實驗四：校園各種鋪面與「蘊熱力」關係探究

1.實驗結果：

我的學校〈℃〉

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 沙坑 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 安全地墊 | 木頭 | PU 操場 | PU 跑道 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 26 | 27 | 28 | 31 | 29 | 34 | 37 | 28 | 41 | 42 |
| 第二次 | 27 | 26 | 27 | 30 | 28 | 34 | 37 | 29 | 39 | 43 |
| 第三次 | 25 | 27 | 27 | 32 | 29 | 33 | 36 | 28 | 40 | 41 |
| 第四次 | 26 | 28 | 28 | 31 | 28 | 32 | 37 | 30 | 41 | 42 |
| 第五次 | 25 | 26 | 26 | 32 | 28 | 34 | 36 | 30 | 41 | 41 |
| 第六次 | 26 | 25 | 27 | 31 | 29 | 33 | 37 | 29 | 40 | 41 |
| 平均 | 25.83 | 26.50 | 27.17 | 31.17 | 28.50 | 33.33 | 36.67 | 29.00 | 40.33 | 41.67 |

興安國小〈℃〉

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 木頭 | 紅土跑道 | 植草磚 | PU 操場 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 24 | 31 | 34 | 34 | 36 | 38 | 30 | 31 | 46 |
| 第二次 | 26 | 31 | 34 | 34 | 34 | 38 | 28 | 31 | 46 |
| 第三次 | 26 | 30 | 35 | 35 | 34 | 39 | 28 | 30 | 45 |
| 第四次 | 25 | 30 | 35 | 34 | 35 | 39 | 29 | 30 | 46 |
| 第五次 | 24 | 30 | 34 | 35 | 35 | 39 | 29 | 30 | 45 |
| 第六次 | 26 | 31 | 36 | 35 | 36 | 39 | 30 | 30 | 45 |
| 平均 | 25.17 | 30.50 | 34.67 | 34.50 | 35.00 | 38.67 | 29.00 | 30.33 | 45.50 |

輔仁中學〈℃〉

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 木頭 | 紅土跑道 | 植草磚 | PU 操場 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 22 | 33 | 38 | 36 | 34 | 34 | 21 | 28 | 45 |
| 第二次 | 24 | 32 | 35 | 36 | 34 | 35 | 22 | 27 | 44 |
| 第三次 | 25 | 33 | 36 | 35 | 33 | 33 | 22 | 27 | 46 |
| 第四次 | 23 | 33 | 36 | 34 | 32 | 33 | 21 | 28 | 44 |
| 第五次 | 24 | 31 | 37 | 34 | 33 | 34 | 22 | 29 | 45 |
| 第六次 | 24 | 33 | 36 | 35 | 34 | 33 | 22 | 28 | 45 |
| 平均 | 23.67 | 32.50 | 36.33 | 35.00 | 33.33 | 33.67 | 21.67 | 27.83 | 44.83 |

蘭潭國小〈℃〉

| 鋪面 次數 | 草地 | 泥土 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 木頭 | 紅土跑 道 | 植草磚 | PU 操場 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|
| 第一次 | 24 | 30 | 38 | 36 | 36 | 38 | 27 | 31 | 44 |
| 第二次 | 23 | 31 | 37 | 36 | 36 | 37 | 26 | 30 | 43 |
| 第三次 | 24 | 31 | 37 | 34 | 37 | 37 | 27 | 31 | 46 |
| 第四次 | 22 | 32 | 38 | 35 | 37 | 36 | 27 | 30 | 46 |
| 第五次 | 24 | 32 | 38 | 35 | 36 | 38 | 26 | 30 | 45 |
| 第六次 | 24 | 30 | 39 | 35 | 34 | 37 | 26 | 30 | 45 |
| 平均 | 23.50 | 31.00 | 37.83 | 35.17 | 36.00 | 37.17 | 26.50 | 30.33 | 44.83 |

文雅國小〈℃〉

| | 草地 | 泥土 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 木頭 | 紅土跑 道 | 植草磚 | PU 操 場 | 安全地 墊 | 沙坑 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-----------|----------|-------|
| 第一次 | 28 | 30 | 36 | 35 | 36 | 36 | 26 | 26 | 41 | 41 | 33 |
| 第二次 | 29 | 31 | 36 | 36 | 36 | 37 | 27 | 26 | 43 | 39 | 32 |
| 第三次 | 29 | 31 | 35 | 35 | 37 | 36 | 27 | 25 | 42 | 40 | 33 |
| 第四次 | 28 | 32 | 35 | 34 | 35 | 36 | 26 | 26 | 41 | 41 | 32 |
| 第五次 | 30 | 30 | 34 | 35 | 35 | 37 | 27 | 25 | 42 | 42 | 32 |
| 第六次 | 29 | 31 | 36 | 34 | 36 | 36 | 27 | 25 | 42 | 40 | 32 |
| 平均 | 28.83 | 30.83 | 35.33 | 34.83 | 35.83 | 36.33 | 26.67 | 25.50 | 41.83 | 40.50 | 32.33 |

嘉義大學蘭潭校區〈℃〉

| | 草地 | 泥土 | 水泥 | 磁磚 | 透水磚 | 木頭 | PU 跑 道 | 植草磚 | PU 操 場 | 安全地 墊 | 沙坑 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-----------|----------|-------|
| 第一次 | 27 | 30 | 36 | 36 | 37 | 36 | 43 | 29 | 43 | 39 | 31 |
| 第二次 | 28 | 29 | 37 | 36 | 38 | 36 | 43 | 31 | 42 | 39 | 31 |
| 第三次 | 26 | 30 | 36 | 37 | 38 | 35 | 44 | 32 | 43 | 41 | 30 |
| 第四次 | 27 | 31 | 35 | 37 | 35 | 35 | 42 | 29 | 41 | 41 | 32 |
| 第五次 | 26 | 31 | 35 | 36 | 37 | 34 | 42 | 29 | 41 | 40 | 30 |
| 第六次 | 27 | 28 | 36 | 35 | 36 | 35 | 42 | 31 | 40 | 41 | 31 |
| 平均 | 26.83 | 29.83 | 35.83 | 36.17 | 36.83 | 35.17 | 42.67 | 30.17 | 41.67 | 40.17 | 30.83 |

蘊熱力 (°C) -我的學校



蘊熱力 (°C) -興安國小



蘊熱力 (°C) -輔仁中學



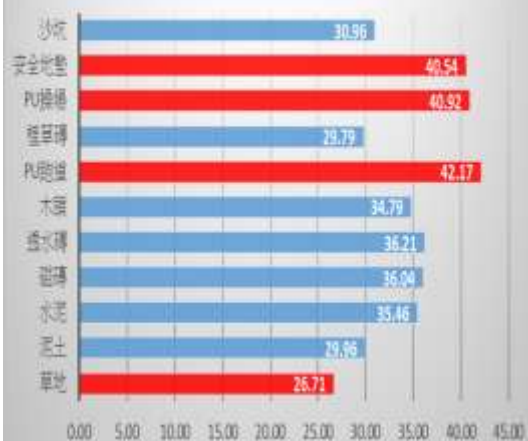
蘊熱力 (°C) -蘭潭國小



蘊熱力 (°C) -文雅國小



蘊熱力 (°C) -嘉義大學蘭潭校區



2.討論：

六間學校的 PM 14:00 草地溫度最低，分別為攝氏 25.83 度、25.17 度、23.67 度、23.5 度、28.83 度、26.71 度，其次為泥土與紅土跑道平均約為攝氏 30 度，略高於草地溫度，應該是草地與紅土、泥土性質相近，但是因為草地上草叢植栽可以降低溫度的原因。

溫度約在攝氏35度左右的有植草磚、磁磚、水泥與透水磚等材質，原因應該是植草磚、磁磚、水泥與透水磚的材質與聚合密度孔隙接近，所以蘊熱力也差不多。

小結：在不同學校測試中，我們發現以PU材質的地面蘊熱力最高、略低的有安全地墊，校園中蘊熱力較低的鋪面有草地、泥土與紅土跑道，其中最低的為草地。

陸、結論與建議

結論一：室內自製模型以燈泡代替太陽進行測試中無論樣本為乾燥或是潮濕，我們發現以PU材質與安全地墊的地面蘊熱力最高、校園中蘊熱力較低的鋪面有草地、泥土與紅土跑道，其中最低的為草地。

以5分鐘、10分鐘與15分鐘為測試標準結果發現當燈泡照射5分鐘後沙坑、磁磚、安全地墊溫度超過26度C，紅土跑道取出的紅土平均溫度為20.2度C最低。

當燈泡照射10分鐘後沙坑、磁磚、安全地墊溫度超過27度C，紅土跑道取出的紅土平均溫度為19.6度C最低。當燈泡照射15分鐘後沙坑溫度最高31.22度C、安全地墊、PU平面、PU顆粒、溫度超過28.5度C紅土跑道取出的紅土平均溫度為23.87度C最低、泥土與草地分別為24.32度C、24.52度C。

我們認為安全地墊、PU平面、PU顆粒蘊熱力較高，紅土、泥土與草地分蘊熱力較低。

結論二：一天中太陽最大高度角出現在AM12:00，也是太陽輻射熱能最大時刻，但是因為地表聚熱特質的關係，最高溫約為PM14:00左右。

校園各種鋪面最低溫會出現在AM07:00，原因應該是AM7:00相較於AM12:00、PM14:00與PM16:00太陽高度角較低，所以太陽輻射的熱量較低的關係。原先我們以為AM12:00是太陽高度角最大，所以太陽的輻射熱也是最強的時

間，但是顯然地表各種鋪面具有「蓄熱性」的特質，PM14:00太陽高度角高的太陽輻射熱量與一天中PM14:00以前，從日出地表開始接收太陽傳遞的輻射熱，蓄積至PM14:00加上PM14:00當時的輻射熱，堆疊的熱數值使得PM14:00左右成為一天中最高溫時段。

結論三：PU顆粒狀跑道蘊熱力最高，其次為PU平面操場與安全地墊，草地的蘊熱力最低，其次為泥土與紅土跑道

為了減少誤差增加觀察數值正確性，研究範圍除了含括本校室外各種鋪面，另外至鄰近本校嘉義市興安國小、蘭潭國小、文雅國小、輔仁中學與嘉義大學蘭潭校區進行學校地面測量。

在兩間學校中一致性發現 PU 顆粒狀跑道蘊熱力最高，其次為 PU 平面操場，可見以 PU 高分子聚合物作為校園地面鋪面，蘊熱力高的特性會讓校園溫度上升，另外同樣為化學材質聚合物的校園遊樂器材安全地墊，溫度也超過攝氏 40 度。

蘊熱力的實驗中我們發現草地的溫度最低，其次為泥土與紅土跑道，溫度略高於草地溫度，應該是草地與紅土、泥土性質相近，但是因為草地上草叢植栽可以降低溫度的原因。

溫度約在攝氏35度左右的有植草磚、磁磚、水泥與透水磚等材質，原因應該是植草磚、磁磚、水泥與透水磚的材質與聚合密度孔隙接近，所以蘊熱力也差不多。

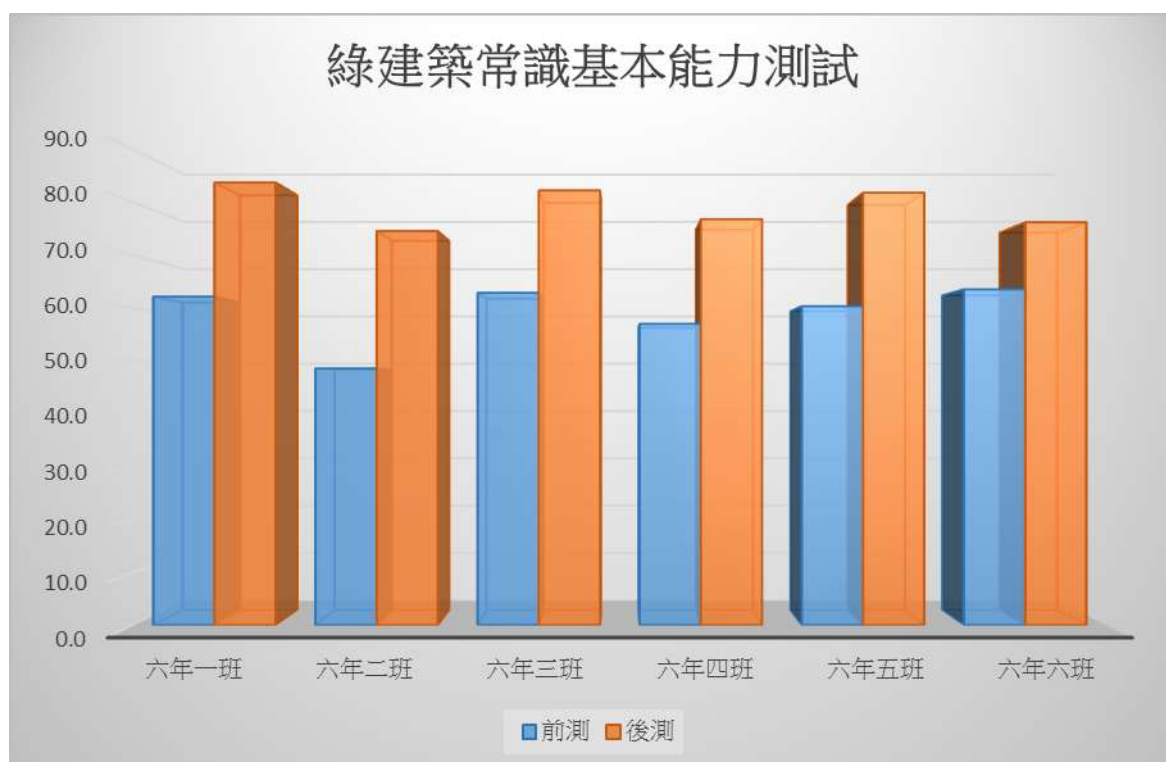
建議：PU顆粒狀跑道蘊熱力最高，紅土跑道蘊熱力低，PU跑道、PU 操場、磁磚、透水磚、水泥地等硬鋪面除了透水性不佳之外，夏季容易聚熱造成校園高溫，必須消耗能源進行降溫，廢棄物又難以處理，相當不環保，未來如學校新建跑道或是改造時，可以優先考量考量紅土跑道。

柒、參考資料

1. 《透水性鋪面養護工法參考手冊》，內政部營建署
2. 《鋪面、材料工程實務》，詹氏出版社。

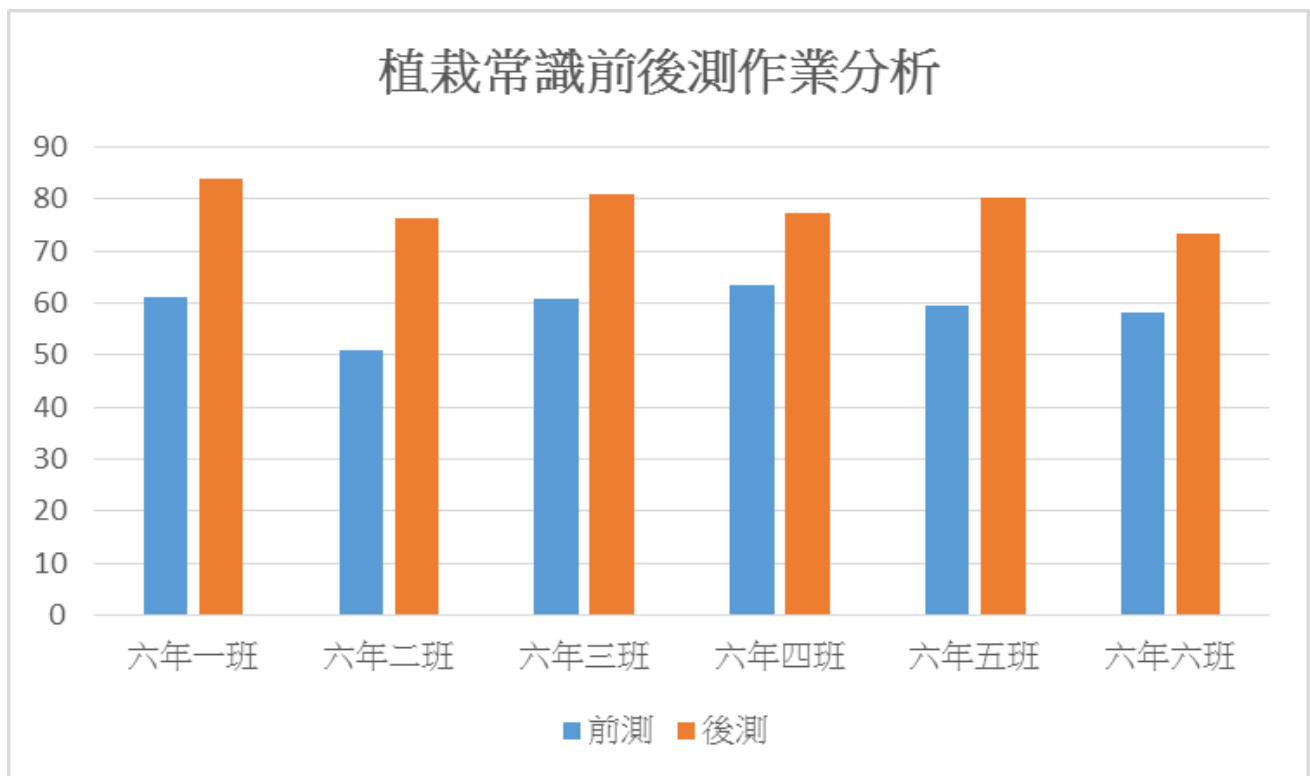
綠建築概念前後測作業分析

| | 六年一班 | 六年二班 | 六年三班 | 六年四班 | 六年五班 | 六年六班 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 前測 | 62.2 | 48.6 | 62.9 | 57.0 | 60.4 | 63.6 |
| 後測 | 83.8 | 74.6 | 82.3 | 76.9 | 81.9 | 76.3 |



植栽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 | 六年六班 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 前測 | 61.3 | 50.8 | 60.7 | 63.5 | 59.4 | 58.1 |
| 後測 | 84.1 | 76.3 | 80.9 | 77.4 | 80.2 | 73.5 |



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 | 六年六班 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 前測 | 68.9 | 66.4 | 61.5 | 62.8 | 62.4 | 61.3 |
| 後測 | 86.7 | 78.6 | 81.4 | 81.7 | 84.9 | 76.5 |

資訊常識前後測作業分析

