

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

080812

磚「心」勘查

---自製不同材質隔熱磚塊的物理性質探究

學校名稱：國立臺東大學附屬實驗國民小學

作者：	指導老師：
小六 蔡尚佑	黃竹君
小六 陳家楷	吳美慧
小五 林郁哲	
小四 游牟紹帆	

關鍵詞：隔熱

## 摘要

溫室效應的緣故以致全球溫度不斷上升，氣候的變化也讓人類開始正視這問題，氣溫升高造成不舒適感、動植物生存受影響，都是地球發出的警訊。而氣溫不斷上升，也會影響建築物的室內溫度，因此，本研究想藉由隔熱磚的製作，探討不同比例與材料製作隔磚塊其效果如何？不同材質的隔磚塊其隔熱效果的狀況是否有差異，為降低教室內的溫度找出方法，最後再針對研究結果進行討論與建議。

## 壹、研究動機

近幾年氣候變遷急遽，全球溫室效應的情況持續惡化，世界各地都出現天氣異常的現象，各地區的平均溫度以比以往上升了 3-4 度左右，若再持續上升，對地球的生物將會有很嚴重的影響，對人類也會造成危害。夏天天氣炎熱，坐在教室悶熱的程度，可能難以想像，即使吹著電扇都還會一直流汗，而吹電扇能降的溫度有限，尤其是位在頂樓的教室，開了窗戶，希望運用熱對流的原理降低室內溫度，但熱氣卻從來沒消散過，電扇吹拂過的風都還是熱的，自然課程「熱與生活」介紹熱的傳播方式，除了對流、傳導外，另一個就是輻射，我們推測頂樓教室的熱氣或許和太陽的熱輻射有關係，太陽直接照射屋頂所產生的熱能，是讓位於頂樓的教室溫度一直居高不下的原因，如何漸少陽光透過屋頂直接讓熱穿透？不同的材質熱傳播的速度不一樣，因此，想探討哪一種材質製作而成的磚塊，可以減少熱的傳播，未來製作成隔熱磚放置教室頂樓，減少太陽直接照射屋頂的機會，讓教室溫度有所改善為研究動機之一。

市面上販售的隔熱磚價格不便宜，大量鋪置頂樓恐怕有點困難也花費金錢，從保護地球的觀點出發，若能將廢材再利用，就能減少一些環境汙染，校園裡的紙藝術品(磨菇椅)讓我們靈機一動，炎熱夏天在太陽照射下，坐在磨菇椅上卻不燙屁股，讓我們很好奇，原來磨菇椅的材料是廢紙，因此想以「紙」來進行實驗，除此之外，我們想到生活上有許多的廢棄物，報廢不用的 CD 片、稻穀碾米後剩下米殼，都是我們生活上常見的物品也是研究的材料，探討不同材質的隔熱效果，找出最佳的隔熱磚為研究動機之二。

## 貳、研究目的

- 一、比較不同紙量與相同水泥量所製作出來的紙磚塊的外觀差異度。
- 二、水泥與材料為 1:1 的狀態下，比較不同材質製作出的磚塊重量的差異度。
- 三、比較不同材質的自製磚塊，隔絕溫度狀況的差異度。
- 四、比較不同材質的自製磚塊，隔音的狀況是的差異度。
- 五、比較不同材質的自製磚塊，吸水率的狀況的差異度。

## 參、研究問題

- 一、比較不同紙量與相同水泥量所製作出來的紙磚塊外表差異狀況為何？
- 二、比較不同材質製作出的磚塊重量差異為何？
- 三、比較不同材質製作出的磚塊，隔絕溫度的差異為何？
- 四、比較不同材質的自製磚塊，隔音的差異為何？
- 五、比較不同材質的自製磚塊，吸水率的差異為何？

## 肆、文獻探討

### 一、磚塊材料的選擇

上網蒐集資料了解隔熱磚的材質，我們發現隔熱磚主要是以不易導熱的材質來製作，像是 PS 板(聚苯乙烯)、橡膠等，且在參考相關文獻之後，引發我們想進一步探究，若利用不同的材質來實驗，會不會也有同樣的效果，於是我們選擇老師辦公室裡隨處可見的廢紙、報紙和光碟來試驗，再加上臺東縣產業多以務農為主，廢棄的米殼除了拿來當肥料，讓土壤肥沃之外，我們想試試看能否製成米殼磚來阻隔溫度。

### 二、磚塊比例的選擇

為了找出製作紙磚的最佳比例，我們蒐集相關文獻，發現大都使用 1：1 的比例製作，為求準確，於是我們加入 1：2 和 1：3 的紙磚進行探討，想找出不同比例的紙磚差異。

### 三、實驗項目的選擇

參考幾屆科展的作品，有些研究重視外表與重量的差異比較，有些研究關注在防火、耐震程度、硬度、酸鹼性等特性的比較，依據本研究目的，探究不同材質的磚塊特性作為建材

的參考，因此，我們選擇溫度隔絕、噪音防治、吸水狀況為主要探究範圍，以電暖風扇為溫度熱源供應器進行實驗，探討溫度的變化，以塑膠箱和紙箱打造不同空間環境，進行聲音傳導的探究，以浸水測試的方式探究磚塊的吸水狀況。

## 伍、研究設備及器材

一、研究材料：碎紙、報紙、米殼、白膠、海菜粉、白石灰、水泥、水、紙箱、塑膠箱

二、研究工具：磅秤、磚塊模型、量杯、電子秤、電子溫度計、紅外線溫度槍、酒精燈、分貝計、板擦機、三角架

酒精燈		白膠		白石灰	
分貝計		水泥		磚塊模型	
紙箱		磅秤		電子秤	
板擦機		電子溫度計		溫度槍	
碎紙		米殼		報紙	
塑膠箱		三角架		量杯	

## 陸、研究過程與方法

### 一、研究過程

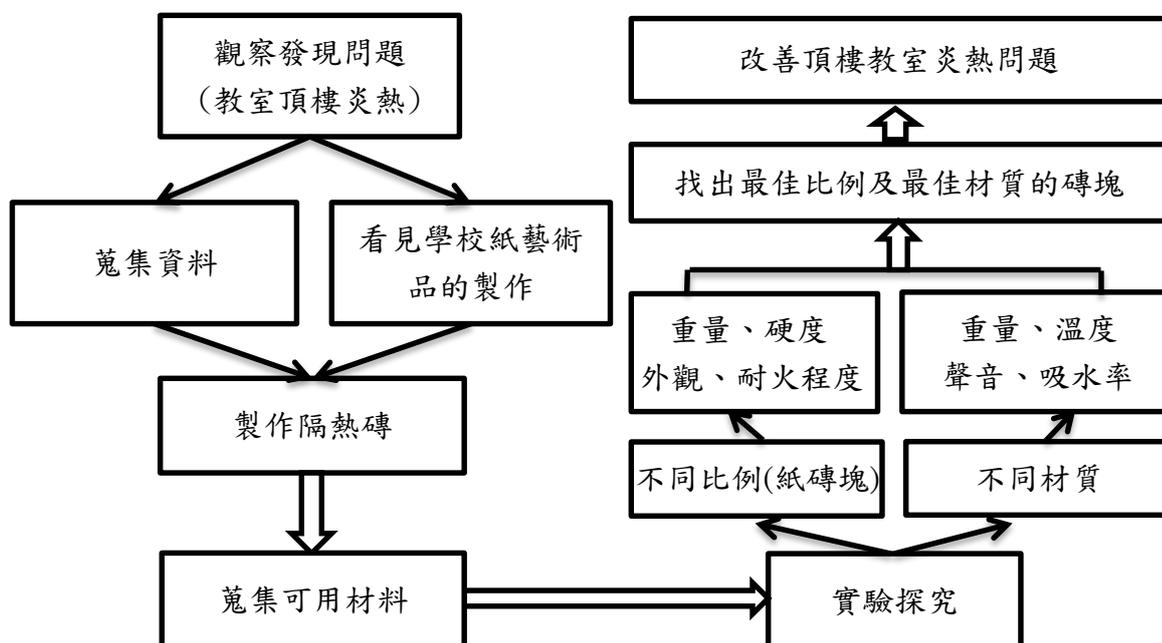


圖 1：研究流程圖

### 二、研究方法

我們參考文獻資料發現有紙磚的實驗製作和作品(第 51 屆科展作品)，再加上去年學校參加藝術深耕活動利用廢紙來製作大型的藝術品，這些校園的紙藝術品，讓我們靈機一動，在不汙染環境的前提下，我們想選擇一些生活常見廢棄物作為材料，參考製作紙藝術品的方法，我們選擇辦公室回收紙(碎紙)、報紙、米殼、CD 片為材料，而磚塊的尺寸，根據 CNS 標準規格為長 23 公分、寬 11 公分、高 6 公分。本研究先從不同的比例進行實驗，再使用不同的材質製作磚塊，以下為製作的方法：

#### (一)前導實驗：

##### 1. 找出紙磚塊的最佳比例(不同比例的磚塊製作)

蒐集並閱讀文獻資料後，為了找出最適合的紙磚塊，我們先進行了前導測試，以辦公室回收紙(碎紙)當作材料，製作三種不同比例的紙磚塊，分別從外觀、磚塊品質進行比較，探究何種比例適合製作成紙磚塊。

- (1) 以回收紙(碎紙)量與水泥量為 1：1、1：2、1：3 進行比較，固定海菜粉及白石灰量，白膠與水量則須適時調整以增加黏著狀況。
- (2) 全部材料加入後攪拌均勻，並在磚塊模型上舖上保鮮膜或塑膠袋，方便乾燥後脫模。
- (3) 陰乾放置一天後脫模，再放置室內陰乾 30-45 天左右，完成紙磚塊作品。
- (4) 前導實驗所用材料紀錄如下表。

材料	1：1	1：2	1：3
水泥	100g	100g	100g
回收紙(碎紙)	100g	200g	300g
海菜粉	5g	5g	5g
白石灰	20g	20g	20g
白膠	100g-150g	200g-250g	300g-350g
水	200g-300g	300g-400g	400g-500g

## 2. 製作不同材質的磚塊

### (1)以不同材質進行磚塊製作

根據前導實驗的紙磚塊製作情況，我們發現回收紙與水泥量為 1：1 比例，製作出來的紙磚塊凝固效果最好，加上以燃燒做為測試，發現 1：2 的紙磚有悶燒的狀況，因此針對不同材質的磚塊製作，決定選擇以材質量和水泥量為 1：1 的比例進行製作。小組討論後分別收集生活上可再利用的材料，包括回收紙(碎紙)、碎報紙、米殼和 CD 片，並以紅磚的體積尺寸為 23 X 11 X 6 cm 為參考樣本，製作不同材質的磚塊。

### (2)訂製模具固定磚塊體積

以木板 23cm X 11cm X 6cm 製作模具方便製作磚塊，將不同材質的材料與水泥依據 1:1 的比例製作成體積大小固定的磚塊以進行後續的實驗研究。

(3)不同材質的磚塊製作材料，以下為製作一個磚塊所需的量。

材料 重量 類型	水泥	海菜粉	白石灰	白膠	水
回收紙(碎紙)	300g	10g	60g	300g-400g	700g-800g
碎報紙				300g-400g	600g-700g
米殼				500g-600g	500g-550g
CD片				500g-550g	450g-500g

### 3.磚塊製作程序

		
秤紙、海菜粉、白石灰粉、水泥的重量		
		
秤重完後全部加入混合		
		
再加入白膠攪拌		
		
鋪上塑膠袋或保鮮膜	將材料裝進磚塊模型裡	

		
陰乾一天後	脫模再陰乾	磚塊製作完成

## (二) 不同材質磚塊的特質比較

### 1.重量的比較

為比較不同材質所製作出來的磚塊有何不同？我們分別以傳統磅秤和電子秤為研究工具，測量不同材質磚塊的重量，重複檢測並求出相同材質磚塊的平均重量。

### 2.磚塊外觀的辨識

相同模具製作出來的磚塊經過風乾凝固的過程，體積上會有些微的差異，其中以紙漿磚的體積最小。

### 3.磚塊性質比較實驗

製作過程發現磚塊風乾後，分別以鐵釘和指甲進行刮痕測試，以了解不同材質的磚塊性質。

◎ 下圖為不同材質重量測量的實驗過程

		
用傳統磅秤測量	用電子磅秤測量	記錄算平均

## (三)不同材質磚塊對隔絕溫度變化的實驗

為了解不同材質所製成的磚塊以及磚塊的排列型態對隔絕溫度是否有影響，我們將磚塊分別進行兩種不同排列模式的比較，一是將磚塊單片排列成平面，一是三角形組合型態，分別以電暖器模擬太陽光，電暖器距離磚塊 50 公分(實驗桌)，將電暖器加熱後，以紅外線溫度槍和電子溫度計做為測量工具，表面溫度以紅外線溫度槍測量，磚塊後方溫度以電子溫度計來測量，每隔 10 分鐘測量磚塊前後方的溫度，記錄四次共進行 40 分鐘的實驗紀錄(一節課 40 分鐘)。

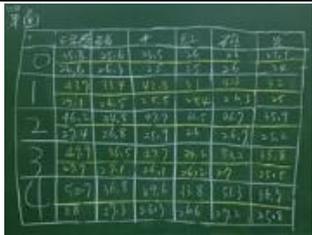
### 1.單片平面組合磚塊表面溫度與後方溫度的比較

電暖器加熱後，以 10 分鐘為一階段分別記錄不同時間下，單片平面組合的條件下，磚塊表面及後方溫度的狀況，以了解不同材質對溫度的阻隔情形。

### 2.三角形組合型態表面與裡層溫度的比較

將磚塊以五片為一組，組合成三角體，電暖器加熱後，以 10 分鐘為一階段分別記錄不同時間下，磚塊表面與裡層溫度的狀況，以了解不同的組合樣態對溫度的隔絕情形。

3.實驗操作方式與過程如下圖說明。

		
磚塊距離電暖器 50 公分	組合成三角形的溫度實驗	單面磚塊溫度實驗
		
每隔 10 分鐘記錄一次	紅外線槍測表面溫度	記錄實驗結果

### (四)不同材質磚塊對聲音隔絕的實驗

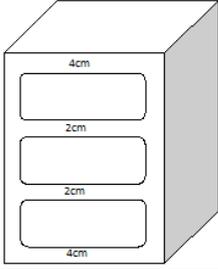
#### 1. 先測量塑膠箱與紙箱的分貝數

此實驗先針對不同材質音箱測試分貝數，聲音來源為板擦機，距離紙箱 100 公分(1 公尺)，分別在紙箱和塑膠箱上坎入紙磚後進行聲音測量(箱子大小皆為 A3 紙張尺寸，每塊磚塊的間隔距離是 2 公分，上下距離 4 公分)，發現紙箱內聲音分貝數較低，因此選擇 A3 紙箱做為聲音實驗的環境，進行不同材質磚塊的聲音測試。

#### 2. 測量不同材質磚塊的分貝數

測量不同材質磚塊的聲音分貝數，以分貝計為研究工具，每一種材質的磚塊進行 5 次測試，每一次測試取前中後三個時間點共測量 15 次，再求平均值，並探究不同材質磚塊的隔音效果。

3. 實驗操作方式與過程如下圖說明

		
特製音箱	塑膠箱	紙箱
		
板擦機距離箱子 100 公分	使用分貝計測試	記錄

(五)不同材質磚塊吸水率的實驗

將不同材質的磚塊放入相同大小的盒子裡，加入 2000ml 的水，浸泡四小時，再使用公式計算其吸水率，實驗過程及公式如下：

1. 吸水率公式 =  $\frac{\text{吸水後重量} - \text{乾燥時重量}}{\text{乾燥時重量}} \times 100\%$

2. 實驗過程

		
放至相同大小盒子	加入 2000ml 的水	浸泡四小時再秤重計算

柒、研究結果

一、比較不同紙量與相同水泥量所製作出來的紙磚塊外觀差異狀況為何？(前導實驗)

針對不同紙量紙磚進行實驗，從外觀、重量、硬度來進行探究，想選出適合實驗的紙磚比例，且考量磚塊可能當作建材的未來性，也加入了耐火程度實驗，以下為實驗研究結果。

## (一) 外觀

### 1. 體積完整度

製作不同比例的磚塊，製作過程中發現 1：1 的紙磚黏著性比較好，陰乾後 1：1 和 1：2 脫模拿起後不會掉碎屑，1：3 的紙磚拿起後容易掉紙碎屑。

### 2. 外表紋路

用眼睛觀察可以發現 1：2 和 1：3 的紙磚塊外觀，有明顯的碎紙紋路，用手摸可以清楚摸到碎紙的紋路，尤其是 1：3 的紙磚塊，摸起來凹凸不平，1：1 的紙磚塊水泥比紙多，碎紙的紋路不明顯，用手觸摸比 1：2、1：3 平滑。

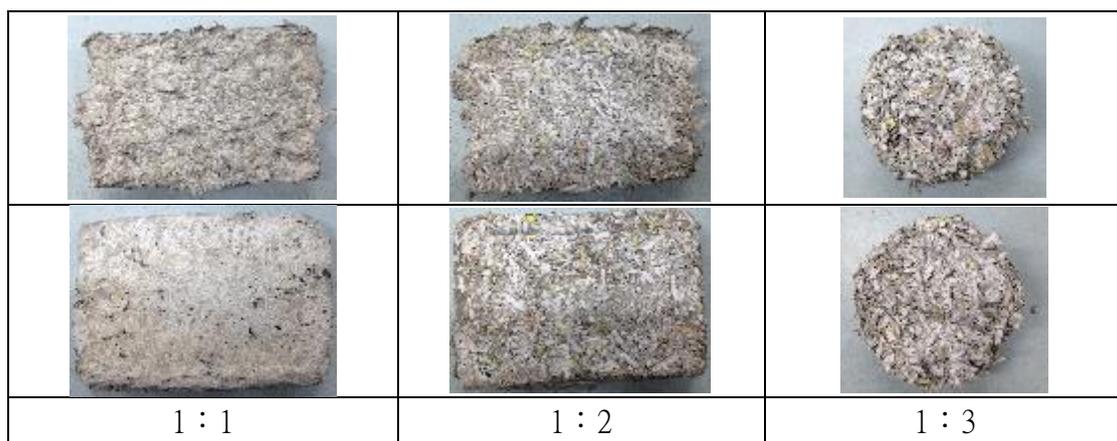
### 3. 顏色描述

碎紙製作出來的磚塊顏色主要是灰白色，1：1 紙磚塊顏色比較深，1：2 紙磚是灰色，表面看的出來有碎紙，1：3 的紙磚顏色是灰白色，表面是碎紙本身顏色，灰色較淡。

◎以下針對外觀描述，整理出如下表格：

紙磚比例 外觀	1：1	1：2	1：3
黏著性	高	中	低
外觀的紋路	碎紙紋路 不明顯(平滑)	有碎紙紋路	有碎紙紋路不平整
顏色	灰色	灰色(表面有碎紙)	灰白色(碎紙顏色)

◎下圖為不同比例的紙磚塊照片(正面、背面)：



## (二) 不同比例紙磚塊的重量差異

以碎紙和水泥不同比例製作出來的重量，根據實驗結果 1：1 的重量是 121 公克，1：2 的重量是 72 公克，1：3 的重量是 54 公克，紙漿(1：1)則是 44 公克，我們發現不同比例的紙磚

重量以 1 : 1 的紙磚塊最重，1 : 3 的紙磚最輕，圖表如下。

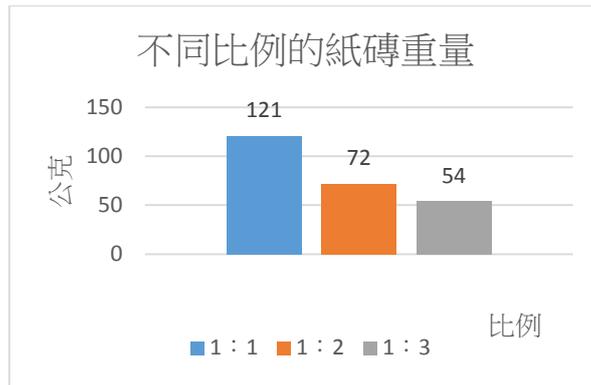
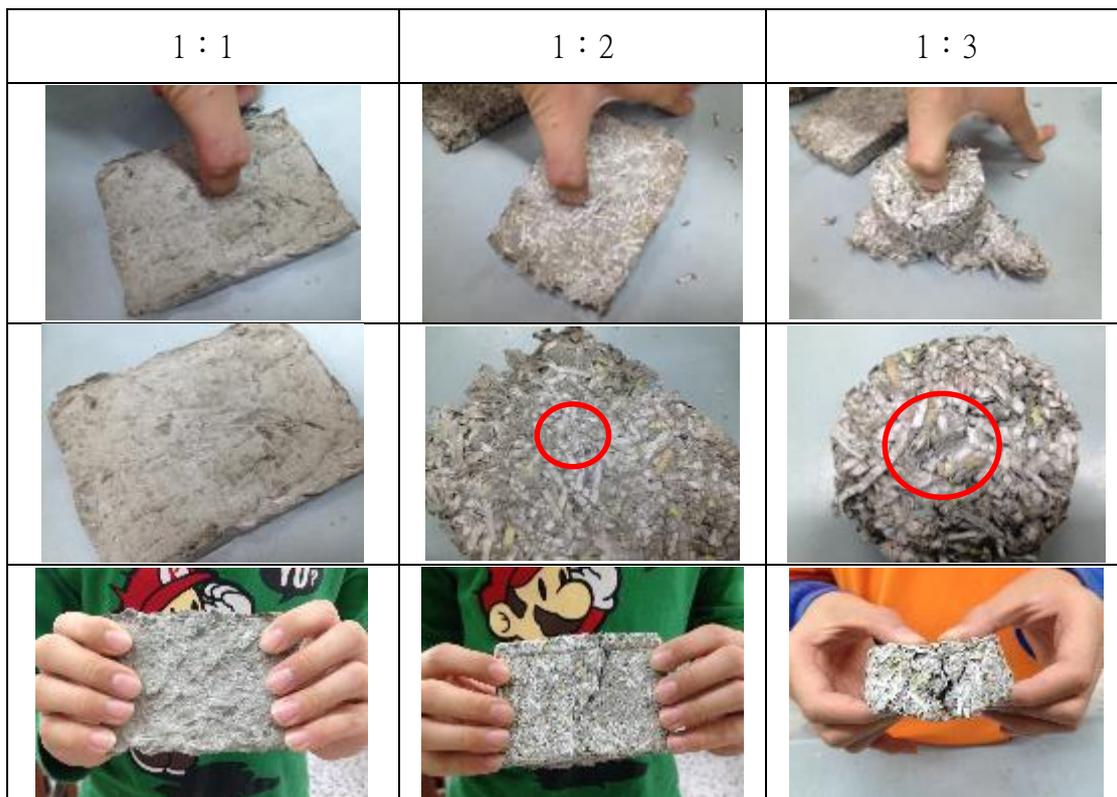


圖 2：不同比例的紙磚重量

### (三) 硬度

比較三個紙磚塊的硬度，用指甲壓後發現 1 : 1 的紙磚塊沒有改變，1 : 2 的磚塊有指甲的痕跡，1 : 3 的紙磚塊有凹洞，顯示 1 : 3 的紙磚塊硬度比較低，壓的時候比其他兩個軟，而 1 : 1 的紙磚塊硬度較高。用力剝紙磚塊時，1 : 2、1 : 3 的紙磚能被剝碎，1 : 1 的則無法剝碎。以鐵釘進行刻痕測試發現外表有刮痕，但看不出凹陷程度，因此以指甲進行按壓。



### (四) 耐火程度

比較 1 : 1 與 1 : 2 的耐火程度，發現在燃燒時，可以看到 1 : 2 的火比較大，火焰延伸燒到磚塊旁，燃燒 30 秒鐘之後，1 : 2 的磚塊燃燒情況比較嚴重，呈現黑色烤焦樣，10 分鐘

後將 1 : 2 的磚塊放置塑膠盆子，發現磚塊還在冒煙，也將塑膠盆子燒出了一個洞。可以知道燃燒後的磚塊，即使經過 10 分鐘溫度還是非常的高。

		
架設同樣高度進行燃燒	以酒精燈測試	燃燒 30 秒鐘
		
1 : 2      1 : 1	1 : 2 的還在冒煙	燒破塑膠一個洞
燃燒結束		

## 二、比較不同材質製作出的磚塊重量差異為何？

在材料與水泥 1:1 的相同比例之下，以模具製作出相同體積的磚塊，進行不同材質的磚塊比較，我們以電子秤來測量，取得平均數值發現在回收紙(碎紙)、報紙、米殼、碎紙紙漿以及光碟材料中，以光碟磚塊的重量最重，重達 1512 公克，其次是回收紙(碎紙)889 公克、報紙 864 公克和米殼 627 公克，碎紙紙漿的重量最輕，是 475 公克。

米殼磚		報紙磚		碎紙磚	
					
光碟磚		紙漿磚		紅磚	
					

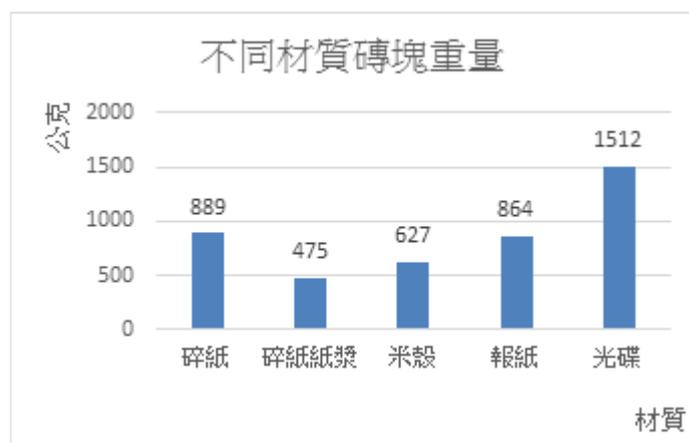


圖 3：不同材質的磚塊重量

### 三、比較不同材質製作出的磚塊，隔絕溫度的狀況差異為何？

測量不同材質磚塊隔絕溫度的狀況，我們以紅磚當對照組進行溫度的實驗，材質分別是報紙、回收紙(碎紙)、米殼、碎紙紙漿、光碟，觀察溫度上有無差異，以兩種不同的方式來探究，分別是單面磚塊和組合成三角形的形狀進行溫度測量，在溫度測量部分又針對磚塊表面溫度和磚塊後方溫度來看溫度的變化，以下為實驗的結果。

#### (一)單片平面組合磚塊表面溫度與後方溫度的比較

測量單面磚塊溫度中，分別在磚塊表面和磚塊後方進行溫度的測量，每 10 分鐘記錄一次，記錄 4 次一共是 40 分鐘，並觀察其溫度變化。

##### 1. 磚塊表面溫度

根據實驗結果，時間在經過 40 分鐘後，表面溫度皆會上升到 30°C 以上(如下表所示)，且時間越久表面溫度會上升越高。我們以紅磚當作對照組，發現在表面的溫度差部分，溫度相差最多的是回收紙(碎紙)，相差最低的是紅磚，其次是光碟磚和報紙磚。

單面表面溫度	米殼	光碟	回收紙 (碎紙)	報紙	碎紙紙漿	紅磚 (對照組)
未實驗前	25.5°C	25.5°C	26°C	25.6°C	25.8°C	26°C
40 分鐘後	49.6°C	36.3°C	51.3°C	36.8°C	50.7°C	33.8°C
溫度差	24.1°C	10.6°C	25.3°C	11.2°C	24.9°C	7.8°C

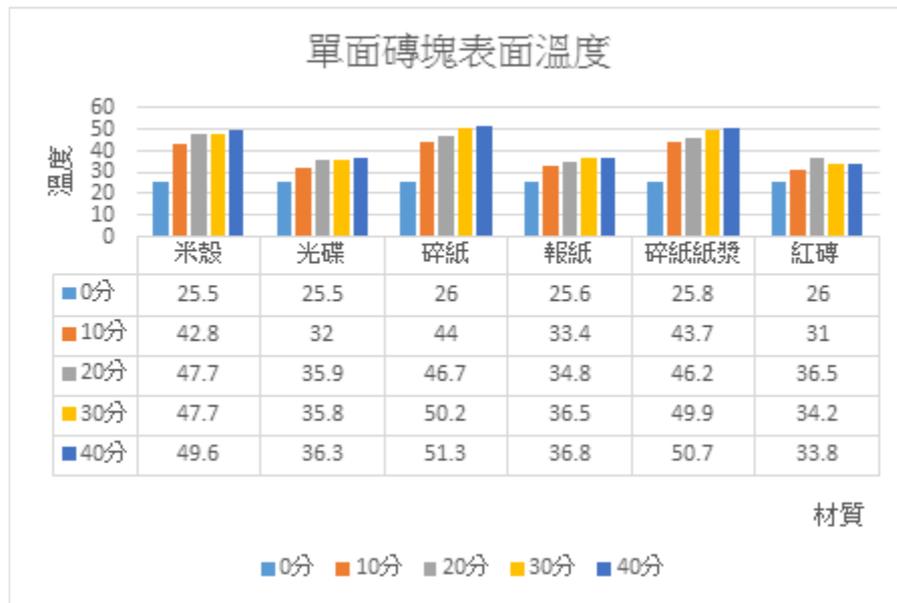


圖 4：0—40 分鐘磚塊表面的溫度變化



圖 5：0—40 分鐘不同材質單面磚塊的溫度差

## 2. 單面磚塊後方溫度

根據實驗結果，在 40 分鐘之後，溫度上升最多的是光碟磚，溫度上升最少的是報紙磚，顯示報紙磚的溫度傳遞最慢，隔熱效果比其他材質的磚塊佳。

磚塊後方溫度	米殼	光碟	回收紙 (碎紙)	報紙	碎紙紙漿	紅磚
未實驗前	25°C	24°C	26°C	26.3°C	26.6°C	25°C
40 分鐘後	26.3°C	25.8°C	27.2°C	27.3°C	28°C	26.6°C
溫度差	1.3°C	1.8°C	1.2°C	1°C	1.4°C	1.6°C

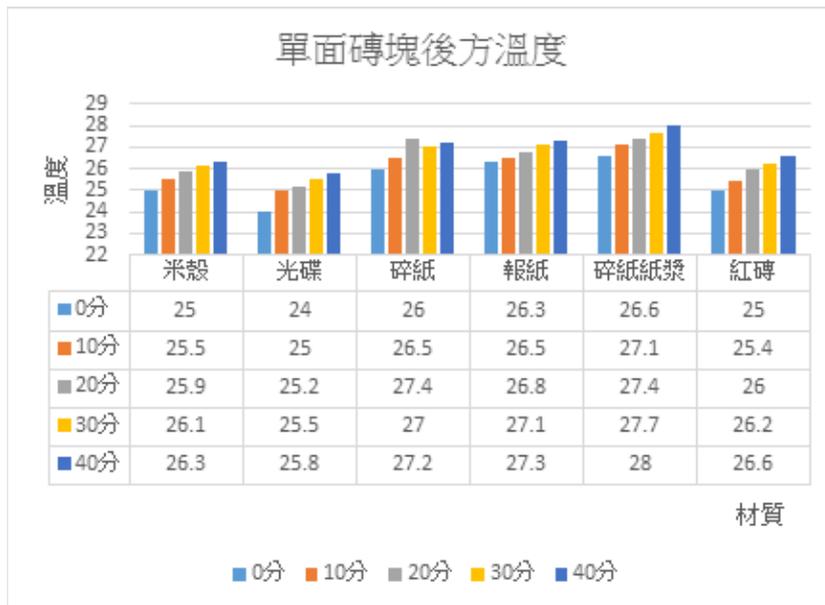


圖 6：0—40 分鐘磚塊後方的溫度變化

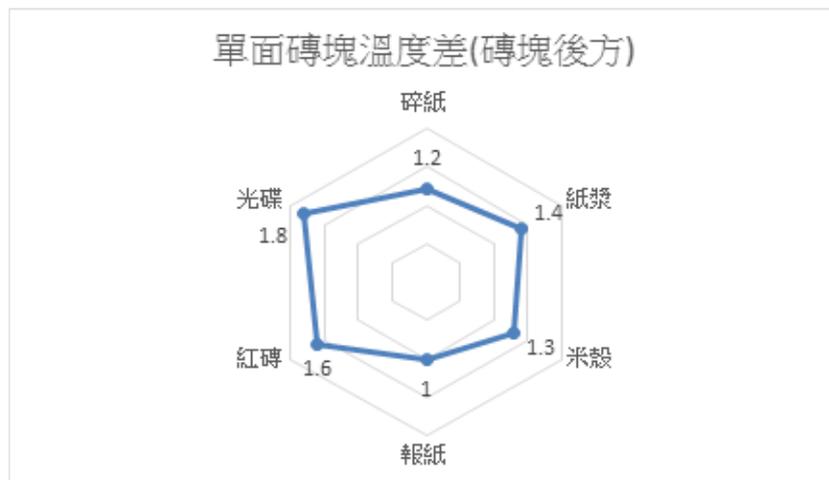


圖 7：0—40 分鐘不同材質單面磚塊後方的溫度差

## (二)三角形組合型態表面與裡層溫度的比較

將五塊磚塊組合成三角形的形狀，並進行磚塊表面溫度和磚塊內部的溫度測量，實驗的材質分別為米殼、碎紙、報紙、碎紙紙漿、紅磚，此部分刪除光碟磚的溫度測量，因為在單面磚塊測量部分，發現光碟磚在磚塊後方的溫度最高，因此移除光碟磚的測量。此實驗每 10 分鐘測量一次，一共 40 分鐘，測量四次，以下為研究結果數據。

### 1. 三角形磚塊屋表面溫度

研究結果顯示，在 40 分鐘後，磚塊的表面溫度會上升超過 40 度，只有紅磚上升的速度最慢，只上升了 16.4 度，而碎紙紙漿的溫度差最大，表面溫度上升了 31.4 度，其次是回收紙(碎紙)、報紙和米殼。

表面溫度	米殼	回收紙(碎紙)	報紙	碎紙紙漿	紅磚
未實驗前	30.1℃	30.1℃	30.1℃	32.6℃	32℃
40 分鐘後	50.8℃	59.1℃	58.4℃	64℃	48.4℃
溫度差	20.7℃	29℃	28.3℃	31.4℃	16.4℃

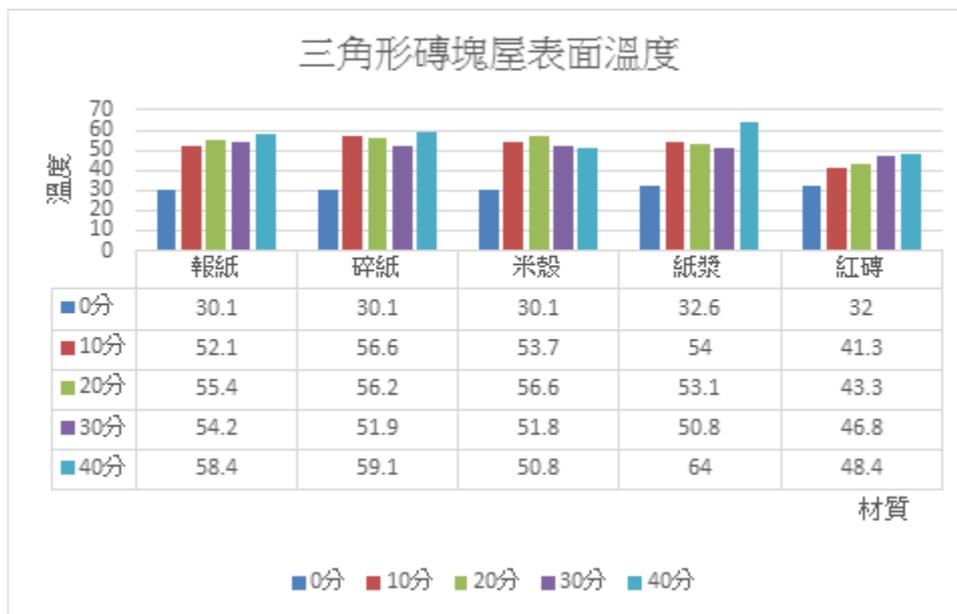


圖 8：0—40 分鐘三角形磚塊屋表面的溫度變化

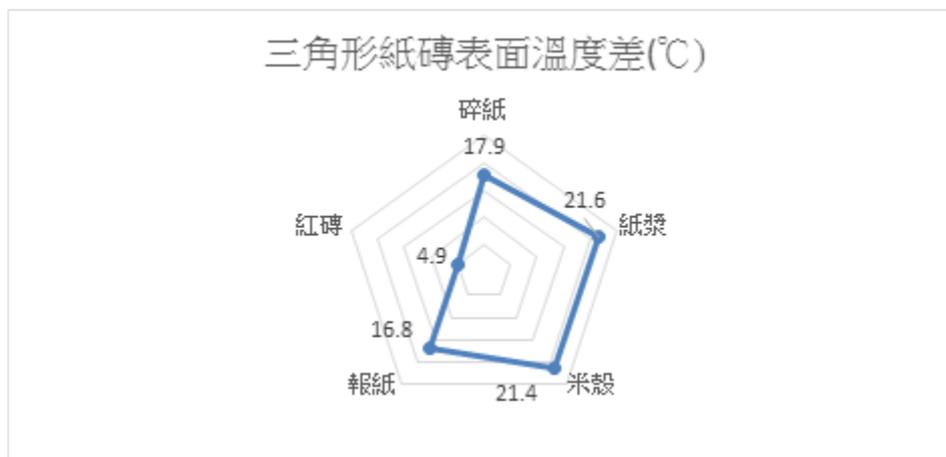


圖 9：0—40 分鐘不同材質三角形磚塊屋的溫度差

## 2. 三角形磚塊屋磚塊裡層溫度

如下圖表格所示，不同材質磚塊組合裡層的溫度，以米殼磚的溫度上升最多，報紙磚的溫度會比未實驗前的溫度低 0.2 度，其次是紅磚，經過 40 分鐘的實驗溫度的變化大約是 1 度左右。

磚塊後方溫度	米殼	回收紙(碎紙)	報紙	碎紙紙漿	紅磚
未實驗前	30.8℃	30.5℃	31.2℃	31℃	31.9℃
40 分鐘後	32℃	31℃	31.6℃	31.5℃	32.6℃
溫度差	1.2℃	0.5℃	0.4℃	0.5℃	0.7℃

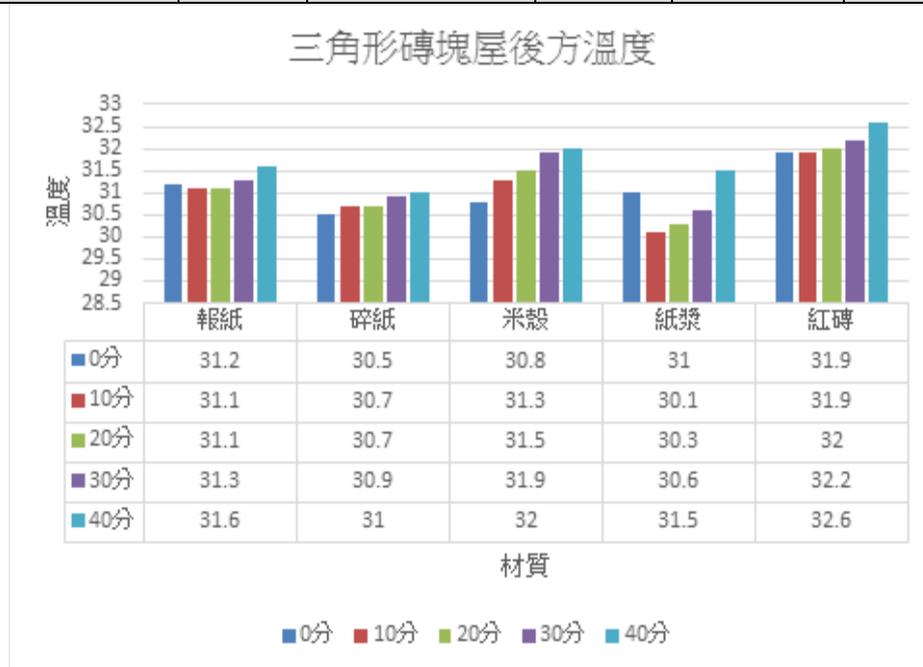


圖 10：0—40 分鐘三角形磚塊屋後方的溫度變化

#### 四、比較不同材質的自製磚塊，隔音的差異為何？

實驗中探究不同材質磚塊的隔音差異，先以塑膠箱與紙箱進行隔音效果比較，再以隔音效果較好的，做為後續測量不同材質磚塊的隔音實驗器材，以下將針對音箱作為前導實驗，之後再進行各材質的隔音差異比較。

##### (一) 塑膠箱與紙箱隔音的差異

採取紙漿磚塊放入塑膠箱與紙箱，實驗結果塑膠箱是 75.75dB，紙箱是 73.33dB，發現塑膠箱的隔音效果比較差，但兩者分貝數滿接近，如下圖所示，後續實驗以紙箱作為測量隔音差異的實驗器材。

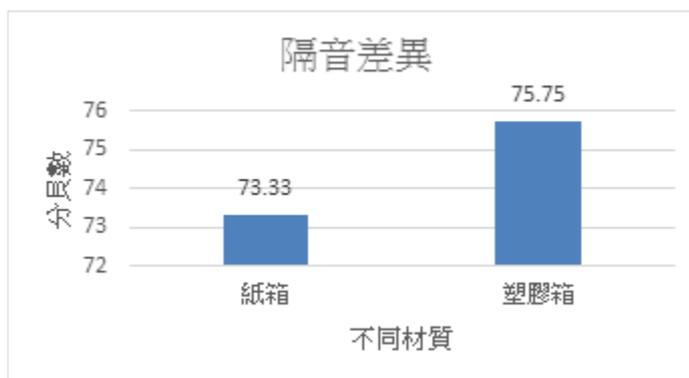


圖 11：不同材質音箱的隔音差異

## (二) 不同材質磚塊隔音的差異

根據上述實驗，選取紙箱做為測量隔音的實驗材料，放入各材質的磚塊後，測得碎紙 72.87 dB，報紙 72.42 dB，米殼 73.77 dB，紙漿 73.33 dB，紅磚 75.43 dB，發現紅磚的分貝數最高，報紙的分貝數最低，也發現紙類的磚塊數據都算接近。



圖 12：不同材質磚塊的隔音差異

## 五、比較不同材質的自製磚塊，吸水率的差異為何？

考慮磚塊能否發展出成為建材的未來性，查閱資料發現一般磚塊的吸水率若在 15% 以下，吸水率較佳，黏貼性好有助於作為建材的特性。我們實驗報紙、米殼、碎紙、紅磚、紙漿、光碟等不同材質磚塊的吸水率，進行計算的結果，報紙的吸水率為 86.2%，米殼 73.9%，碎紙 91.4%，紅磚 13.7%，紙漿 134%，光碟 20%，發現吸水率最好的是對照組的紅

磚，其他材質的磚塊吸水率都在 15%以上，其中以紙漿的吸水率較差。

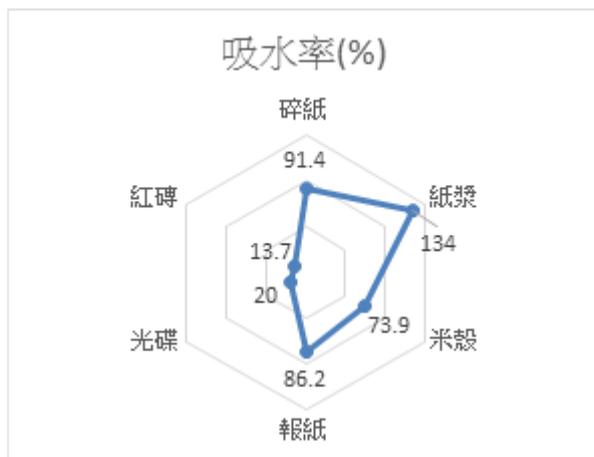


圖 13：不同材質的吸水率

實驗過程中，也發現將磚塊泡水時，紅磚隨即出現冒泡情況，冒泡的速度很快，小氣泡從紅磚的孔縫處一直冒出、報紙磚、紙漿磚則是 10 分鐘後有冒泡的現象，也是冒出小氣泡，冒泡速度沒有紅磚快(如圖所示)，推論是磚塊內部空氣排出現象。



## 捌、結論與討論

### 一、不同紙量與相同水泥量所製作出來的紙磚塊，外觀具有差異度(前導實驗)

三種不同比例的紙磚塊，因為比例不同，碎紙和水泥的量不一樣，所以在外觀、硬度、顏色上都不太相同，以下從外觀、硬度及完整度三個部分來進行討論。

#### (一) 外觀差異：

回收紙(碎紙)比例高的紙磚塊，外觀上碎紙紋路越明顯，1：3 的紙磚因碎紙比例高，因此在外觀上可以很清楚看出碎紙的紋路，顏色偏白(碎紙顏色)，而 1：1 的紙磚，碎紙的量比 1：2 和 1：3 的少，所以外觀上碎紙的紋路不明顯，多是水泥的痕跡和顏色。

#### (二) 硬度差異：

1：3 的紙磚塊因為碎紙的比例較高，以指甲按壓後，除了有指甲紋之外，也會有拇

指凹陷的痕跡，1：2 的紙磚塊在紙的比例上沒有 1：3 的紙磚塊多，因此以指甲按壓只有指甲的壓痕，而 1：1 的紙磚塊，以指甲按壓完全沒有痕跡，是三者中最硬的。以手用力剝開紙磚塊後，發現 1：2 和 1：3 的紙磚塊能被剝裂，1：3 的紙磚較 1：2 的紙磚塊容易剝裂，而 1：1 的紙磚塊則是完全沒有變化，由此顯示 1：1 的紙磚塊最硬，其次是 1：2 和 1：3。

### (三) 體積完整度的差異：

1：3 的紙磚塊拿取時，容易掉紙的碎屑，製作時雖有加入白膠和海菜粉黏著，但因為水泥量較少，碎紙較多，因此容易掉碎屑，完整度最差。而 1：1 和 1：2 的紙磚塊，拿取時不會有碎屑掉落，因此完整度較 1：3 高。

## 二、不同材質製作出的磚塊其重量具有差異度，以碎紙漿製作之磚塊最輕

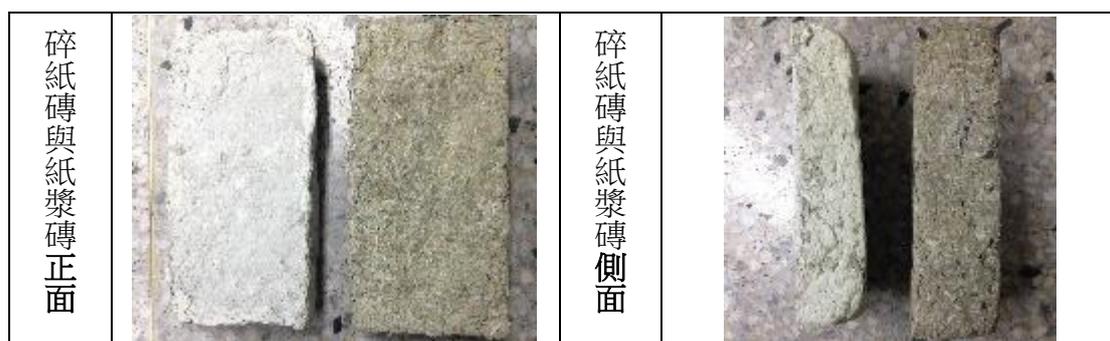
比較不同材質的磚塊重量，以相同模具製作出同體積的磚塊，結果光碟磚塊的重量最重，碎紙紙漿最輕，如圖所示，推論如下：

### (一)光碟磚最重：

我們發現光碟磚最重，碎紙紙漿最輕，其次是米殼，推論光碟磚最重的原因可能是它的材質造成的，根據資料上顯示，光碟片的材質包含 PC 材質、金銀等金屬材質、以及壓克力樹脂…等，是造成光碟磚較重的緣故。

### (二)碎紙紙漿磚最輕：

碎紙紙漿的紙磚較輕的原因，我們發現碎紙紙漿磚比碎紙的紙磚薄(如下圖)，推論可能是在製作時，因為需要加入大量的水將紙打碎、攪拌，在陰乾脫模後，水分蒸發，以致紙磚變得比較薄，將碎紙磚與碎紙紙漿磚放在一起比較，也發現碎紙紙漿磚比碎紙磚小一點，因此紙漿磚的重量比碎紙磚輕。



### (三)米穀磚的重量輕：

在這六種材質中，米穀雖然不是當中最輕的磚塊，但和紙漿磚只相差 152 公克，重量非常接近，我們推論米穀磚比紙漿磚重的原因，可能是米穀無法像紙一樣能吸水，雖然加入相同材料黏著，但陰乾後體積並沒有改變，而紙漿磚陰乾後，水分蒸發，會比原本的模型磚小一點，是比米穀磚還要輕的原因。

### 三、不同材質製作出的磚塊，隔絕溫度具有差異度，以回收紙磚塊隔熱效果佳

實驗不同材質的磚塊隔絕溫度的狀況，分成兩個部分探討，分別是表面溫度與磚塊後方溫度。

(一) 單片平面組合磚塊表面溫度與後方溫度的比較，可推論出回收紙(碎紙)吸收熱量速度快而紅磚吸收熱量的速度慢；而磚塊後方溫度的比較，在不同材質間溫度進行傳播的速度會因為質料不同而產生差異，驗證自然課「熱與生活」單元，不同材質間熱傳播的速度不同，此外，相同 40 分鐘的照射，報紙、回收紙與米穀所製成的磚塊後方溫度，溫度上升約 1-1.3 度間，可以推論使用紙磚塊進行隔絕溫度可以達到一定的效果。

(二) 三角形組合型態表面與裡層溫度的比較，將磚塊排列成不同的形態其隔絕溫度的成效，以降低空氣流通的組合狀態下，報紙磚屋的效果最佳，其次是碎紙、紙漿屋，第三則為紅磚屋，實驗也發現不論是哪種材質的磚塊，在三角屋的組合模式下溫度上升只在一度上下，可以證明對溫度的隔絕有一定的效果。

(三) 米穀、廢紙材料製成磚塊對溫度隔絕有一定的作用，加上重量輕巧的特點，未來可朝向磚塊承载力、防火狀況進行比較，米穀磚、紙磚塊將是可進一步開發的建築材料來源。

### 四、不同材質的自製磚塊，隔音具有差異度，報紙磚隔音效果佳

學校位在飛機航道下，我們試想若磚塊能夠有效隔絕溫度，又能有隔音效果，一舉兩得，因此針對不同材質的磚塊，進行隔音的實驗，並以紅磚塊當做對照組。前導實驗中以塑膠箱和紙箱進行測量，發現紙箱的隔音效果較好，因此選擇紙箱做為實驗器材。進行不同材質的測試時，也發現報紙磚的隔音效果最佳，紅磚最差，而各紙類間(碎紙、報紙、紙漿)的分貝數據接近，顯示以紙類作為磚塊的材料具備一定的隔音效果，且蒐集文獻資料也發現到報紙磚的確能有效降低聲音。

## 五、不同材質的自製磚塊，吸水率表現不佳

磚塊除了探討隔絕溫度、聲音的效果外，未來若能做為建材使用，能不能防水是需要探討的方向，因此我們針對不同材質的磚塊實驗，發現除了對照組紅磚外，其他材質磚塊的吸水率皆不佳(吸水率都在 15%以上)，推論紙類容易吸水是造成吸水率不佳的原因，另外米殼磚塊從水中取出後，米殼磚一直出現水滴漏現象，將水倒掉後靜置一節課後仍有積水在盒內，顯示米殼磚縫隙多。未來若想要使用這些材質的磚塊當做建材，需要想辦法解決磚塊的吸水率問題。

## 玖、建議

- 一、探究磚塊以不同組合形式(三角形磚屋、四邊形磚屋)溫度隔絕是否產生差異，是未來可以努力的方向。因為利用不同的材質製作磚塊需要 30-45 天的風乾時間，研究過程發現任何的材質都需要自然風乾，若以加熱方式加速乾燥磚塊容易出現斷裂現象影響實驗。礙於時間因素，無法製作出足夠磚塊(12 片)，探究不同組合形式(三角形磚屋、四邊形磚屋) 溫度隔絕的差異，是未來可深究的主題。
- 二、以不同材質製作磚塊，重量上的差異是研究的特點，後續可以結合磚塊承載力研究，以不同材質磚塊承載力的優劣勢比較作為進一步探究的議題。
- 三、不同材質磚塊的溫度傳播有差異，以紙磚作為建材已經有應用在生活上的例子，但建築材料除了隔絕溫度的考量之外，後續對於耐熱狀況(防火)也是可以進一步探究的議題。
- 四、針對不同材質的磚塊進行了溫度、聲音、吸水率的實驗，發現報紙磚最佳，在隔絕溫度及隔音上都有一定的效果，若能將克服吸水率的問題解決，塗上防水漆或以其他實驗方式進行探究，是未來可以努力的方向。

### ◎ 後記：

本實驗過程感謝工友伯伯幫我們製作了可以拆組的磚塊模型，讓我們更方便製作磚塊外，工友伯伯與我們討論模型製作需求時的設計想法，對我們在實驗過程帶來許多的啟發，在此一併感謝。

## 拾、參考文獻

- 一、陳沛然、陳天恩、魏子翔(2013)。報紙磚製作探究(工程技術類)。臺東縣私立公東高級工業職業學校。取自：<http://ppt.cc/S6vz8>
- 二、楊晉佳、葉哲睿、蘇維億、蔡佳臻(2011)。紙（漿）磚實用嗎？。嘉義市西區興嘉國民小學。第 51 屆中小學科展作品。
- 三、吳亭葦、林昀俞、鄭貝儀(2014)。再生隔熱紙仿磚(工程技術類)。國立新化高工。取自：<http://ppt.cc/S6vz8>
- 四、黃佳琳(2015 年 01 月 31 日)。大茉莉農莊 紙磚蓋房真環保【部落格文字資料】。取自：<http://www.chinatimes.com/newspapers/20150131000682-260102>
- 五、廢光碟片產源性質與數量。取自：<http://cd.powin.com.tw/>
- 六、洪浚皓、林維哲、張信斌(2003)。攔截聲音—聲速測量、短距離隔音、長距離收音實驗。台南縣立大灣高級中學。第 43 屆中小學科展作品。
- 七、陳依昀、卓奕融、紀茗雅、范沛滢、卓岳勳(2013)。「甕中捉音」—古代「空甕砌牆」隔音技術之探究 古代「空甕砌牆」隔音技術之探究。桃園縣龜山鄉楓樹國民小學。第 53 屆中小學科展作品。

## 【評語】 080812

該研究利用不同紙質製備紙磚塊之研究，除探討可性外，亦加入隔熱耐火討論，成果可提供未來建築用，建議可加入強度耐衝擊測試，以利實際應用。