

中華民國 第 49 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

080816

向忍「氣」吞「聲」說 NO

—探討教室通風與隔音的兩難問題

學校名稱：臺北市信義區福德國民小學

作者： 小五 陳思嘉 小五 張恩慈 小五 李詹瀛 小五 劉子毅	指導老師： 陳怡文
---	------------------

關鍵詞：噪音、通風

向忍「氣」吞「聲」說 NO—探討教室通風與隔音的兩難問題

摘要

炎熱的夏天裡，悶熱的教室加上從馬路傳來公車的煞車聲，又熱又吵，讓人心情煩躁無心學習。關窗雖然隔絕了噪音，但也阻隔了空氣的流動，本研究中，我們探討教室「通風」和「隔音」的問題，試圖找出兩全齊美的方法。首先，在校園噪音現況調查發現：每節課我們必須忍受 20 次超過 70 分貝的公車啟動及煞車聲。而在模擬實驗中發現：1. 在馬路旁建築物外牆上鋪設氣泡布可以減低因反射而進入教室之噪音。2. 窗口隔音物則要視情況來選擇，炎炎夏日採 ① 開窗法 ② 窗台種樹 ③ 溫差自然通風法。冷風颯颯時使用厚窗簾或裝設雙層窗。平行百葉窗及弧形隔音板則是通風隔音都具有一定之效果。3. 在夏天，可以利用教室內的高溫與開窗法來排出教室內混濁悶熱的空氣。

壹、研究動機

每當炎熱的夏天來臨，在四樓的班級總是悶熱不已。在教室內，爲了要讓空氣流通，就要將窗戶打開。但是，開了窗戶，馬路上惱人的汽機車行駛聲，再加上頻繁的公車啟動及煞車的聲音...卻也透過開啓的窗戶傳到教室裡，又熱又吵，心情煩躁、注意力也不容易集中。到底要怎麼做，才能在「噪音不侵入」又「通風舒適」兩全齊美的教室中專心學習呢？我們學過聲音是藉著空氣傳播(五年級：聲音的探討)，也學過空氣的流動形成風(四年級：雲雨霧)，希望能夠透過實驗來找到不須電力又能解決噪音及悶熱的方法，讓我們能夠在安靜且通風舒適的環境下專心學習。

貳、研究目的

- 一、蒐集噪音及通風的相關資料
- 二、校園噪音的現況調查：
 - (一)測量及分析校園中主要噪音源及音量。
 - (二)探討不同的開窗法的隔音效果。
- 三、製作教室模型
- 四、減少噪音實驗：
 - (一)阻隔噪音：
 1. 探討加裝阻隔物之隔音效果。
 2. 探討安裝雙層窗之隔音效果。
 3. 探討安裝阻隔物對教室內通風的影響
 - (二)吸收噪音：探討不同吸音材質之吸音效果。
 - (三)減少噪音：探討溫差在通風及減音的效果。
- 五、根據實驗結果提出解決的方案。

參、 研究設備及器材

- 一、教室模型材料：陶土、水泥、油土、木條、木板、載玻片、銀色膠帶、白膠。
- 二、噪音實驗器材：鬧鐘、分貝器(型號 TENMARS TM102)、25 公分日光燈、網路攝影機、筆記型電腦、影片播放軟體
- 三、通風實驗器材：檀香環、LED 燈、黑紙背景、電池組、熱水壺、鋁箔杯、網路攝影機連拍軟體 WebCamXP、修改照片軟體 PhotoImpact、計算照片灰階值軟體 Matrox Inspector。

肆、 研究過程與方法：

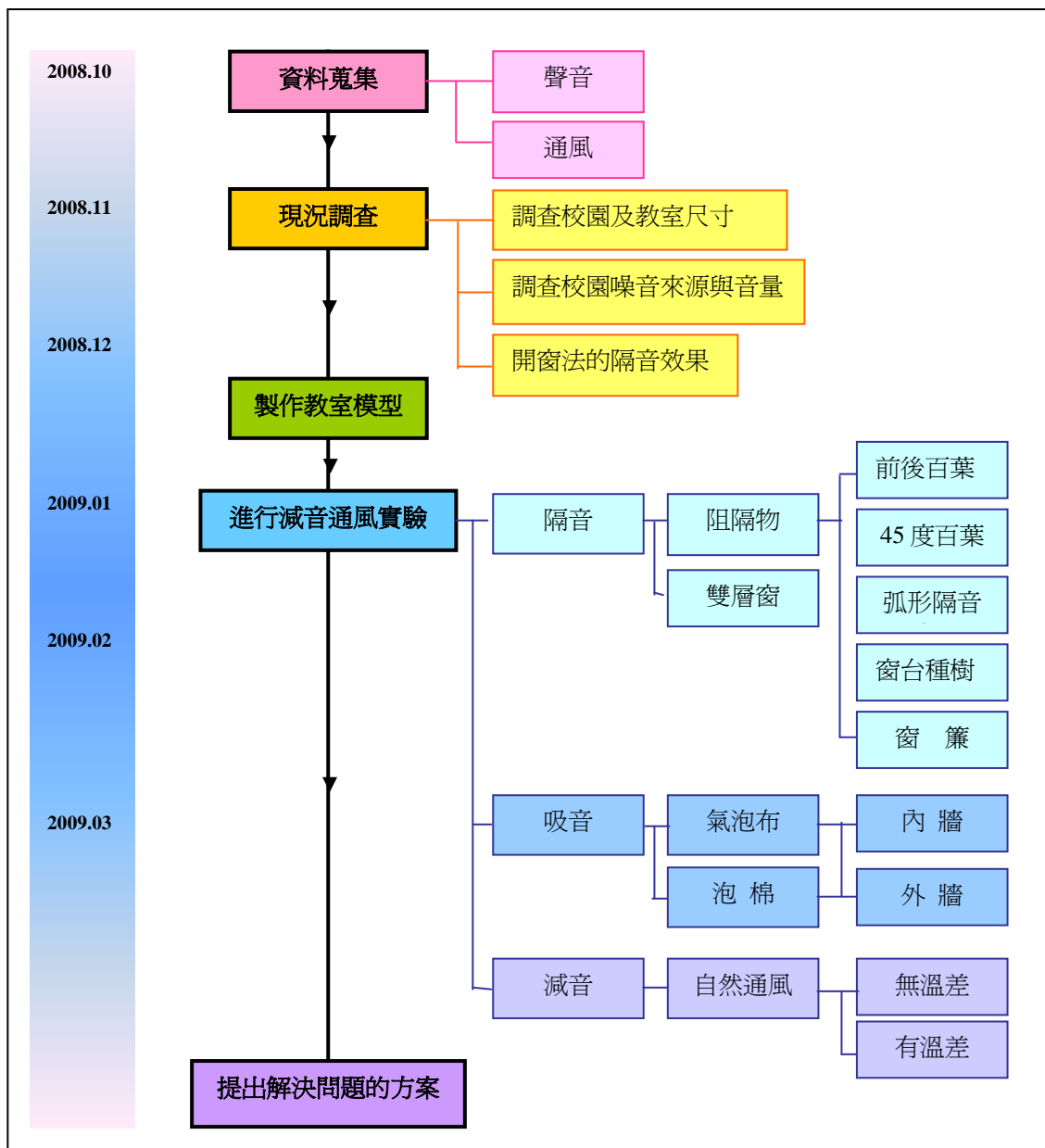


圖1. 研究流程圖

一、噪音的測量與分析：

我們使用分貝器來測量噪音的音量，爲了更精確的紀錄噪音的大小，我們以網路攝影機將讀數拍攝下來，再以電腦計算平均音量。

(一) 噪音測量步驟：



圖2. 測量實際教室內噪音之裝置



圖3. 測量模型教室內噪音之裝置

1. 將分貝器放置在教室中央。
2. 網路攝影機連接到電腦，並將它的鏡頭對準分貝器的螢幕。
3. 蓋上教室天花板。
4. 依實驗設計改變變因，例如：將窗戶開啓或關閉、或裝設不同的阻隔物。
5. 計時一分鐘，拍攝分貝器讀數的變化，並將影片存檔。
6. 一種變因做三次。

(二) 噪音數據分析法



圖4. 噪音數據分析之裝置圖

1. 開啓所拍攝的分貝器讀數影片檔。
2. 開啓 Excel 試算表。
3. 一位同學讀影片中分貝器的數據、另一位同學將數據輸入在 Excel 當中。
4. 先計算單次的平均值、最大值，再計算三次的平均值。
5. 畫平均音量長條圖。

二、通風效果的測量與分析：

裝了阻隔物或許可以隔絕外界的噪音使教室安靜一些，但是也可能使教室變得悶熱不通風。因此，我們也進行了教室通風效果的實驗：

(一) 通風效果實驗步驟：

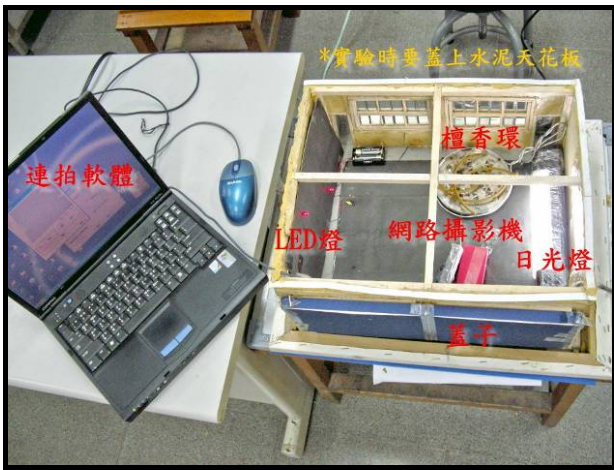


圖5. 通風實驗裝置

1. 網路攝影機放在模式教室中。
2. 網路攝影機連接到電腦，並將鏡頭對準模型教室牆上的黑色布幕(以兩個 LED 燈作為定位點)。
3. 依照實驗設計改變變因，例如：開窗、或裝上阻隔物。
4. 放入 8 支點燃的檀香。
5. 模型教室蓋上天花板，及窗口的蓋子。
6. 3 分鐘之後，取出檀香，並開啓窗口蓋子。
7. 每 30 秒拍攝一張照片，共拍六張。

(二)通風效果數據分析法

在使用黑色背景和白色檀香煙霧的情況下，煙愈多，顏色愈白，反之，則愈黑。因此，我們可以使用黑白的程度，來判斷煙霧的多寡。先將拍攝之彩色照片，轉成灰階照片，就可以分析教室中的「灰階值」，灰階值為 0~255，0 是黑，255 是白，數字愈小，表示顏色愈黑，煙量與少，通風效果愈好。

表1. 通風數據分析示意圖

<p>1. 拍攝模型教室內的煙霧照片。(兩顆 LED 燈為選取範圍之定位點)</p>	<p>2. 使用 PhotoImpact 將彩色照片轉換成灰階照片。</p>
<p>3. 使用 Matrox Inspector 分析照片的灰階值。</p>	<p>4. 用 Excel 將初始煙量定為 100%，計算灰階下降率。</p>

伍、研究結果：

一、資料蒐集與整理

(一) 聲音

1. 聲音的傳播：

物體振動會產生聲音，聲音可以藉由固體、氣體、液體來傳播，所以有空氣就可以傳播聲音。傳播的方向是四面八方，只要有空氣就可以傳播，沒有空氣也可以振動固體或液體來傳播。物體在傳遞聲音的時候是不移動位置的。

當聲音遇到障礙物時會被反射、透射或吸收。當兩個反射聲音的物體距離夠遠時，就會聽到回音。

2. 聲音的測量：

音量大小的單位是「分貝」(decibel, dB)，可以用「分貝器」來測量。分貝是相對性的單位，每增加 10 分貝，聲音強度增強 10 倍，所以，80 分貝的聲音強度是 60 分貝的 100 倍。dB(A) 內的 A 代表權重，在人耳可聽的範圍 20-20K 赫茲做一加權。dB(B) 非常少用，dB(C) 則代表機器設備的量測，dB(G) 代表超低頻，dB(D) 代表航空噪音。這些都是因聲音給人的感受不同而有的分別，最常見的就是 (A)。

3. 什麼是噪音：

對於噪音的標準，每個人感受不同，若以數據來判定，通常音量在 50 分貝以下，人會感到舒適；在 50-70 分貝之間，則會引起些微的不舒服；音量在 70 分貝以上，就會讓人焦慮不安，引發各種症狀。

瞬間的音量不足以代表該環境音量大小，長期生活在 70 分貝的噪音中，會影響思考，情緒容易煩躁不安，降低學習效果。其次，考慮到人對噪音的厭煩程度，不只受到最大音量的影響，也受到噪音量持續時間的長短所左右，例如，人耳受到 1 秒鐘 90dBA 的影響，等於受到 1000 秒 60dBA 的影響一樣。

4. 解決噪音的方式：

解決噪音問題可以以下三方面著手：1.改善噪音源，2.改變或阻絕噪音傳播的路徑，3.噪音接收者。

(二) 通風

1. **通風的定義**：空氣有流動、不悶熱。

2. **通風的測量**：常被使用通風量、通風率與通風次數。其中：通風量(m^3/min):每分鐘的空氣交換量。

3. **通風的方法**：1.自然通風：利用壓力差、溫度差...等自然的方式提供或抽走室內空氣的過程。2.機械通風：例如使用風扇、抽風機。

二、現況調查

(一) 校園周邊道路：

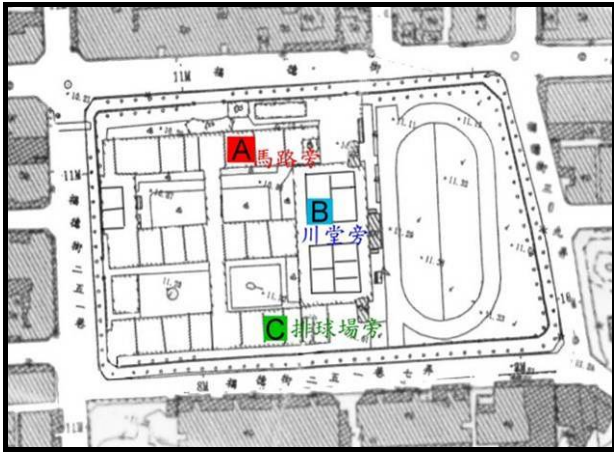


圖6. 校園空照圖

學校大門前方有 11 公尺的馬路，這條馬路有 257、263、286、286(副)、信義幹線、藍 10，六班公車經過，公車站牌設置在校門口對面。雙向平均每小時有 44~64 班車經過。

本校校園中，主要受到噪音干擾的教室可分為三種類型：(1)馬路旁的教室、(2)川旁旁的教室、(3)排球場旁的教室。下表為三種教室的位置及主要噪音來源。

表2. 受噪音干擾之教室調查表

類型	教室位置	照片	教室窗戶	主要噪音源	噪音距離
A	馬路旁 一棟 4樓 503		兩側開窗 內側靠走廊雙排 12 扇窗 外側靠馬路雙排 12 扇窗	公車啓動及 煞車聲 汽、機車的 喇叭、行駛 聲音	18m 長 12m 高 22m 遠
B	川堂旁 四棟 3樓 語言 教室 B		單側開窗及氣窗 內側靠走廊雙排 12 扇窗 前測靠川堂單排 10 扇小窗	下課小朋友 嬉鬧聲 上課班級經 過的聲音	3m
C	排球場旁 三棟 1樓 508		兩側開窗 內側靠排球場雙排 12 扇窗 外側靠巷道雙排 12 扇窗	排球隊的口 號及打球聲 溜滑梯的鐵 片聲 巷道中的人 車聲	15m

表3. 三類教室內之噪音量

單位：dBA

教室類型	第1次平均	第2次平均	第3次平均	三次平均值	最大值
馬路旁	61.2	60.6	60.9	60.9	72.3
川堂旁	64.9	86.5	79.6	77.0	90.8
排球場旁	65.4	65.0	65.1	65.2	74.2

- 註：1.詳細之實驗數據於原始紀錄中。
 2.表中為窗戶全開時測量的音量。
 3.每次測音一分鐘。

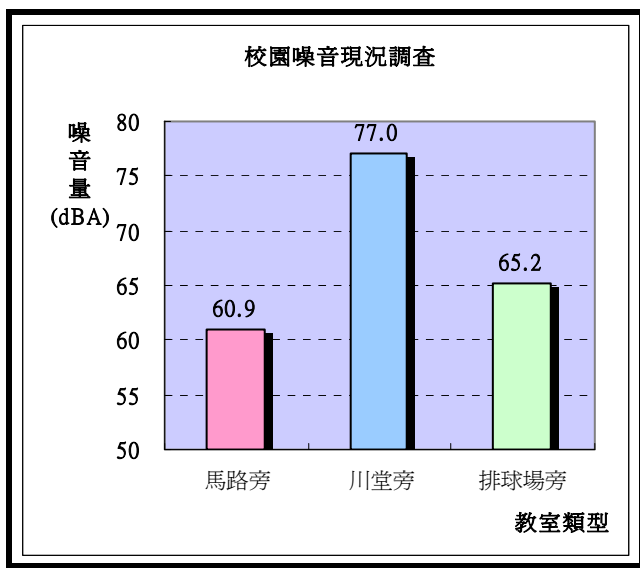


圖7. 校園內的噪音量

表3、圖7 結果與討論：

1. 語言教室旁川堂的遊戲聲，平均音量 77 分貝，最大音量達 91 分貝。
 由於玩遊戲的同學就在語言教室外的川堂上一邊尖叫一邊追逐，只有一牆之隔，而且聲音會在窄窄的川堂中被不斷的反射，再經由氣窗傳入語言教室中，所以是很嚴重的噪音污染。
2. 排球隊的練球聲，平均音量 65 分貝，最大音量達 74 分貝。
 由於排球隊也在午靜習時間練習，砰、砰、砰的打球聲對於旁邊教室學生的午睡造成嚴重的干擾。
3. 馬路上的噪音，平均音量 60 分貝，最大音量 72 分貝。
 雖然平均音量在 60 分貝，尚未達到噪音之標準，但是，由於公車站就在校門前方，所以平均每節課我們必須忍受 20 次超過 70 分貝的公車煞車及啟動聲。我們一天待在教室八個小時的時間，這樣的噪音會干擾我們的學習，是急需改善的問題。

校園噪音現況調查小結論：

川堂的遊戲聲，我們可以請小朋友不要大聲喧嘩；排球隊的練習聲，我們可以建議學校將場地改道操場。而馬路上的車聲，我們不容易由噪音源來改善它，因此，我們希望能夠透過隔音、吸音或是其他的方式來改善傳入教室內的噪音，於是進行以下之研究。

(二) 探討開窗法的隔音效果：

在不改變教室現有設備的情況下，利用窗戶的開關來減低傳入教室的噪音量。

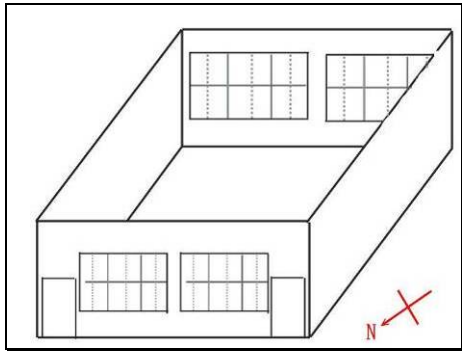


圖8. 教室門窗位置

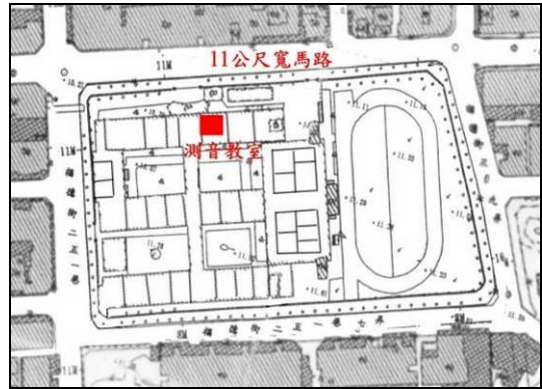


圖9. 實測教室於校園中的位置

將教室的窗戶以下列五種方式開啓：全開、近噪音源關窗(內開外關)、近噪音源上排關窗(內開外上開)、近噪音源單數窗關窗(內開外雙開)、全關。

表4. 在不同開窗法的隔音效果

單位：dBA

開窗法	圖示	第1次 平均	第2次 平均	第3次 平均	三次 平均值
全開		59.9	58.9	60.6	59.8
內開外上開		54.8	56.7	55.6	55.7
內開外雙開		58.4	57.2	50.7	55.5
內開外關		55.0	49.4	52.8	52.4
全關		54.1	54.2	53.5	53.9

註：1.詳細之實驗數據於原始紀錄中。

2.每次測音一分鐘。

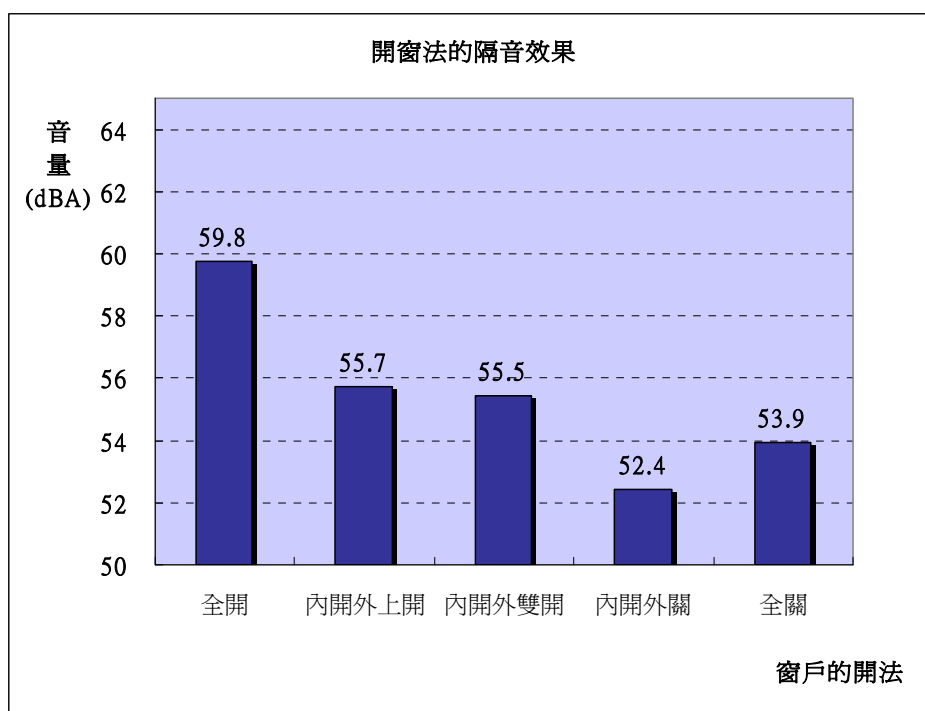


圖10. 開窗法的隔音效果

表4、圖10 結果及討論：

1. 在教室內以不同的開窗法所測得的馬路噪音量：

全開 > 內開外上開 > 內開外雙開 > 全關 > 內開外關。

表示將靠近馬路的窗戶半數關閉(上開下關，或是間隔開啟效果差不多)，可以降低傳入教室內的噪音量。

2. 噪音量：全關 > 內開外關

實驗當天是週三下午，校內很安靜，噪音只來自於校外的車聲與教室內微小的聲音。當外側的窗戶全關時，只剩下教室內的微小聲音，所以，將教室的門窗全關，聲音被窗戶、牆壁反射，反而會使教室內部的小聲音被測量到；而如果打開內側窗，微小的聲音會消散出去。

開窗法隔音的小結論：

關窗確實可以隔音，但若要維持兩側開窗的通風環境，可以將靠近噪音源的一側窗戶，半數關閉，可以減少噪音傳入。

三、製作模型教室

馬路上的車聲音量並不是一個固定值，在進行實驗時，噪音源的音量應該是保持不變的變因，所以我們必須製作模型教室以固定音量的噪音源進行模擬實驗。而且，在模型教室上安裝阻隔物(例如：百葉窗、氣密窗...等)，也比在實際教室中進行來得可行及容易。

表5. 模型教室製作步驟

<p>1. 測量及繪製實際教室的平面圖 (紅字為實際尺寸，藍字為模型尺寸，單位：公分)</p>	<p>2. 製作 1:20 的模型教室牆壁需要 10 包的陶土。</p>	<p>3. 根據實際測量教室的尺寸，縮小 20 倍，以立方條圍出牆壁及窗戶。</p>
<p>4. 陶土捏軟後，填入立方條所圍出的框框中。</p>	<p>5. 等陶土牆乾了，將四面牆立起來，並用木條作為支撐的樑與柱。</p>	<p>6. 將載玻片切割成模型窗的大小，並在四邊上貼上銀色膠帶。</p>
<p>7. 以木條製作窗框，再將玻璃放入，便成為模型教室的窗戶。</p>	<p>8. 單面窗的教室，在教室的前或後方，有一排小氣窗。</p>	<p>9. 裝上木板製做的門，及水泥做成的天花板及地板，就完成一間模型教室了，</p>

然而，模型教室在材料的選取和製作上有它的限制，例如，沒有迷你磚頭、百葉窗的材質無法與實際的相同，因此，在推論到實際的狀況時，也許會有不同的結果。但是，我們儘可能的使用類似的材料製作模型，希望能夠在模擬實驗中發現聲音傳播的樣貌。

注意事項：

1. 陶土乾燥的過程會收縮，尺寸會略微縮小及龜裂的現象產生。
2. 進行實驗時，若該教室沒有氣窗，我們會封上預先做好的水泥板。
3. 由於校園內也有上課的聲響，所以實驗時盡量選擇在安靜的時候，**相同主題之實驗必須在同一節課內完成，實驗數據才可互相比較。**
4. 模擬四樓教室時，必須將模型放在桌上，但是要注意**底下要墊泡棉，隔絕聲音由模型底部傳入。**
5. 由於**馬路的车聲會被校舍及對面建築物侷限不易散出，所以模擬實驗時，用實驗桌的垂壁和白板來當做馬路兩側的建築物外牆。**

四、減少噪音實驗：

聲音遇到物體會被反射、吸收或透射，所以我們利用這個特性設計下列實驗來減低噪音：(一)阻隔噪音：1.加裝阻隔物、2.安裝雙層窗。(二)吸收噪音：鋪設吸音材質。(三)溫差在通風及減音的效果。

(一)阻隔噪音：

為了阻擋馬路上的噪音傳入教室內，我們在模型教室的窗戶(單層窗)上加裝了以下五種隔音裝置：45度百葉窗、平行百葉窗、弧形隔音板、種樹、窗簾，並與雙層窗做比較。

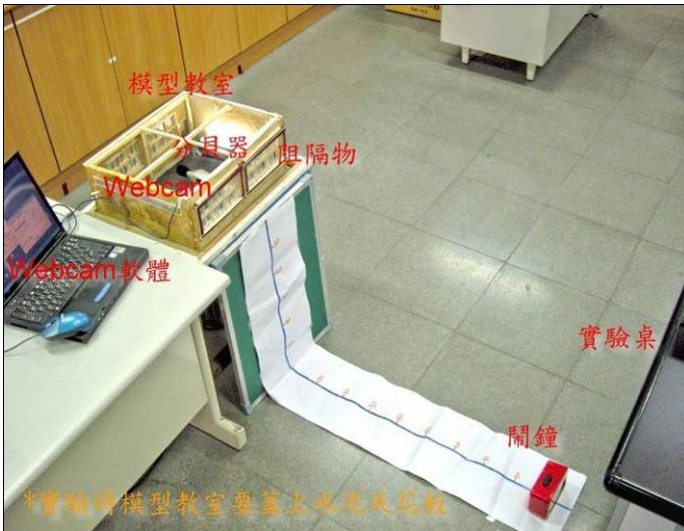




圖11. 窗戶加裝阻隔物的隔音效果實驗裝置

模型教室距地面高 60 公分(模擬 4F，12 公尺高)，距鬧鐘 90 公分(模擬距馬路 18 公尺遠)，實驗桌垂壁距離鬧鐘 25 公分(模擬學校對面建築物距馬路 5 公尺遠)。

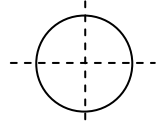
表6. 阻隔物製作與安裝說明

▼平行百葉窗		
		<p>【材料】：教具中的塑膠水箱（透明塑膠），厚約 0.04 公分。</p> <p>【製作方法】：每片長 10 公分，寬 1 公分，前後間距 0.4 公分。</p> <p style="text-align: center;">— — — — —</p>
▼45 度百葉窗		
		<p>【材料】：教具中的塑膠鏡子。</p> <p>【製作方法】：每片長 10 公分，寬 0.7 公分，厚 0.125 公分，45 度角。</p> <p style="text-align: center;">//////</p>

▼弧型隔音板



【材料】：汽水寶特瓶
【製作方法】：瓶身中段取 19 公分，縱切 1/4，兩片重疊黏貼成一片隔音板。



▼窗台植樹



【材料】：腎蕨葉片
【製作方法】：長約 20 公分，高 10 公分，腎蕨每片寬約 3 公分交錯貼。

▼窗簾



【材料】：舊衣服
【製作方法】：長 10 公分，寬 19 公分，厚約 0.06 公分。

▼雙層窗










【材料】：載玻片
【製作方法】：每玻璃片長 3.7 公分，寬 2.5 公分，厚 0.1 公分，兩層窗戶間隔 0.4 公分。



表7. 安裝阻隔物之隔音效果

單位：dBA

阻隔物	照片或圖示	第 1 次 平均	第 2 次 平均	第 3 次 平均	三次平 均音量
全開 無阻隔物		62.4	62.9	62.8	62.7
平行百葉窗		61.2	61.5	60.4	61.0
45 度百葉窗		61.3	61.6	62.3	61.7
弧形隔音板		60.7	60.8	61.2	60.9
種樹		61.3	61.3	61.3	61.3
窗簾		59.1	59.7	59.9	59.5
雙層窗 交錯開		60.8	60.3	60.8	60.6
單層窗全關		61.2	61.2	60.4	60.9
雙層窗全關		60.2	60.1	60.2	60.2

註：安裝阻隔物的窗戶是打開的。

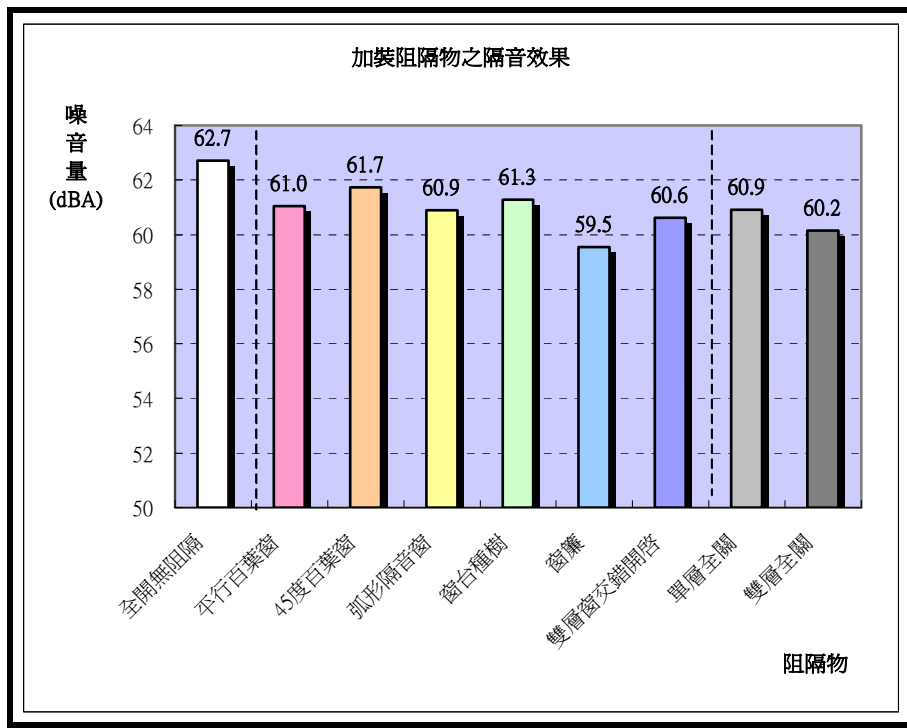


圖12. 安裝阻隔物之隔音效果

表7、圖12結果及討論：

窗戶加裝阻隔物之後，測得傳入教室內的噪音量：**單層窗全開阻隔物** > **45度百葉窗** > **窗台種樹** > **平行百葉窗** > **弧形隔音板**，**單層窗全關** > **雙層窗交錯開** > **厚窗簾** > **雙層窗全關**。

分析：

- 沒有裝阻隔物所測得之噪音量 > 有裝阻隔物。
表示加裝阻隔物皆有隔音的作用。
- 阻隔物之隔音效果由好到差排序如下：**厚窗簾**、**弧形隔音板**、**平行百葉窗**、**窗台種樹**、**45度百葉窗**。
 - (1)實驗中的窗簾厚 0.06 公分，如果依照模型比例放大 20 倍成實際尺寸為 1.2 公分，是厚度有如地毯，非常厚的窗簾，所以做出來的結果會比窗層窗的隔音效果好。
 - (2)弧形隔音窗比百葉窗的隔音效果好。這個結果是適用於 4 樓的教室，**弧形隔音板剛好可以遮住一部份上傳的噪音(圖 13)**，在其他樓層的效果有待後續研究。
 - (3)平行百葉窗比 45 度百葉窗的隔音效果好。**45 度百葉窗反而會將聲音反射進教室中(圖 14)**，所以隔音效果很差。
- 雙層窗具有比單層窗較好的隔音效果。
- 安裝雙層窗的隔音效果除了比厚窗簾差，但比其他的阻隔物隔音效果好。

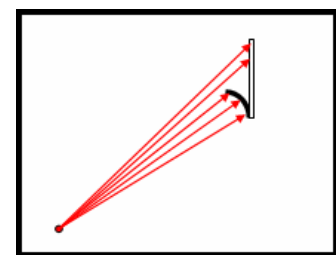


圖13. 弧形板隔音示意圖

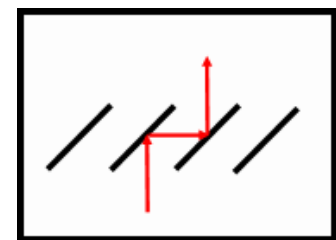


圖14. 45 百葉隔音示意圖

【實驗四】：探討安裝阻隔物對教室內通風的影響

安裝阻隔物之後，是否會使教室變的更為悶熱呢？以下是實驗結果：



圖15. 通風實驗裝置圖

表8. 安裝阻隔物對通風效果之影響

灰階 值 阻隔	時間	0 秒	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒
全開無阻隔		196	185	178	173	169	163
		100%	94%	91%	88%	86%	83%
平行百葉窗		186	180	176	172	164	162
		100%	96%	95%	92%	88%	87%
45度百葉窗		183	174	171	166	166	166
		100%	96%	94%	91%	91%	91%
弧形隔音板		199	192	187	176	173	173
		100%	96%	94%	88%	87%	87%
種樹		196	191	176	173	168	163
		100%	97%	90%	88%	86%	83%
窗簾		166	163	161	156	153	151
		100%	98%	97%	94%	92%	91%
雙層交錯開		185	180	179	176	175	173
		100%	97%	97%	96%	95%	93%

註：1.無煙之灰階值為 134

2.百分比數值的計算方式為：0 秒的灰階值定為 1，將灰階值除以 0 秒時的灰階值所得的。目的在統一初始值，以方便比較。

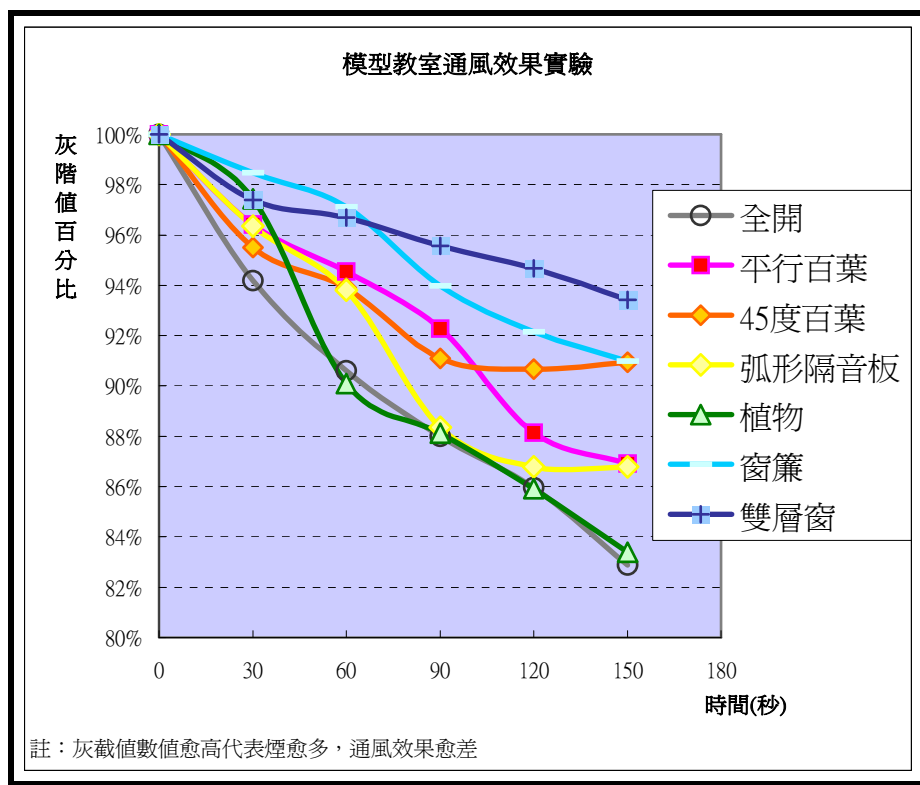


圖16. 安裝阻隔物對通風效果之影響

表 8、圖 16 結果及討論：

結果：在濃煙密佈的教室窗戶安裝不同之阻隔物，150 秒之後所拍攝之教室內照片，其灰階值大小如下：

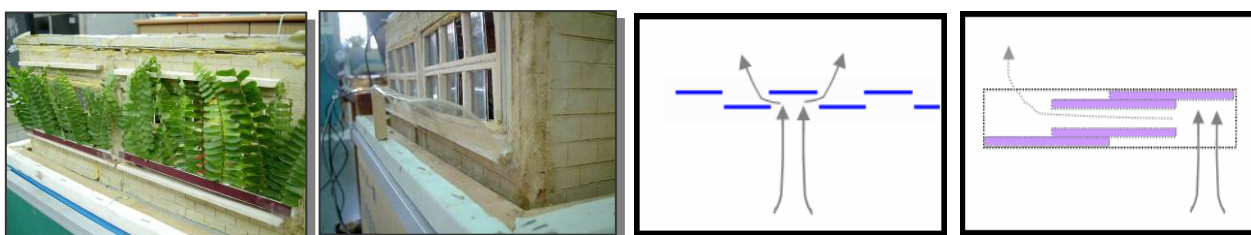
雙層窗交錯開啓 > 厚窗簾 > 45 度百葉窗 > 平行百葉窗 > 弧形隔音板 > 種樹 > 全開無阻隔

表示：

- 150 秒之後，教室內的濃煙量：雙層窗交錯開啓 > 窗簾 > 45 度百葉 > 平行百葉 > 弧形隔音板 > 植物 > 全開無阻隔。

表示：安裝阻隔物之通風效果由好到差為：窗台種樹、弧形隔音板、平行百葉窗、45 度百葉窗、厚窗簾、雙層窗交錯開啓。

- 加裝阻隔物會影響教室內的通風效果。
- 植物葉片之間有許多的空隙所以通風效果最好。
- 安裝弧形隔音板之後，空氣仍然可以藉由上方窗戶及下方窗戶上方流動，只有一部分的煙會被侷限在下方窗戶下方與隔音板之間，所以通風效果仍然很好。
- 厚窗簾幾乎完全擋住窗口，煙只能藉著窗簾下方及慢慢透過窗簾流出，通風效果很差。
- 將雙層窗交錯開啓，教室內外空氣如果溫差不大，空氣不容易在小範圍之間做 S 型的流動，所以風效果最差。



(二)吸收噪音：

利用回收之包裝材料：氣泡布及泡棉，是否可以吸收噪音，減少傳入教室之噪音量呢？

結果如下：





▼氣泡布	
材料：包電腦或電器設備的氣泡布(厚度約 0.2 公分)	
鋪設在教室內牆，及窗戶玻璃上	鋪設在教室內牆、窗戶玻璃、校舍建築物外牆、對街建築物外牆。
	
▼泡棉	
材料：包電腦或電器設備的泡棉(厚度約 0.1 公分)	
鋪設在教室內牆，及窗戶玻璃上	鋪設在教室內牆、窗戶玻璃、校舍建築物外牆、對街建築物外牆。
	

表9. 鋪設吸音材質的減音效果

單位：dBA					
吸音材質	鋪設範圍	第 1 次 平均	第 2 次 平均	第 3 次 平均	三次平 均音量
無	無	64.2	63.5	64.3	64.0
氣泡布	教室	63.0	63.1	62.8	63.0
	教室及外牆	62.4	61.8	61.4	61.9
泡棉	教室	63.6	64.0	64.3	64.0
	教室及外牆	64.2	63.4	63.2	63.6

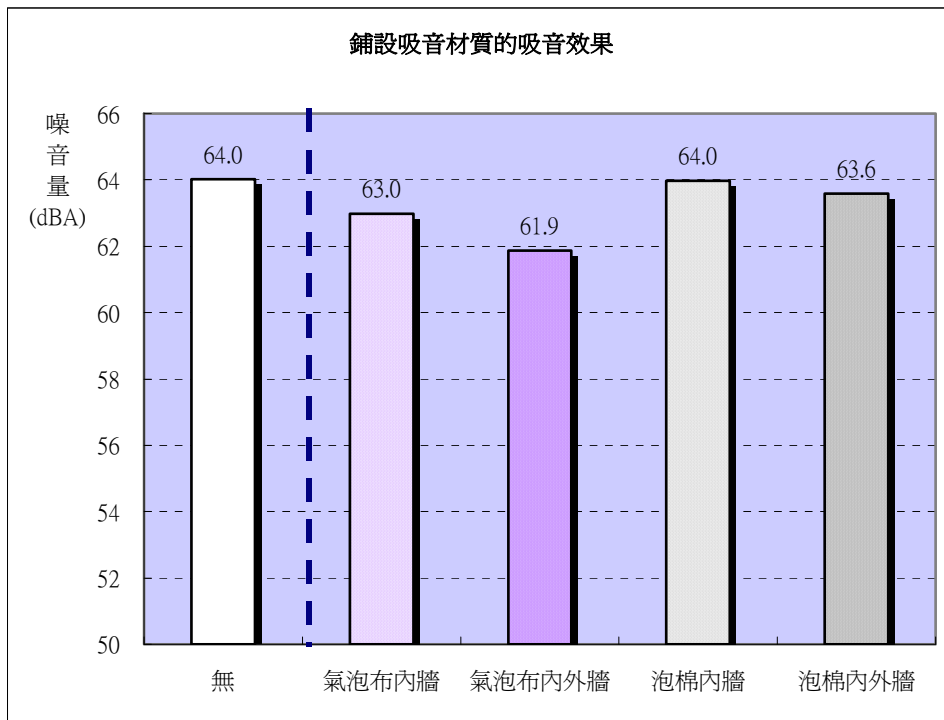


圖17. 鋪設吸音材質的吸音效果

表9、圖17 結果及討論：

鋪設吸音材質後，所測得傳入教室內的噪音量：

無鋪設=內牆鋪泡棉 > 內外牆鋪泡棉 > 內牆鋪氣泡布 > 內外牆鋪氣泡布

1. 在反射噪音源的牆上鋪設吸音材質會有減少噪音的效果。
2. 鋪設氣泡布的減音效果比泡棉好。
3. 鋪設在建築物外牆的減音效果比只鋪在教室內牆好。
4. 泡棉的吸音效果不佳，可能與其材質、厚度、表面形狀有關，有待後續研究。

(三)溫度差的通風及減音效果：

在悶熱的夏天，是否可以利用室內外的溫差及開窗法來達到自然通風及減音的效果呢？我們在模型教室中放入四杯 100 度的熱水提高教室內的溫度以模擬悶熱的情況。實驗結果如下：

表10. 利用溫度差通風的開窗法

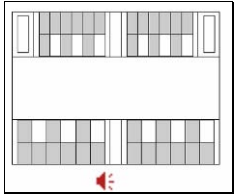



			
窗戶外上開內下開	馬路旁窗戶只開上方	走廊旁窗戶只開下方	黑色背景方便觀察

表11. 利用溫差的自然通風效果

時間(秒)	0	30	60	90	120	150
不加熱	194	191	188	179	169	166
	100%	94%	87%	83%	80%	78%
加熱	190	178	165	157	152	148
	100%	98%	97%	92%	87%	85%

註：1.百分比數值的計算方式為：0 秒的灰階值定為 1，將灰階值除以 0 秒時的灰階值所得的。目的在統一初始值，以方便比較。

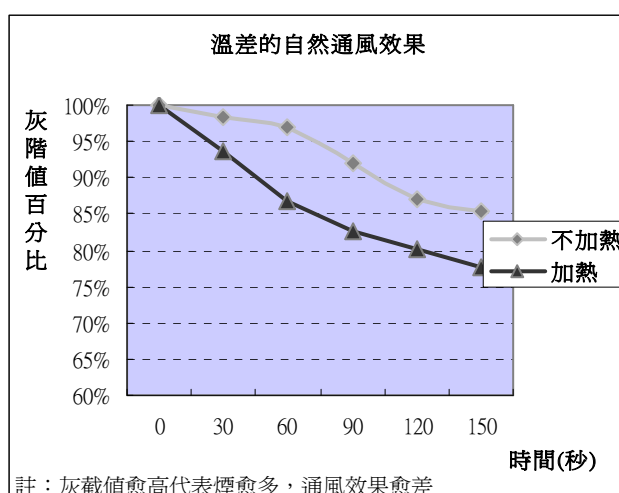


圖18. 溫差的自然通風效果

表12. 利用溫差自然通風的減音效果

單位：dBA

	第 1 次 平均	第 2 次 平均	第 3 次 平均	三次平 均音量
不加熱	64.0	63.8	63.4	63.7
加熱	62.9	62.7	62.6	62.7

註：加熱後教室之溫度為：27°C；
不加熱之教室溫度為：23°C。

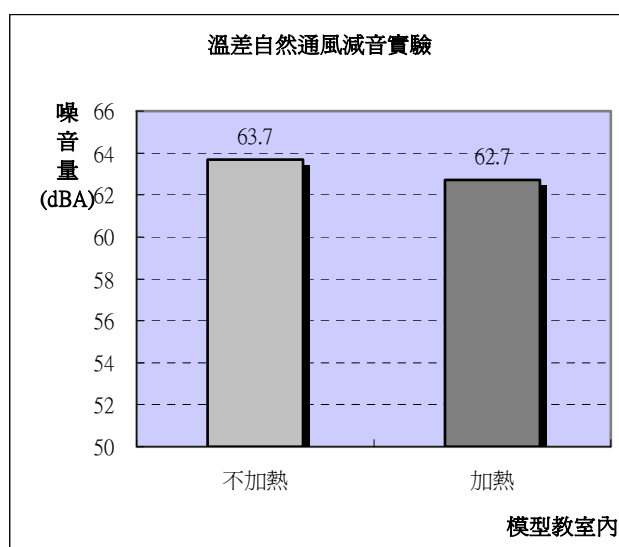


圖19. 自然通風的減音效果

結果及討論：

1. **圖 18**，經過加熱的模型教室，灰階值會隨時間下降的較快(也就是所拍攝的照片會變黑較快，濃煙消散的較快)。

在悶熱的夏天，室內溫度較室外高時，以內下開外上開的方式開啟窗戶，室內混濁悶熱的空氣會向外流出。



圖20. 濃煙只由外側上方窗流出

2. **圖 19**，經過加熱的模型教室內所測得的鬧鐘音量較小。

利用溫差配合開窗法來控制空氣流動的方向，可以微量的減少噪音量。音量減少的原因，可能是教室內悶熱，可以傳遞聲音的空氣量較少，也可能是熱空氣向馬路方向流出，所造成的減音效果，有待後續研究。

溫差自然通風減音實驗小結：**夏天時，利用溫差配合開窗法，不但可以些微減音，又可以將教室內混濁悶熱的空氣排出室外，一舉兩得。**

陸、討論

一、我們想要改善的問題是什麼？目標是什麼？

(一) 面臨的問題

1. 校園噪音問題：

我們學校前方窄窄的 11 公尺寬馬路上設有六路公車站牌，平均每小時就有 50 班公車經過，公車煞車及啟動時的音量達 70 分貝，車聲的平均噪音量也在 60 分貝，此外，改裝的摩托車、對面房舍整修...等等噪音，都會影響我們學習的專注力。

校園內也有噪音的來源，排球場位於兩棟校舍之間，排球隊在午靜息的練球聲也會影響我們的午睡。

2. 頂樓悶熱問題：

我們高年級的教室位於學校的最高樓層-四樓，每當炎熱的夏天來臨，室外的高溫、屋頂受到太陽直曬、再加上同學們燒呼呼的體溫，整間教室又悶又熱，打開電扇怎麼吹也吹不涼，打開窗戶，馬路的車聲又很吵，讓人心情煩躁，無心學習。

(二) 改善的目標

1. 室外噪音不侵入。2. 教室空氣流通不悶熱。聲音需要藉由空氣來傳遞，而有空氣的流動，才会有風。要達到室外噪音不侵入，又要通風涼爽，這兩件事，似乎忽視是相互違背的事。我們希望能藉著實際調查及模擬實驗來找出兩全其美的方法。

二、改善噪音有哪些方法？測試結果如何？

聲音藉由空氣來傳遞，傳遞的過程中遇到物體，會被反射、吸收或透射。所以，要減低侵入教室的噪音有下列方式：

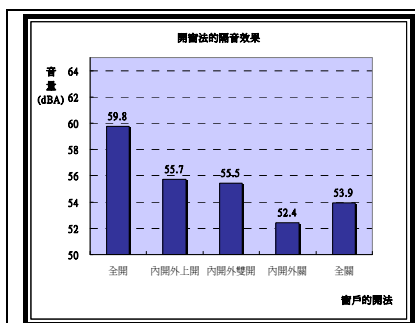
(一) 改善噪音源：1. 將公車站牌移到離校舍較遠處。2. 淘汰老舊的公車。

(二) 阻隔噪音：

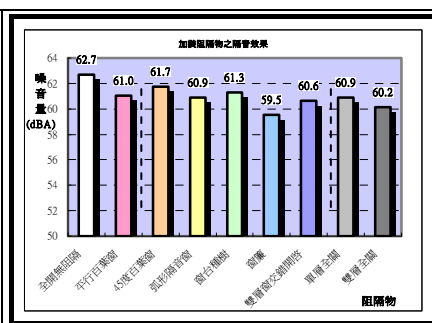
1. 關窗（圖 A）：將馬路旁的窗戶全關當然是最安靜的，但是若要維持兩側開窗讓空氣流動的話，可以將靠近噪音源的窗戶關上一半，可以減少部分噪音。

2. 加裝阻隔物（圖 B,C）：使用厚窗簾的隔音效果最佳(但通風效果最差)，其次是平行百葉及弧形隔音板(通風效果也不錯)，在窗台種樹也能隔絕少部分的噪音(通風效果最好)，45 度百葉窗的隔音效果最差。

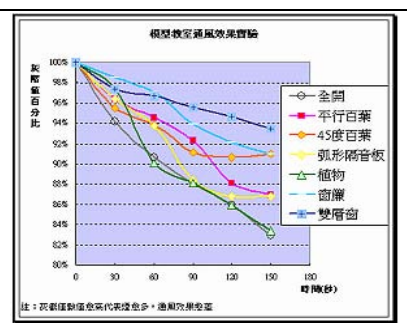
3. 安裝雙層窗（圖 B,C）：雙層窗的隔音效果很好，將雙層窗交錯開啓，甚至會比單層窗全關還安靜。但是會使教室最悶熱。



圖A. 原圖為圖 10

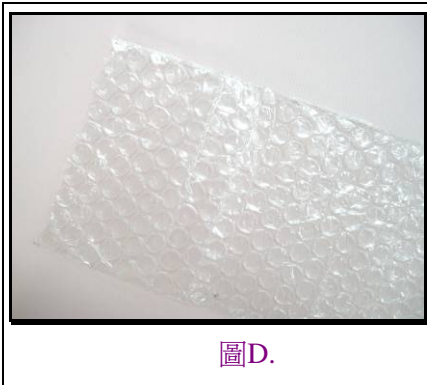


圖B. 原圖為圖 12



圖C. 原圖為圖 16

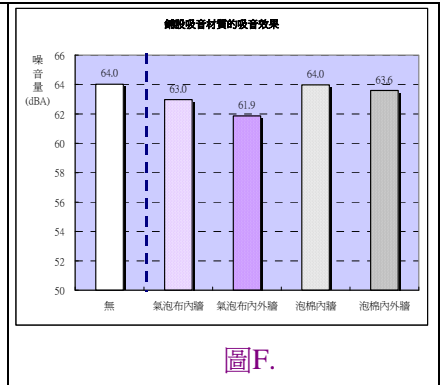
(三) 吸收噪音：在馬路兩旁的建築物牆上貼氣泡布（圖 E），氣泡布（圖 D）中的空氣可以吸收聲音，減低噪音的來回反射，能夠有效降低侵入教室的噪音量（圖 F）。



圖D.

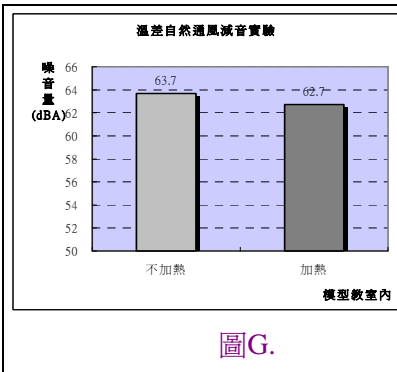


圖E.

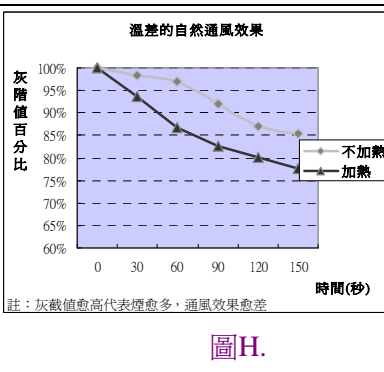


圖F.

(四) 利用溫差的通風及減音效果：雖然自然通風可以減低的噪音量很少（圖 G），但是它不需額外的設備及花費，藉由溫度差就可將教室內混濁悶熱的空氣排出（圖 H,I）。



圖G.



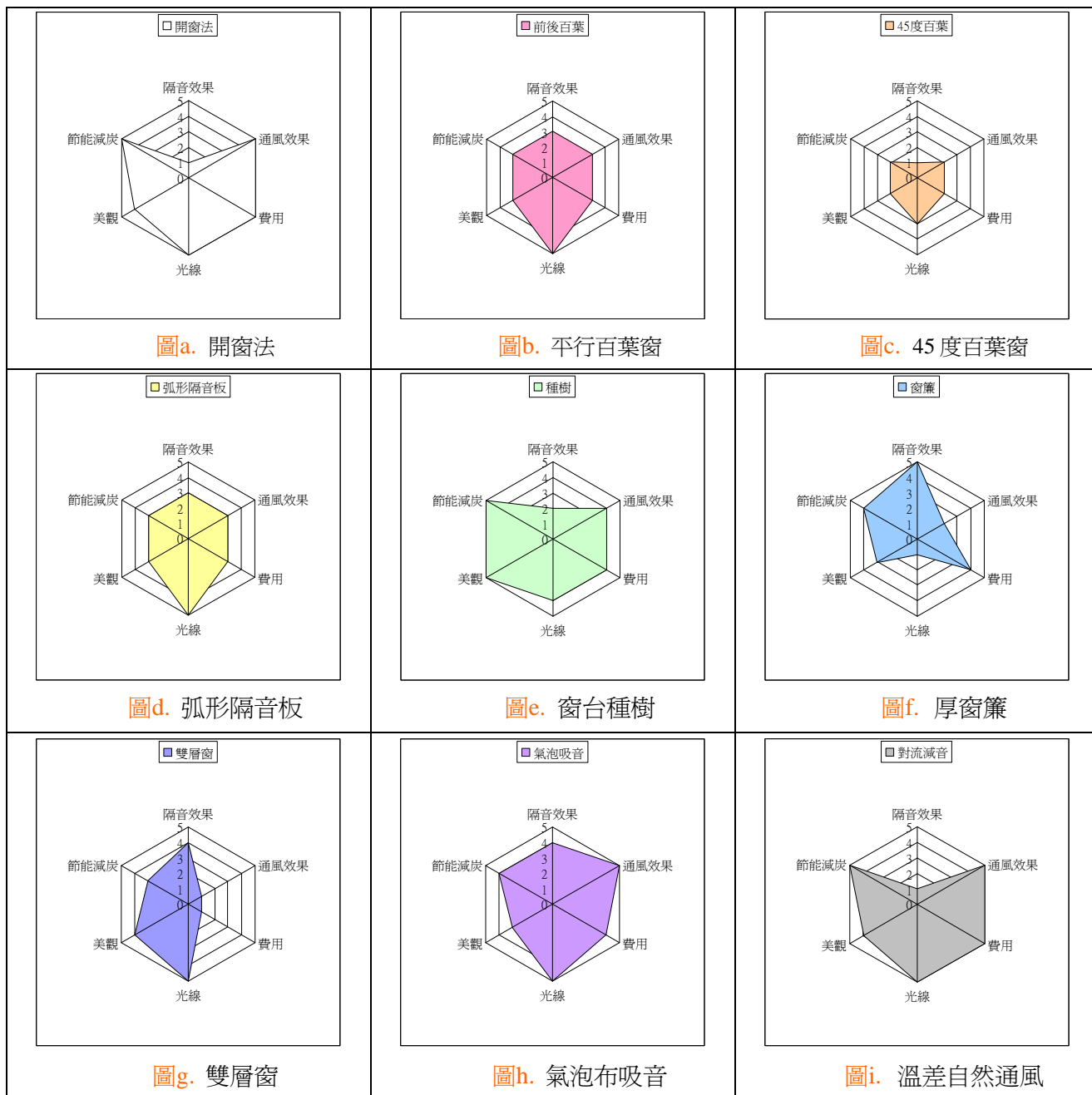
圖H.



圖I.

三、「安靜」且「通風舒適」可以同時兼顧、兩全其美嗎？

聲音需要藉由空氣來傳遞，而有空氣的流動，才會有風。最具隔音效果的是使用厚窗簾及裝設雙層窗，但是，厚窗簾和雙層窗卻也阻隔了教室內外空氣的對流。相反的，植物的隔音效果雖弱，但通風效果卻很好。所以，必須視情況、視需求來選擇一個舒適的做法，以下是將各種隔音通風措施依據實驗數據轉換成 1~5 等級分別就下列六個項目來評分：隔音效果、通風效果、所需費用、採光度、美觀、節能減碳(最好的給予 5 分，最差的 1 分)。



發現：

1. 在建築物外牆鋪設吸音氣泡布(圖 h)不但不影響教室通風，又可以降低因建築物反射而進入教室內的噪音量，使用廢棄的包裝材料，不但不須費用，又能減少垃圾，減能減碳。
2. 炎炎夏日：以通風為優先，可以選擇：①開窗法(圖 a)：將馬路旁的窗戶一半關閉。②窗台擺設植物(圖 e)：可以減低部分噪音，又可以通風，此外還兼具美化環境，製造新鮮空氣的好處。③溫差自然通風法(圖 i)：可以將教室內混濁悶熱的空氣排出。

3. 冷風颼颼：以隔音及減少冷風灌入為優先，可以選擇：① 使用厚窗簾(圖 f)不但可以隔音，又可以保暖，但是會影響自然採光。② 若是經費允許，裝設雙層窗(圖 g)隔音效果好、保暖又不會影響採光。
4. 四季皆宜：不要太吵，也不要太熱的話可以選擇：① 平行百葉(圖 b)② 四樓可以用弧形隔音板(圖 d)。
5. 最不智的選擇：將百葉窗調整成 45 度(圖 c)，不但會將噪音反射入教室內，通風效果也不好。

四、本實驗的其他應用：

1. 校園中的其他噪音：
 - (1) 排球隊練習聲：旁邊的教室可安裝平行百葉窗，並在排球場兩旁的校舍外牆鋪設氣泡布。
 - (2) 川堂遊戲聲：可在靠川堂的氣窗安裝弧形隔音板，並在川堂兩側牆壁及天花板鋪設氣泡布。
2. 捷運、鐵道旁的房子：除了目前的隔音牆之外，可以在隔音牆上鋪氣泡布，並在上方加裝弧形隔音板，兩旁的房子陽台可以種植物。

五、後續研究之建議：

1. 探討教室內外的溫度差所造成之通風及隔音效果及其原因。
2. 探討弧形隔音板裝設在不同樓層之隔音效果。
3. 探討其他可再利用之吸音材質之吸音效果。

柒、結論

聲音透過空氣傳遞，風也是藉由空氣的流通而產生，「隔音」與「通風」是建築上的兩難問題，我們無法完全隔絕噪音卻又能通風涼爽，但是，我們可以根據需求選擇一個舒適區間，例如：在靠馬路的窗台種樹、或裝設平行百葉窗，雖然還是會有些噪音，但是可以有涼爽的溫度；使用厚窗簾或加裝雙層窗，冬暖夏熱，但卻有安靜的片刻。在這個研究中，我們發現將氣泡布再利用貼在馬路兩側建築物的外牆上，可以吸收噪音，降低傳入教室內的噪音量。在炎炎夏日，利用教室內悶熱的環境，只要將窗戶內下開，外上開，就可以將教室內混濁悶熱的空氣排出，還能些微的減少噪音的侵入，真是一舉兩得呢！

捌、參考資料及其他

1. 金順漢（民 96）。聽-聲音在震動。台北市：風車出版社。
2. Robert W.Woo陳文明譯（民 90）。聲音。豐德科學教育出版。
3. 自然與生活科技小學課本四下（民 97）。台南市。南一出版社。
4. 自然與生活科技小學課本五下（民 97）。台南市。南一出版社。
5. 中華民國第 42 屆中小學科學展覽會。國小組。裝扮隔音版的臉~附加物探討。
6. 中華民國第 46 屆中小學科學展覽會。國小組。抗流感有妙招~探討教室門窗開關與空氣對。
7. 中華民國第 48 屆中小學科學展覽會。國小組。一聲未平，一聲又「響」。
8. <http://ivy1.epa.gov.tw/noise/>。環保署噪音管制資訊網。
9. <http://gip.taneeb.gov.tw/ct.asp?xItem=12174&ctNode=2782>。國工局道路隔音資料。
10. <http://www.fuh3.com.tw/breath.htm>。綠建築通風資料。
11. http://gbtech.emsd.gov.hk/tc_chi/utilize/natural.html。香港綠建築科技網。

【評語】 080816

本作品探討教室通風與隔音的兩難問題，為了能在大面積的牆壁上增加隔熱減噪音材料，特別製作了一個模型屋，雙層玻璃等，有工藝製作精神。

較可惜的部份為排熱效應（溫差）的測量，因為通風的目的之一即為降低室內溫度，然而因為沒有量測，故無直接證據支持。