

2023 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：沒關「吸」－探討不同變因對吸音材效果之影響

一、摘要：

我們常以為會議廳牆上的布幔是用作隔音，但其實他們真正的用處是「吸音」。使用適當材料可以減少聲音在空間中反射與傳遞，達到降低音量之效果。其原理是聲波傳入泡棉類或纖維類的材料後，其結構會增加空氣分子振動的阻力，使聲能轉變為熱能，進而降低音量。有效地吸音可以減少空間中的回音，降低回音的干擾。

本研究以壓克力箱作為聲音的感測環境，以電腦控制蜂鳴器的聲源，放入不同的吸音材，並測量發出聲源後 10 秒內的音量變化。結果顯示本實驗所用的三種吸音材中，整體吸音效果最佳的為聚氨酯隔音吸音仿壁磚海綿。而聚氨酯隔音吸音雞蛋棉對 2000 赫茲的聲源有最佳的吸音效果；聚氨酯隔音吸音仿壁磚海綿、聚酯纖維吸音板則是對 392 赫茲的聲源有最佳的吸音效果。

二、探究題目與動機

在會議廳聽演講時，我們發現牆壁上貼有一片片像泡綿的東西，本以為那是隔音板。在詢問老師後，老師告訴我們那其實是吸音板。在上網查詢資料後，我們發現吸音材與隔音材有截然不同的作用。吸音材不只可以防止聲音影響外部環境，還能減少室內回音。隔音材則只能阻擋聲波傳遞，由於會使聲音反射，反而產生室內回音。我們對吸音材吸收聲音的原理很感興趣，因此決定實驗看看不同形狀及材質的吸音材以及不同頻率的聲音對吸音效果的差異。

三、探究目的與假設

目的：

- (一) 探討不同種類吸音材對相同頻率聲源的吸音效果。
- (二) 探討不同頻率聲源對相同種類吸音材的吸音效果。

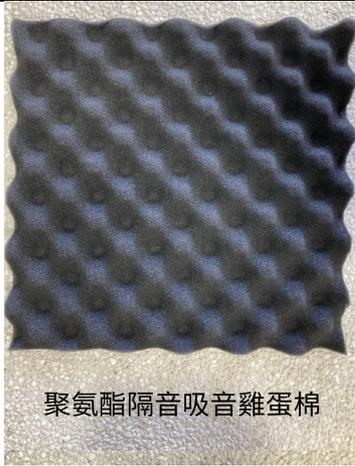
假設：

- (一) 頻率越高的聲音越容易被吸收，故吸音材對較高頻率的聲源的吸音效果應較佳。
- (二) 雞蛋棉的表面較凹凸不平，應較能避免聲音直接反射回實驗箱中，吸收效果應較佳。

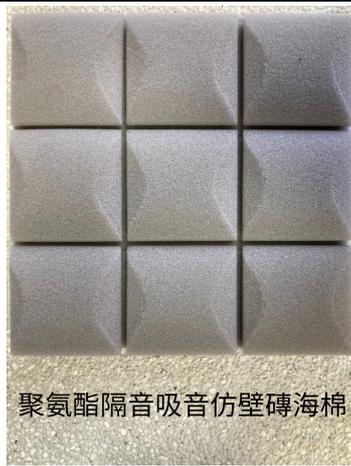
四、探究方法與驗證步驟

(一) 實驗裝置與器材：

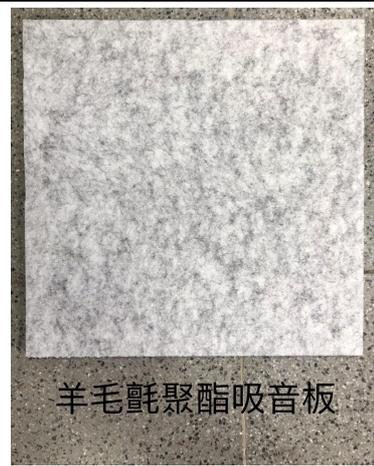
本實驗以 30*30*30 (公分) 的透明壓克力箱作為聲音感測的環境。將不同吸音材裁切成適當大小，並貼於透明投影片板上，置入壓克力箱中。為了進行較準確的聲音感測，我們以 Arduino 介面撰寫程式上傳到 Arduino UNO 板上，透過蜂鳴器發出聲源，以有線耳機連接手機測量分貝。



聚氨酯隔音吸音雞蛋棉



聚氨酯隔音吸音仿壁磚海綿



羊毛氈聚酯吸音板

圖 1 聚氨酯隔音吸音雞蛋棉 圖 2 聚氨酯隔音吸音仿壁磚海綿 圖 3 聚酯纖維吸音板

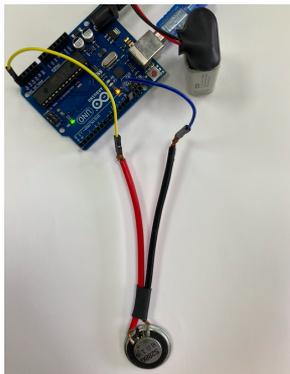


圖 4 發聲蜂鳴器裝置



圖 5 實驗壓克力箱架設裝置

```

1 int hz=2000;
2 void setup() {
3   Serial.begin(9600);
4   pinMode(A5, OUTPUT);
5   int i=0;
6 }
7
8 void loop() {
9   int dBvalue=analogRead(A0);
10  Serial.println(dBvalue);
11  delay(1000);
12  int i=0;
13  for (i=0;i<15;i++){
14    if (i==14){
15      tone(A5, hz, 1000);
16    }
17    else {
18      delay(1000);
19    }
20  }
21 }

```

圖 6 發聲程式內容

(二) 實驗原理

當聲波打到障礙物的表面，會發生三種現象：

1. 部分聲音能量透過或沿著障礙物傳過去。
2. 部分聲音能量被障礙物反射回來。
3. 部分聲音能量被障礙物吸收。

吸音便是發生在第三種情況，使用適當材料可以減少聲音在空間中反射與傳遞，達到降低音量之效果。任何材料對聲音都能吸收，只是吸收程度上不同。良好的吸音材料大多為多孔，其原理是聲波深入材料的孔隙，且孔隙多為內部互相貫通的開口孔，受到空氣分子摩擦和阻力，以及使細小纖維作機械振動，使聲能轉變為熱能。

(三) 實驗步驟

1. 使用手機分貝計 App(DecibelX)測量該場所之分貝 10 秒，採計 App 提供之平均分貝，重複五次測量並取平均值，該數值為原始分貝數值 (約為 44.0 dB)。
2. 將蜂鳴器、外接耳機及 Arduino 板放入箱中，蓋上盒蓋。
3. 控制程式以蜂鳴器發出聲源持續 1 秒，接著，靜等手機分貝計的數值接近回歸原始分貝數值。
4. 透過該軟體的音量對時間折線圖紀錄音量變化並讀取感測到的音量最大分貝值。
5. 重複上述步驟五次。

6. 紀錄分貝計 App 提供的音量變化圖，進行分析。

7. 更換壓克力箱內的吸音材料，重複步驟 4 ~ 6。

(四) 數據處理

本實驗以感測時測得之音量最大值作為評斷吸音效果的標準，若最大值較大則表示其有較多回音，吸音效果較差。以手機分貝感測器測得 10 秒內的音量變化後，會得到其音量變化折線圖。我們讀取分貝最大值，並將五次重複所得之數值平均。

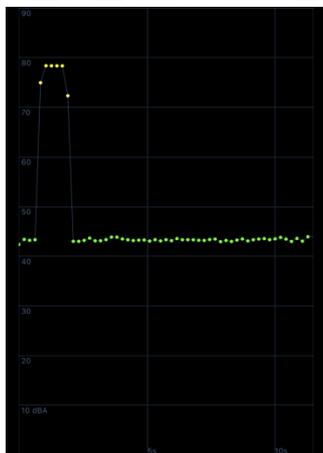


圖 7 測得的音量變化折線圖

而因在不同頻率時，蜂鳴器本身發出的聲音分貝便不同，我們便以空箱的數據為對照組，分別計算三個實驗組與對照組的差值。其計算方式如下：

$$\text{音量差值} = \text{空箱測得分貝最大值} - \text{實驗組測得分貝最大值}。$$

音量差值愈大表示架設吸音棉後的分貝最大值降低較多，故吸音效果較佳。

(五) 探討不同吸音棉材質及形狀對相同頻率聲源的吸音效果

本實驗的操縱變因含三種不同的吸音材，分別為：聚氨酯隔音吸音雞蛋棉、聚氨酯隔音吸音仿壁磚海綿、聚酯纖維吸音板。

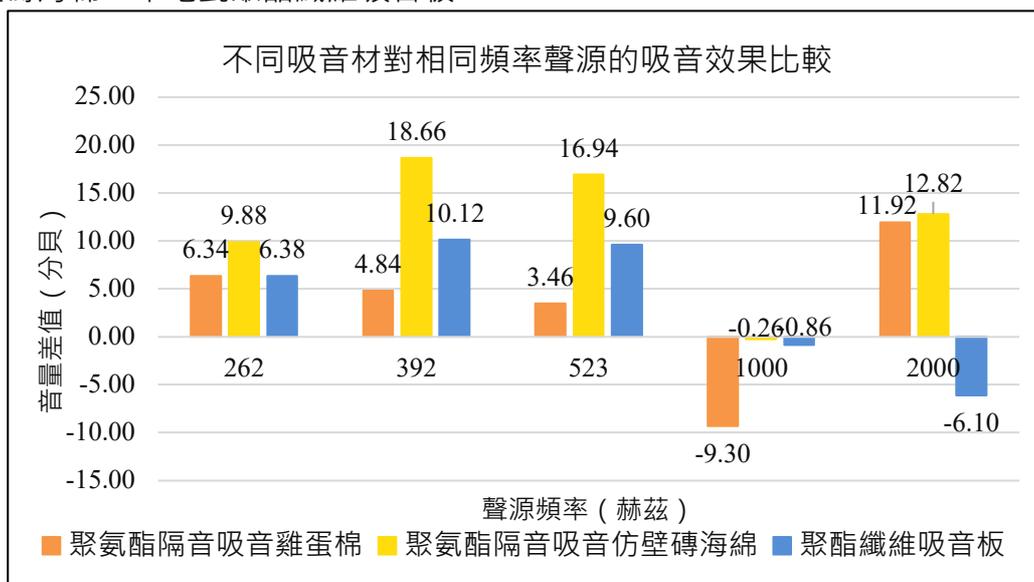


圖 8 不同吸音材對相同頻率聲源的吸音效果

實驗結果：

1. 在 262hz (C4)、392hz (G4)、523hz (C5) 時，三種吸音材的音量差值均大於 0，可知皆有達到吸音之效果。其中又以聚氨酯隔音吸音仿壁磚海棉的音量差值最大，顯示其最能有效降低實驗箱中的回音，吸音效果最佳。
2. 在 1000hz 時，三種吸音材的音量差值均小於 0，可知三種吸音材在 1000hz 時，吸音效果均不理想。
3. 在 2000hz 時，聚氨酯隔音吸音雞蛋棉、聚氨酯隔音吸音仿壁磚海棉的音量差值均大於 0，且仿壁磚海棉的音量差值又為最大，吸音效果最佳。而羊毛氈聚酯纖維吸音板的音量差值則小於 0，顯示其吸音效果較差。
4. 在五個不同的頻率，仿壁磚海棉的感測分貝最大值均為最低的，可知其整體吸音效果最佳。

(六) 探討不同頻率聲源對相同吸音材的吸音效果。

本實驗的操縱變因含五種不同頻率：262hz (C4)、392hz (G4)、523hz (C5)、1000hz、2000hz。

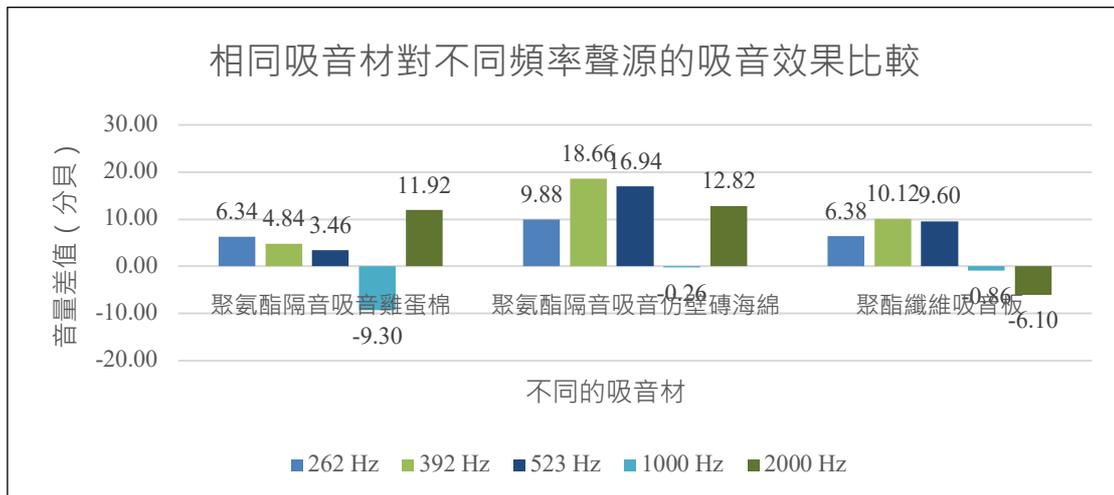


圖 9 相同吸音材對不同頻率聲源的吸音效果比較
(262 赫茲雞蛋棉和吸音板數據相近幾乎重疊)

實驗結果：

1. 使用聚氨酯雞蛋棉時，在聲源頻率為 262 Hz (C4)、392 Hz (G4)、523 Hz (C5)、2000 Hz 時，均可達到吸音效果，其中尤以聲源頻率 2000 Hz 時吸音效果最好，可降低約 12 分貝的音量。聲源頻率為 1000 Hz 時，音量則有約 9 分貝的增加，吸音效果是所有組合中最差的。
2. 使用聚氨酯仿壁磚海棉時，在聲源頻率為 262 Hz (C4)、392 Hz (G4)、523 Hz (C5)、2000 Hz 時，也均可達到吸音效果，聲源頻率 392 Hz (G4) 時吸音效果最好，可降低約 19 分貝的音量，也是綜合所有情況下吸音表現最好的組合。聲源頻率為 1000 Hz 時，音量則有微量的增加，吸音效果較差。

3. 使用聚酯纖維吸音板時，在聲源頻率為 262 Hz (C4)、392 Hz (G4)、523 Hz (C5) 時，均可達到吸音效果，且 392 Hz (G4) 是其中吸音表現最好的，約降低了 10 分貝的音量。而聲源頻率為 1000 Hz、2000 Hz 時，音量都有些許增加，吸音效果不佳。
4. 綜合上述三點可知，聲源頻率確實會對吸音效果造成影響，但在使用不同的吸音材時，都有各自適合的聲源頻率，並無一定的基準。除此之外，在聲源頻率為 1000hz 時，無論使用哪一種吸音材都無法達到吸音效果，是後續可深入探討的部分。

(七) 討論

1. 在 1000 Hz 時，三種吸音材的音量差值均小於 0，而 2000 Hz 時雞蛋棉和仿壁磚表現卻較 262hz 良好，因此頻率高低與吸音效果無法推得正或負相關。
2. 雞蛋棉在低頻率表現較不佳，但在 2000 Hz 時有較好的效果，反之吸音板在低頻率有第二好的吸音效果，但在 1000 Hz 和 2000 Hz 時效果較不使用吸音材差，推測這兩種吸音材在特定頻率範圍有較佳效果，我們希望可以確認這是我們實驗誤差所為或是吸音材本生之特性，但礙於時間因素我們尚無進行進一步的相關研究。
3. 實驗結果與原假設不符，無論聲源頻率為何，仿壁磚皆擁有最高的差值，而非雞蛋棉，因此表面凹凸不平是否能減少聲音反射並未得到證明，理論上凹凸不平的表面漫射效果最佳，但實驗結果並未證實該理論，推測還有其他因素影響。

五、結論與生活應用

- (一) 本實驗所使用的三種吸音材中，聚氨酯仿壁磚海棉有最佳的吸音效果。
- (二) 根據本實驗結果無法推得聲音頻率高低與吸音效果的關係。
- (三) 不同吸音材會有不同的最佳吸音範圍。

生活應用：

由於吸音棉的原理是吸收聲波，它不但具備吸音的作用，還能夠隔音。因此在生活中，常常可在錄音室、演講廳等聲音息息相關的地點中看到吸音棉。我們的實驗測量了不同材質、形狀的吸音棉在不同頻率下吸收聲波的差異。這不僅能讓我們親自驗證商品所標榜的功能，也能使消費者在挑選吸音棉時根據自己的需求進行購買。

另外我們查詢了平常生活周遭的聲音頻率。人類講話時，聲帶振動的頻率約為 100 Hz 至 200 Hz，唱歌時則為 50 Hz 至 1500 Hz。而鋼琴的最高音與最低音分別是 4186 Hz 與 27.5Hz。人耳可聽見的頻率又可分為五個區間。分別是：極低頻 (20 Hz 40 Hz)、低頻 (40 Hz 至 160 Hz)、中頻 (160 Hz 至 2630 Hz)、高頻 (2630 Hz 至 5270 Hz)、極高頻 (5270 Hz 以上)。仿壁磚海棉在 262 Hz、392 Hz、523 H 的吸音效果最好，可知接近人類說話的頻率時，仿壁磚海棉的吸音效果最好。

參考資料

1. 吸音棉、隔音棉有什麼差別？了解吸音與隔音的定義，選擇合適的產品（2021）。90s 科技傢具品牌網站。<https://reurl.cc/XLx72R>
2. 噪音原理防制材料簡介手冊。行政院環境保護署。