

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

佳作

080807

傳聲筒之五四三

學校名稱：新竹縣竹北市十興國民小學

作者： 小六 楊卉榆 小六 賴宜菁 小六 劉信宏 小六 彭凱駿	指導老師： 徐雪妮 王韻涵
---	---------------------

關鍵詞：傳聲筒、聲音、三角函數

摘要

本研究主要探討傳聲筒傳聲的最佳條件，如：距離、材質、表面粗糙程度，及不同角度時筒壁和筒長間的相互關係，期望能找到傳聲筒角度和長度之間的最佳比例。在前四個實驗中發現，當距離愈短、入射角=反射角、愈光滑和堅硬的物質，對聲音的傳播較有利。基於此發現，進行實驗五與實驗六，利用塑膠 PP 板和厚紙板做的集音管，並不會和音源產生共振的情形，而集音管口直徑達到 3 公分時，能測得最大音量。最後，依此條件設計實驗七，用手繪圖稿和三角函數，找到不同夾角的傳聲筒與筒壁長度的比例關係。結果證明，傳聲筒並非大聲公，無法使音量變大；最佳傳聲筒:當夾角 4° 時筒長為 41 公分， 6° 時筒長為 32 公分， 8° 時筒長為 18 公分， 10° 時筒長為 23 公分。

壹、研究動機

有一晚，我和爸爸去了國家體育場看少棒，真是精彩又刺激啊!每個人都用盡全力的幫忙加油，這時，爸爸去要了一組加油棒，只見爸爸對著加油棒喊著：「中華隊加油！中華隊加油！」我看著爸爸手上的加油棒，不禁思考了起來：加油棒真的可以將聲音放大嗎？是不是因為加油棒的材質？還是跟共振有關係？它的形狀一定要這樣嗎？還有為什麼長度都不一樣呢？我覺得這真是個耐人尋味的問題，值得我們深入探究。

貳、研究目的

- 一、研究不同距離對聲音音量的影響
- 二、研究不同角度對聲音音量的影響
- 三、研究不同材質對聲音反射的影響
- 四、研究不同集音管長度對聲音音量的影響
- 五、研究不同集音管口徑對聲音音量的影響
- 六、探討不同夾角的傳聲筒與筒壁長度的比例關係

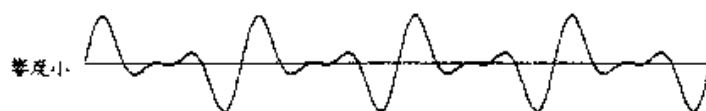
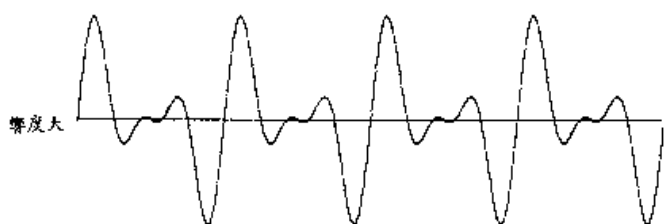
參、參考文獻

一、聲音的產生

聲音是通過物體振動產生的聲波，並透過介質（空氣或固體、液體）的傳播，能被人或動物之聽覺器官所感知的波動現象。聲音會振動是因為有一股支持的能量。當聲源振動時會推拉它附近的介質，聲波正是介質在傳送時產生的現象。

聲波

當振動的物體向外振動時會擠壓介質，使介質的密度變大；而當它向內振動時，介質質點間の間隔則會變大，密度也就會跟著變小，這一疏一密的持續變化，就是聲波的形成。



聲音三要素

- 「響度」是聲音的強弱，通常以「分貝」(dB)來表示響度的大小。聲波振幅愈大則響度愈大。
- 「音調」是聲音的高低，音調由發音體的振動頻率決定，頻率愈高則音調愈高。
- 「音色」關係著聲音的獨特性，不同的發音體產生不同的波形，而形成不同的音色

(摘自台灣師範大學物理系 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html>)

二、聲音的反射

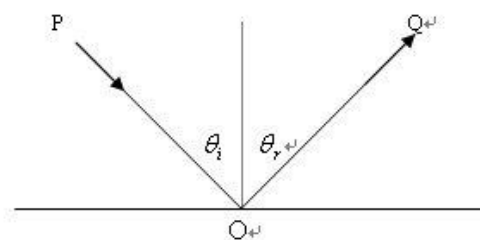
入射波前遇到不同界面，改變前進方向，而返回原介質的現象，稱為反射。常見的有光聲音及水波的反射。反射定律：入射角=反射角。反射是眾多波及粒子的現象。這些包括聲音的反射，例如：回聲及水中聲納、地震波在地質結構上的反射、表面水波的反射、不同電磁波的反射。

反射定律

平整反射面的反射稱為鏡面反射或規則反射，其遵守反射定律，

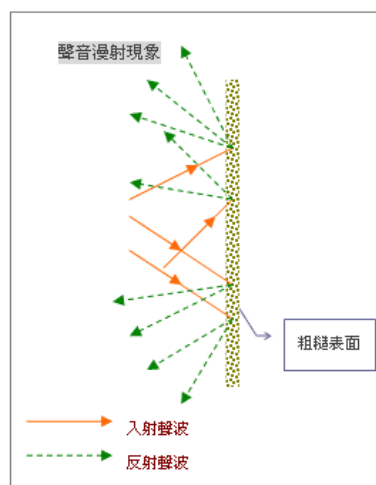
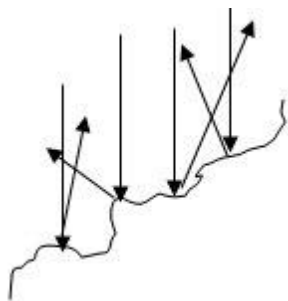
- 1、入射線反射線與垂直於反射面假想的法線在同一平面上，
- 2、入射線與法線之夾角等於反射線與法線之夾角也就是說入射角等於反射角。

(摘自科技部高瞻自然科學教學資源平台)



三、漫射

當光和聲音遇到粗糙的表面，由於微觀上不規則的表面，則反射後方向分散，我們稱此為漫射。
(摘自科技部高瞻自然科學教學資源平台)



四、康達效應

當流體流經物體時，會沿著其表面流動的現象。流動中的物質，都會有依附接觸面的傾向，宏觀的解釋是與流體的「黏度」(Viscosity)有關。試著把湯匙彎曲的底部貼向由水龍頭流出的水柱，觀察水流過曲面後的情況，會發現水流的方向改變了，由垂直向下變成跟隨匙面的方向。這種現象稱為康達效應。

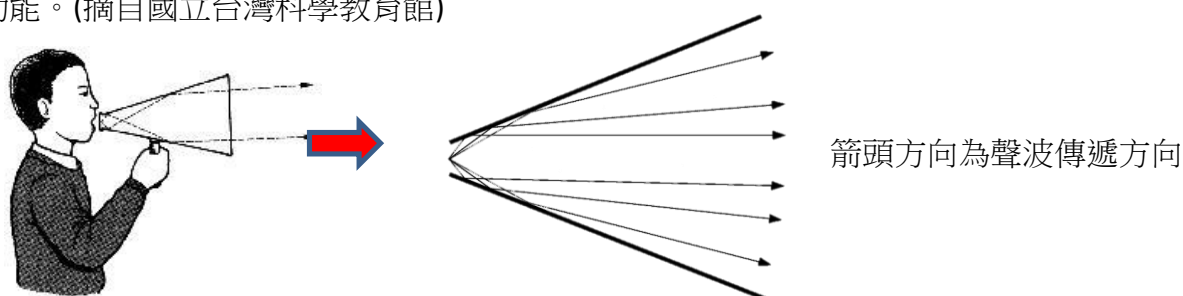
(摘自亞太科學教育論壇，第五期，第一冊，文章八、國立交通大學物理演示實驗)

書中提到樂器口徑小於 3 公分的管狀物體在發聲作用上,會引起空氣黏性阻力的影響,能引起空氣的震動,以發出基本聲音.吹小喇叭時,氣息經過小喇叭的吹嘴,引起空氣黏性阻力的影響,而震動發出基本聲音,再經由喇叭管的共鳴和擴大作用,發出嘹亮華麗的聲音。

(摘自:跟著鄭大師玩科學)

五、聲音反射在傳聲筒的應用

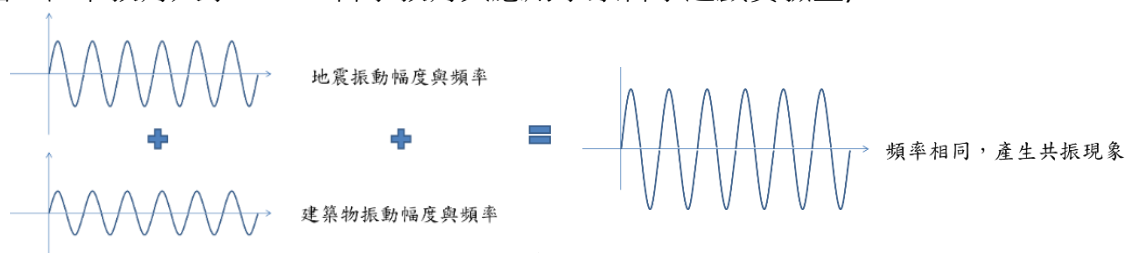
傳聲筒的形狀，使得發出的聲音經過筒壁反射後，其傳播方向變得較為集中，因此同樣強度的聲音，可傳至較遠的地方。用雙手在口邊做成喇叭狀，出聲呼叫，也能多少具有傳聲筒的功能。(摘自國立台灣科學教育館)



六、聲音的共振

在物理上「共振 (resonance)」是指兩個 (或兩個以上) 物體的振動頻率相同，當一個物體開始振動，會引起其他物體一起振動的現象，並不是所有的頻率都可以產生共振。自然界有很多事物會發生共振現象，包括聲音、電磁、地震、單擺等等。例子：發動汽車時，引擎的振動會使車身跟著振動起來，以及聽音響時將手放在喇叭的盒蓋上手會感到振動。

(國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系科學遊戲實驗室) .



圖片摘自:國立臺灣大學土木工程系吳宗翰先生

肆、研究設備及器材

器材	數量	實驗
萬用貼(圖 1)	1 條	實驗一
手機	2 支	
耳機 (圖 2)	1 個	
壓克力管 (圖 3)	2 根	
分貝計 (圖 4)	1 支	
量角器 (圖 5)	1 個	實驗二
大理石板 (圖 6)	1 片	
厚海綿(圖 7)	1 塊	
保麗龍板	1 片	
瓦楞圈 (圖 8)	2 片	
砂紙	1 片	實驗三
薄海綿 (圖 9)	1 片	
塑膠板 (圖 10)	1 片	
厚紙板	1 片	
砂紙組 (圖 11)	1 組	實驗四
錄音筆 (圖 12)	1 支	實驗五
塑膠 PP 板 (圖 13)	1 片	
教具用圓規 (圖 14)	1 支	實驗六
鐵尺(圖 15)	1 支	

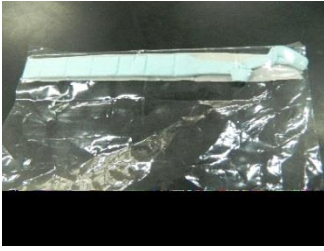


圖1(萬用貼)



圖2(耳機)

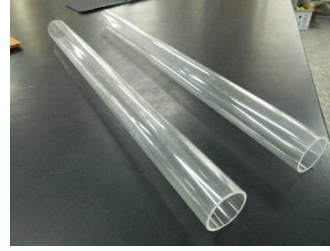


圖3(壓克力管)



圖4(分貝計)



圖5(量角器)

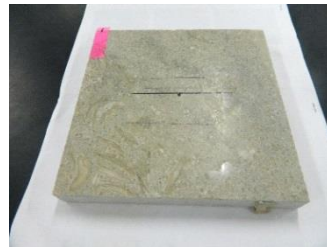


圖6(大理石板)



圖7(厚海綿)

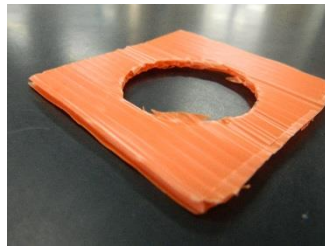


圖8(瓦楞圈)

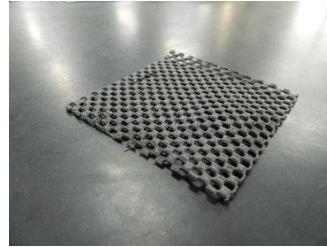


圖9(薄海綿)

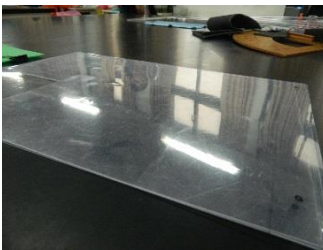


圖10(塑膠板)

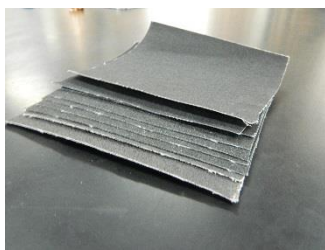


圖11(砂紙組)



圖12(錄音筆)

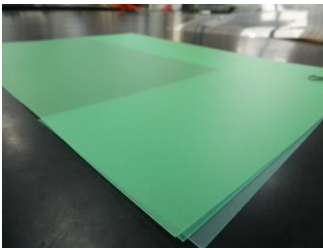


圖 13(塑膠PP板)



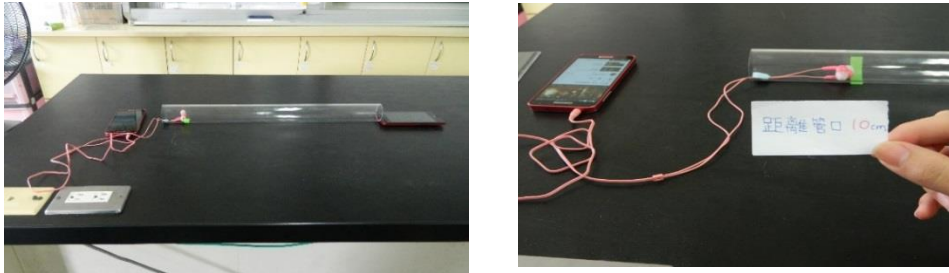
圖 14(教具用圓規)



圖 15(鐵尺)

伍、研究過程與方法

實驗一、不同距離對聲音音量的影響



實驗一 實驗設置圖

測量工具:手機 APP

一.變因

操控變因：

音源與手機之間的距離(40、35、30 和 0 公分)

控制變因：

聲音大小、耳機放置位置、音樂曲目、聲音來源、手機放置位置

二.實驗步驟

1. 將一根壓克力管平放在桌面上。
2. 在右邊管口放置一支手機。
3. 將耳機的聲音來源控制在同一個方向，並用黏土固定。
4. 將耳機黏在距離手機 40 公分的位置。
5. 播放音樂，並記錄結果
6. 將距離改為 35 公分，並重複步驟 1-5。
7. 將距離改為 30 公分，並重複步驟 1-5。
8. 將距離改為 0 公分，並重複步驟 1-5。

測量工具:分貝計

一.變因

操控變因：

音源與分貝計之間的距離(40、35、30 和 0 公分)

控制變因：

聲音大小、耳機放置位置、音樂曲目、聲音來源、分貝計放置位置

二.實驗步驟

1. 將一根壓克力管平放在桌面上。
2. 在右邊管口放置一臺分貝計，並設定為 MAX/dBA。
3. 將耳機的聲音來源控制在同一個方向，並用黏土固定。
4. 將耳機黏在距離分貝計 40 公分的位置。
5. 播放音樂，並記錄結果
6. 將距離改為 35 公分，並重複步驟 1-5。
7. 將距離改為 30 公分，並重複步驟 1-5。
8. 將距離改為 0 公分，並重複步驟 1-5。

實驗二、不同角度對聲音音量的影響



實驗二 實驗設置圖

一. 變因

操控變因:

入射角的角度(10、20、30、40 和 50 度)

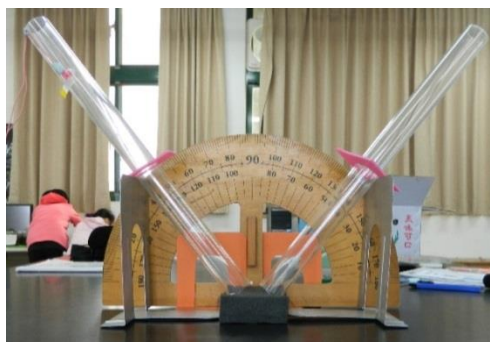
控制變因:

反射材質、反射角角度、分貝計放置位置、音量大小、耳機放置位置、音樂曲目

二. 實驗步驟

1. 用書架讓量角器固定於桌面上。
2. 將大理石板置於量角器前方，並畫出圓心。
3. 以圓心為中心點，畫一條長 7.5 公分的直線。
4. 將一根壓克力管用書架固定於法線的右方，角度呈現 40 度(反射角)，並於管口放置一支分貝計，再將分貝計設定為 MAX/dBA。
5. 將第二根壓克力管用書架固定於法線的左方，角度呈現 10 度(入射角)。
6. 在耳機上黏一塊黏土，並將其固定於右方的壓克力管內(距離管口 10 公分)。
7. 播放音樂，觀察並分貝計所顯示的結果。
8. 將左方壓克力管角度改為 20 度，並重複步驟 1-7。
9. 將左方壓克力管角度改為 30 度，並重複步驟 1-7。
10. 將左方壓克力管角度改為 40 度，並重複步驟 1-7。
11. 將左方壓克力管角度改為 50 度，並重複步驟 1-7。

實驗三、不同反射材質對聲音音量的影響



實驗三 實驗設置圖

一. 變因

操控變因:反射板的材質

1.大理石板 2.砂紙 3.鋁箔紙 4.薄海綿(有洞) 5.厚海綿 6.厚紙板 7. 塑膠 PP 板

控制變因:

壓克力管角度、聲音來源、分貝計放置位置、聲音大小、耳機放置位置、音樂曲目

二.實驗步驟

1. 將兩根壓克力管固定於大理石板上，依實驗二最佳結果，角度調整為入射角 40 度對為反射角 40 度。
2. 將耳機黏在代表入射角的壓克力管中(距離壓克力管管口 10 公分)。
3. 於代表反射角的壓克力管管口放置一支分貝計，再將分貝計設定為 MAX/dBA。
4. 將大理石板固定，播放音樂，並記錄分貝計所顯示的分貝。
5. 將材質改為砂紙，並重複步驟 1-4。
6. 將材質改為鋁箔紙，並重複步驟 1-4。
7. 將材質改為薄海棉，並重複步驟 1-4。
8. 將材質改為厚海棉，並重複步驟 1-4。
9. 將材質改為厚紙板，並重複步驟 1-4。
10. 將材質改為塑膠 PP 板，並重複步驟 1-4。

實驗四、不同的粗糙程度對聲音音量的影響



實驗四 實驗設置圖

一.變因

操控變因:砂紙的粗糙程度

1. 砂紙編號 60
2. 砂紙編號 100
3. 砂紙編號 120 (註 1)

控制變因:

壓克力管角度、聲音來源、分貝計放置位置、聲音大小、耳機放置位置、音樂曲目

二.實驗步驟

1. 將兩根壓克力管架設在左右兩邊，與法線夾角固定為 40 度。
2. 將分貝計放置右方壓克力管管口。
3. 將耳機固定於左方壓克力管距離管口 10 公分處。
4. 於兩根壓克力管交接處下方放置粗糙程度 60 的砂紙，播放音樂，觀察並記錄分貝數。
5. 於兩根壓克力管交接處下方放置粗糙程度 100 的砂紙，並重複 1-4 步驟
6. 於兩根壓克力管交接處下方放置粗糙程度 120 的砂紙，並重複 1-4 步驟

註 1:砂紙粗糙程度由編號小到大。

實驗五、不同集音管長度對聲音音量的影響



實驗五 實驗設置圖

基於實驗三和實驗四的結果，我們設計以塑膠 PP 板和厚紙板為此實驗的材料。

集音管材質:塑膠 PP 板

一.變因

操控變因: 集音管長度(10、20、30 和 40 公分)

控制變因:

集音管管口直徑、聲音來源、分貝計放置位置、聲音大小、耳機放置位置

二. 實驗步驟

1. 將塑膠 PP 板剪成:直徑 6 公分，長分別為 10、20、30、40 公分。
2. 用雙面膠將塑膠 PP 板黏成圓筒狀。
3. 集音管的兩端分別放置錄音筆及分貝計。
4. 將分貝計設定為 MAX/dBA；播放音樂。
5. 觀察分貝計所顯示的結果並記錄。
6. 將長度改為 20 公分，並重複步驟 3-5。
7. 將長度改為 30 公分，並重複步驟 3-5。
8. 將長度改為 40 公分，並重複步驟 3-5。

集音管材質:厚紙板

一. 變因

操控變因:

集音管長度(10、20、30、40 和 50 公分)

控制變因:

集音管口徑、聲音來源、分貝計放置位置、聲音大小、耳機放置位置

二. 實驗步驟

1. 將厚紙板剪為:口徑 6 公分，長分別為 10 公分、20 公分、30 公分 40 公分及 50 公分。
2. 用雙面膠將厚紙板黏成圓筒狀。
3. 集音管的兩端分別放置錄音筆及分貝計。
4. 將分貝計設定為 MAX/dBA；播放音樂。
5. 觀察分貝計所顯示的結果並記錄。
6. 將長度改為 20 公分，並重複步驟 3-5。
7. 將長度改為 30 公分，並重複步驟 3-5。

8. 將長度改為 40 公分，並重複步驟 3-5。
9. 將長度改為 50 公分，並重複步驟 3-5。

實驗六、不同集音管口徑對聲音音量的影響



實驗六 實驗設置圖

一.變因

操控變因:

集音管口徑(2、3、4、5、6、7、8 和 9 公分)

控制變因:

聲音大小、錄音筆放置位置、音樂曲目、分貝計放置位置

二.實驗步驟

- 1.將厚紙板剪為:長 10 公分，口徑分別為 2、3、4、5、6、7、8 和 9 公分。
- 2.用雙面膠及膠帶將厚紙板黏成筒狀。
- 3.將錄音筆的喇叭對準管口，分貝計的收音麥克風則距離另一端的管口 2 公分。
4. 將分貝計設定為 MAX/dBA；播放音樂。
- 5.觀察分貝計所顯示的結果並記錄。
- 6.將口徑改為 3 公分，並重複步驟 3-5。
- 7.將口徑改為 4 公分，並重複步驟 3-5。
- 8.將口徑改為 5 公分，並重複步驟 3-5。
- 9.將口徑改為 6 公分，並重複步驟 3-5。
- 10.將口徑改為 7 公分，並重複步驟 3-5。

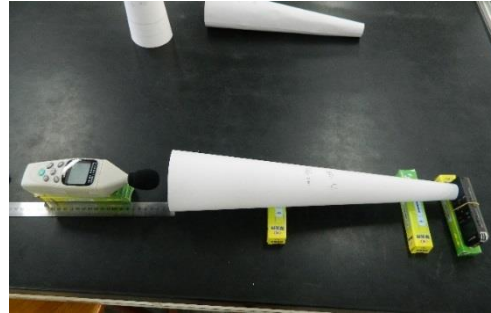
11.將口徑改為 8 公分，並重複步驟 3-5。

12 將口徑改為 9 公分，並重複步驟 3-5。

七、不同夾角的傳聲筒與筒壁長度的比例關係

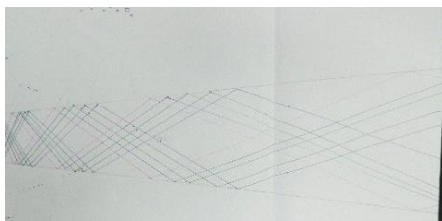


實驗七 作品完成圖

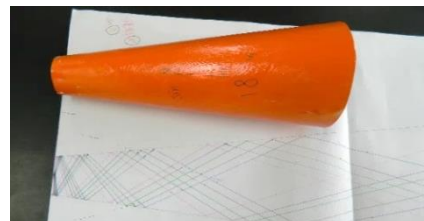


實驗七 實驗設置圖

依文獻及實驗結果顯示:入射角=反射角。我們手繪出角度和筒壁之間聲音反射途徑，以此作為實驗七基準，並設計五種角度，各三種不同筒壁長度的傳聲筒。



手繪圖



依手繪圖製作傳聲筒

一. 變因

操控變因:

不同夾角的傳聲筒(4°、6°、8°、10°、12°)與相對應之長度

控制變因:

聲音大小、錄音筆放置位置、音樂曲目、分貝計放置位置

二. 實驗步驟

1. 手繪筒壁與中心軸夾角為 4°、6°、8°、10°、12° 的聲音反射路徑。
2. 根據完成圖，找到聲音最後一次反射筒壁長度(最佳長度)。
3. 並依此資料，使用三角函數製作傳聲筒。註 2，註 3 及註 4。

使用三角函數 $\sin \theta = \frac{\text{對邊}}{\text{斜邊}}$ 來找出筒壁長度和出聲口的圓周關係，如圖 16。

4. 製做角度 4° 的最佳傳聲筒，再製作增減 5 公分的傳聲筒。
5. 將錄音筆的喇叭對準入聲口，分貝計的收音麥克風則距離出聲口 2 公分。
6. 將分貝計設定為 MAX/dBA；播放音樂。
7. 觀察分貝計所顯示的結果並記錄。
8. 將傳聲筒改為角度 6° ，將長度增減 5 公分並重複步驟 5-7。
9. 將傳聲筒改為角度 8° ，將長度增減 5 公分並重複步驟 5-7。
10. 將傳聲筒改為角度 10° ，將長度增減 5 公分並重複步驟 5-7。
11. 將傳聲筒改為角度 12° ，將長度增減 5 公分並重複步驟 5-7。

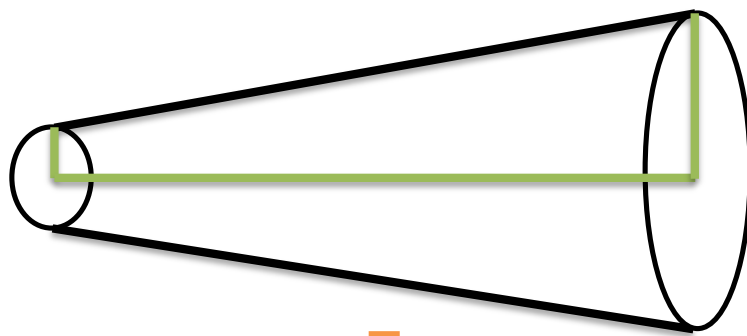
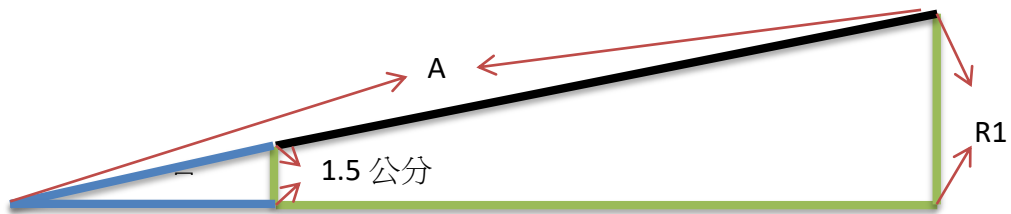


圖 16:傳聲筒分解圖



註 2: 由實驗六可知，管口直徑 3 公分的結果較好，因此我們已 3 公分為此實驗的基準。

註 3: 根據三角函數 $\sin \theta = \frac{\text{對邊}}{\text{斜邊}}$ ，我們將斜邊設為 A，對邊設為 R1。

註 4: (A-X) 的長度等於筒壁長度，依手繪圖反射結果長度設為筒壁長度。

表 1:三角函數和傳聲筒筒壁計算表

Sin 4° =0.0697	X1 (A)	R1	R1 圓周長 (1 公分)	R1 圓規半徑
36 公分	21.5 (57.5)	4	25.1 (26.1)	57.5
41 公分	21.5 (62.5)	4.4	27.6 (28.6)	62.5
46 公分	21.5 (67.5)	4.7	29.5 (30.5)	67.5

Sin6° =0.1045	X1 (A)	R1	R1 圓周長 (1 公分)	R1 圓規半徑
32 公分	14.4 (46.4)	4.8	30.1 (31.1)	46.4
37 公分	14.4 (51.4)	5.4	33.9 (34.9)	51.4
42 公分	14.4 (56.4)	5.9	37 (38)	56.4
Sin8° =0.1391	X1 (A)	R1	R1 圓周長 (1 公分)	R1 圓規半徑
13 公分	10.8 (23.8)	3.3	20.7 (21.7)	23.8
18 公分	10.8 (28.8)	4	25.1 (26.1)	28.8
23 公分	10.8 (33.8)	4.7	29.5 (30.5)	33.8

Sin10° =0.1736	X1 (A)	R1	R1 圓周長 (1 公分)	R1 圓規半徑
18 公分	8.6 (26.6)	4.6	28.9 (29.9)	26.6
23 公分	8.6 (31.6)	5.5	34.5 (35.5)	31.6
28 公分	8.6 (36.6)	6.4	40.2 (41.2)	36.6
Sin12° =0.2079	X1 (A)	R1	R1 圓周長 (1 公分)	R1 圓規半徑
8 公分	7.2 (15.2)	3.2	20.1 (21.1)	15.2
13 公分	7.2 (20.2)	4.2	26.4 (27.4)	20.2
18 公分	7.2 (25.2)	5.2	32.7 (33.7)	25.2

陸、實驗結果

實驗一、不同距離對聲音音量的影響

測量工具:手機 APP

1. 當音源距離手機 40 公分時，二次測驗後得到的平均是 76.7 分貝。
2. 當音源距離手機 35 公分時，二次測驗後得到的平均是 78.1 分貝。
3. 當音源距離手機 30 公分時，二次測驗後得到的平均是 76.85 分貝。
4. 當音源距離手機 0 公分時，二次測驗後得到的平均是 75.05 分貝。

整理資料如表 2，圖 17。

表 2:手機 APP 測得分貝數資料

距離 (公分)	一	二	平均
40	82.4	71	76.7
35	77.8	78.4	78.1
30	76.8	76.9	76.85
0	73.9	76.2	75.05

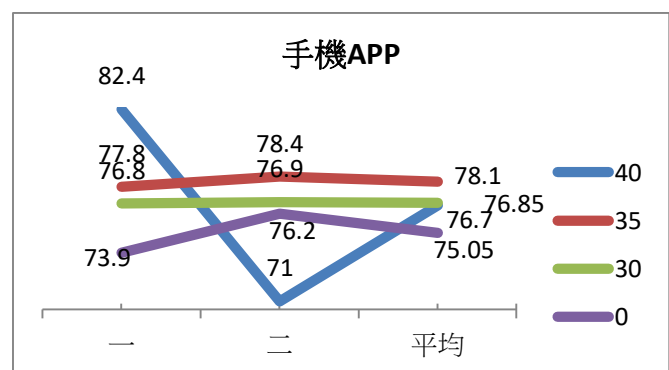


圖 17:分貝數資料之折線圖

測量工具:分貝計

1. 當耳機距離分貝計 40 公分時，三次測驗後得到的平均是 73.57 分貝。
2. 當耳機距離分貝計 35 公分時，三次測驗後得到的平均是 79.2 分貝。
3. 當耳機距離分貝計 30 公分時，三次測驗後得到的平均是 79.07 分貝。
4. 當耳機距離分貝計 0 公分時，三次測驗後得到的平均是 81.37 分貝。整理資料如表 3，圖 18。

表 3:分貝計測得分貝數資料

距離	一	二	三	平均
40	73.6	74.4	72.7	73.57
35	80.3	80	77.3	79.2
30	80.4	78.3	78.5	79.07
0	79	83.7	81.4	81.37

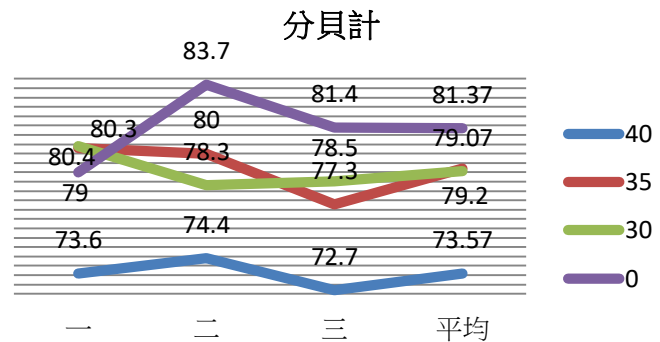


圖 18: 分貝數資料之折線圖

實驗二、不同角度對聲音音量的影響

1. 當兩邊的管子和法線夾角角度為 10 度和 40 度時，三次測試平均為 67.17。
2. 當兩邊的管子和法線夾角角度為 20 度和 40 度時，三次測試平均為 67.93。
3. 當兩邊的管子和法線夾角角度為 30 度和 40 度時，三次測試平均為 69.07。
4. 當兩邊的管子和法線夾角角度為 40 度和 40 度時，三次測試平均為 70.53。
5. 當兩邊的管子和法線夾角角度為 50 度和 40 度時，三次測試平均為 69.27，整理資料如表 4、圖 19。

表 4: 不同角度分貝數資料表

兩側管子角度	一	二	三	平均
10v.s.40	65.8	68.1	67.6	67.17
20 v.s.40	68.4	67.4	68.0	67.93
30 v.s.40	69.0	69.2	69.0	69.07
40 v.s.40	70.9	71.5	69.2	70.53
50 v.s.40	69.7	68.9	69.2	69.27

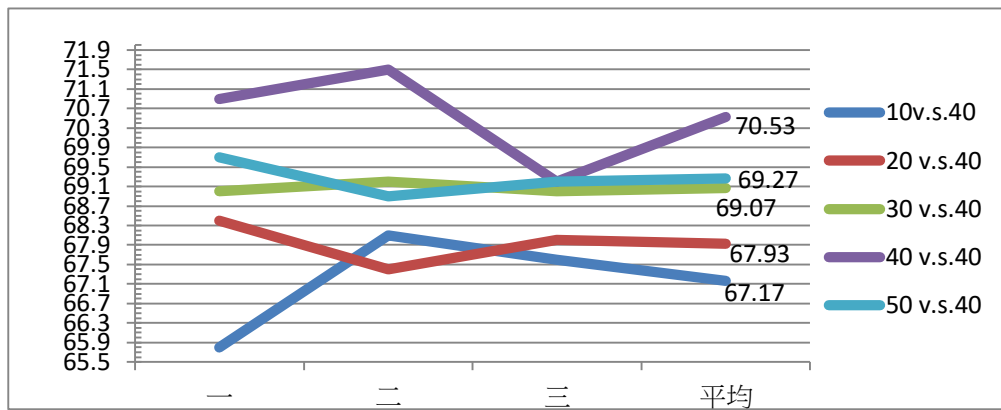


圖 19: 不同角度分貝數之折線圖

實驗三、不同材質對聲音音量的影響

1. 當反射材質為大理石板時，三次測驗後的分貝數平均為 70.53。
2. 當反射材質為砂紙時，三次測驗後的分貝數平均為 60.83。
3. 當反射材質為鋁箔紙時，三次測驗後的分貝數平均為 63.53。
4. 當反射材質為薄海棉時，三次測驗後的分貝數平均為 68.30。
5. 當反射材質為厚海棉時，三次測驗後的分貝數平均為 60.50。
6. 當反射材質為塑膠 PP 板時，三次測驗後的分貝數平均為 70.40。
7. 當反射材質為厚紙板時，三次測驗後的分貝數平均為 67.23，整理資料如表 5、圖 20。

表 5: 不同反射材質分貝數資料

	一	二	三	平均
大理石板	70.9	71.5	69.2	70.53
砂紙	61.6	59.4	61.5	60.83
鋁箔紙	63.4	63.1	64.1	63.53
薄海棉	67.0	68.9	69.0	68.3
厚海棉	60.5	59.8	61.2	60.5
塑膠 PP 板	69.9	70.8	70.5	70.4
厚紙板	67.7	66.4	67.6	67.23

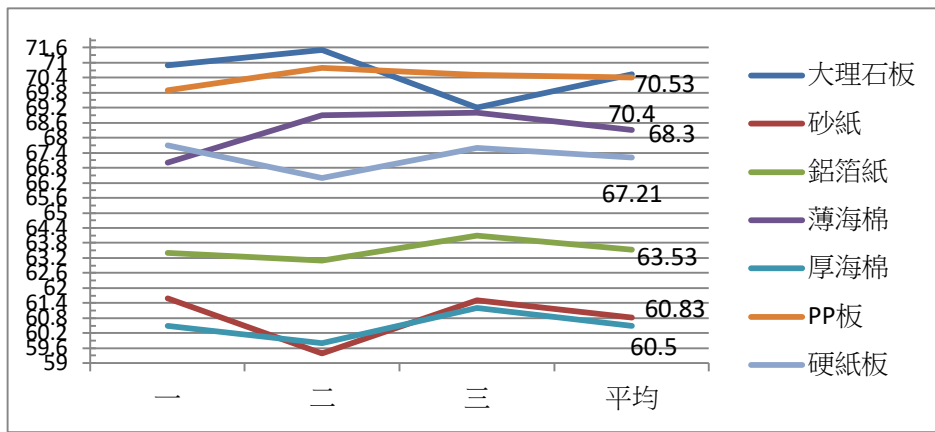


圖 20: 不同反射材質分貝數之折線圖

實驗四、不同粗糙程度對聲音音量的影響

1. 當砂紙的粗糙程度為 # 60 時(較粗)，三次測驗的分貝數平均為 66.63。
2. 當砂紙的粗糙程度為 # 100 時(次之)，三次測驗的分貝數平均為 68.53。
3. 當砂紙的粗糙程度為 # 120 時(較細)，三次測驗的分貝數平均為 70.70，整理資料如表 6、圖 21。

表 6: 不同粗糙程度分貝數之資料表

砂紙編號	一	二	三	平均
# 60(較粗)	67.3	66.3	66.3	66.63
# 100(次之)	68.1	68.7	68.8	68.53
# 120(較細)	70.6	72.4	69.1	70.7

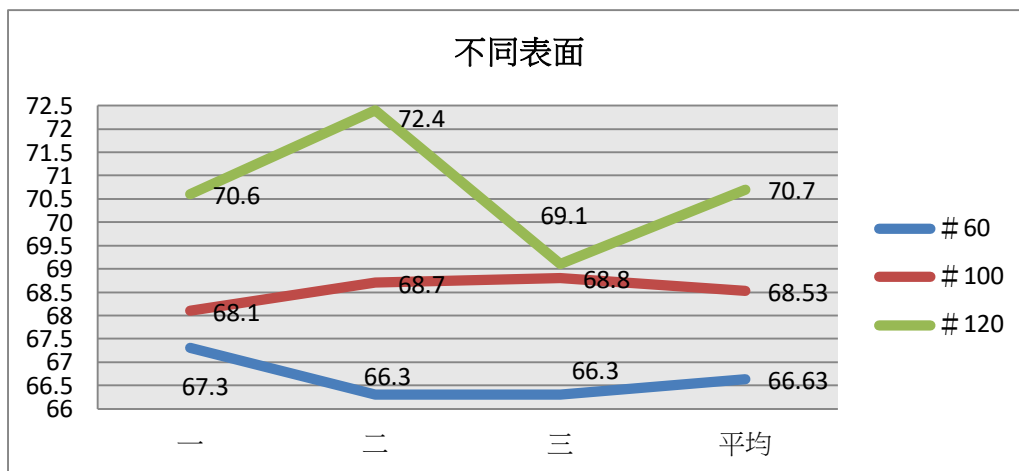


圖 21: 不同粗糙程度分貝數之折線圖

實驗五、不同集音管長度對聲音音量的影響

集音管材質:塑膠 PP 板

1. 集音管長度為 10 公分時，三次測驗的分貝數平均為 99.30。
2. 集音管長度為 20 公分時，三次測驗的分貝數平均為 97.70。
3. 集音管長度為 30 公分時，三次測驗的分貝數平均為 96.13。
4. 集音管長度為 40 公分時，三次測驗的分貝數平均為 96.33，整理資料如表 7、圖 22。

表 7: 不同集音管長度分貝數資料表

塑膠 PP 板	一	二	三	平均
10 公分	99.8	99.1	99	99.3
20 公分	97.7	97.7	97.7	97.7
30 公分	96.1	96.1	96.2	96.13
40 公分	96	96.4	96.6	96.33

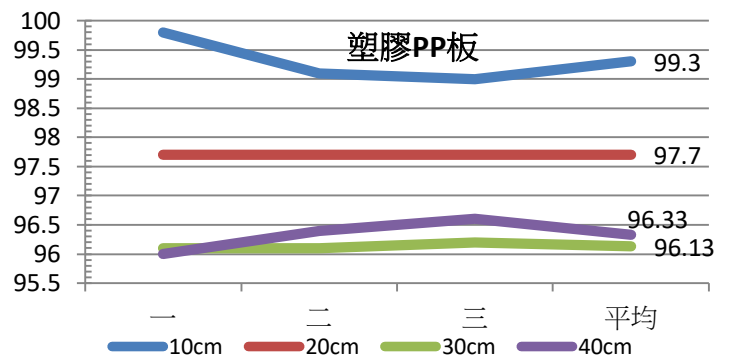


圖 22: 不同集音管長度分貝數線圖

集音管材質:厚紙板

1. 集音管長度為 10 公分時，三次測驗的分貝數平均為 96.93。
2. 集音管長度為 20 公分時，三次測驗的分貝數平均為 96.40。
3. 集音管長度為 30 公分時，三次測驗的分貝數平均為 94.83。
4. 集音管長度為 40 公分時，三次測驗的分貝數平均為 94.27。
5. 集音管長度為 50 公分時，三次測驗的分貝數平均為 92.03，整理資料如表 8、圖 23。

表 8: 不同集音管長度分貝數資料表

厚紙板	一	二	三	平均
10 公分	96.9	96.1	97.8	96.93
20 公分	96.6	96.6	96	96.4
30 公分	94.9	94.9	94.7	94.83
40 公分	94.5	94.2	94.1	94.27
50 公分	91.8	92.2	92.1	92.03

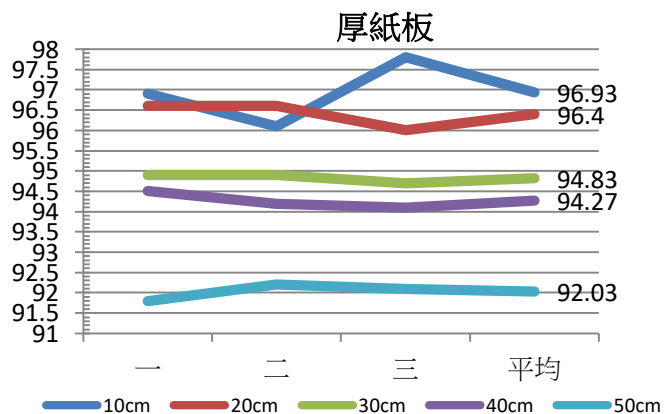


圖 23: 不同集音管長度分貝數線圖

實驗六、不同集音管口徑對聲音音量的影響

在這個實驗，我們依實驗五得到結果，將集音管的長度設為 10 公分，而集音管的管口的直徑，分別是 2、3、4、5、6、7、9 公分。三次測驗後的平均如下。

表 9: 不同集音管口徑分貝數資料

口徑	一	二	三	平均
2 公分	101.7	101.3	101.5	101.5
3 公分	105	105	105.9	105.3
4 公分	104	103.9	104.6	104.17
5 公分	101.9	102	101.9	101.93
6 公分	98.4	99	99	98.8
7 公分	99.3	98.5	98.3	98.7
8 公分	97.6	97.4	97.1	97.37
9 公分	96.8	96.2	96.2	96.4

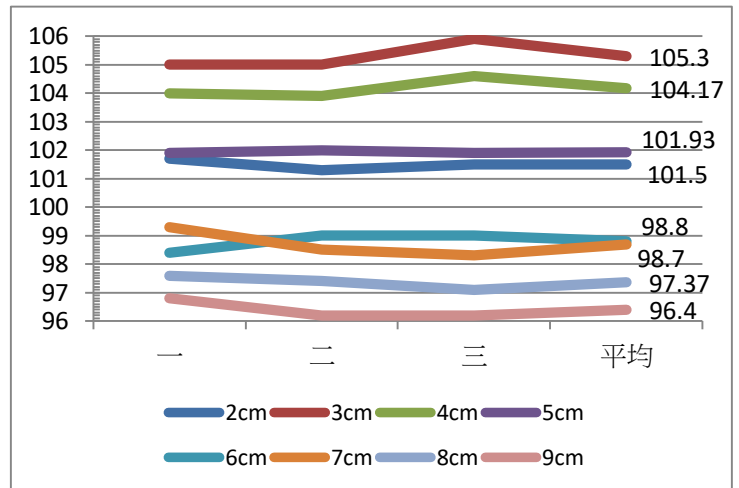


圖 24: 不同集音口徑分貝數之折線圖

實驗七、不同夾角的傳聲筒與筒壁長度的比例關係

- 當夾角為 4 度，測得最大分貝數的筒壁長度為 41 公分，平均分貝數為 100.93。
- 當夾角為 6 度，測得最大分貝數的筒壁長度為 32 公分，平均分貝數為 100.17。
- 當夾角為 8 度，測得最大分貝數的筒壁長度為 18 公分，平均分貝數為 102.93。
- 當夾角為 10 度，測得最大分貝數的筒壁長度為 23 公分，平均分貝數為 98.9。
- 當夾角為 12 度，測得最大分貝數的筒壁長度為 8 公分，平均分貝數為 102.1。

資料整理如表 10、圖 25。

表 10: 不同夾角與筒壁長度之音量關係表

角度 4 度	第一次	第二次	第三次	平均
36 公分	101	99.4	100	100.13
41 公分(最佳長度)	100.9	101	100.9	100.93
46 公分	98.6	99	99	98.87

角度 6 度	第一次	第二次	第三次	平均
27 公分	98.2	99.5	99.1	98.93
32 公分(最佳長度)	100.3	99.6	100.6	100.17
37 公分	97.9	98.5	97.5	97.97
角度 8 度	第一次	第二次	第三次	平均
13 公分	100	99.9	99.5	99.8
18 公分(最佳長度)	103.3	102.8	102.7	102.93
23 公分	100.6	100.5	99.5	100.2
角度 10 度	第一次	第二次	第三次	平均
18 公分	97	97	97.1	97.03
23 公分(最佳長度)	98.4	99	99.3	98.9
28 公分	92.5	93.6	92.7	92.93
角度 12 度	第一次	第二次	第三次	平均
8 公分	101.8	102.4	102.1	102.1
13 公分(最佳長度)	99.9	98	99.7	99.2
18 公分	99.6	99.2	98.1	98.97

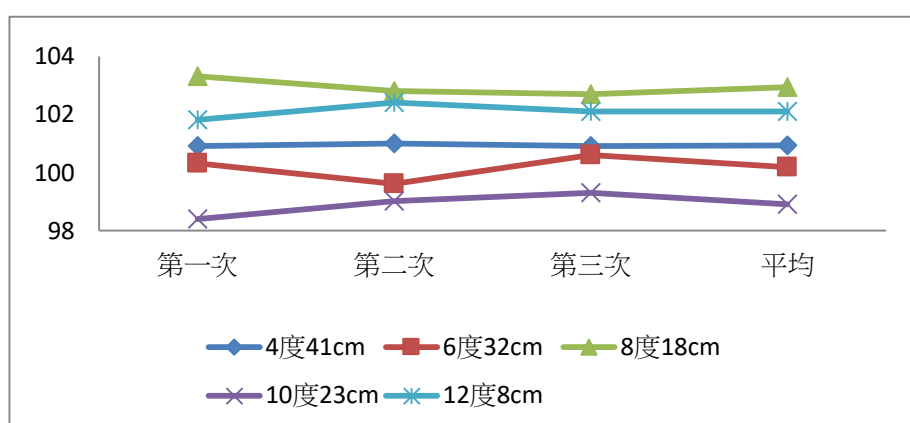


圖 25: 不同夾角與筒壁長度之音量關係折線圖

柒、實驗討論

不同距離對聲音音量的影響

- 一、在此實驗我們首先使用手機 APP 程式測分貝數，發現音源距離手機 0 公分時，測得音量最小，而距離 35 公分，測得分貝數最高，此結果違反常理，故我們推論，手機 APP 程式不夠精準，不能成為後續實驗的器材。
- 二、使用專業分貝計測量，得到音源距離分貝計 0 公分時，音量最大，為 81.37 分貝，而距

離 40 公分時音量最小，得到 73.57 分貝的音量。由文獻中推論，愈接近音源，聲音在空氣中傳距離愈短，能量流失也愈少，故愈接近音源，測得的音量也愈大。

三、我們測得距離 35 公分的分貝數會比距離 30 公分高，推論實驗器具不夠精密，太細微的差距無法測得非常精準。

不同角度對聲音音量的影響

當兩側壓克力管角度固定成與法線夾角 40 度與 40 度時，測得分貝數最大，為 70.53。而當另一側壓克力管夾角愈小或愈大時，所測得的分貝數也愈小，當另一側管子角度為 10 度時，測得分貝數只有 67.17，如圖 26，從文獻中得知當聲音傳播時，碰到光滑物體時，入射角=反射角，此實驗中所得到的數據也正是如此，當兩側壓克力管角度固定成相同夾角時，聲音反射路徑均勻落在管子內，故測得的分貝數也愈大，如圖 27、28。

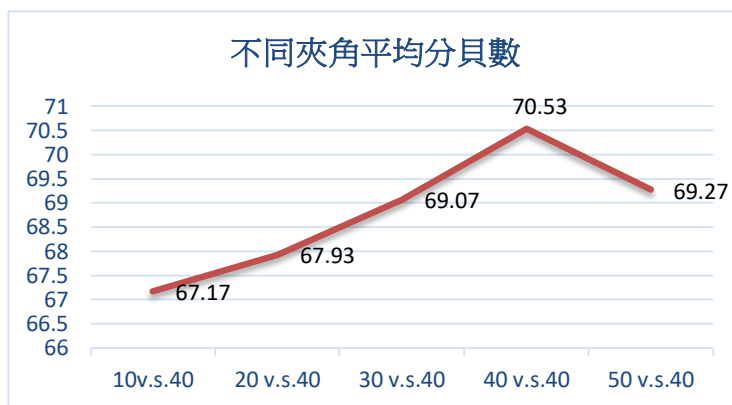


圖 26:不同夾角平均分貝數折線圖

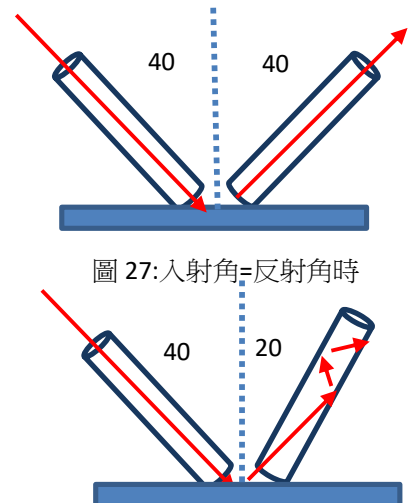


圖 27:入射角=反射角時

圖 28:入射角≠反射角時

不同材質對聲音音量的影響

一、從實驗中發現材質愈硬，表面愈光滑的物品，所測得的分貝數愈大，大理石板測得的平均分貝數最高，為 70.53 分貝，而厚海綿測得的平均分貝數最小，為 60.5 分貝，如圖 29。

二、薄海綿測得的平均分貝數為 68.3 分貝，竟比鋁箔紙的 63.53 分貝還大，推論薄海綿有孔洞，露出底部大理石板，才會使測得的分貝數比大部分材質高，如圖 30。

三、我們好奇砂紙測得的分貝數，因為砂紙的材質較硬，但測出的平均分貝僅僅高出厚海綿

0.33 分貝，足見表面粗糙程度不同，也是影響聲音反射的主要因素之一。所以在實驗四中設計三種不同表面的砂紙進行實驗。

四、從上述實驗中，要做出傳聲筒需要光滑表面，並具有一定硬度材質之外，又要能塑形成筒狀，從實驗數據中，以塑膠 PP 板和厚紙板所測得的分貝數次高為 70.4 及 67.21，最適合成為實驗五的實驗材料。

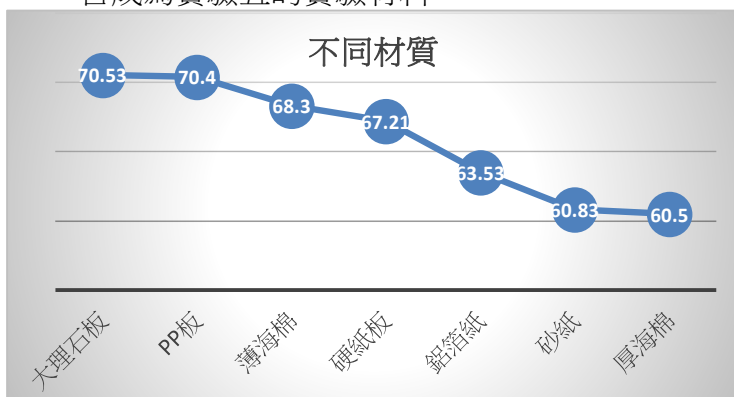


圖 29:不同材質平均分貝數折線圖

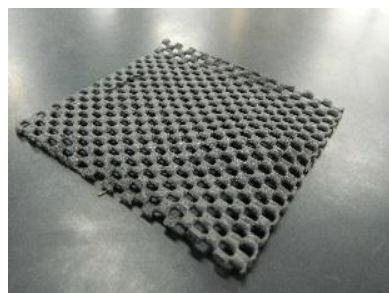


圖 30:有孔洞的薄海綿

不同粗糙程度對聲音音量的影響

從文獻中得知聲音或光傳播時，遇到表面凹凸不平的表面，反射後的行徑路線會分散，此實驗中，從砂紙表面粗糙程度不同的實驗數據，也得到同樣的結果；表面愈粗的砂紙所測到的分貝數愈小，最小分貝數平均為 66.63，反之，表面愈細的砂紙，所測得的分貝數愈大，最大分貝數平均為 70.7，如圖 31-33。

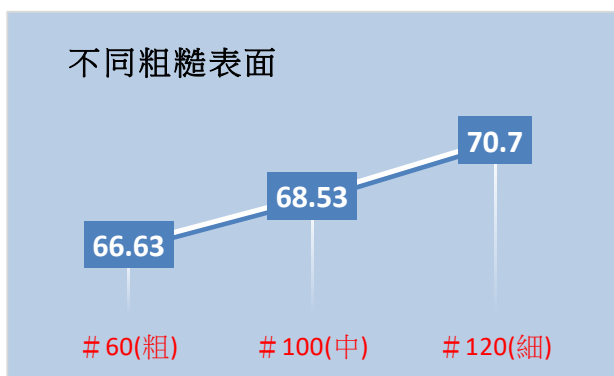


圖 31:不同粗細砂紙分貝數折線圖

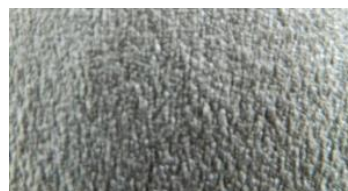


圖 32:砂紙編號 60 顆粒較粗

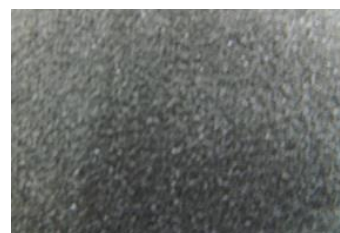


圖 33:砂紙編號 120 顆粒較細

不同集音管長度對音量的影響

某屆參賽者的其中一個實驗為:「不同的長度是否會影響大聲公聲音的大小」，根據他們

的實驗結果:大聲公的長度愈長，聲音會愈大，在 20 公分時，分貝數只有 92.6 分貝，至 60 公分時，卻達到 107.4 分貝」；這樣實驗結果符合我們在文獻探討中的「共振原理」。因此我們設計了四種集音管長度來做實驗，藉此確定厚紙板和 PP 板是否也與實驗中的音源有共振的情形。

一、實驗結果顯示，不論是厚紙板或 PP 板的分貝數，都呈現長度和音量為反比的情形，皆是 10 公分音量最大，40 公分音量最小，如圖 34。推論我們用的音源並不會和這兩種材質產生共振的情形，也不會使音量擴大，而是將聲音集中。

二、當厚紙板和 PP 板二種材質未能與音源產生共振時，當集音管的長度愈長，聲音在空氣中傳播的時間也愈久，聲波接觸管壁的干擾也愈多，能量也會逐漸消耗，所以測得的音量也愈小，這和實驗一得到相同的實驗結果相符合，所以傳聲筒的形狀推論不能是直筒狀，而是能使聲音集中且聲波較不互相干擾的喇叭狀，如圖 35。

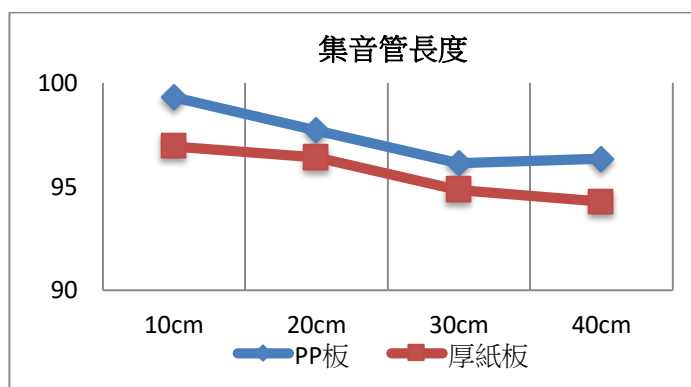


圖 34:集音管長度不同時分貝數折線圖



圖 35:喇叭狀加油棒

不同集音管口徑對聲音音量的影響

一、傳聲筒的材質和集音管長度在上述實驗已探討，在實驗六中我們研究口徑大小對音量的影響，因此我們設計了 8 種大小不同口徑，從實驗結果中發現，直徑 3 公分的口徑，測得的平均分貝數最高為 105.3，而口徑愈大時，分貝數則愈小。當口徑增加到 9 公分時，分貝數則遞減至 96.4，如圖 36。

二、文獻探討中提及，樂器口徑小於或等於 3 公分的管狀物體在發聲作用上，會引起空氣黏性阻力的影響，能引起空氣的震動，此為康達效應；而在此實驗中所得到的數據也符合此效應，對應球場販售的加油棒，集音口也一樣為 3 公分。

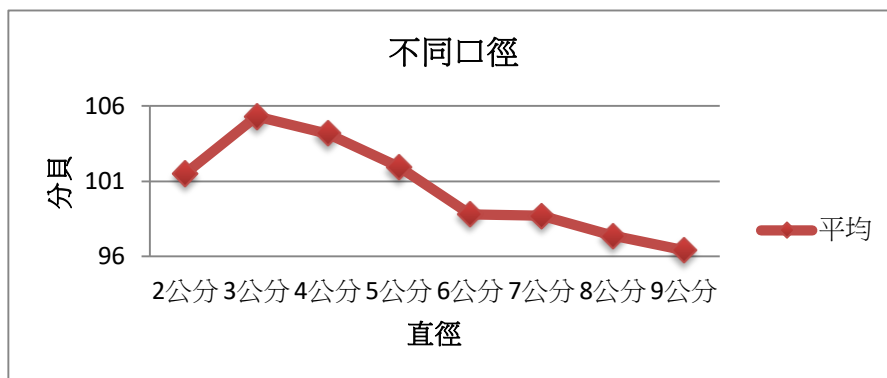
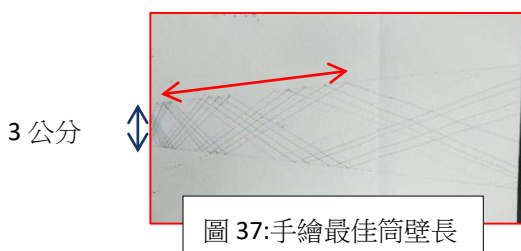


圖 36:不同口徑分貝數折線圖

不同夾角的傳聲筒與筒壁長度的比例關係

綜合上述六個實驗所得到最佳數據與條件，在此實驗著手設計與動手製作傳聲筒。

- 首先，實驗二的結果得到，當聲音行進中遇到光滑的表面時，入射角=反射角，利用此條件，手繪五種不同夾角角度的傳聲筒和聲音反射路徑圖，並利用圖稿找到不同角度的最佳筒壁長(最後一次聲音反射點)，集音管口為直徑 3 公分，如圖 37-38。並利用三角函數 $\sin \theta$ ，計算不同角度筒壁和出聲口直徑的數據，做出符合不同夾角筒壁的傳聲筒。



- 利用手繪圖找到各角度的最佳筒壁長度後，再將筒壁增減 5 公分來進行分貝測量，如圖 39，共計 15 個傳聲筒。實驗結果顯示，當筒壁和中心軸夾角為 8 度，長度 18 公分時，所測得平均分貝數最大，為 102.93，而角度 10 度長度 28 公分時，所測得平均分貝數最小，為 92.93 分貝，如圖 40。

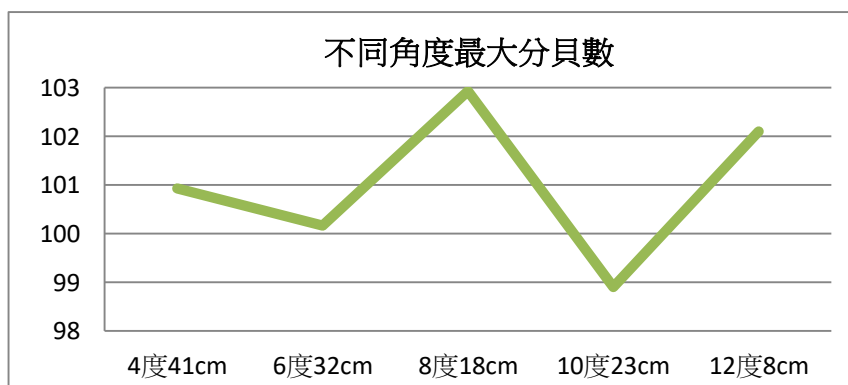
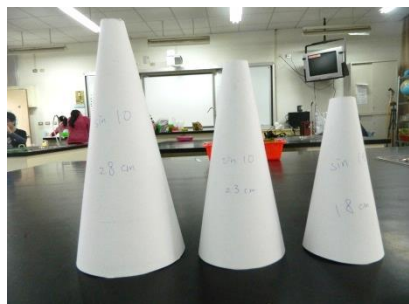


圖 40:不同角度最大分貝數折線圖

三、實測五種角度各三種長度的傳聲筒後，結果顯示，在角度 4、6、8、10 度時，我們利用手繪圖設定最佳長度測得的音量確實最大，過了最佳長度之後(筒壁增減 5 公分)，測得的音量就會降低。如圖 41。然而在角度 12 度時，並非最佳長度 13 公分，測得的音量最大，而是 8 公分測得分貝數最大，推論當筒壁與中心軸的夾角 12 度長度 8 公分時，出聲口直徑為 6.4 公分，而到長度 18 公分時，出聲口直徑已達 10.4 公分，兩者的出聲口都過大，聲音也不易集中，所以愈接近聲源處聲音則愈大，但長度 8 公分的傳聲筒，並不符合實際使用需求，如圖 42。

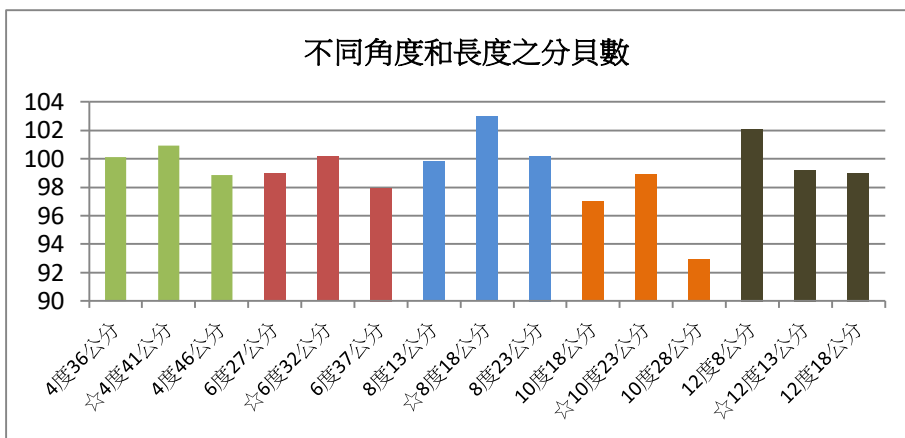


圖 41:不同角度和長度分貝數折線圖



圖 42:角度 12 時，出聲口直徑大

四、製作夾角 4 度的傳聲筒時，筒壁原始長度已達 67.5 公分(圓規半徑)，學校教具大圓規已不符合需求，我們利用壞掉的掃帚把製作大型掃把圖規，順利解決工具問題，如圖 43。因為角度 4 度的傳聲筒製作不容易，而且筒壁很長，不利攜帶，並不建議使用此角度傳聲筒。

五、在測量夾角 12 度 13 公分長的傳聲筒時，發現一個有趣現象，在距離出聲口 2 公分測得平均分貝數 99.2，跟距離出聲口 3 公分所測得平均分貝數 100.77 比較，反而較高，此違反常理的現象，引發大家討論；我們從手繪稿上推論，聲音在筒壁上最後一次反射後，是在出聲口 3 公分後才交會，所以才會產生距離出聲口較遠，測得的音量反而較大的情形，如圖 44。

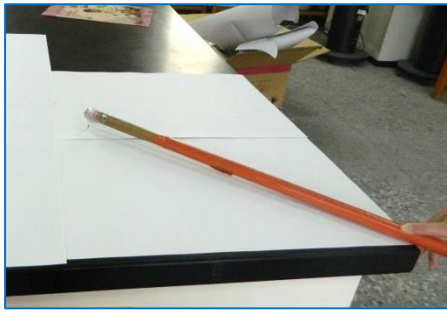


圖 43:自製掃把圓規

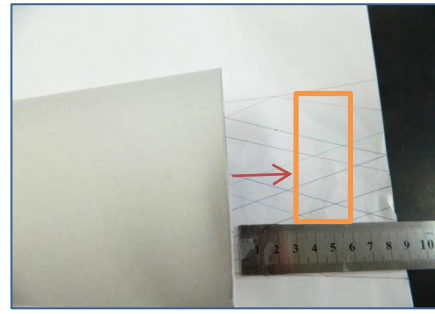


圖 44:聲音在出聲口 3 公分後交會

六、統整實驗七結果，可以得知傳聲筒長度並不是愈長愈好，長的筒壁雖能將聲音集中往前傳播，但過長的筒壁也會使聲音在傳遞中受到干擾而使能量逐漸消耗，使音量愈來愈小；而太短的傳聲筒也不利將聲音往前傳播。傳聲筒的五種角度和筒壁長度之間的最佳關係如下，夾角 4 度時，最佳傳聲筒長度為 41 公分，夾角 6 度時，最佳傳聲筒長度為 32 公分，夾角 8 度時，最佳傳聲筒長度為 18 公分，夾角 10 度時，最佳傳聲筒長度為 23 公分，夾角 12 度時，最佳傳聲筒長度 8 公分，如表 11。

表 11: 五種角度和傳聲筒最佳長度

夾角	4 度	6 度	8 度	10 度	12 度
最佳長度	41 公分	32 公分	18 公分	23 公分	8 公分

七、發現在角度 8 和角度 10 同樣為 18 公分的傳聲筒時，以 8 度所測量的平均分貝數最高，相差 5.9 分貝，聲能比達到 3.89 倍，我們推測在同樣長度下，因為 10 度的口徑較大使聲音不易集中，因此角度 8 的分貝數較角度 10 大聲。

捌、結論

- 一、手機 APP 程式雖然很方便，但不如專業分貝計精準，建議不要在實驗中使用。
- 二、當距離愈短、入射角=反射角、物體表面愈光滑和堅硬時，比較有利聲音傳播。
- 三、要有特定頻率才能和材質共振，而我們使用的塑膠 PP 板和厚紙板無法和聲源產生共振，讓聲音的音量變的更大。一般市售的加油棒也是塑膠製，只能當傳聲筒而非大聲公。
- 四、入聲口的直徑要達到 3 公分，才會有康達效應產生。
- 五、利用入射角=反射角的物理原理，配合三角函數的數學公式，成功的讓我們找到最佳比例的傳聲筒，最佳傳聲筒比例：當夾角 4° 時筒長為 41 公分，6° 時筒長為 32 公分，8° 時筒長為 18 公分，10° 時筒長為 23 公分。

六、當筒壁和中心軸角度超過 12° 時，因發散角度已讓出聲口口徑過大，不利聲音集中傳播，且最佳筒長只有 8 公分，不符合傳聲筒的使用需求；而 4° 時筒長過長，不利攜帶。

七、製作傳聲筒的建議：

1. 使用愈光滑、堅硬又可塑形的材質為佳。
2. 集聲口直徑以 3 公分，形狀為喇叭狀時效果最佳。
3. 筒壁和中心軸夾角角度為 6° 、 8° 和 10° 的為佳。
4. 可利用手繪圖表和三角函數找到最佳筒壁長度。

玖、參考資料

- 1、科學少年刊物 8.9 月號第 4 期
- 2、科學 Online 科技部高瞻自然科學教學資源平台 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw>
- 3、國立台灣科學教育館 <http://www.ntsec.edu.tw/?a=171>
- 4、國立師範大學物理學系 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html>
- 5、跟著鄭大師玩科學 <http://www.masters.tw/>
- 6、國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系科學遊戲實驗室
<http://scigame.ntcu.edu.tw/voice/voice-022.html>

【評語】 080807

1. 研究態度良好，研究內容深入，口頭表達能力佳，值得鼓勵。
2. 傳統傳聲筒的構造宜做深入分析，並與模擬的傳聲筒進行比較。
3. 音源面積的大小與實驗結果有密切相關，建議在這方面可再做探討。