

嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會
作品說明書



科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：**響亮人生**---

自製環保免插電手機揚聲器之探究

關 鍵 詞：免插電、分貝量、手機揚聲器

編 號：

摘要

隨著人們對手機使用的頻繁及依賴程度，越來越多人透過手機來播放音樂或觀看視頻，目前市售的手機揚音器形狀怪異奇特、富有創意的文藝氣息，還兼蓄了環保、愛地球的概念，這樣的想法啟發了科學探究的好奇心，因此利用隨手可得的材料自製揚聲器，進行一連串 Maker 精神的探究實驗。研究中利用手機 app 軟體檢測市售免插電手機揚聲器，並自製環保再利用的免插電揚聲器，比較其不同造型、材質、構造上的擴音效果，以及對不同音頻(3840Hz、720Hz、60Hz)的擴音效果之差異。

研究結果發現如下：一、市售揚聲器中以日本擴音架及小螺號產品的擴音效果最佳。二、自製環保免插電揚聲器因受限材料取得之前後徑、深度、材質、斜角、造型皆有不同。自製揚聲器中對單音或三種音頻擴音效果平均增加 4 分貝，其中最佳的為 B 直筒+雙塑膠瓶口型(+5~7.7 分貝)。三、三種特殊規格的自製揚聲器中，以竹筒型(木質)擴音效果明顯較佳(+8 分貝)。實驗推測不同形狀或材質，對不同區段頻率的擴音效果不同，與管長、形狀、材質有關。四、自製的六種揚聲器其對低、中音頻的擴音效果有較佳的表現，對高音頻的擴音效果表現不佳。其中以直筒+雙塑膠瓶口型其兩端成封閉端讓聲音產生共鳴，擴音效果最好，另外雙喇叭型及紙盒型的擴音效果尚佳。

壹、研究動機:

音樂盒，下面有個共鳴箱，可以讓音樂盒的聲音變大聲，我們就突然想到音樂盒現在幾乎沒人在用了，大家都用手機放音樂，但音量不夠大，如果大家想要聽音樂又可讓大家都聽得到，但如果在身上帶需要插電的擴音器或音箱會變得很不方便。五年級自然科中曾經上過聲音探究的單元，因此對於音箱的原理和製作過程很感興趣，因此我們要來研究如何利用現有的材料自製出環保又簡易的揚聲器，在使用手機時，能便利地讓大家都可以共同享受到音樂。

我們想知道有哪些因素會影響手機的擴音效果？哪種造型或材質可以使揚聲器的擴音效果最好？也使自製音箱環保、好攜帶、擴音效果好。要如何才能讓音箱簡易、方便又環保？可依靠人耳朵的聽感決定，也可以用分貝計來測量會較準確。自己製作音箱不但很方便、有趣又好玩，可真是一舉數得。

貳、研究問題與目的

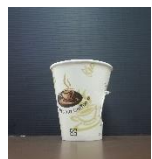













- 一、探討市售手機揚聲器造型、材質、構造之擴音效果
- 二、自製揚聲器擴音效果之差異(雙喇叭型、直筒+雙塑膠瓶口型、直筒管狀型、紙杯花盆型、紙盒型、喇叭花型)
- 三、比較自製揚聲器不同特殊造型、材質、構造之擴音效果(木製型、竹管型、水管型、樂高組合型)
- 四、比較自製揚聲器對不同音頻的擴音效果之差異(高音頻 3840 Hz、中音頻 720 Hz、低音頻 60 Hz)

參、研究工具與材料

一、研究設備

1.智慧型手機	2.分貝儀	3.文具用品	4.圓規刀	5.直尺
				

二、材料

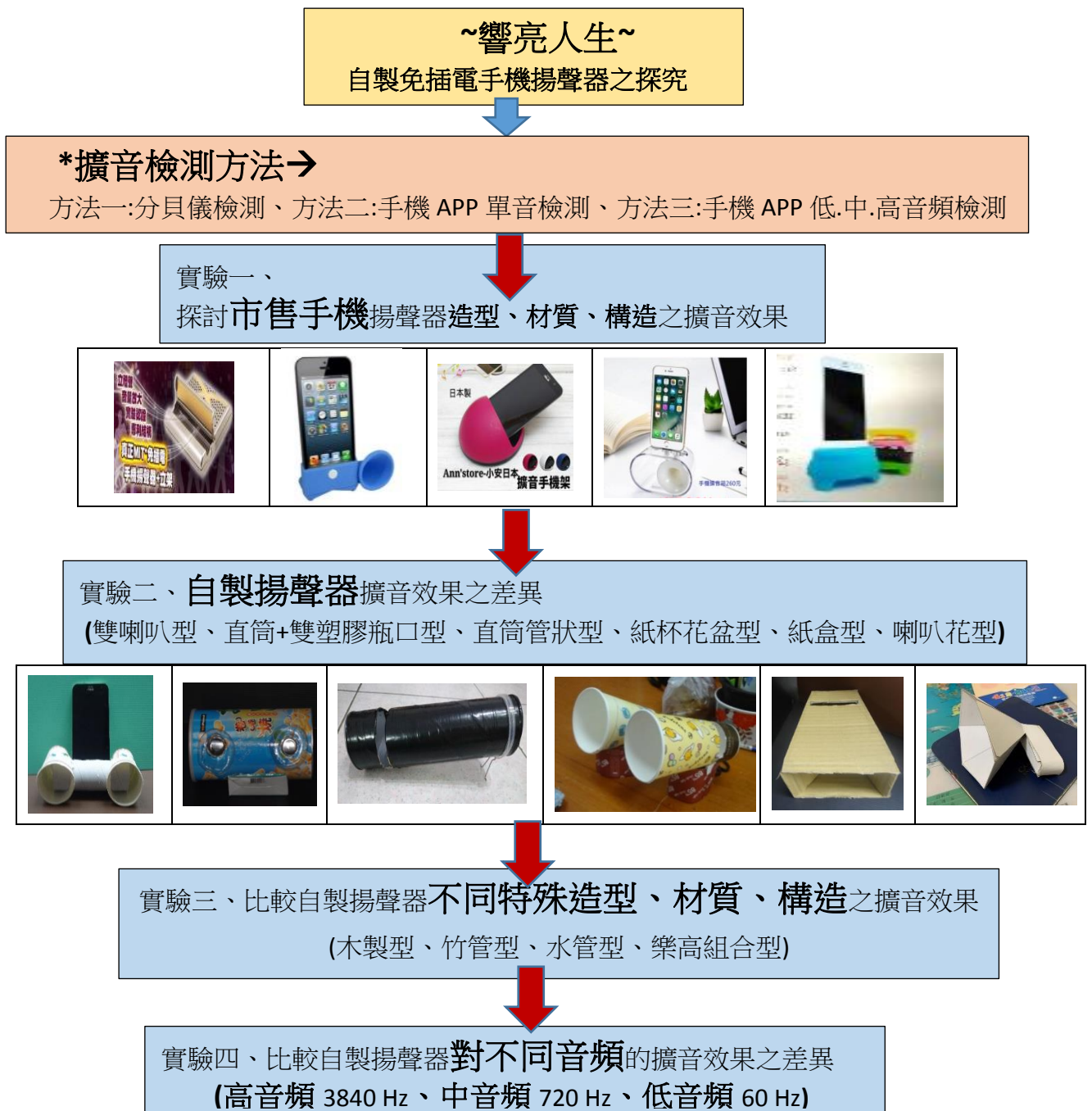
1.各式紙杯	2. 各式塑膠杯	3.捲筒	4.各式紙碗	5.洋芋片罐
				
6.乾燥的竹筒	7.水管	8.長尾夾	9.膠帶	10.樂高積木
				
11.砝碼	12.寶特瓶	13.雙面膠	14.白紙	15.厚紙板
				

三、電子軟體 APP 使用

YOUTUBE---音量測試.wmv	手機 APP---聲級計	手機 APP--- Frequency Sound Generator
 https://www.youtube.com/watch?v=iWfDM2eYfjs		

肆、研究架構與擴音檢測方式

一、實驗流程與架構圖



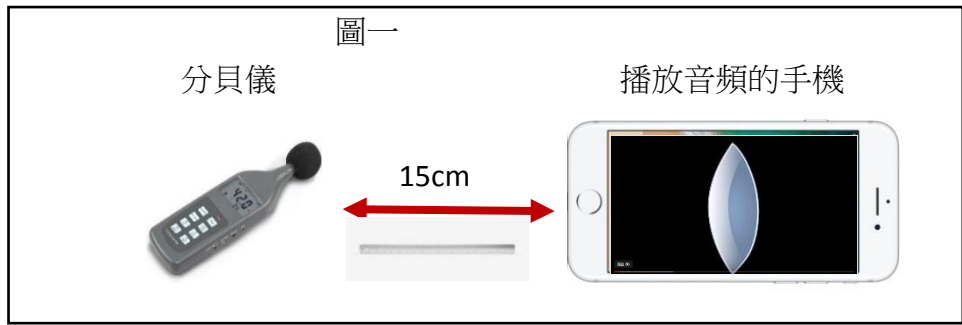
二、擴音檢測方式

(一) **測試一、單音檢測：使用傳統分貝儀測試 YOUTUBE**

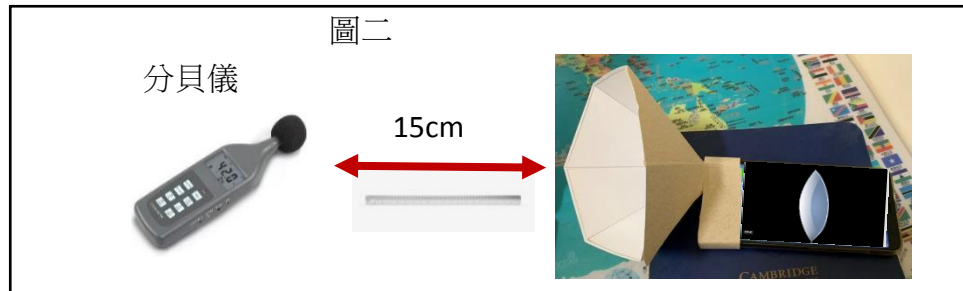
步驟 1:將手機至 youtube 搜尋「音量測試.wmv」。

(<https://www.youtube.com/watch?v=iWfDM2eYfjs>)

步驟 2:先測試擴音前(沒有使用揚聲器)的單音檢測。把播放音頻測試的手機出音口朝向分貝儀的收音口，中間間隔一把 15cm 直尺的距離。如下圖一。



步驟 3: 再測試擴音後(使用揚聲器)的單音檢測。把播放音頻測試的手機出音口裝進自製揚聲器，擴音口(喇叭)朝向分貝儀的收音口，中間間隔一把 15cm 直尺的距離。{如下圖二}



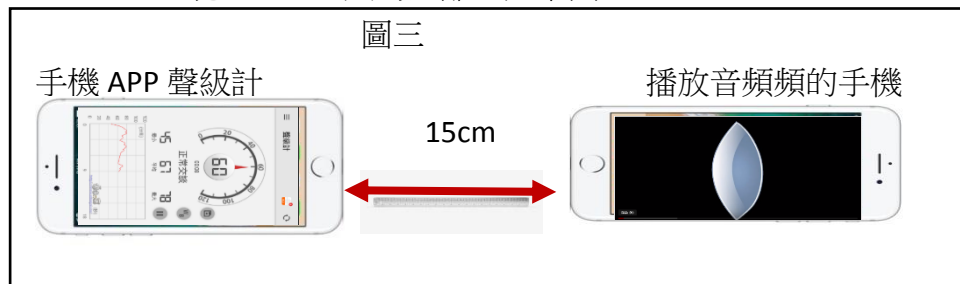
步驟 4: 重複步驟 2 和步驟 3 分別測試三次{前後}，算平均值。

(二) **測試二、單音檢測：手機 APP 聲級計測試 YOUTUBE**

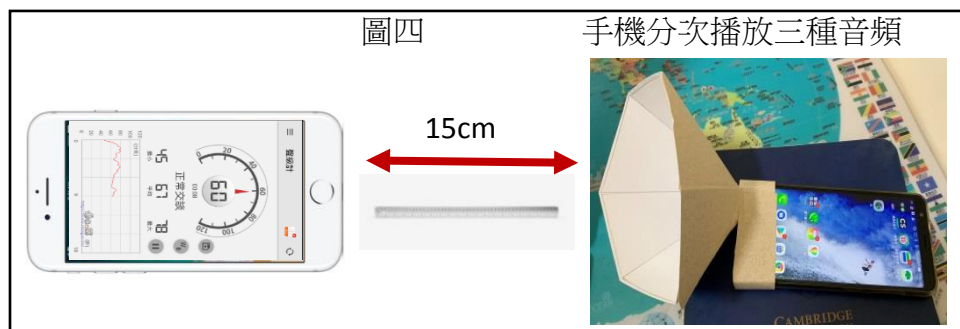
步驟 1: 先將一支手機下載聲級計(sound meter) app 軟體。

步驟 2: 再將另一支手機至 youtube 搜尋聲音測試.wmv。

步驟 3: 先測試擴音前(沒有使用揚聲器)的單音檢測。把播放音頻測試的手機出音口朝向聲級計手機的出音口，中間間隔一把 15cm 直尺的距離。如下圖三。



步驟 4: 再測試擴音後(使用揚聲器)的單音檢測。把播放音頻測試的手機出音口裝進自製揚聲器，擴音口(喇叭)朝向聲級計手機的出音口，中間間隔一把 15cm 直尺的距離。{如下圖四}

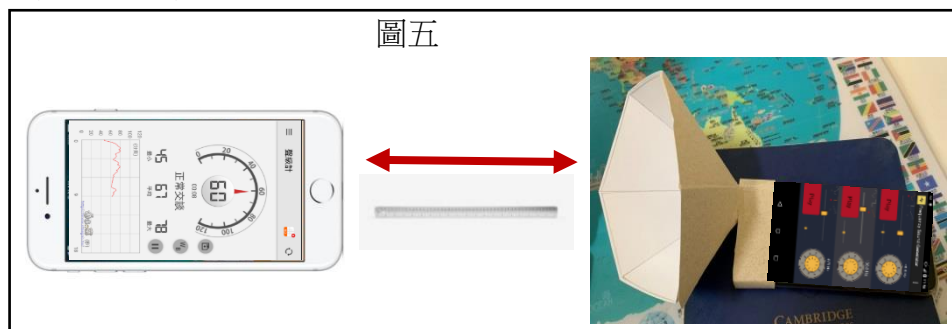


步驟 5:重複步驟 3 和步驟 4 分別測試三次{前後}，並算平均值。

(二) **測試三、單音檢測：手機 APP 聲級計測試 app—Frequency Sound**

Generator 高、中、低音頻

檢測方法與步驟如同測試二，將手機插入揚聲器時分別測試高音頻、中音頻、低音頻，在記錄三種音頻的前測和後測，算出所有的平均。{如下圖五}



圖五

伍、文獻資料:

一、聲音的傳導原理

當物體振動時，同時伴隨聲音的產生。當振動體不再振動時，聲音也隨之停止。所以從生活的觀察中可以歸納出：聲音是由物體的振動所引起。聲音是振動產生的聲波，通過介質（氣體、固體、液體）傳播並能被人或動物聽覺器官所感知的波動現象。

二、擴音的效果

- (一) 共鳴：每個物體都有它特殊的自然頻率，當外來擾動的頻率與物體的自然頻率相同時，能量集會輸入該振動體，使得物體振幅加大。在共鳴箱中，相同頻率的聲波透可過共鳴，使得聲波振幅增強。
- (二) 駐波：兩個波速、波長、振幅等性質相同且反向行進的兩波干涉之後，會疊加成駐波。當管長固定時，管內的聲波在某些特定頻率下會形成駐波，駐波具有穩定的振動模式，聲音聽起來也會特別大聲。

三、歷屆科展作品比較

屆數/作品名稱	研究問題	說明
第 56 屆 (民國 105 年) 國小組 生活與 應用科學科 傳聲筒之五四 三	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	本研究主要探討傳聲筒傳聲的最佳條件，如：距離、材質、表面粗糙程度等等，期望能找到傳聲筒角度和長度之間的最佳比例。實驗結果，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。
第 47 屆 (民國 96 年) 國中組 理化科 大聲公，不用	一、同材質但外型不同的紙杯喇叭是否影響聲音性質 二、同外型的擴音器外壁厚度不同是否影響聲音性質 三、同材質同外型的擴音器在不同地	實驗發現：1.底面積與長度的愈大，其音量隨之提升；在三種形狀的比較，正方體的音量最為大聲。2.厚度愈厚，音量有愈大，音色也愈感宏厚。3.非空曠空間中，紙杯

<p>錢一探討紙杯喇叭的外型與放置地點對擴音器效果影響</p>	<p>點的聲音效果 四、不同頻率對紙杯喇叭所產生電壓程度變化</p>	<p>喇叭所播放出聲音的音量竟然比在空曠地點大聲。4.各種不同外型的擴音器各自有其適合自己的聲波頻率範圍；依結果可知，外壁長度愈長的紙杯喇叭所適合的頻率愈高，長度愈短則反之。</p>
<p>第 47 屆 (民國 96 年) 國小組 生活與應用科學科 聲鳴遠播~大聲公的終極挑</p>	<p>一、大聲公的口徑和材質相同時，不同的長度是否會影響大聲公聲音的大小？ 二、大聲公的長短和材質相同時，不同的口徑是否會影響大聲公聲音的大小？ 三、大聲公的長短和口徑相同時，不同的材質是否會影響大聲公聲音的大小？ 四、不同形狀的大聲公，是否會影響大聲公聲音的大小？ 五、大聲公對不同位置的聲音大小是否會有不同？</p>	<p>實驗結果發現，若無材料成本的考量，可選擇(1)讓大聲公長度加長；(2) 大聲公前端口徑約在 12 至 22 公分之間；(3)材料以堅硬、光滑易反射聲音的物質；(4)大聲公的形狀製作成圓形；(5)正面、近距離朝接受聲源者講話，依此方式可得到最佳大聲公的傳聲效果。</p>

陸、研究過程與結果

實驗一、探討市售手機揚聲器造型、材質、構造之擴音效果


一、網路搜尋免插電手機擴音器(揚聲器)：

發現大致上可找到三種材質(塑膠、木材、紙類)，其中以塑膠材質居多，但木製手作的擴音器造型種類也很多樣，而紙類的擴音器較少見。

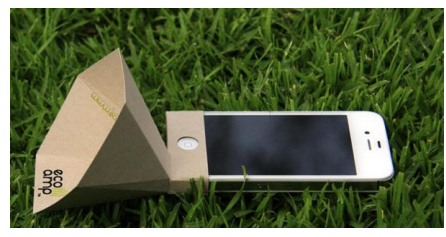
(一)塑膠

 <p>https://www.books.com.tw/products/N011478228</p>	 <p>https://tw.1688.com/item/CEEF0EDC0A9D2F4C6F7.html</p>	 <p>https://www.books.com.tw/products/N011290229</p>
<p>單車手機揚聲器 採用環保無毒矽膠，有防護緩衝設計，可固定在單車上，不會因為沒裝好或零件損壞而掉落。</p>	<p>100% 環保矽膠料、受溫範圍：-40-240 攝氏度。安全環保無毒(採用食品級矽膠定制，安全、無毒，環保，柔軟，易清洗，抗摔打)質地好，手感好，抗磨損，持久耐用且不變形。</p>	<p>手機立架揚聲器 尺寸：9 x 8 x 2 重量：約 75g 產品材質： -塑膠(丙烯酸、丁二烯、苯乙烯) -金屬(鍍銀環保金屬)</p>

(二)木製

 <p>https://unwire.hk/2016/07/03/ajate-bambuson/mobile-music/</p>	 <p>https://goods.ruten.com.tw/item/show?21829352258120</p>	 <p>http://shopping.udn.com/mall/cus/cat/C1c02.do?dc_cargxuid_0=U009538196&dc_cateid_0=Q_002_0T4_008&kdid=ERViewed10T</p>	 <p>https://www.books.com.tw/products/N000613515</p>
<p>Bambuson 不插電手機揚聲器 以竹竿製造，雖然無法像插電的揚聲器般將手機的音量大增加，透過竹子中空的效果，能夠做到簡單擴音效果，而且好處是完全毋須用電，亦能夠生物分解，不會造成環境污染</p>	<p>聲音擴大機 32x45x34 厘米，手工製作。重量約 2.5 公斤顏色:白色/黑色/金色/鉑金/銅/灰色，材料:瓷和木材，100 %意大利製造，義大利工匠手工製作。</p>	<p>原木木作手機擴音座-特色:1.簡單設計，實用耐看;2.原木材質，質感兼具;3.不需外接電源即有擴音效果 說明:電線可以穿過擴音座下方，不用擔心電線收納的問題。分貝量可提高 15~20 分貝。16.5 x 8.4 x 8.5CM</p>	<p>規格：104 x 104 x21 mm 置手機口徑 L：長 88 x 寬 14 mm 美國側柏密度低且重量輕，收縮率小不易受天氣影響，故穩定性高，不易變形；具有良好的防腐與防蟲特性，為世界上最耐用的樹種。</p>

(三)紙張

 <p>https://goods.ruten.com.tw/item/show?21621772426842</p>	 <p>https://www.damanwoo.com/node/60145</p>
<p>尺寸：148x240mm 4 色,隨機出貨 適用型號:Iphone4/4s,Iphone5c/5s</p>	<p>使用回收紙纖來裁切版型，重量很輕，能源消耗度也輕的環保喇叭，用起來心情應該也頗輕鬆喔！</p>

二、實際測量市售免插電手機擴音器(揚聲器)：在網路上實際購買五種免插電手機擴音器，比較其價錢與特色，並測量比較其擴音效果。

商品名稱	造型圖片	價錢	特色
<p>轟天雷 hunder 隨身型免插電手機立架揚聲器</p>		<p>246</p>	<p>台灣設計開模製造，體積小巧好攜帶，利用聲波漫射原理，免插電! 環保又方便! 多角度立架功能，通用各尺寸手機!</p>
<p>留聲機 iphone 造型擴音喇叭</p>		<p>280</p>	<p>免電池,免插電擴音喇叭，可當支架使用留聲機造型,設計精美，方便拆卸,擦拭清洗容易 材質: 矽膠材質</p>

日本手機擴音架	 <p>日本製 nn'store-小安日本 擴音手機架</p>	160	本體尺寸：約 10.3cm x 5cm 材質：本體/聚丙烯，止滑部/合成橡膠 適合手機 SIZE：約 8cm x 16cm，厚度 1.3cm 不用插電， 音量放大 2 倍
小螺號 Joyroom 蘋果手機 擴音充電座	 <p>JOYROOM 机樂堂</p>	260	#適用 iphone 5/6/7/8 #充電聽歌二合一，支持支架功能，數據線、充電座功能，揚音擴音器功能，圓潤的水晶透視外觀。可用機型：iphone 5/6/7/8/X 尺寸：90*80*90mm
馬卡龍摺疊擴音底座		175	商品尺寸 :97(W)x97(H)x38(D) 商品淨重:34.7g 商品材質:矽膠 適用機種: iPhone 4, iPhone 5, iPod touch

三、擴音效果之實驗比較

自製擴音器種類	測試	單音測試平均值				低頻測試平均值				中頻測試平均值				高頻測試平均值					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
轟天雷	前	78	78	78	78	84	84	85	84.3	5.4	88	87	88	87.7	10.0	92	92	90	91.3
	後	83	82	82.3	82.3	89	90	90	89.7		98	98	97	97.7		95	94	93	94.0
留聲機造型	前	78	79	78	78.3	85	84	84	84.3	13.7	88	88	88	88.0	10.7	93	93	95	93.7
	後	82	81	81	81.3	99	97	98	98.0		98	99	99	98.7		100	101	100	100.3
日本擴音架	前	78	79	78	78.3	84	84	84	84.0	12.7	87	89	88	88.0	11.3	95	94	94	94.3
	後	82	81	81	81.3	96	97	97	96.7		100	99	99	99.3		106	105	105	105.3
小螺號	前	79	79	78	78.6	85	83	84	84.0	9.7	87	87	88	87.3	11.4	95	96	96	95.7
	後	86	85	89	86	94	94	93	93.7		99	98	99	98.7		107	107	108	107.3
摺疊擴音底座	前	78	78	77	77.7	84	83	83	83.3	1.0	88	87	89	88.0	-1.3	96	96	96	96.0
	後	86	85	87	86.0	84	84	85	84.3		86	87	87	86.7		82	81	83	82.0

四、結果發現:

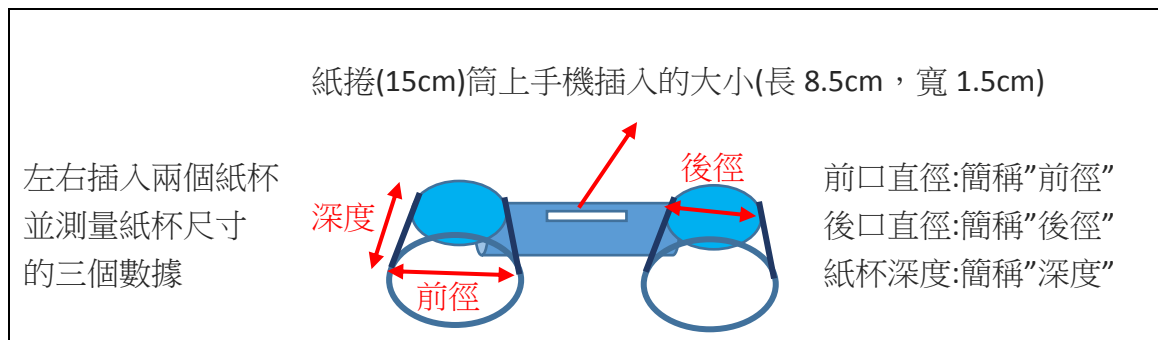
低頻擴音效果最好的是留聲機造型的，前後相差 13.7 分貝，中頻擴音效果最好的是小螺號，前後相差 11.4 分貝，高頻擴音效果最好的是小螺號，前後相差 11.6 分貝，由以上數據發現市售的擴音器中日本擴音架及小螺號的產品擴音效果較佳，其擴音表現皆有增加 10 分倍左右。但只有塑膠標榜輕巧、好攜帶的摺疊擴音底座有負數，其他擴音效果也很好。

實驗二、自製揚聲器擴音效果之差異(雙喇叭型、直筒+雙塑膠瓶口型、直筒管狀型、紙杯花盆型、紙盒型、喇叭花型)





A 自製揚聲器--雙喇叭型

一、設計想法說明：最早在搜尋自製免插電手機揚聲器中發現了有三位高中生將此類型的揚聲器進行專題研究，引發我們的興趣。其拆卸方便，且只要使用兩個紙杯當喇叭，再加上一個紙捲當作手機的底座，我們透過兩個紙杯和一個紙捲，是否知道擴音效果有沒有增加，我們使用不同前徑、深度、後徑的紙杯來測量擴音效果的差距。




二、設計圖說明



三、製作過程

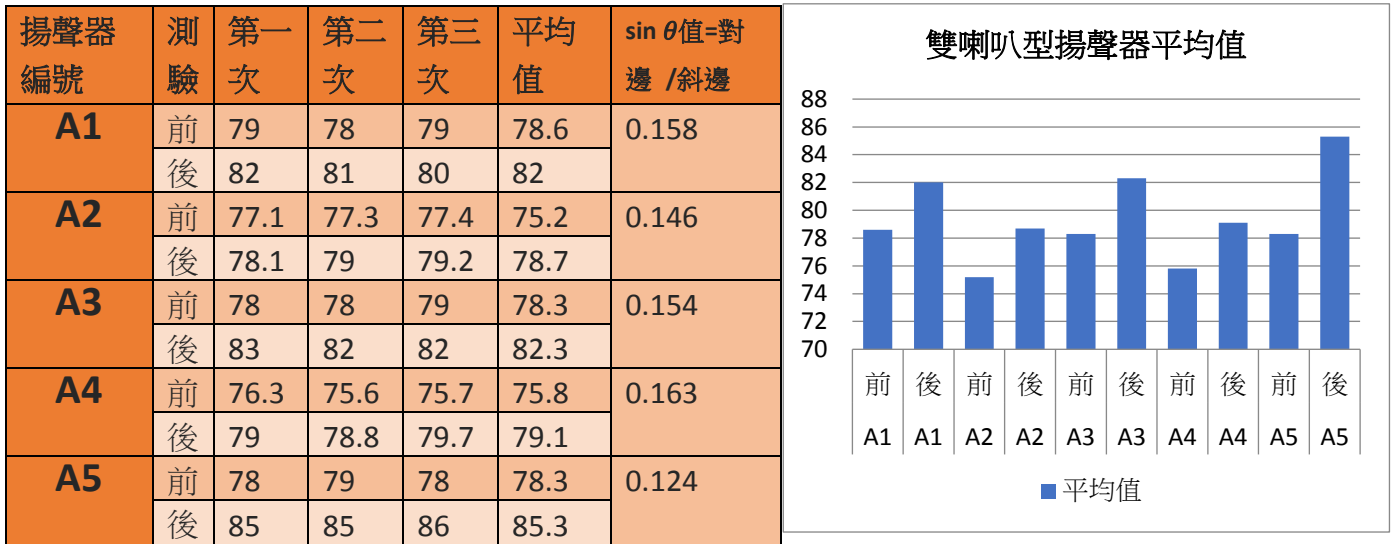
		
圖 1:先準備一個家中廚房餐巾紙捲筒。	圖 2:將捲筒中間割出凹槽可放入手機的大小	圖 3:再拿出兩個咖啡紙杯，相當環保可再利用。
		
圖 4:圓規刀在兩個杯子中間挖一個洞(直徑如捲筒)	圖 5:把 2 個紙杯的洞插入捲筒兩端	圖 6:放入手機，就大功告成了

四、雙喇叭型五種規格說明

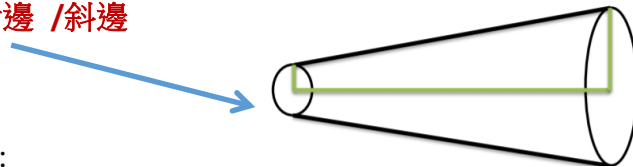
揚聲器造型	尺寸說明	揚聲器造型	尺寸說明	揚聲器造型	尺寸說明
雙喇叭(紙杯) A1 	前徑:5cm 後徑:3.5cm 深度:4.7cm 斜角:0.158	雙喇叭(紙杯) A2 	前徑:7cm 後徑:5cm 深度:6.8cm 斜角:0.146	雙喇叭(塑膠杯) A3 	前徑:7.5cm 後徑:5cm 深度:8cm 斜角:0.154
雙喇叭(紙杯) A4	前徑:9.2 cm 後徑:5.7cm 深:10.6cm	雙喇叭(紙杯) A5	前徑:11cm 後徑:9cm 深度:8cm		



五、雙喇叭型五種規格檢測擴音效果之表格/比較長條圖



紙杯斜角之計算: $\sin \theta$ 值= 對邊 /斜邊



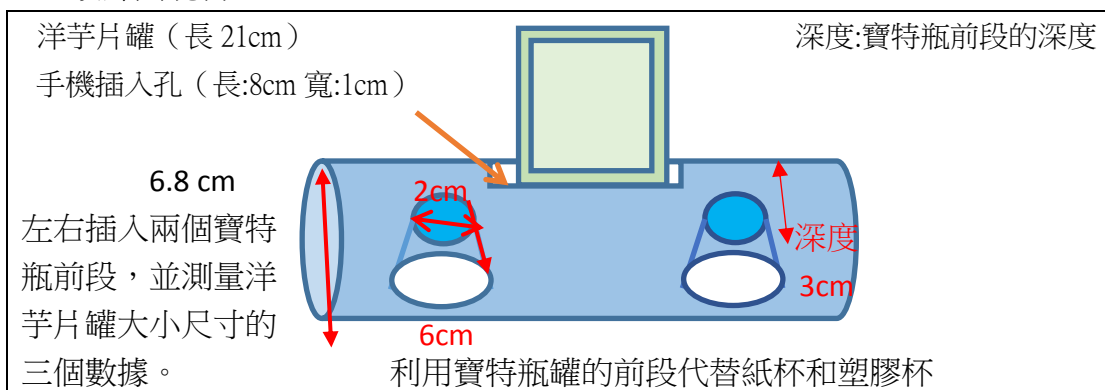
六、雙喇叭型實驗結果發現：

以 A1~A5 自製之雙喇叭實驗結果發現：A1-A4 喇叭擴音效果相近，且由紙杯的斜角計算（第五點），A1-A4 的斜角相近，但 A3 音量較其它三組稍大，可能是其使用的是塑膠杯，內側杯面較為光滑的原因。A5 的音量明顯較前四組較大，但其斜角卻是最小，是否斜角較小聲量的擴音會較佳，可再做進一步的比較研究。



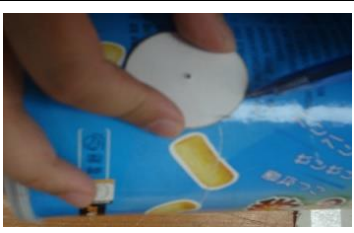



B 自製揚聲器---(直筒+雙塑膠瓶口型)

一、設計想法說明: 在 youtube 上搜尋到剪下兩個保特瓶的前段當喇叭，再加上一個洋芋片罐當作手機的底座，我們透過不同大小、長短的洋芋片罐，想瞭解這種造型的自製擴音器其擴音效果為何?

二、設計圖說明



三、製作過程(圖+解說)

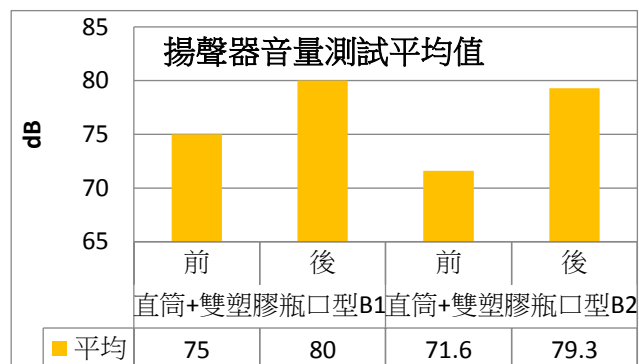
		
圖 1:割掉寶特瓶瓶口，並對著割下瓶口畫圓	圖 2:再用圓規刀割下畫好的圓	圖 3:描畫在罐子上並用圓規刀割下 2 個圓（兩孔相差 8cm），再套上切好的瓶口
		
圖 4:在罐子上割出長 8cm 的洞寬 1cm	圖 5:另外找個餅乾盒當底座，上面畫出罐子半徑，割開出喇叭立架。	圖 6:把剛做好的喇叭放在立架上就完成

四、直筒+雙塑膠瓶口型兩種規格說明

揚聲器造型	直筒+雙塑膠瓶口型 B1 <大罐子>	直筒+雙塑膠瓶口型 B2 <小罐子>
尺寸說明	直筒罐子直徑: 10 cm 長度: 21 cm	直筒罐子直徑: 7 cm 長度: 21 cm
圖片		

五、直筒+雙塑膠瓶口型兩種規格檢測擴音效果之表格/比較長條圖

揚聲器造型	實驗比較	第一次	第二次	第三次	平均
直筒+雙塑膠瓶口型B1	前	74	75	76	75
	後	79	81	80	80
直筒+雙塑膠瓶口型B2	前	72	72	71	71.6
	後	80	79	79	79.3



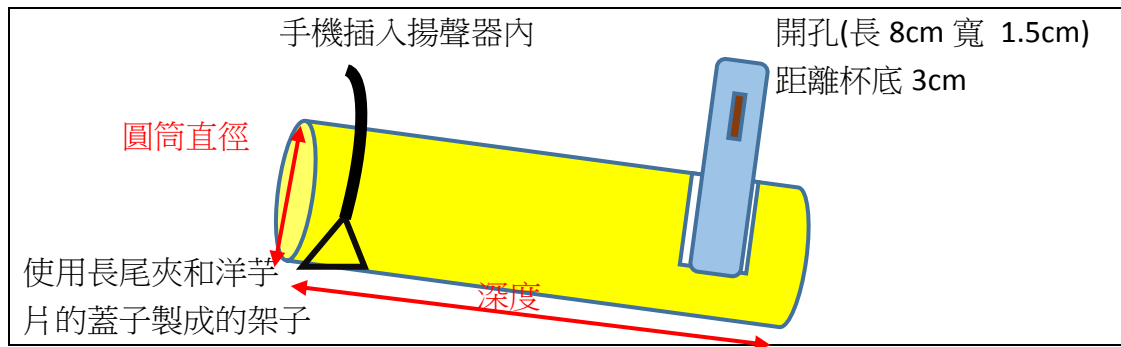
六、直筒+雙塑膠瓶口型實驗結果發現：

B1 較大的揚聲器擴音效果增加了 5 分貝，B2 較小的揚聲器擴音效果增加了 7.7 分貝。由以上的數據推測直筒管子的直徑(大小)太大對於擴音的效果無太大的影響。

C 自製揚聲器---直筒管狀型

一、設計想法說明：在 youtube 上搜尋到利用吃完的洋芋片罐和蓋子，再加上長尾夾，不但可以環保再利用，透過洋芋片罐、洋芋片罐的蓋子和長尾夾就能簡易又方便，隨手就可以自製揚聲器。

二、設計圖說明



三、製作過程

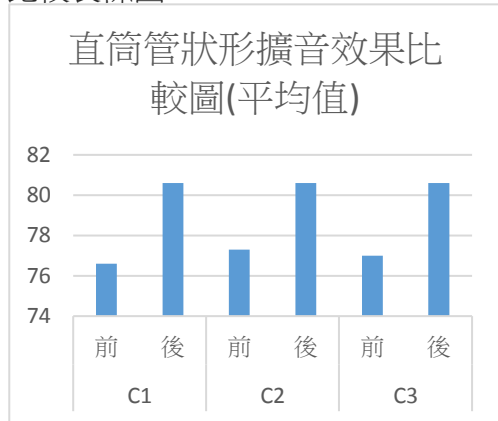
圖 1:準備所有需要的材料 (吃過的洋芋片罐好用喔)	圖 2:將洋芋片罐貼上黑膠帶	圖 3:把手機需插入孔的大小剪出
圖 4:剪掉洋芋片罐蓋子的內部	圖 5:把長尾夾套入洋芋片罐的蓋子中	圖 6:將長尾夾立架裝上，便可開始播音測試囉。

四、直筒管狀型三種規格說明

揚聲器造型	(直筒管狀型)C1	(直筒管狀型)C2	(直筒管狀型)C3
尺寸說明	圓筒直徑: 7 cm 深度: 23 cm	圓筒直徑: 7cm 深度: 21.5 cm	圓筒直徑: 7 cm 深度: 12 cm
圖片			

五、直筒管狀型三種規格檢測擴音效果之表格/比較長條圖

直筒管狀揚聲器編號	測驗	第一次	第二次	第三次	平均值
C1	前	77	76	76	76.6
C1	後	80	81	81	80.6
C2	前	77	78	77	77.3
C2	後	81	81	80	80.6
C3	前	76	78	77	77
C3	後	80	80	82	80.6



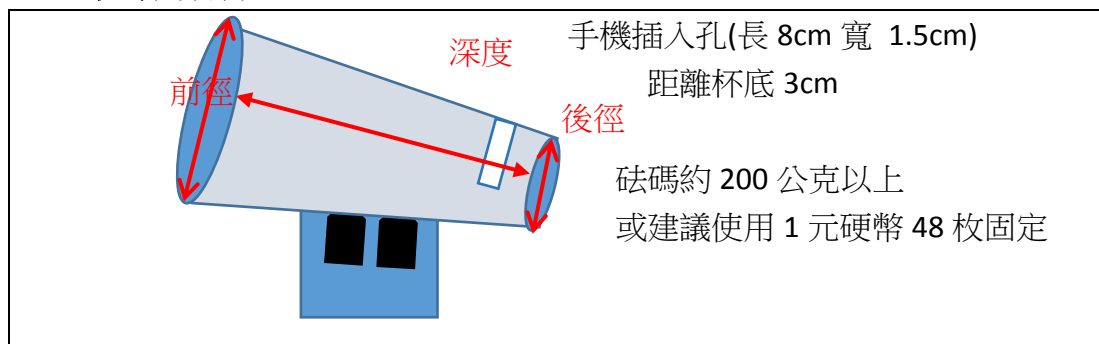
六、直筒管狀型實驗結果發現:

C1 較長的揚聲器擴音效果增加了 4 分貝，C2 中型的揚聲器擴音效果增加了 3.3 分貝，較短型的揚聲器擴音效果增加了 3.6 分貝。由以上的數據推測直筒狀的揚聲器其直筒管狀的長度對於擴音效果並無明顯的差異，可再進一步討論。

D 自製揚聲器--紙杯花盆型

一、設計想法說明：在網路上我們偶然看到使用喝完的咖啡杯製作的擴音器，於是我們到了資源回收廠翻箱倒櫃找了 10 幾對相同的紙杯，接著我們洗一洗在拿來曬乾，我們的變因有杯子的長度和口徑的大小，網路上說口徑越大擴音效果會比較好，但我試了之後發現杯子的長度也跟擴音效果有關係。

二、設計圖說明



三、製作過程



圖 D-1:到資源回收區尋找適合的材料，試著用最環保最省錢方式來做實驗。




圖 D-2:在資源回收垃圾裡發現各種飲料杯最常見，經過清洗後(保持清潔)，便可廢物再利用。



圖 D-3:熱咖啡的隔熱杯套也可利用，將杯套上方剪出圓弧造型，作為立架使用。

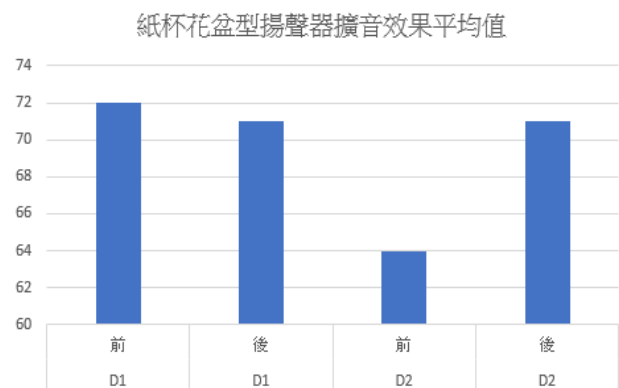
		
圖 D-4 飲料紙杯依據設計的規格才出手機插入孔。	圖 D-5 飲料杯底部放入黏貼好的砝碼，配重用，讓手機插入後維持平衡。	圖 D-6 將手機插入孔中播放音樂即可達到擴音的效果。

四、紙杯花盆型兩種規格說明

揚聲器 造型	紙杯花盆型 D1 <長>	紙杯花盆型 D2 <短>
尺寸 說明	前徑: 9 cm 後徑: 6 cm 深度: 17 cm $\sin \theta$ 值=對邊 / 斜邊=0.087	前徑: 9.5cm 後徑: 5.5 cm 深度: 12.5 cm $\sin \theta$ 值=對邊 / 斜邊=0.158
圖片		

五、紙杯花盆型兩種規格檢測擴音效果之表格/比較長條圖

花盆型揚聲器編號	測驗	第一次	第二次	第三次	平均值
D1	前	70	70	76	72
D1	後	71	71	71	71
D2	前	65	64	66	64
D2	後	71	71	71	71



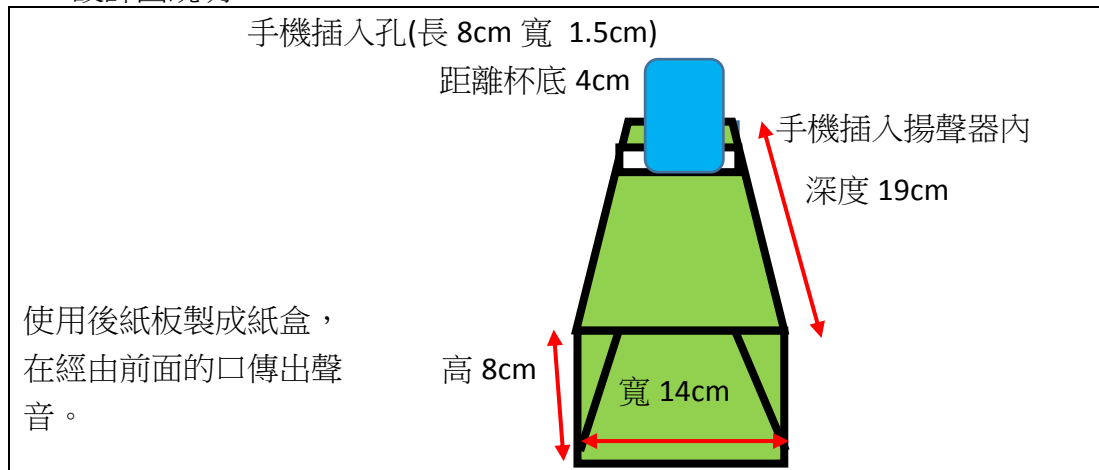
六、紙杯花盆型實驗結果發現：

D1 前後的揚聲器擴音效果未增加分貝(11)，D2 的揚聲器擴音效果增加了 7 分貝。由以上的數據推估 D2 揚聲器的擴音效果有一些增加，故 D2 花盆型揚聲器會比 D1 花盆型揚聲器的擴音效果來的好，亦即前徑較大且後徑較小的擴音器擴音效果比較好。

E 自製揚聲器--紙盒型

一、設計想法說明：在網路上我們找到是利用厚紙板來自製揚聲器，我們將紙盒用成梯形，做起來就像一個紙盒一樣，是使手機撥出來的聲音集中後再擴大聲音之後傳出來。



二、設計圖說明



三、製作過程

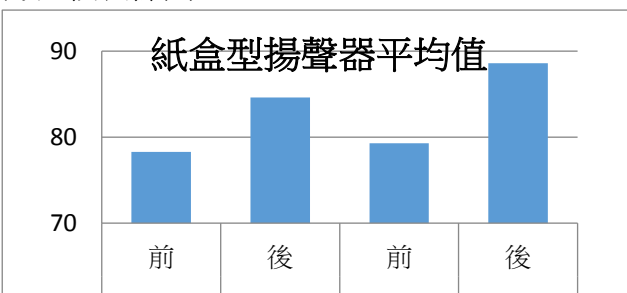
		
<p>圖 E-1:資源回收區找紙板。</p>	<p>圖 E-2:參考市售的擴音器。</p>	<p>圖 E-3:自己畫出大概的比例。</p>
		
<p>圖 E-4:將紙板裁切成固定的比例。</p>	<p>圖 E-5:將厚紙板與厚紙板黏在一起。</p>	<p>圖 E-6:大功告成，插入手機檢測效果如何。</p>

四、紙盒型兩種規格說明

揚聲器造型	紙盒型 E1 <瓦楞板>	紙盒型 E2 <厚紙板>
尺寸說明	開口前長方形: 14cm x 8cm 底部後長方形: 8.5 x 7 cm 深度:19cm	開口前長方形: 14cm x 8cm 底部後長方形: 8.5 x 7 cm 深度:19cm
圖片		

五、紙盒型兩種規格檢測擴音效果之表格/比較長條圖

紙盒型揚聲器編號	測驗	第一次	第二次	第三次	平均值
E1	前	78	78	79	78.3
E1	後	84	85	85	84.6
E2	前	79	80	79	79.3
E2	後	89	89	88	88.6



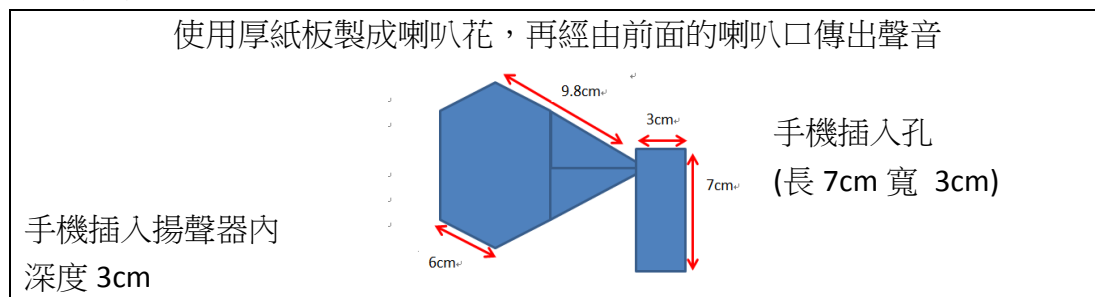
六、紙盒型實驗結果發現：

E1 較後的揚聲器擴音效果增加了 6.3 分貝，E2 較薄的揚聲器擴音效果增加了 9.3 分貝。由以上的數據推紙盒型揚聲器的擴音效果有一些明顯得增加，當 E2 紙盒型揚聲器會比 E1 紙盒型揚聲器的擴音效果來的好，較薄的擴音器比較好。

F 自製揚聲器---喇叭花型

一、設計想法說明：在網路上我們找知名品牌強調文創及環保訴求的紙型揚聲器，我們因此參考其造型利用紙板畫成拆解的展開圖，將紙板切割後，黏貼起來就像一朵喇叭花一樣，其擴音的原理事將手機播出來的聲音集中後再藉由喇叭放射狀的造型擴大聲音。

二、設計圖說明



三、製作過程

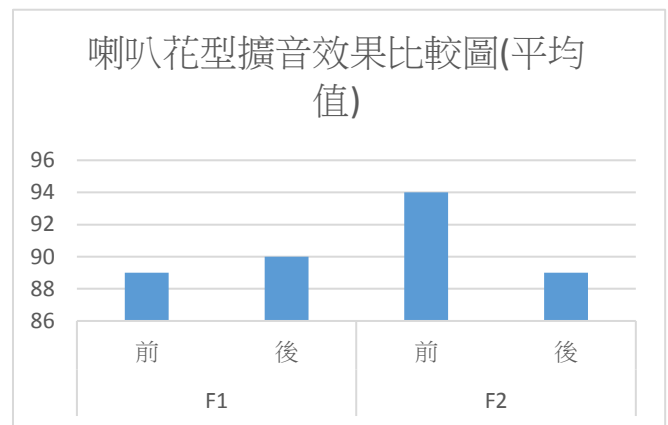
圖 F-1:找完整的厚紙板。	圖 F-2:畫出拆解設計圖。	圖 F-3:將紙板裁切成型。
圖 F-4:紙喇叭展開圖	圖 F-5:雙面膠黏貼固定	圖 F-6:黏貼完成喇叭花造型

四、喇叭花型兩種規格說明

揚聲器 造型	紙盒型 E1 <厚紙板>	紙盒型 E2 <薄紙板>
尺寸 說明	開口前六邊形: 6cm x 9.8cm 底部後長方形: 7 cm 深度:3cm 磅數: 1000 磅	開口前六邊形: 6cm x 9.8cm 底部後長方形: 7 cm 深度:3cm 磅數: 300 磅
圖片		

五、喇叭花型兩種規格檢測擴音效果之表格/比較長條圖

喇叭花 型揚聲 器編號	測 驗	第一次	第二次	第三次	平均值
F1	前	86	92	89	89.0
F1	後	90	89	91	90.0
F2	前	95	93	94	94.0
F2	後	92	88	87	89.0



六、實驗結果分析:

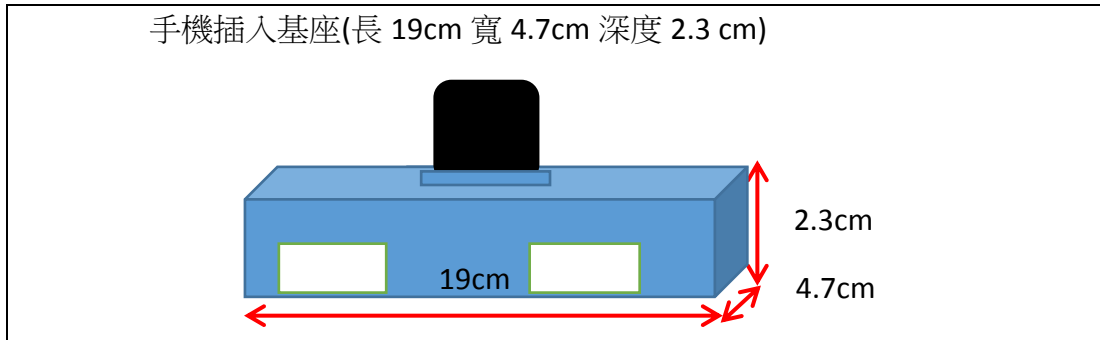
F1(薄)擴音後的揚聲器比 F1 擴音前的揚聲器增加了一分貝，而 F2 擴音前的揚聲器比 F2(厚)擴音後的揚聲器多了五分貝，由以上的數據顯示，F1(薄)的揚聲器擴音效果比 F2(厚)的擴音效果多一分貝，所以，薄的擴音效果比厚的擴音效果來的好。

實驗三、比較自製揚聲器不同特殊造型、材質、構造之擴音效果

G 自製揚聲器---樂高積木型

一、設計想法說明：原本以為樂高只能蓋房子，竟能做成擴音器，我們利用樂高積木來自製揚聲器，我們將樂高積木做成一個可以插手機的底盤，做起來就像一個像音樂盒的基座台，可以將手機插入底盤的音箱中，聲音集中後再擴大聲音之後傳出來。

二、設計圖說明

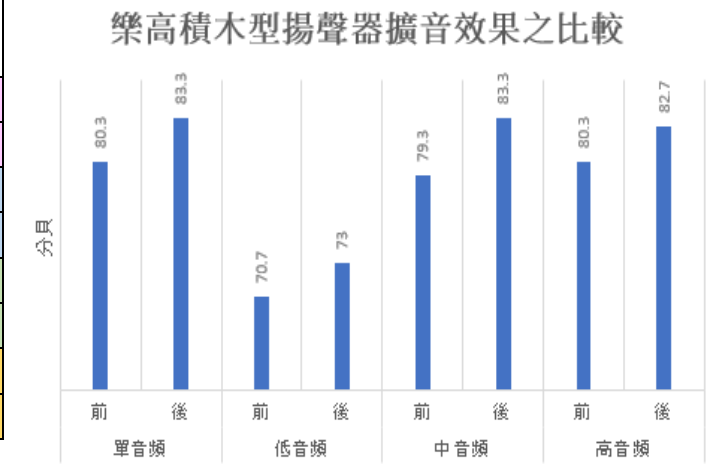


三、製作過程



四、樂高積木型檢測擴音效果之表格/比較長條圖

樂高積木型揚聲器	測驗	第一次	第二次	第三次	平均值
單音頻	前	80	80	81	80.3
	後	85	82	83	83.3
低音頻	前	70	70	72	70.7
	後	72	73	74	73
中音頻	前	80	79	79	79.3
	後	83	84	83	83.3
高音頻	前	80	80	81	80.3
	後	83	83	82	82.7



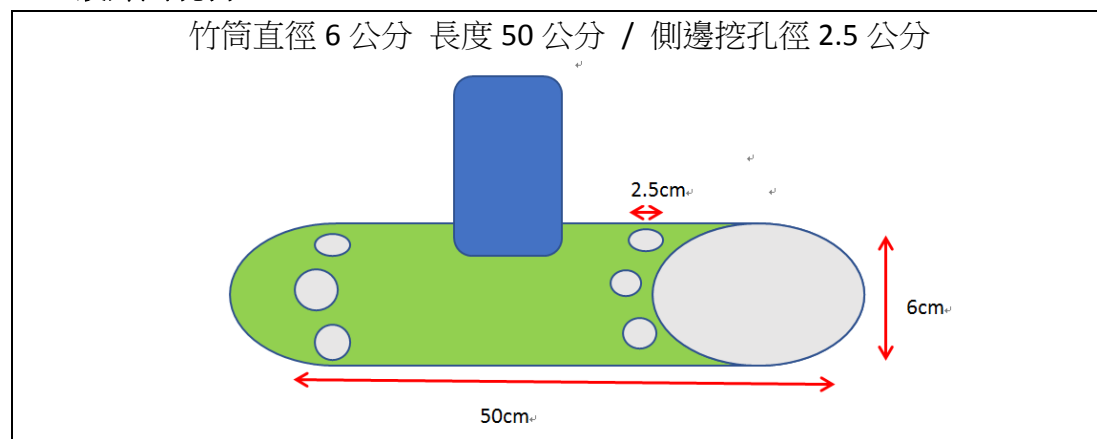
五、樂高積木型實驗結果發現：

樂高揚聲器在單音檢測的實驗結果發現，擴音後比擴音前增加了 3 分貝。再三音頻檢測的實驗結果發現，低音頻擴音後的樂高揚聲器比擴音前的樂高揚聲器增加了 2.3 分貝，中音頻擴音後的樂高揚聲器比擴音前的樂高揚聲器增加了 4 分貝，高音頻擴音後的樂高揚聲器比擴音前的樂高揚聲器增加了 2.4 分貝，由以上的數據顯示，中音頻的樂高揚聲器擴音效果比其他音頻擴音效果好。

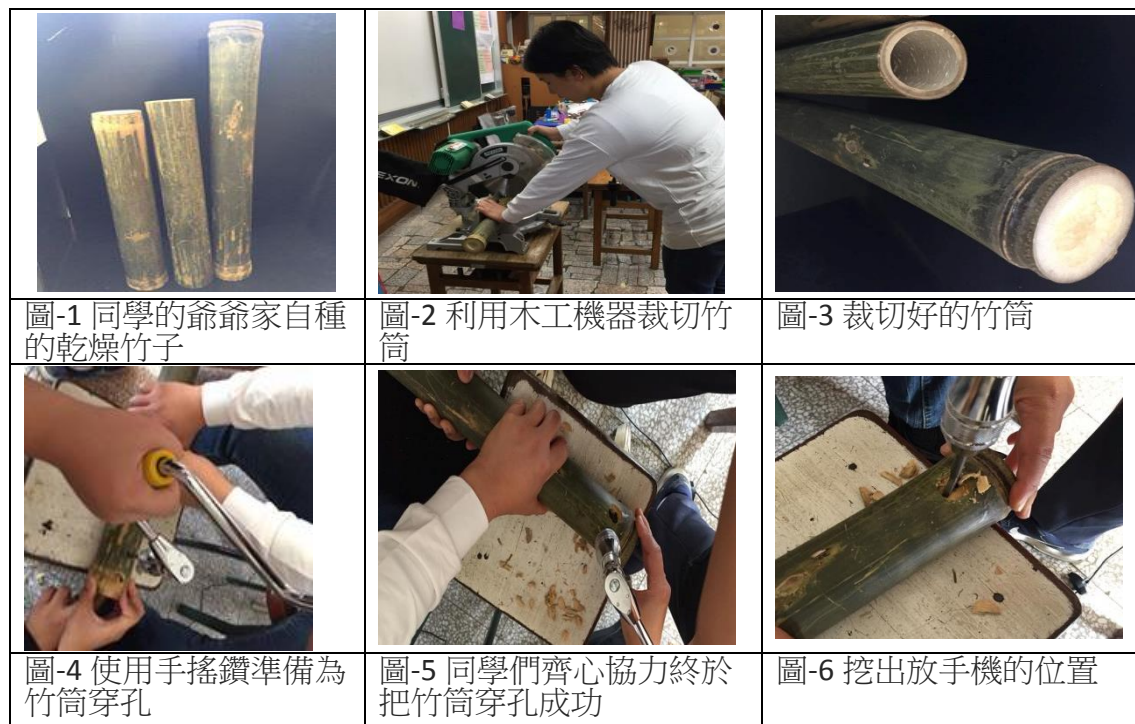
H 自製揚聲器---竹筒型

一、設計想法說明：在文獻資料的部分中，我們偶然看到使用竹筒來做的擴音器，所以我們想要進一步地去探索這個竹筒擴音器，至於形狀我們使用兩邊開洞和兩邊封閉的形狀，和孔洞的大小這兩種形狀來進行探討。

二、設計圖說明



三、製作過程



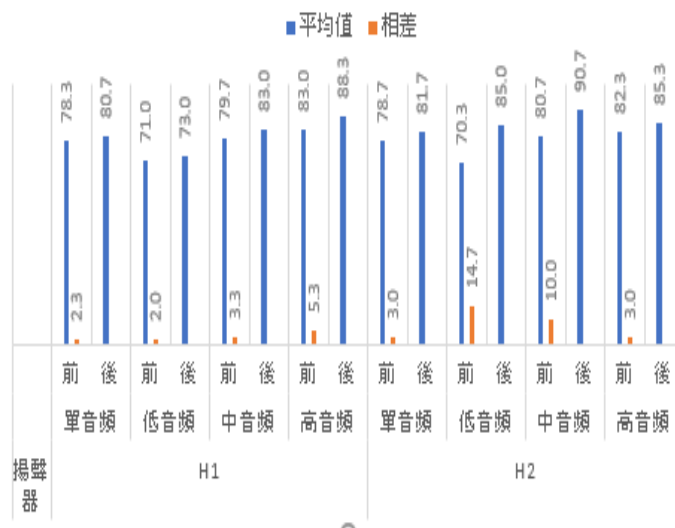
四、竹筒型規格說明

揚聲器造型	竹筒型 H1 <長>	竹筒型 H2 <短>
尺寸說明	竹筒直徑 2.5 長度 50 公分	竹筒直徑 6 公分 長度 36.5 公分
圖片		

五、竹筒型檢測擴音效果之表格/比較長條圖

竹筒型揚聲器	測驗	第一次	第二次	第三次	平均值	
H1	單音頻	前後	78	78	79	78.3
		前後	80	81	81	80.7
	低音頻	前後	71	71	71	71.0
		前後	74	73	72	73.0
	中音頻	前後	79	80	80	79.7
		前後	84	82	83	83.0
高音頻	前後	82	84	83	83.0	
	前後	88	89	88	88.3	
H2	單音頻	前後	79	79	78	78.7
		前後	82	81	82	81.7
	低音頻	前後	71	70	70	70.3
		前後	85	85	85	85.0
	中音頻	前後	80	80	82	80.7
		前後	91	90	91	90.7
	高音頻	前後	83	82	82	82.3
		前後	85	86	85	85.3

竹筒型揚聲器擴音效果之比較



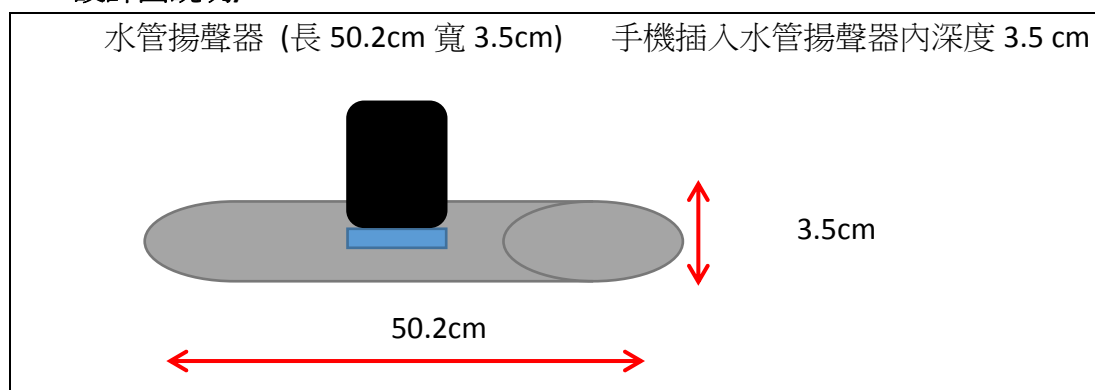
六、竹筒型實驗結果發現：

自製竹筒型揚聲器 H2 對單音頻及三種音頻的擴音效果比 H1 較佳。其中 H2(圓筒直徑較大，長度短)在低音頻中擴音增加了 14.7 分貝，中音頻的擴音增加了 10.0 分貝；但在高音頻擴音效果以 H1 的好。實驗推論竹子也屬木器材質的結構，其擴音效果較佳。


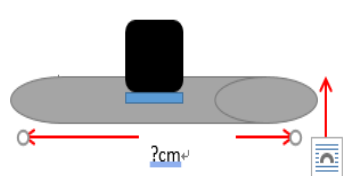




自製揚聲器---水管型

一、設計想法說明：在實驗三中，我們想要試著找出不同材質的材料進行揚聲器氣的製作，有買塑膠水管但因為材質較硬，無法橫切出手機的插孔，後來改用洗衣機的排水管，塑膠材質，但質地較軟，方便切割，於是仿造洋芋片罐子的直筒管狀，想試試看其塑膠材質的擴音效果為何??

二、設計圖說明/

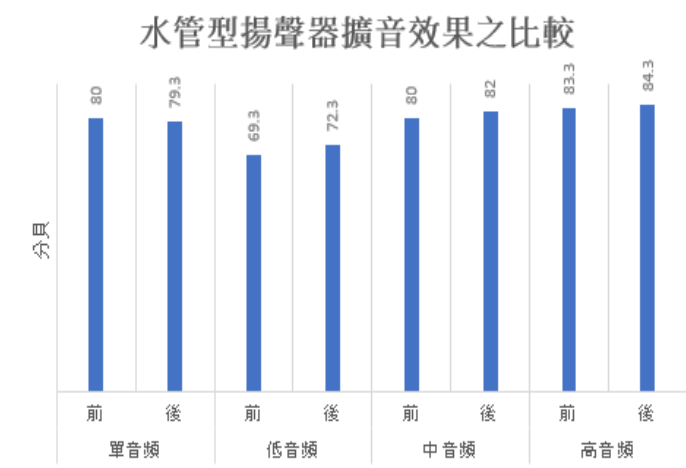


三、製作過程

		
圖 1: 至五金大賣場購買塑膠排水管	圖 2: 討論設計圖。	圖 3: 利用木工機具裁切排水管的長度。
		
圖 4: 測量所需要插入凹槽	圖 5: 利用美工刀割出手機置放凹槽。	圖 6: 試試看，使否可插入手機使用，完成囉。

四、水管型檢測擴音效果之表格/比較長條圖

水管型揚聲器	測驗	第一次	第二次	第三次	平均值
單音頻	前	80	79	81	80
	後	80	79	79	79.3
低音頻	前	70	69	69	69.3
	後	72	72	73	72.3
中音頻	前	80	80	80	80
	後	82	83	81	82
高音頻	前	83	84	83	83.3
	後	85	85	83	84.3



五、水管型揚聲器實驗結果發現：

單音頻檢測結果發現，擴音後的水管揚聲器反而降低 0.7 分貝。三音頻檢測結果發現，低音頻擴音後的水管揚聲器比擴音前的水管揚聲器增加了 3 分貝，中音頻擴音後的水管揚聲器比擴音前的水管揚聲器增加了 2 分貝，高音頻擴音後的水管揚聲器比擴音前的水管揚聲器增加了 1 分貝，由以上的數據顯示，低音頻的水管揚聲器擴音效果比其他音頻擴音效果好。

實驗四、比較自製揚聲器對不同音頻的擴音效果之差異

一、聲音/音響頻率定義

極低頻	20Hz-40Hz	低音提琴、低音巴松管、土巴號、管風琴、鋼琴等樂器能夠達到那麼低的音域。
低頻	40Hz-80Hz (選定 60 Hz)	大鼓、低音提琴、大提琴、低音巴松管、巴松管、低音伸縮號、低音單簧管、土巴號、法國號等。
中低頻	80Hz-160Hz	台灣音響迷最頭痛的一段，因為它是造成耳朵轟轟然的元兇。這個頻段中的樂器包括低頻段中所提及的樂器。還有定音鼓與男低音也要加上。
中頻	160Hz-1280Hz (選定 720 Hz)	包含所有樂器、人聲。
中高頻	1280Hz-2560Hz	小提琴約有四分之一的較高音域在此，中提琴的上限、長笛、單簧管、雙簧管的高音域、短笛的一半較低音域、鈸、三角鐵等。
高頻	2560Hz-5120Hz (選定 3840 Hz)	小提琴的音域上限、鋼琴、短笛高音域以外，其餘樂器大多不會出現在這個頻段中。
極高頻	5120Hz-20000Hz	很少有樂器

二、自製揚聲器進行高、中、低音頻擴音效果測驗之測量方式

依據音頻選定三種高、中、低音頻設定，並進行擴音效果之測試，利用手機 APP 聲級計測試 app—Frequency Sound Generator 高、中、低音頻(高頻 3840 Hz、中頻 720 Hz、低頻 60 Hz)，將手機插入揚聲器時記錄三種音頻的前測和後測，算出所有的平均。(詳細測量說明請參閱報告書第 6 頁)

三、測量結果(完整表格分析如下頁)

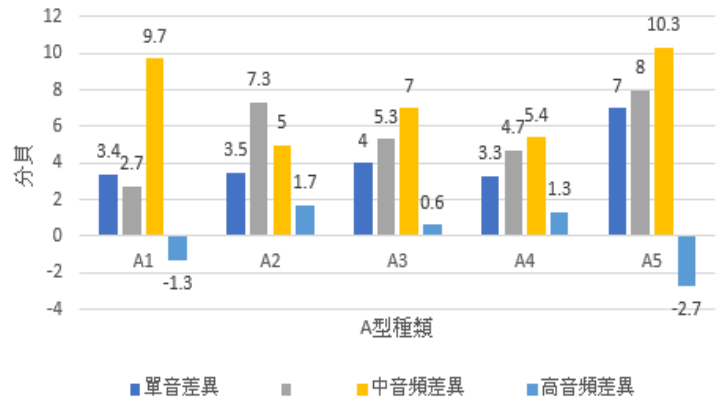
自製擴音器種類	測試	單音測試平均值				低頻測試平均值				中頻測試平均值				高頻測試平均值							
A1	前	79	78	79	78.6	3.4	79	80	81	80.0	2.7	82	83	82	82.3	9.7	89	89	89	89.0	-1.3
	後	82	81	80	82.0		83	83	82	82.7		91	92	93	92.0		87	88	88	87.7	
A2	前	71	77	74	75.2	3.5	79	78	80	79.0	7.3	85	85	84	84.7	5.0	88	84	86	86.0	1.7
	後	78	79	79	78.7		86	86	87	86.3		89	90	90	89.7		89	88	86	87.7	
A3	前	78	78	79	78.3	4.0	79	81	80	80.0	5.3	84	86	84	84.7	7.0	85	86	86	85.7	0.6
	後	83	82	82	82.3		85	85	86	85.3		92	92	91	91.7		86	86	87	86.3	
A4	前	76	75	75	75.8	3.3	80	80	81	80.3	4.7	84	84	88	85.3	5.4	86	85	87	86.0	1.3
	後	79	78.8	79.9	79.1		85	85	85	85.0		90	92	90	90.7		87	87	88	87.3	
A5	前	78	79	78	78.3	7.0	74	73	75	74.0	8.0	79	80	80	79.7	10.3	82	83	83	82.7	-2.7
	後	85	85	86	85.3		82	82	82	82.0		90	90	90	90.0		79	80	81	80.0	
B1	前	74	75	76	75.0	5.0	71	70	70	70.3	1.4	80	81	81	80.7	2.3	84	83	83	83.3	16.0
	後	79	81	80	80.0		70	72	73	71.7		83	83	83	83.0		99	99	100	99.3	
B2	前	72	72	71	71.6	7.7	71	71	71	71.0	7.0	80	80	82	80.7	3.3	82	84	83	83.0	8.3
	後	80	79	79	79.3		77	78	79	78.0		84	84	84	84.0		91	91	92	91.3	
C1	前	77	76	76	76.6	4.0	70	70	72	70.7	1.3	81	82	81	81.3	0.4	83	82	82	82.3	0.4
	後	80	81	81	80.6		72	72	72	72.0		81	82	82	81.7		83	82	83	82.7	
C2	前	77	78	77	77.3	3.3	72	70	71	71.0	5.0	80	79	79	79.3	1.4	83	82	82	82.3	1.4
	後	81	81	80	80.6		76	76	76	76.0		80	81	81	80.7		83	84	84	83.7	
C3	前	76	78	77	77.0	3.6	71	70	70	70.3	4.7	80	79	79	79.3	1.0	83	82	82	82.3	-4.3
	後	80	80	82	80.6		75	75	75	75.0		81	80	80	80.3		78	78	78	78.0	
D1	前	70	70	76	72.0	-1.0	70	70	71	70.3	9.0	80	79	80	79.7	4.3	84	83	84	83.7	-2.4
	後	71	71	71	71.0		80	79	79	79.3		84	84	84	84.0		82	81	81	81.3	
D2	前	65	64	66	64.0	7.0	72	70	70	70.7	-1.0	80	79	79	79.3	0.0	84	83	85	84.0	-2.7
	後	71	71	71	71.0		70	70	69	69.7		79	79	80	79.3		81	82	81	81.3	
E1	前	78	78	79	78.3	6.2	69	70	70	69.7	1.6	80	81	81	80.7	0.3	85	84	83	84.0	-1.7
	後	84	85	85	84.5		72	71	71	71.3		81	81	81	81.0		82	83	82	82.3	
E2	前	79	80	79	79.3	9.3	69	69	69	69.0	10.3	81	80	81	80.7	-1.7	84	83	84	83.7	-6.0
	後	89	89	88	88.6		79	80	79	79.3		79	79	79	79.0		78	77	78	77.7	
F1	前	86	92	89	89.0	1.0	70	71	71	70.7	0.6	80	80	81	80.3	0.7	84	83	83	83.3	-12.0
	後	90	89	91	90.0		71	72	71	71.3		81	81	81	81.0		73	70	71	71.3	
F2	前	95	93	94	94.0	-5.0	71	71	71	71.0	0.3	79	80	80	79.7	-3.7	84	83	83	83.3	-2.0
	後	92	88	87	89.0		71	72	71	71.3		79	79	70	76.0		80	81	83	81.3	

四、結果發現與分析:

A 型(雙喇叭型)揚聲器：

自製擴音器種類	測試	單音測試		低頻測試平均值		中頻測試平均值		高頻測試平均值	
		前	後	前	後	前	後	前	後
A1	前	78.6	3.4	80.0	2.7	82.3	9.7	89.0	-1.3
	後	82.0		82.7		92.0		87.7	
A2	前	75.2	3.5	79.0	7.3	84.7	5.0	86.0	1.7
	後	78.7		86.3		89.7		87.7	
A3	前	78.3	4.0	80.0	5.3	84.7	7.0	85.7	0.6
	後	82.3		85.3		91.7		86.3	
A4	前	75.8	3.3	80.3	4.7	85.3	5.4	86.0	1.3
	後	79.1		85.0		90.7		87.3	
A5	前	78.3	7.0	74.0	8.0	79.7	10.3	82.7	-2.7
	後	85.3		82.0		90.0		80.0	

A型(雙喇叭型)揚聲器低中高音頻測試之差異

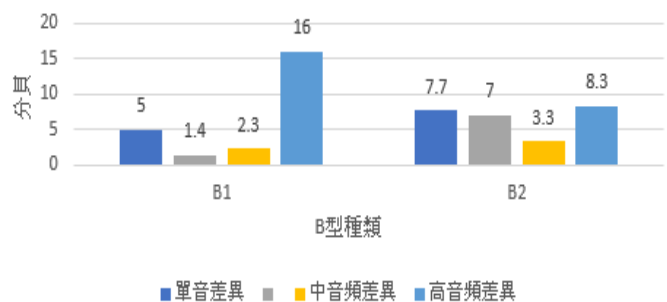


低頻擴音效果最好的是 A5，前後相差 7.0 分貝，中頻擴音效果最好的是 A5，前後相差 8.0 分貝，高頻擴音效果最好的是 A4，前後相差 1.3 分貝，由以上數據推測 A 型的擴音器 A5 的擴音效果較佳，但 A5 對高頻的擴音效果並不是很好，反而變成負數，推測出 A 型的擴音器口徑越大擴音效果越好，高頻除外。

B 型(直筒+雙塑膠瓶口型)揚聲器：

自製擴音器種類	測試	單音測試		低頻測試平均值		中頻測試平均值		高頻測試平均值	
		前	後	前	後	前	後	前	後
B1	前	75.0	5.0	70.3	1.4	80.7	2.3	83.3	16.0
	後	80.0		71.7		83.0		99.3	
B2	前	71.6	7.7	71.0	7.0	80.7	3.3	83.0	8.3
	後	79.3		78.0		84.0		91.3	

B型(直筒+雙塑膠瓶口型)揚聲器低中高音頻測試之差異



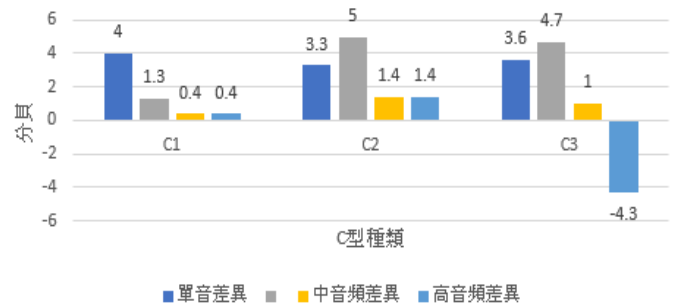
低頻擴音效果最好的是 B2，前後相差 7.7 分貝，中頻擴音效果最好的是 B2，前後相差 3.3 分貝，高頻擴音效果最好的是 B1，前後相差 16.0 分貝，由以上數據推測 B 型擴音器 B2 音效果較佳，但 B2 對高頻並不是很好，反而擴音效果相差大約 2 倍。

C 型(直筒管狀型)揚聲器：

自製擴音器種類	測試	單音測試		低頻測試平均值		中頻測試平均值		高頻測試平均值	
		前	後	前	後	前	後	前	後
C1	前	76.6	4.0	70.7	1.3	81.3	0.4	82.3	0.4
	後	80.6		72.0		81.7		82.7	
C2	前	77.3	3.3	71.0	5.0	79.3	1.4	82.3	1.4
	後	80.6		76.0		80.7		83.7	
C3	前	77.0	3.6	70.3	4.7	79.3	1.0	82.3	-4.3
	後	80.6		75.0		80.3		78.0	

低頻擴音效果最好的是 C2 前後相差 5.0，中頻擴音效果最好的是 C2，前後相差 1.4 分貝，高頻擴音效果最好的是 C2，前後相差 1.4 分貝，由以上數據推測 C 型的擴音器 C2 的擴音效果較佳。

C型(直筒管狀型)揚聲器低中高音頻測試之差異

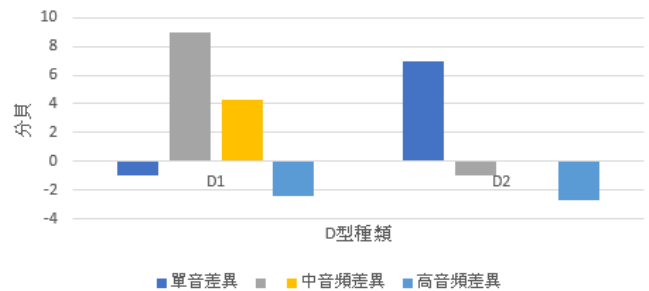


D 型(紙杯花盆型)揚聲器：

自製擴音器種類	測試	單音測試		低頻測試平均值		中頻測試平均值		高頻測試平均值	
		前	後	前	後	前	後	前	後
D1	前	72.0	-1.0	70.3	9.0	79.7	4.3	83.7	-2.4
	後	71.0		79.3		84.0		81.3	
D2	前	64.0	7.0	70.7	-1.0	79.3	0.0	84.0	-2.7
	後	71.0		69.7		79.3		81.3	

低頻擴音效果最好的是 D1，前後相差 9.0 分貝，中頻擴音效果最好的是 D1，前後相差 4.3 分貝，高頻擴音效果最好的是 D2，前後相差-2.7 分貝，由以上數據推測 D 型的擴音器 D1 的擴音效果較佳，但 D1 對高頻的擴音效果並不是很好。

D型(紙杯花盆型)揚聲器低中高音頻測試之差異

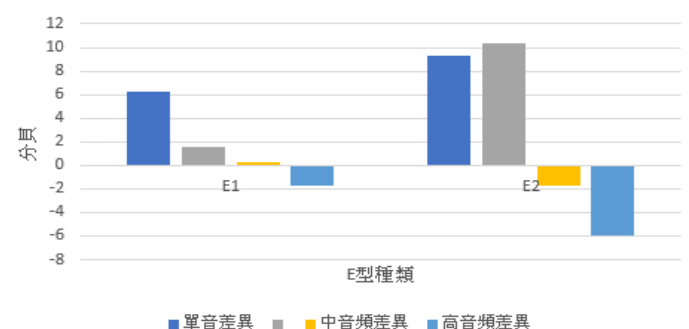


E 型(紙盒型)揚聲器：

自製擴音器種類	測試	單音測試		低頻測試平均值		中頻測試平均值		高頻測試平均值	
		前	後	前	後	前	後	前	後
E1	前	78.3	6.2	69.7	1.6	80.7	0.3	84.0	-1.7
	後	84.5		71.3		81.0		82.3	
E2	前	79.3	9.3	69.0	10.3	80.7	-1.7	83.7	-6.0
	後	88.6		79.3		79.0		77.7	

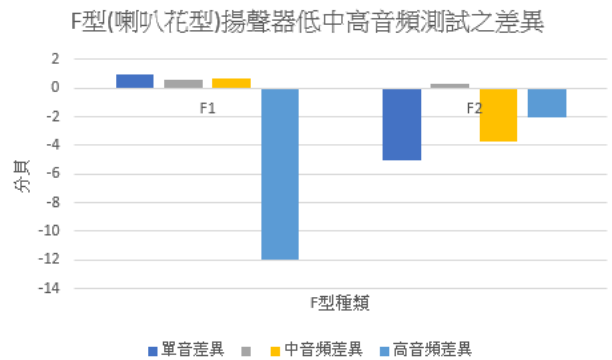
低頻擴音效果最好的是 E2，前後相差 10.3 分貝，中頻擴音效果最好的是 E2，前後相差 0.7 分貝，高頻擴音效果最好的是 E2，前後相差-0.7 分貝，由以上數據推測 E 型的擴音器 E2 的擴音效果較佳，但 E2 對高頻的擴音效果並不是很好，反而變成負數，推測出 E 型的擴音器越薄擴音效果越好。

E型(紙盒型)揚聲器低中高音頻測試之差異



F 型(喇叭花型)揚聲器：

自製擴音器種類	測試	單音測試		低頻測試平均值		中頻測試平均值		高頻測試平均值	
		前	後	前	後	前	後	前	後
F1	前	89.0	1.0	70.7	0.6	80.3	0.7	83.3	-12.0
	後	90.0		71.3		81.0		71.3	
F2	前	94.0	-5.0	71.0	0.3	79.7	-3.7	83.3	-2.0
	後	89.0		71.3		76.0		81.3	



低頻擴音效果最好的是 F1，前後相差 0.6 分貝，中頻擴音效果最好的是 F1，前後相差 0.7 分貝，高頻擴音效果最好的是 F2，前後相差-2.0 分貝，由以上數據推測 F 型的擴音器 F1 的擴音效果較佳，但 F1 對高頻的擴音效果並不是很好。

柒、研究問題與討論

討論一:自製的擴音器裡哪一種的造型和材料的擴音效果最佳?原因為何?

答: 自製揚聲器(不同造型)擴音效果之比較

造型	A 雙喇叭型	B 直筒+雙塑膠瓶口型	C 直筒管狀型	D 紙杯花盆型	E 紙盒型	F 喇叭花型
材質	紙捲筒、紙杯、塑膠杯	洋芋片罐、保特瓶杯	洋芋片罐	紙杯	瓦楞板、厚紙板	厚紙板
擴音效果	3.5~7 分貝	5~7.7 分貝	3.3~4 分貝	-1~7 分貝	6.3~9.3 分貝	1~ -5 分貝
最佳	A5 7 分貝	B2 7.7 分貝	C1 4 分貝	D2 7 分貝	E2 9.3 分貝	F1 1 分貝
原因推測	可能 A5 斜角較小(斜角值:0.124)，聲音集中傳播效果最佳。	B2 洋芋片罐兩端封閉，直徑較 B1 短，聲音能量在管內獲得良好保存，擴音效果極佳。	C1 管長 23cm 較長，但與 C2、C3 差距不大，長度的影響不明顯。	D2 斜角值 0.164，D1 斜角值 0.088；D1 接近無斜度直筒，擴音效果較 D2 有斜角且管長短差。	紙盒尺寸皆相同，厚紙板 E2 的表面較為光滑，聲波反射效果較佳。	同樣造型，比較厚薄，喇叭花型開口過大，聲音無法反射與集中，效果差。

自製環保揚聲器受限於材料取得之前後徑、深度、材質、斜角、造型皆有不同，較難任意調整尺寸做進一步比較，但由上表我們仍可歸納出自製之環保揚聲器以：**1、有封閉端 2、管長勿過長 3、傳音杯口斜角勿太小或過大 4、內側堅硬光滑，擴音效果較佳。**

討論二:討論揚聲器的材質(塑膠、木頭、紙類)和厚度(厚薄)、長度(長短)、口徑是否會引響擴音的效果?

答: 不同材質、造型、構造擴音效果之比較

造型	G 樂高積木型	H 竹筒型	I 水管型
材質	樂高(長方形雙方形開孔)	竹子 (圓筒雙圓開孔)	塑膠(圓筒)
擴音效果	2.3~4 分貝(低~高頻)	4~8 分貝	3~1 分貝(低~高頻)
最佳	中頻 4 分貝	H2 8 分貝	低頻 3 分貝
原因推測	中頻較優，可能與材質、管長有關。	H2 圓筒較短，傳音開孔小，聲音在管內散失較少，擴音佳。	低頻較優，可能與材質、管長有關。

自製揚聲器我們以不同特殊造型、材質、構造後歸納以下幾點結果：

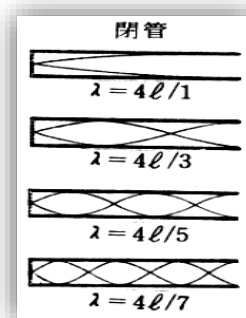
- 1、不同材質以木質(竹子)擴音效果明顯較佳且不同管長、開孔皆有不錯擴音效果；塑膠較差。
- 2、不同形狀或材質，對不同區段頻率的擴音效果不同，與管長、形狀、材質有關。

說明:以兩邊開孔之駐波公式： 頻率 $f = nV / 2L$ (聲速 $V=346\text{m/s}$ ， L 管長取 10-50cm)10-50cm 有效共振頻率範圍 $f = 433\sim 1730\text{Hz}$ 。故中頻有較佳之共振效果，但若因材質或管徑較窄或過寬，則不同頻率之測試將無明顯規則，此結果與實驗一市售揚聲器之低、中、高頻測試結果相近。

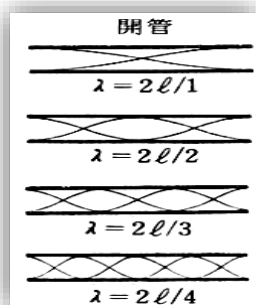
討論三:一端密閉管徑與兩端都開口的口徑擴音效果是否相同呢??為什麼?

答: 共鳴就是振動頻率在人聽覺範圍內 (頻率是介於 20Hz~20000Hz 之間) 的共振現象。空氣管的共鳴，則與管子的長度、形狀以及管子兩端開閉與否有關。將一端開一端閉的空氣管稱為閉管(如單簧管)，兩端皆開的空氣管稱為開管(如笛子)。一般管樂器，其發音原理是當管中有聲波在傳播時，將會在兩端產生反射。在適當的波長，則其內不同行進方向的波可以互相干涉形成駐波，聲波在空氣柱要形成駐波閉口端為波節。開口端為波腹 (自由端，此端振幅可達最大)。

1.閉管空氣柱形成駐波：外來的干擾 (如吹氣) 經由此開口端使管內的空氣柱發生振動形成駐波，以管內介質 (即空氣分子質點) 的振動位移而言，開口端為波腹，閉口端則為波節，其間可以另有波節，也可以沒有波節，故當空氣柱形成駐波時，管長為四分之一個波長的奇數倍，見右圖。



2.開管空氣柱形成駐波：若為開管 (兩端皆須打開)，以管內介質 (即空氣分子質點) 的位移而言，兩端均為波腹，其間可以另有波節，也可以沒有波節，故當空氣柱形成駐波時，管長為二分之一個波長的整數倍，見左圖。



駐波(standing wave)為兩個振幅、波長、週期皆相同的正弦波相向行進干涉而成的合成波。此種波的波形無法前進，因此無法傳播能量，故名之。

由以上原理可知：駐波在管內的共振能量並不會傳出管外，且在固定溫度的音速下，不同的管長需符合以上頻率的聲音才會共振，雖然共振位置不會剛好在管口，但若適當調整管長確實可在管口附近測量到較大音量，但離開管口附近後疊加效果隨距離減弱而無明顯增加音量效果。

封閉管空氣柱長度是 $1/4$ 波長的奇數倍時，共振效果最好；開放管空氣柱是半波長的整數倍的時候，共振效果最好。這就是為什麼小提琴音比較高，而大提琴音比較低：小提琴的琴箱小，所以共振的波長短，對應的頻率就高。

因此若就本實驗探討自製手機擴音器的實用性而言，因為一般我們播放的音樂頻率非某特定範圍，所以一端閉管和兩端開口形狀者，在產生的音量測量上較無明顯影響；我們擴大音量的主要方式乃是利用---(1)聲音在管內反射時與原聲的疊加以放大聲量。(2)經由類似傳聲筒形的紙杯，使聲音傳波方向集中可以放大且清楚的聲音。若要利用類似樂器共鳴箱原理，則須選用適當封閉結構且較光滑堅固的材質，並在某些頻率範圍下，才能得到顯著的聲量放大。

捌、結論

- 一、市售免插電手機揚聲器造型充滿創意，材質包含有塑膠、木材及紙類，主要以輕巧、方便攜帶、即插即可使用為訴求。市售的免插電揚聲器中有些廣告稍有誇大其詞，標榜可放大 2 倍音效。但實際研究後發現市售揚聲器對於中音頻(樂器及人聲的主要音頻)的表現皆較佳，其中日本擴音架及小螺號的產品擴音效果較佳，其擴音表現皆有增加 10 分貝左右。
- 二、本實驗中自製環保免插電揚聲器主要材料來自於校園資源回收場及家中可利用的現有材質，受限於材料取得之前後徑、深度、材質、斜角、造型皆有不同。自製揚聲器分別有：A 雙喇叭型、B 直筒+雙塑膠瓶口型、C 直筒管狀型、D 紙杯花盆型、E 紙盒型、F 喇叭花型，此六種造型的對單音或三種音頻擴音效果平均在增加 4 分貝左右，其中最佳的為 B 直筒+雙塑膠瓶口型，其增加達 5~7.7 分貝，其次為 D 紙杯花盆型增加 1~7 分貝。但因為較難任意調整尺寸做進一步比較，但實驗中我們仍可歸納出自製之環保揚聲器以：1、有封閉端 2、管長勿過長 3、傳音杯口斜角勿太小或過大 4、內側堅硬光滑，擴音效果較佳。
- 三、特殊規格的自製揚聲器有三：G 樂高積木型 H 竹筒型 I 水管型，其中竹筒型(木質)擴音效果明顯較佳，擴音效果增加了 8 分貝。此三種類型且不同管長、開孔皆有不錯擴音效果；但塑膠的效果沒有想像中的那麼好。實驗推測不同形狀或材質，對不同區段頻率的擴音效果不同，與管長、形狀、材質有關。
- 四、分析自製的六種揚聲器其對低、中音頻的擴音效果有較佳的表現(參考 p21 表格)，大部分的自製揚聲器中對高音頻的表現不佳，甚至無法達到擴音效果。其中以直筒+雙塑膠瓶口型其兩端成封閉端讓聲音產生共鳴，擴音效果最好(特別是 B2 直筒直徑較小，增加 16 分貝)，另外雙喇叭型 A5(+10.3 分貝)及紙盒型 E2(+10.3 分貝)的擴音效果尚佳。

玖、學生科展歷程與心得

學生心得 A:

升上五年級開學後，我又再次參加了科展，我們做的主題是:響亮人生，在做有關聲音實驗，例：手機擴音之探討等...，我們擴音器的材質有塑膠、紙...等；材料有塑膠紙杯、洋芋片罐等...，透過這項艱難的實驗，雖然很累，但卻很有成就感，尤其是製作樂高擴音器，那時我本以為樂高只能蓋房子，但沒想到竟能做個擴音器，製作時常因材料不足，不知如何做而氣餒，但後來還是有完成了，雖然擴效果沒那麼好，但至少做出來，而且是用努力、認真的心態做成的。在老師的指導下我學會了以正確的科學方法，確立研究目的後，設計相關的步驟以達成我們了解手機擴音器在什麼情況下能夠達到最大音效。最後我必須感謝各位師長的教導與支持及同學們的陪伴，讓我學到更多!!!

學生心得 B:

這一次我來參加科展，我覺得製作不同揚聲器很難，因為除了喇叭大小以外其他部分的形狀都要一樣，所以非常難做，還有我印象最深刻的是三音頻測，因為一開始我們設定的音頻調錯，結果正確和錯誤前後的數據差很大，所以全部要重測，希望我下一次的科展數據會做的更精準更好。

學生心得 C:

很開心能參加這次的科展，讓我學習到怎麼打數據和心得，也讓我了解了這方面的科學原理，科學知識及如何小組討論。這次我們這一組探討的是自製揚聲器，讓我瞭解到揚聲器的材質，厚薄，大小對擴音效果也有影響，真令我大開眼界。

在測量數據的時候，我們有使用傳統分貝計和手機 app 來測量，後來發現傳統分貝計跳得非常慢，所以我們最後都使用手機 app 來測量。每個人都將測量距離固定為 15cm，然後測試放進擴音器前後之差別，看有沒有增加分貝量，最後再算平均，大家測量的方法都要一樣，不能隨便，不然就不準了。以上是我的心得，很感謝組員和指導老師。

學生心得 D:

在一開始我們試過一些同學提出比較好的探索的題目結果都做不成，經過一番討論後，我們決定把題目改成--響亮人生，講白話一點就是自製擴音器，我們先上網查文獻資料，如果看到有趣的資料我們就進一步探討，我們先實作然後測量數據，再來我們到市面上尋找市售擴音器，接著測量數據再與文獻資料上的自製擴音器進行比較。參加科展讓我學習到用成本較低的方式製作擴音器。我很開心能參加科展，也讓我在學習的過程中學習新知識。

學生心得 E:

製作這次科展的時候，再實驗裡，我們會找不同材質的材料，像是紙類、竹子...等，或者上網找有關擴音器的資料，並自己重新改良，有些擴音器是測量大小，有些是測量厚薄，再這些自製的擴音器裡，我們分別有低、中和高頻來測試，我們會以 3 次測量完算平均，每一種擴音器都有自己的特色，我們還有探討市售的擴音器，也讓我學習到在測量數據時需要相同的長度，而且測量

工具都需要相同，而每個擴音器插入手機的洞都需要一樣，而我們製做的擴音器是在周遭究可以拿到材料，在這次的活動當中，我們會遇到困難，像是手機的洞口切的大小不一樣、或在測量的同時有一些雜音就可能影響實驗結果.....等。

學生心得 F:

我很感謝指導老師給我這個機會參加科展，也很謝謝老師帶領我們做科學，做科展這段過程中，我有很多很多心得，總共有三方面，第一是科學知識，第二是科學方法，第三是團隊合作、小組討論、默契及精神。

在科學知識方面，我因為從六上到現在參加科展讓我的科學知識更上一層樓，且又讓我對“聲音”更進一步的了解。我很喜歡免插電揚聲器這個主題，很環保有意義、有趣又好玩！在這個實驗我發現可擴音的因素是開口要呈現 45 度角，其材質，厚薄也都會影響擴音效果，這使我大開眼界！沒想到材質，厚薄會影響擴音效果，我們買各種不同市售免插電擴音器來做比較，然後我們也自製各種不同免插電擴音器來實驗比較，太有趣了。

在科學方法方面，我學到我們實驗一定要有客觀一致的工具與步驟，而且要測很多次來減少誤差。我們怎麼進行實驗比較呢？一開始我們是拿聲級計來測。不過測出來不準，所以小組討論後，我們改從手機下載 app 聲級計軟體，再拿另一支手機去下載低、中、高音頻。我們發展出標準化流程，將播放音頻的手機放進擴音器，每個人都將測試距離固定為 15cm(一把尺的距離)，然後測試放進擴音器前後之差別，看有沒有增加分貝量，最後再算平均。大家測量的方法都要一樣，不能隨便，不然會不準了呢！

最後在團隊合作方面，我學到科學研究需要有團隊的默契及合作精神，大家分工合作、各自負責不同揚聲器的製作與測量，每個人都有不可或缺的貢獻。很不好意思的是我寒假期間沒有參與，進度落後了，但是後來我急起直追，才發現團隊一起合作的感覺真好！每個人都應該要做好自己的部分，缺一個數據就沒辦法獲得整體的結果。從一開始的討論、準備材料、執行.....到做出結果，大家都花很多心力，而我也樂在其中！參加科展真是值得！希望以後到國中能繼續參加科展。我很感謝我的組員和指導老師，讓我學習到這麼多東西。

拾、參考資料

- 1.科學角度看音響 1：先了解聲音，再認識音樂，最後挑音響，取自網路資料
<https://www.techbang.com/posts/15882-scientific-perspective-sound-1-to-understand-the-voice-recognition-of-music-finally-picked-a-sound-system?page=3>
- 2.音響中的高頻、中頻和低頻如何區分？取自網路資料
<https://read01.com/zh-tw/N5yj8P.html#.XldseCgzYdU>
- 3.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>
- 4.台灣網路科教館科展群傑聽歷屆科展作品報告書
<https://www.ntsec.edu.tw/Science.aspx?cat=21&a=6821>