

嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學科(2) (環保與民生)  
組 別：自然科

作品名稱：自製不插電音箱



關鍵詞：聲音、波的反射、紙音箱

# 自製不插電音箱

## 摘要

網路上流傳的不插電音箱影片引起我們的研究興趣，只需要一個衛生紙紙捲與兩個紙杯，你就能擁有一個簡易音箱。它的原理是利用聲波的反射與紙捲的受迫共振來放大聲音，詳細搜尋後還發現許多利用同樣原理製作出來的精緻型音箱在販售，讓我們想研究如何在最便宜的材料下做出效果最好的不插電紙捲音箱。

經過實驗後，我們的結論如下：

- 1.分貝計與音箱距離 10 公分，測得的自製音箱音量差異最大。
- 2.共鳴箱口徑越小，自製音箱產生的音量愈大。
- 3.共鳴箱長度愈短，自製音箱產生的音量愈大。
- 4.手機懸空在共鳴箱的正中央時，自製音箱產生的音量愈大。
- 5.製作共鳴箱的最佳材質為竹子，最差的材質為塑膠。
- 6.人聲音域為女低音時，自製音箱產生的音量越大。
- 7.頻率越適合產生共鳴的樂曲，自製音箱的音量越大。

由此可知，製作不插電紙捲音箱最好的規格是使用口徑 3 公分、長度 10 公分的紙捲，與呈現錐狀的紙杯，同時對於音樂而言適用於低頻的聲音，而曲風則特別適合頻率容易產生共鳴的類型，例如：阿卡貝拉、鋼琴；交響樂。

## 壹、研究動機

最近我們在百貨公司發現了不需插電的手機陶瓷音箱，之後又陸續發現木頭也可以做，竹子也行，同時也看到網路與新聞流傳著用衛生紙紙捲做出的不插電音箱，實際做了一個後，我們發現真的可以增加手機的播音音量，但是跟市售的相比，擴音的音量仍有差距，所以考慮到便利性與實用性，我們決定想辦法用生活中最隨手可得的材料來做出最好的不插電紙捲音箱。

## 貳、研究目的

- 一、探討聲波反射原理達到最佳擴音效果的方法
- 二、研發結合聲波反射原理與最佳結構的改良版紙捲音箱

## 參、研究設備及器材

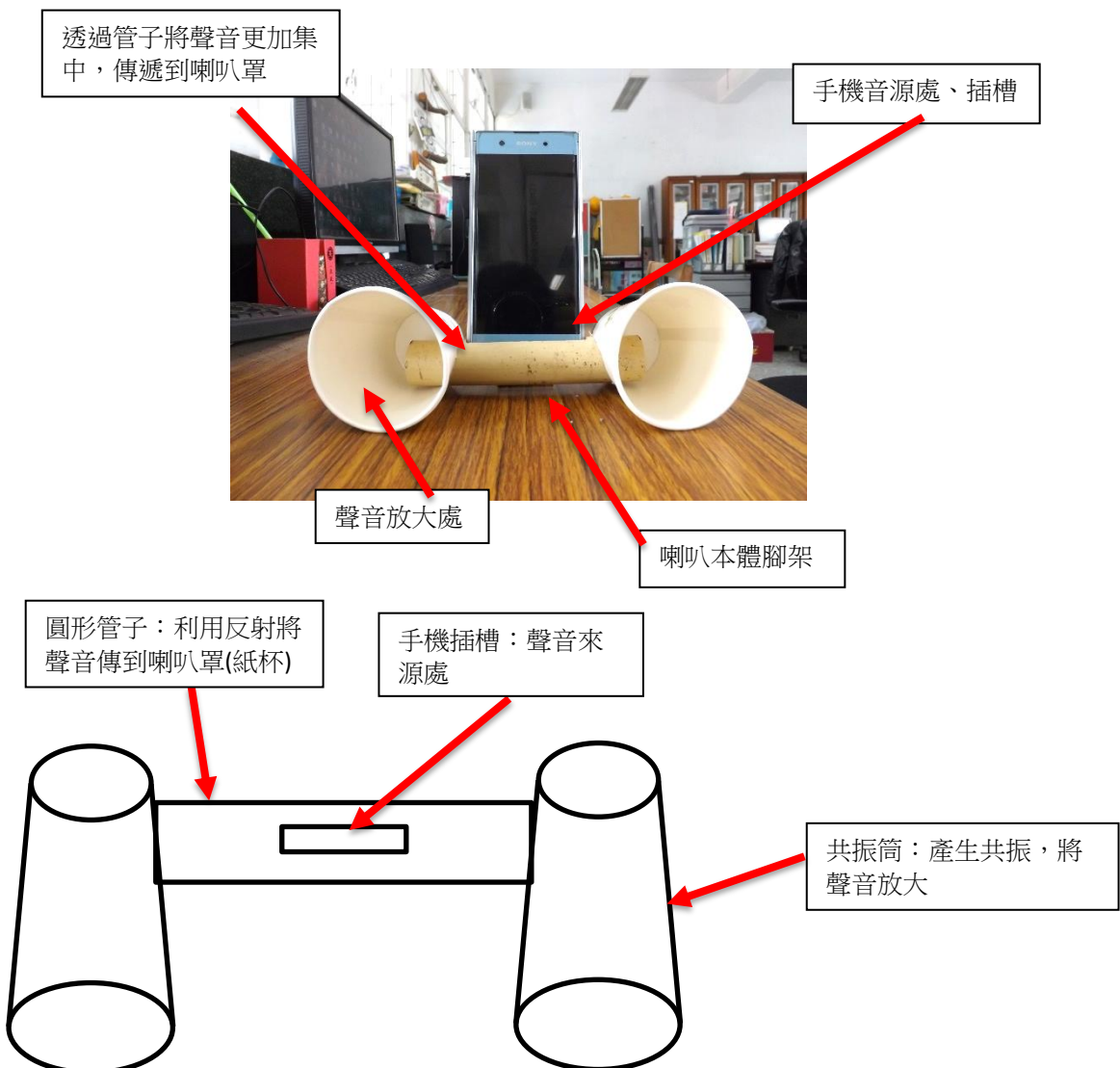
				
分貝計	免洗紙杯	紙捲	竹子	美工刀

				
塑膠水管	電鑽	手機	20 秒音樂片段 (鄧紫棋-倒數)	免費音樂後製 軟體 Audacity

	
直尺	捲尺

## 肆、研究過程及討論

### 一、構造分析



## 二、實驗設計與測量方法

1.替共鳴箱裝上讓手機懸空的鋁線架，並將手機插入播音口。	
2.使用直尺量測分貝計與不插電音箱的距離。	
3.開啟播音軟體，選擇音樂播放 20 秒，同時打開分貝計測量過程中的最大值。	
4.播放五次後，紀錄數據取平均值。	

以上為共通步驟，下列為各實驗的變動

實驗一:操縱變因為距離，所以使用捲尺多次量測不同距離。

實驗二:操縱變因為共鳴箱口徑，因此測量後須更換為 4 公分與 5 公分

口徑的紙捲並重複同樣的測量方法。

實驗三:先更換不同長度的紙捲再進行測量。

實驗四:操縱變因為手機在共鳴箱中的懸空高度，手機懸空高度須配合不同長度的鋁線架，因此先做出深度 3 公分、2 公分、1 公分的懸空架，依次裝上後進行測量。

實驗五:共鳴箱材質為操縱變因，切割竹子、塑膠水管作為共鳴箱，依序換上後進行測量。

實驗六:使用免費音樂後製軟體 Audacity，調整歌曲音域，依次播放檢測音量。

實驗七:討論現行的曲風後選擇音樂，依序播放。

### 三、研究過程與結果

#### 實驗一、距離對於音量的影響

為了找到基準，我們做了一個簡單版的紙音箱，並在不同的距離測試它的音量大小，同時也買了市售的作為比較，但在測量過程中，我們發現在一個距離之外，不管是市售的還是自製的紙音箱，甚至是普通的音響，都會呈現出幾乎一樣的音量，無從比較起，因此我們先用分貝計與自製音箱在多少距離下所測得的分貝差異最大來找到實驗時能使用的模式。以人在聽音樂時的習慣為基準，訂下 5、10、15、20 公分這幾個實驗項目。

同時在實驗過程中，我們也發現市售的竹子音箱因為擴音筒的形狀呈錐形，所以可以有效放大聲音，與紙音箱使用紙杯做為擴音構造的原理相同。

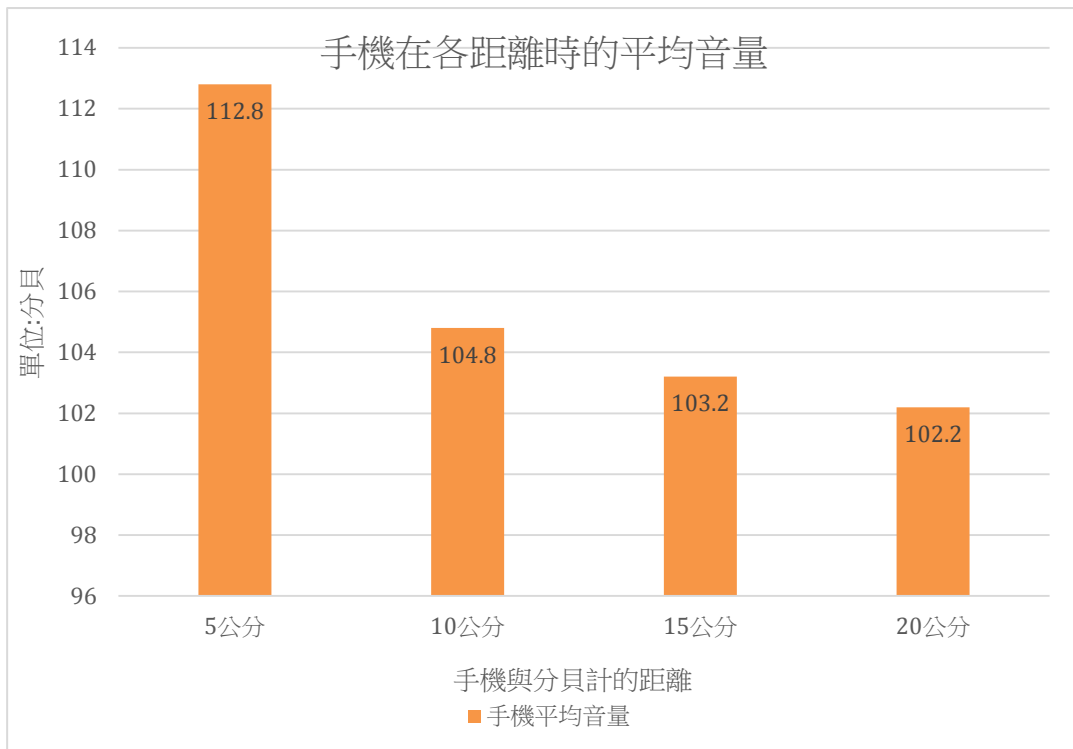


實驗過程(距離 10 公分)

實驗過程 (距離 20 公分)

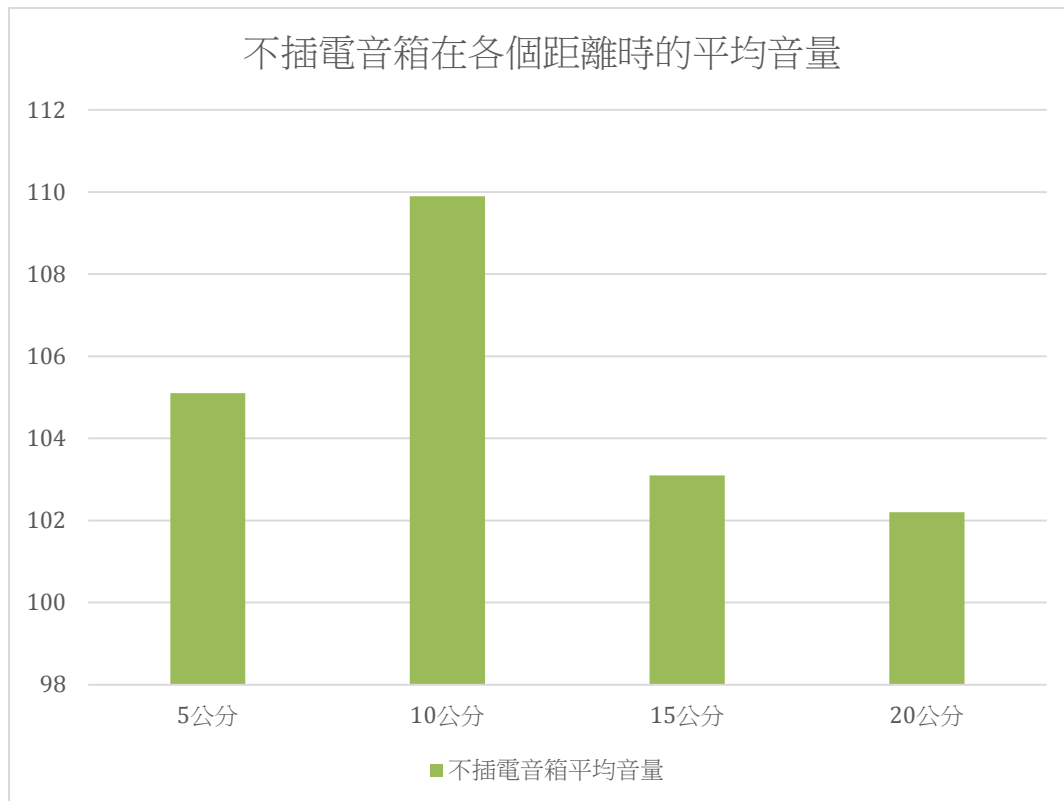
#### 手機音量與距離的關係

	第一次	第二次	第三次	平均
5 公分	114.1	112.3	112.1	112.8
10 公分	107.5	107.4	99.6	104.8
15 公分	103.1	103.2	103.3	103.2
20 公分	101.5	102.8	102.2	102.2



紙音箱音量與距離的關係

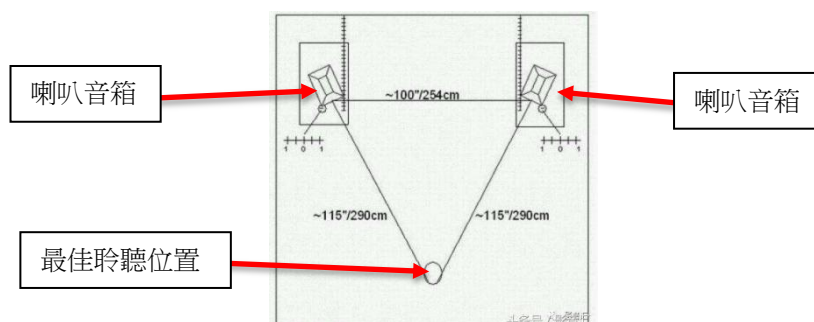
	第一次	第二次	第三次	平均
5cm	107.4	108.7	108.7	105.1
10cm	116.9	106.1	106.8	109.9
15cm	102.2	104.3	103	103.1
20cm	101.9	99.4	103.5	102.2



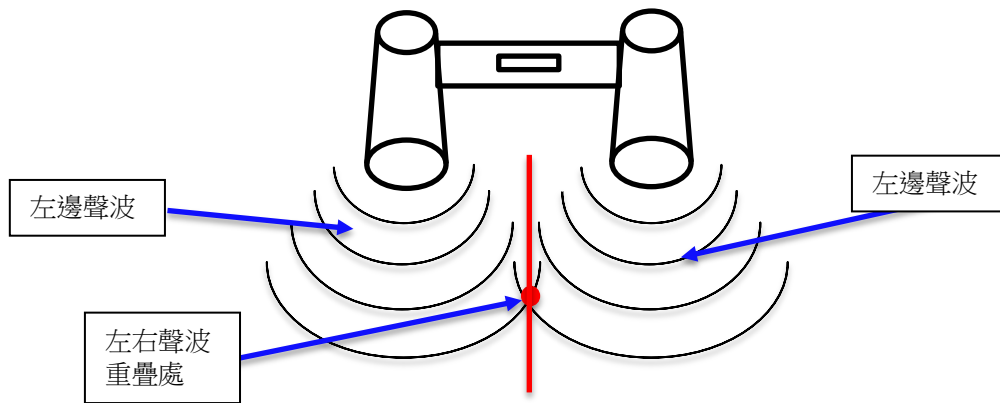
討論:奇怪的是，照手機的測量結果，5 公分應是四次測量中最大聲的，但結果卻是 10 公分音量最大，我們猜想其與音響是相同原理，在音響學中，每個音響都有個「黃金三角」，在那幾個距離聆聽音樂時可以得到最好的效果與音量，因為那時會出現聲波的「共振點」，也就是在聲波의 交會點，兩個同方向的波相交，加成會導致音量更大，因此在決定實驗的收音距離時，我們選擇了 10 公分，這樣才能讓我們得到差異最大，音量也最大的數據。

討論：

- (一)、不使用自製音箱時，距離越遠音量越小
- (二)、使用自製音箱時，音量由大到小依序是 10 公分 > 5 公分 > 15 公分 > 20 公分。
- (三)、使用自製音箱的實驗數據讓我們覺得很驚訝，為什麼不是用近音量越大聲，查詢完資料，我們認為跟音響喇叭聆聽時擺放的位置有關



圖片來源: <https://kknews.cc/news/5xk4xn6.html>



(四)、但是這樣的想法還不足以證明 10 公分是最大聲的地方，因為聲音是四面八方傳播的，所以 5 公分處應該也有聲音重疊，於是我們設計了實驗八，  
聲音的指向性來驗證我們的想法。

(五)、於 10 公分處，使用自製音箱可以有效地增強音量

## 二、紙筒口徑大小對於音量的影響

操縱變因:共鳴箱(紙筒)的口徑

控制變因:共鳴箱長度、共鳴箱內壁厚度、共鳴箱材質、擴音筒材質、手機播音音量、歌曲音頻、在共鳴箱內與內壁的距離(1 公分)

假設:口徑越小，自製音箱產生的音量越大

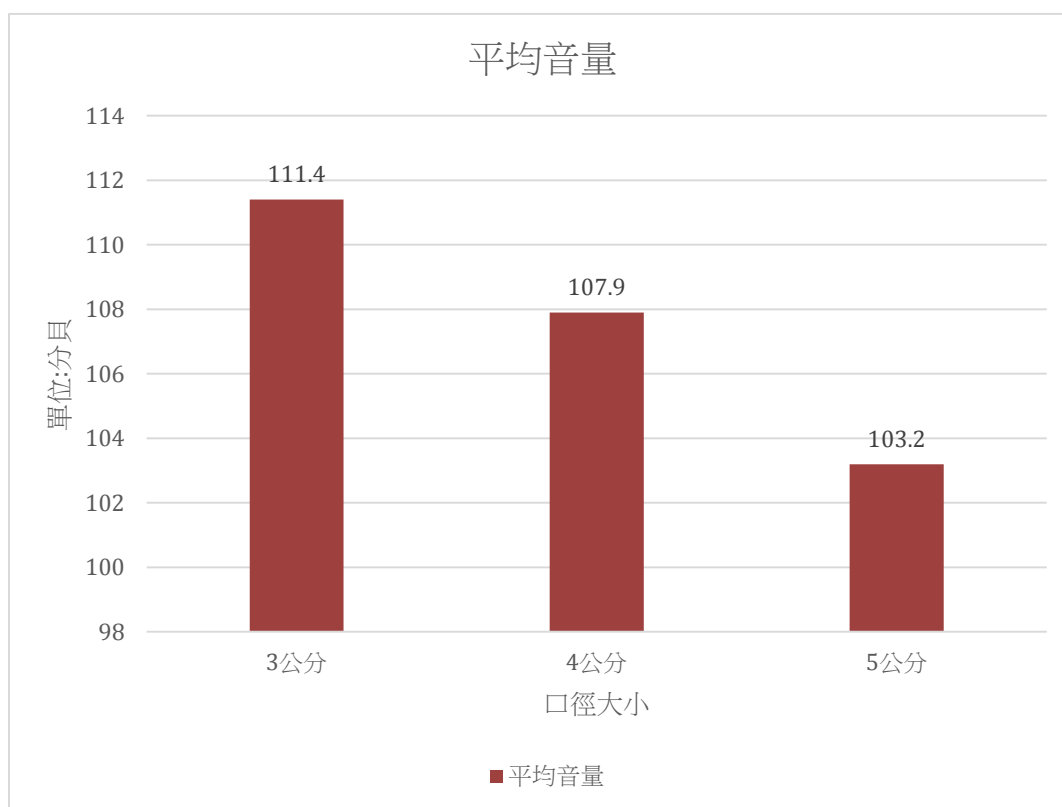
因為聲音是屬於波的一種，波在遇到堅硬厚實的表面會產生反射，代表聲波也能產生一樣的現象，因此產生回聲。在買紙捲的過程中，我們以手機播音來測試，發現的確會產生這樣的現象，同時口徑越小的紙捲，聽起來聲音越大聲且集中，因此我們假設口徑大小也會造成影響，且**口徑越小，自製音箱產生的音量越大**。因為商店所賣尺寸的大小，我們設定紙捲口徑為 3、4、5 公分，厚度都是 2mm。

在製作共鳴箱的過程中，因為手機能插入的洞較為狹小，用電動機具切割容易破，所以我們一開始都是人工用美工刀切割，但在幾次割傷手指與指甲後，我們改採先用電鑽沿線鑽洞，細部用美工刀切割的方法，減少受傷的機會，同時也加快了製作速度，之後的材質實驗也是採用同樣的方式。





	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
3cm	112.3	111.6	111.9	111	110.4	111.4
4cm	107.8	108	108.3	107.8	107.8	107.9
5cm	103.8	103	103.2	103.1	102.8	103.2



由數據我們發現甲組口徑 3 公分平均最高為 111.4 分貝，乙組口徑 4 公分 107.9 分貝第二，丙組口徑 5 公分平均 103.2 分貝最低，呈現出共鳴箱口徑越小，音量越大的現象，其差距的幅度相當大，最高可以達到 4.7 分貝。

討論:

- (一)聲波在反射傳遞的過程中發散，導致能量散失，擴音效果減弱
- (二)口徑大小影響的是聲波反射時留存的能量
- (三)所以共鳴箱空間越大，聲波越容易發散，散失能量。

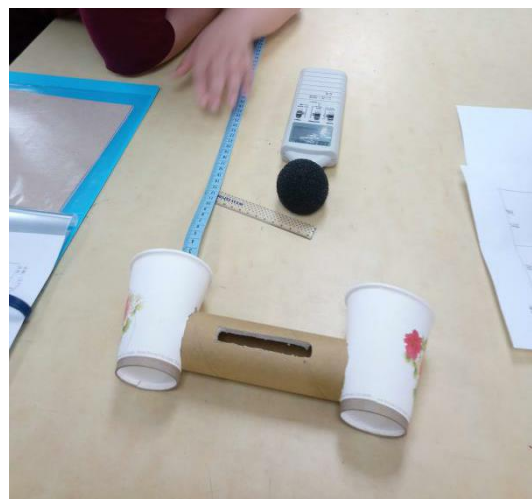
### 三、共鳴箱長度對於自製音箱音量的影響?

操縱變因:共鳴箱(紙筒)的長度

控制變因:共鳴箱口徑(4cm)、共鳴箱內壁厚度(2mm)、共鳴箱材質、擴音筒材質、手機播音音量、歌曲音頻、在共鳴箱內與內壁的距離(1 公分)

假設:長度越短，自製音箱產生的音量越大

根據聲波的反射原理，反射的距離越長，次數越多，在開放的環境下會漸漸消散，因此共鳴箱的長度也有可能影響到自製音箱能產生的音量，所以我們根據手機的寬度、紙捲和紙杯能組裝的條件，設定長度最短為 10 公分，之後依次往上加 5 公分，最終來到 20 公分，因為太長的話要作為家中擺設也是很難放置。



實驗過程(共鳴箱長度 20 公分)

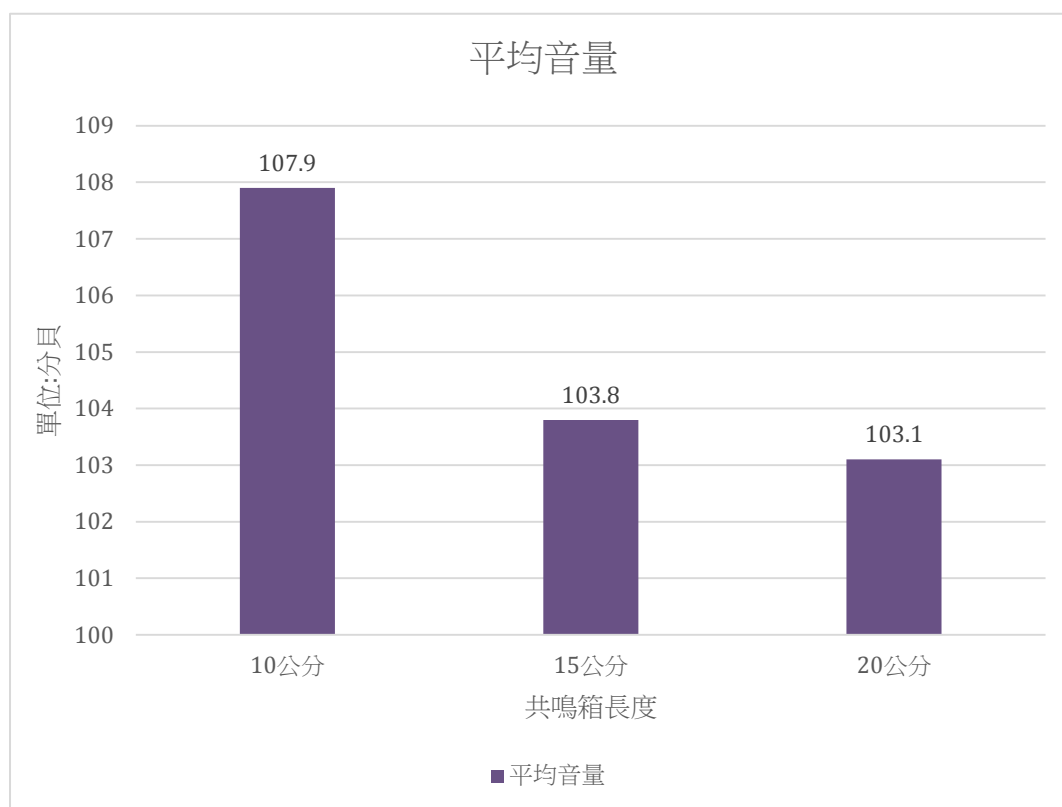


實驗過程(共鳴箱長度 15 公分)

期間我們也發現因為紙捲後方沒有支撐物，有時候手機在洞裡的傾斜角度太大，加上紙捲與紙筒並不是黏死固定，會導致紙捲轉動，讓手機平躺到桌面，同時讓自製音箱方向改變，因此我們也開始思考如何讓手機可以繼續直立不倒下和固定紙音箱架構的方法。

在看了許多製作紙音箱的影片後，我們決定在共鳴箱背面黏上中型鐵夾作為支撐架，它的大小剛好可以卡進去紙捲與桌子的縫隙，固定紙捲的位置，同時也能撐起手機的重量，讓共鳴箱不會轉動，而擴音筒與共鳴箱的連接處考慮到收納問題，如果黏起的話會擴音筒會容易在收納過程中被壓到，則不黏起。

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
10cm	107.8	108	108.3	107.8	107.8	107.9
15cm	103.8	103.6	104	103.6	103.9	103.8
20cm	103.4	102.9	103.3	102.8	103.1	103.1



甲組 10 公分平均最高 107.9，乙組 15 公分平均 103.8，丙組 20 公分 103.1 最低，呈現音量降低的現象，不過乙、丙組差距不大。

討論:

(一)我們推論這是跟聲波的反射與吸收有關。

(二)因為長度越長，聲波需要反射的次數也越多，因此在過程中有部分可能會被紙捲壁吸收，導致能繼續傳遞的能量變少，讓擴音效果減弱，甚至讓音量比原本手機播放出的音量還低。

#### 四、手機音響懸空的高度對於自製音箱音量的影響?

操縱變因:手機音響懸空的高度

控制變因:共鳴箱口徑(4cm)、共鳴箱長度(15公分)、共鳴箱材質、擴音筒材質、手機播音音量、歌曲音頻、共鳴箱壁厚度(2mm)

假設:懸空高度越小，音量越大

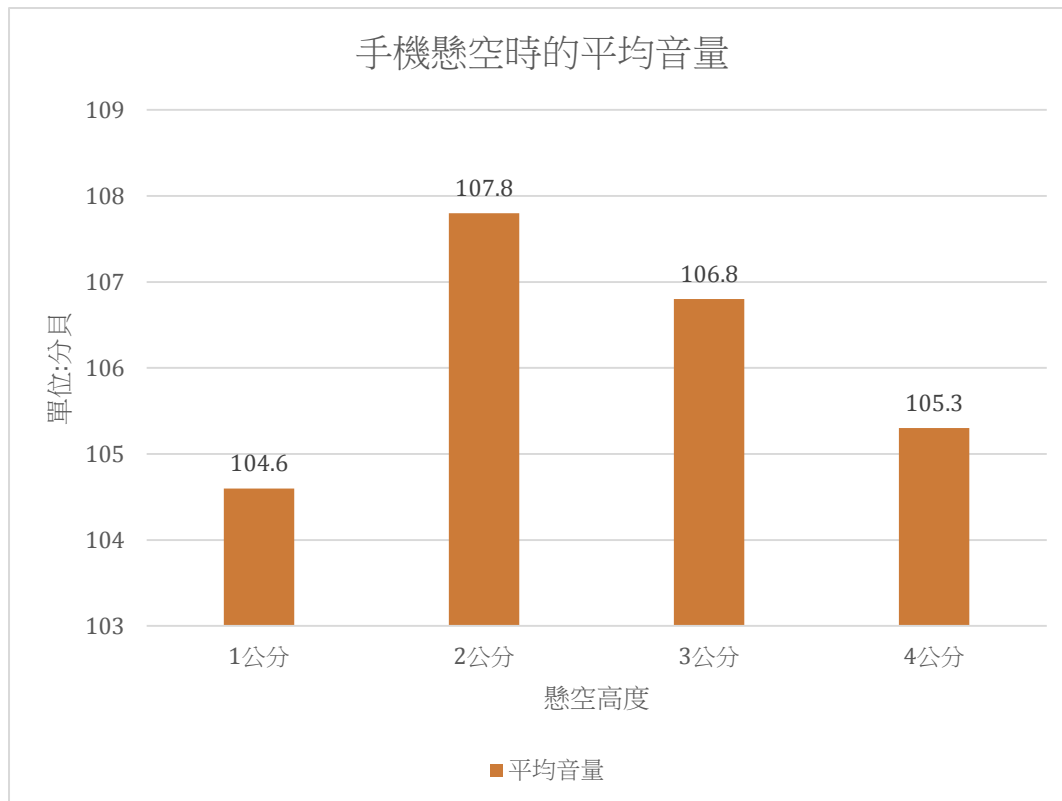
在實驗二和三的進行過程中，我們發現我們的第一次實驗的數據之間差異不大，很難進行結論分析，請較其他老師，她提出如果手機音響與共鳴箱間有距

離的話，會不會讓音量產生差異？因為我們並不是要完全依賴共鳴箱壁的受迫共振來去擴音，一部分也要靠聲音在空氣的傳播與反射來增加分貝，因此我們就把這個實驗列入。



在共鳴箱中懸空 1 公分

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
0 公分	106	106	106	105.7	108	106.3
1 公分	104.2	104.6	105.4	104.2	104.5	104.6
2 公分	108	108.4	107.6	107.7	107.4	107.8
3 公分	107.5	106.6	106.8	106.7	106.6	106.8
4 公分	104	105.5	106.6	105.2	105.3	105.3



可以發現懸空 2 公分時，平均音量為 107.8 分貝最大，懸空 3 公分為 106.8 分貝，與無懸空 106.3 分貝差異不大並居次，而懸空 4 公分為 105.3 分貝，最低為懸空 1 公分 104.6 分貝，可知在懸空 2 公分時擴音效果最佳，1 公分最差。

討論:在做這次的實驗之前，我們在網路搜尋許多市面上的不插電音箱圖片來討論結構，其中我們就有發現部分款式手機在插入共鳴箱時並沒有碰觸到底部，而是有留下間距，但是因為我們所選用的結構需要穩定手機重心，防止倒下，所以我們還是採用了不懸空的方式，不過在實驗的過程中卻出現數據差異不大的現象，我們也因此發現懸空距離的多寡也是影響擴音音量與音色的因素。

(一)2 公分的間距擴音效果最為顯著可能是因為音源在共鳴箱中央，給與聲音足夠的反射距離。

(二)3 公分與 4 公分則讓聲音容易發散，導致音量降低。

(三)1 公分沒提供足夠的空間讓聲波形成較大的振幅，因而為四個數據中最低。

## 五、共鳴箱材質對於自製音箱音量的影響?

操縱變因:共鳴箱的材質

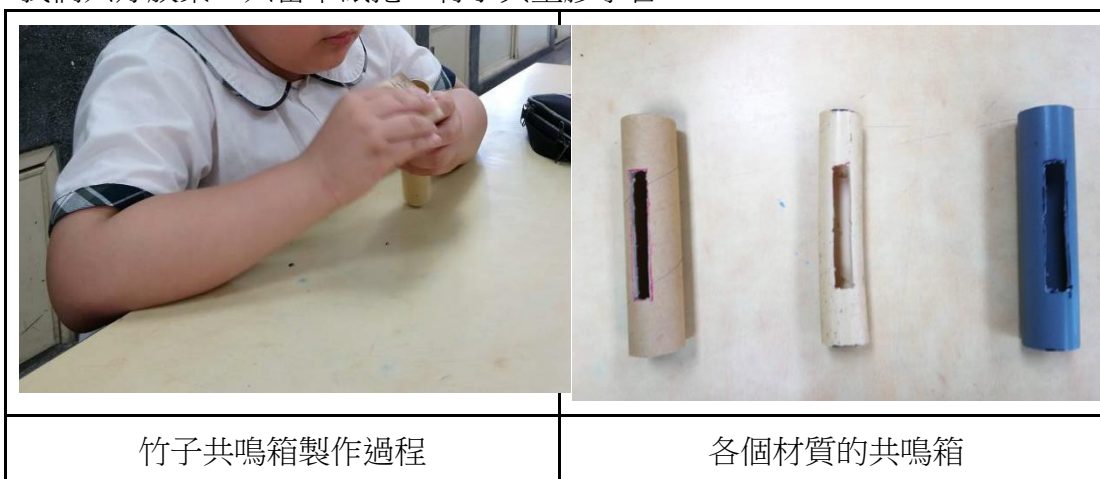
控制變因:共鳴箱口徑(3 公分)、共鳴箱長度(15 公分)、共鳴箱內壁厚度(2mm)、擴音筒材質(紙杯)、手機播音音量、播放的音樂

假設:使用竹子作為共鳴箱材質時，自製音箱產生的音量越大

音響有不同的材質，同時對於音響玩家而言，木質的音箱是音色最好的，因此我們就聯想到，那如果改變共鳴箱的材質，會不會有可能能改變自製音箱的音量呢?但是這個實驗如要執行，必須先找到切割不同材質的方法，因此必須捨棄

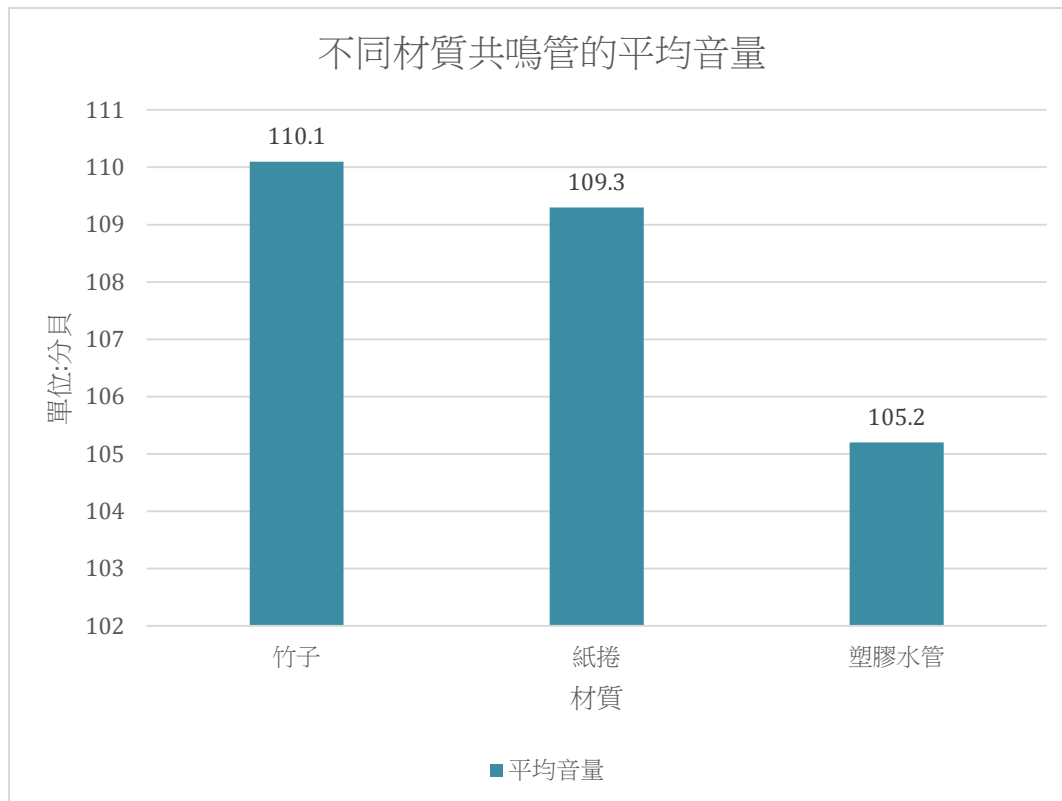
某些比較難以切割的材料。

例如:鋁罐原本在我們的實驗名單上，但是剪開鋁罐後，我們發現它的厚度遠不及紙捲，但是如果用黏合加厚的方法，黏膠又可能成為變因，用金屬管的話，就要考慮到用專業工具切割的問題，加上金屬又不好裁切的很精細，所以最後我們只好放棄，只留下紙捲、竹子與塑膠水管。



而在測量音量的過程，無意間的碰觸到雖然毀了一次的測量數據，但也讓我們發現，共鳴箱在擴音的過程中會因為音樂的聲波產生共振，在摸過各個材質的音箱後，我們發現竹子材質的振動最為明顯，而塑膠水管最不明顯，甚至到幾乎沒有感覺的程度，同時在聽覺的感受上，透過竹子共鳴箱所擴音的音樂聽起來較為清亮，而塑膠水管則是悶悶，略為低沉的聲音，紙捲則介於兩者之間。

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
竹子	110.1	110.1	110.1	109.8	110.2	110.1
紙捲	109.6	109.1	108.8	109.4	109.7	109.3
塑膠水管	105.4	105.4	105.2	105	105.1	105.2



甲組竹子平均最高，為 110.1 分貝，乙組紙捲 109.3 分貝其次，丙組塑膠水管 105.2 分貝最低，由此可知竹子材質的共鳴管擴音效果最佳，而塑膠水管最差。

同時我們也發現甲組的共鳴管在播音時，用手觸摸可以感受明顯的震動，而乙組則居於第二，丙組完全沒有。而音質的部分，甲組較為清亮，丙組則有悶住的感覺，丙組介於中間。

討論:查閱文獻後，我們認為這可能跟共鳴箱材質的纖維密度和聲波的共振有關係，因為木頭的密度會影響到音響共鳴傳遞聲音的音質表現，同樣的原理套用在不用電音箱也是一樣，在這三種材質之中，擁有纖維的材質為竹子和紙捲，而竹子的纖維相比紙捲是同方向排列，在共振上可以有很好的表現，而紙捲雖纖維緊密，但因為是呈網狀排列，又層層相疊，在共振上的效果會因此減弱，不利產生共鳴。而塑膠水管則沒有任何纖維，因此共振不強，同時也因為密實的表面導致聲音聽起來悶悶的，音色不佳。

## 六、歌曲音域對於自製音箱音量的影響?

操縱變因:人聲的音色(男中音、男高音、女中音、女高音)

控制變因:共鳴箱口徑(4 公分)、共鳴箱長度(10 公分)、共鳴箱內壁厚度(4mm)、共鳴箱材質(紙捲)、擴音筒材質(紙杯)、手機播音音量

假設:音頻越高，自製音箱產生的音量越大

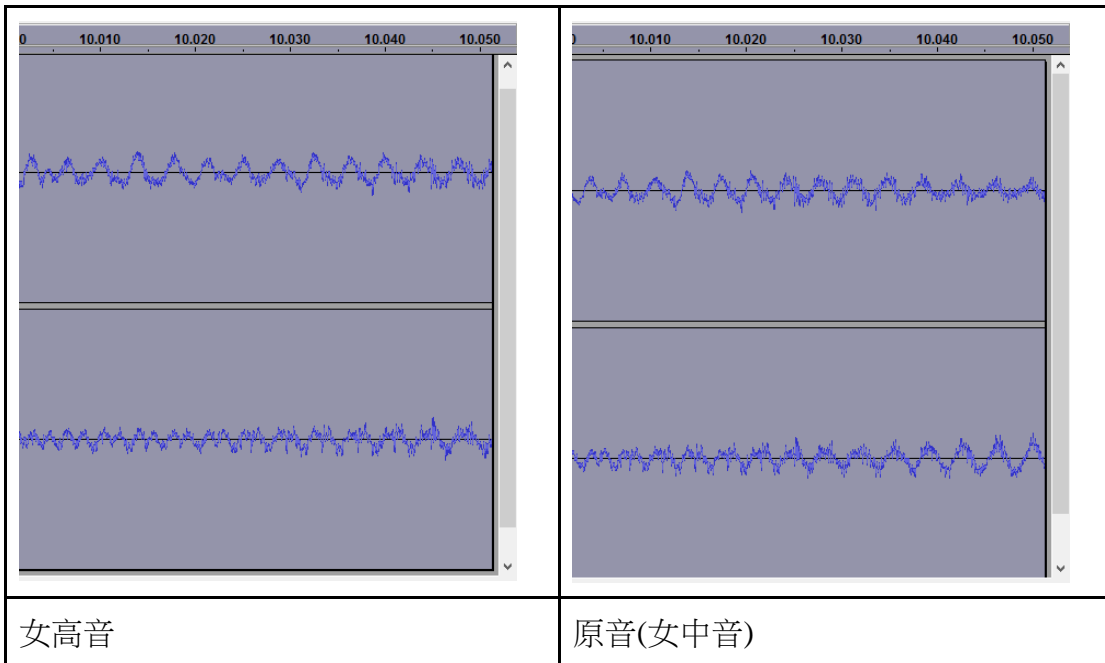
每個人的說話與唱歌的聲音不同，音域也不同，音域反映在波形上會產生不一樣的波長，影響到反射時的能量，但是同首歌如果用不同人所唱的版本又會產生配樂不同、音質不同等等的問題，因此我們先把做為測試的鄧紫棋「倒數」這首歌放到聲音後製軟體「Audacity」中，利用軟體升調與降調的功能，將原

曲是女中音的歌改為女高音、女低音、男高音、男中音與男低音，之後就能在其他因素不改變的情況下進行實驗。

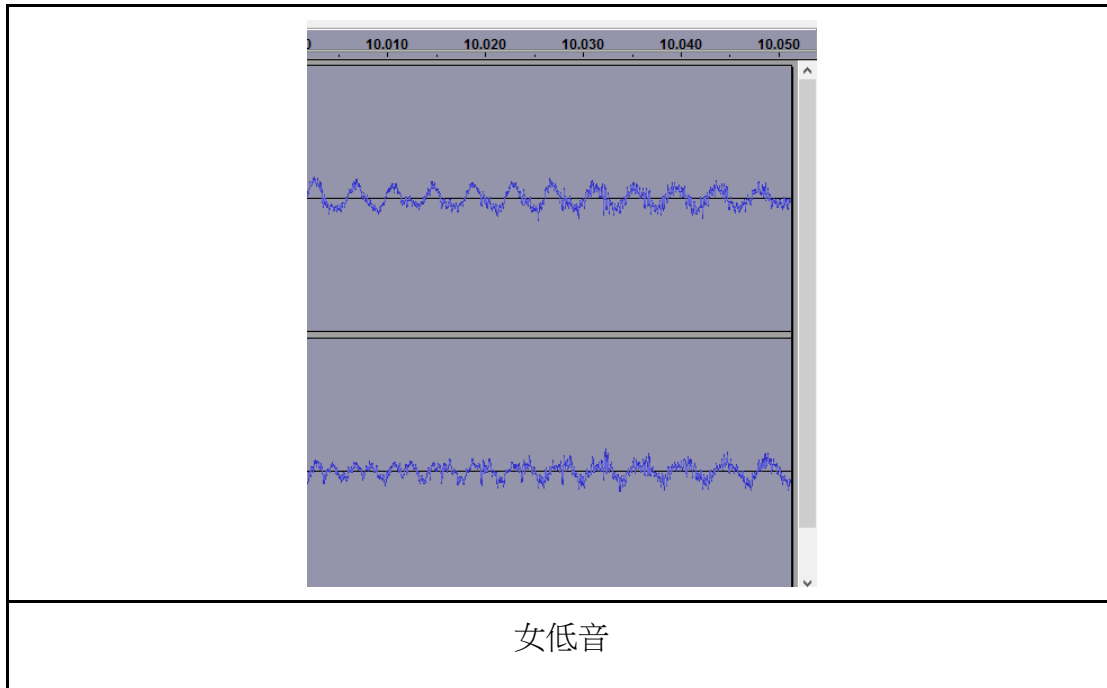


操作音樂後製軟體 Audacity

調整音調的過程中，我們發現每次的調動都會讓頻譜有所變化，隨著音調的降低，同一段頻譜的最高峰也會降低。

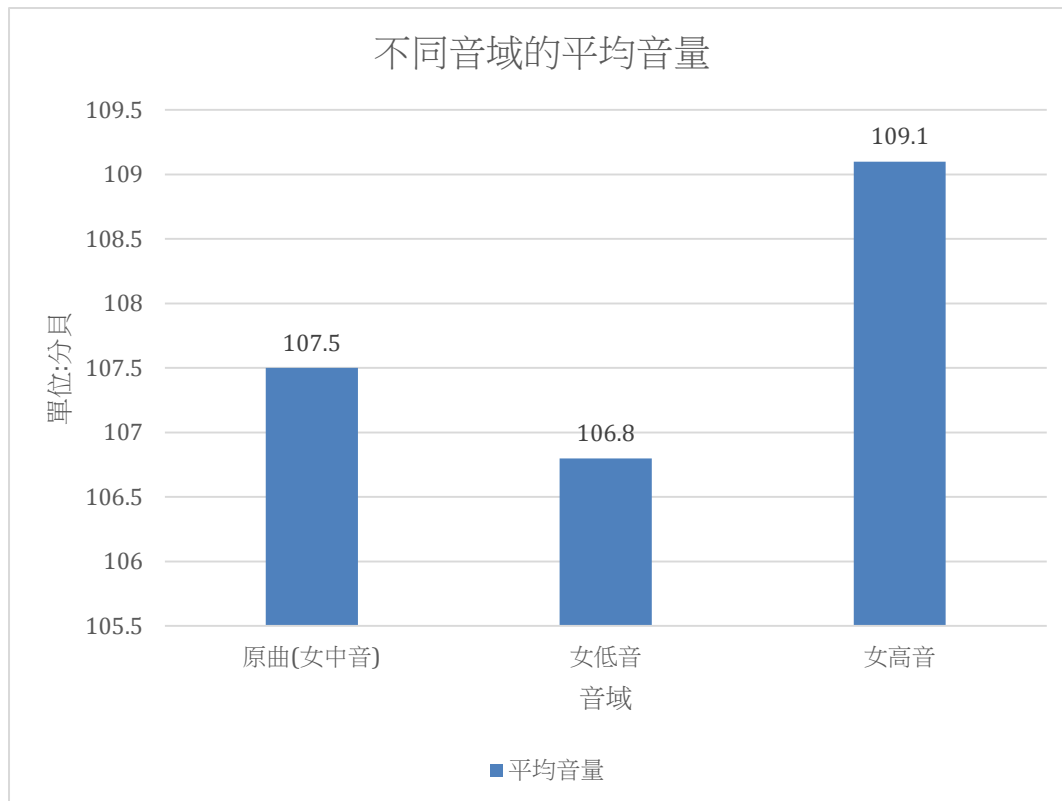






由上列圖可以看到，當把原音的女中音調升到女高音時，頻譜的最高峰相較於原音可以發現較為高，而往下調至女低音則越來越低，雖然差異並不是特別的大，但仍可印證聲波中音調越高，波峰越高的理論。

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
原曲(女中音)	107.3	107.4	107.6	107.4	107.7	107.5
女高音	106.4	106.8	106.6	106.9	107.4	106.8
女低音	108.9	109.3	109.1	109	109.3	109.1



乙組女高音平均 106.8 分貝，甲組女中音 107.5 分貝，丙組女低音 109.1 分貝，呈現音域越低，音量越大的情況，可以得知**歌曲音域越低，紙音箱擴音效果越好。**

討論:我們認為這次的實驗結果應是與**聲音的共鳴難易度**有關，**音調越高，頻率也會跟著變高**，代表了**聲波所蘊含的能量多**，但是在反射過程中可能會因為反射表面的性質而漸漸消耗，即使是容易反射的紙捲內壁也是一樣，因此這時就需要聲波造成的共鳴來協助讓音量增強，由文獻我們知道**音域越低，音頻也越低**，而**音頻低的聲波容易造成共鳴**，因此與我們的實驗結果相符合。

## 七、曲風對於自製音箱音量的影響?

操縱變因:樂曲風格(搖滾、節奏藍調、阿卡貝拉、電子音樂)

控制變因:共鳴箱口徑、共鳴箱長度、共鳴箱內壁厚度、共鳴箱材質、擴音筒材質、手機播音音量

假設:節奏越強，自製音箱產生的音量越大。

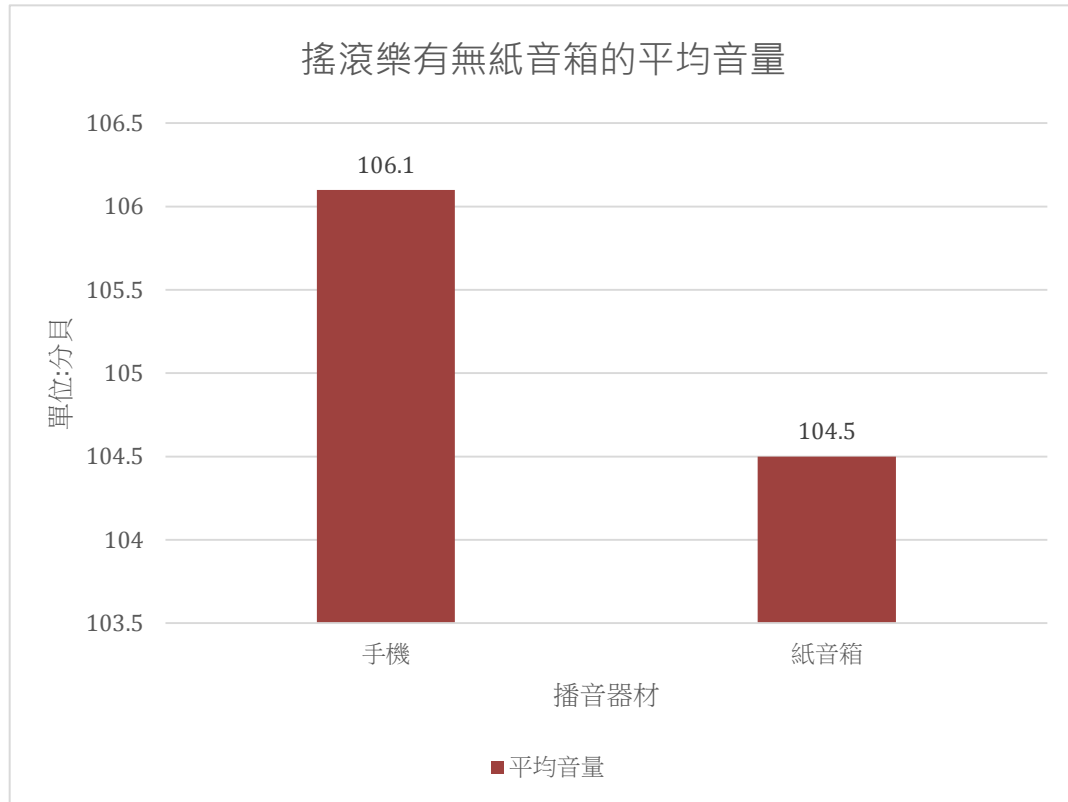
不同曲風產生的音色不同，波形也不同，會不會因此影響到聲波反射與共鳴時的音量?我們認為是有可能的，因為這也關係到聲波所帶的能量，如果這首歌本身很音量大，再經過自製音箱擴音的話也是會比別首大聲，因此我們也把這項納入驗證的實驗中，同時也順便檢驗對於何種曲風是有可能讓它**更大聲的**。



實驗過程(校正分貝計的位置)

甲組:搖滾樂

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
紙音箱	105.7	104.2	104.3	104.3	103.9	104.5
手機	105.8	106	106.4	106.1	106.3	106.1

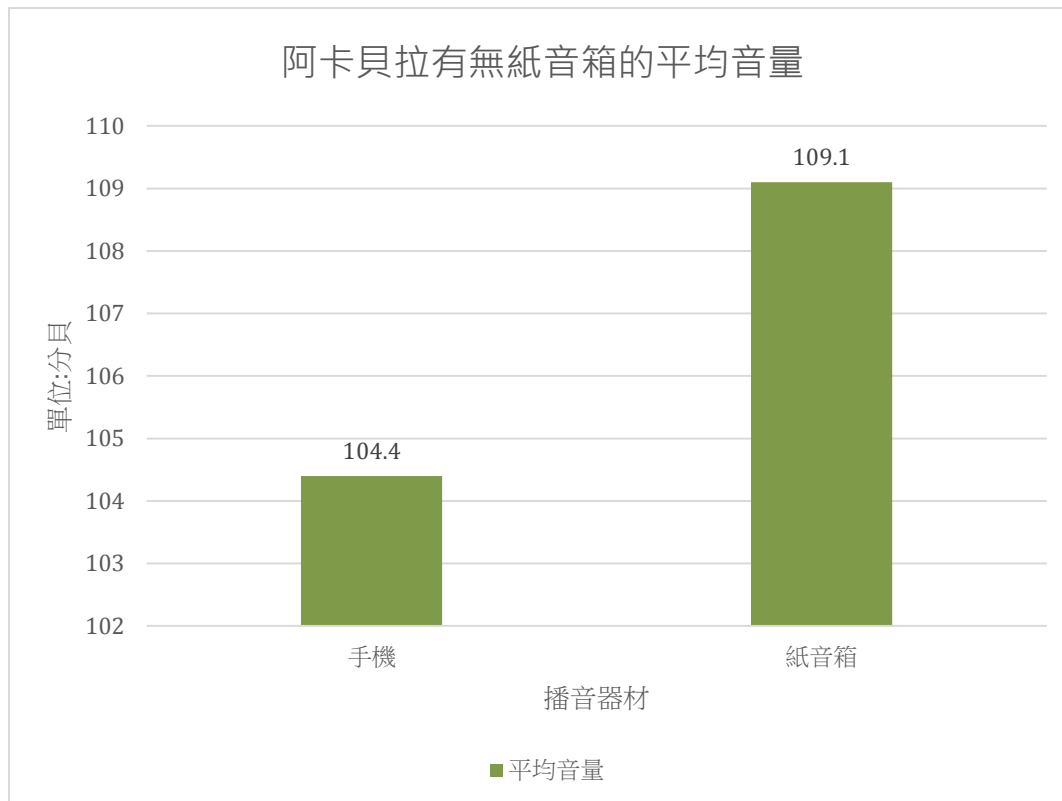


手機組的音量對比紙音箱的音量多了 1.6 分貝，與我們的假設不符，同時我們也發現將搖滾樂用紙音箱擴音時，音樂聽起來相當雜亂不清晰。

討論:我們認為可能與我們使用的搖滾樂曲 **Fall Out Boys - Immortal** 的主旋律有關，因為它主要是由電吉他彈奏，而電吉他所產生的聲音頻率是相當高的，套用實驗六的結果，高頻率的聲音的共鳴效果較低頻差，因此產生上述結果。

乙組:阿卡貝拉

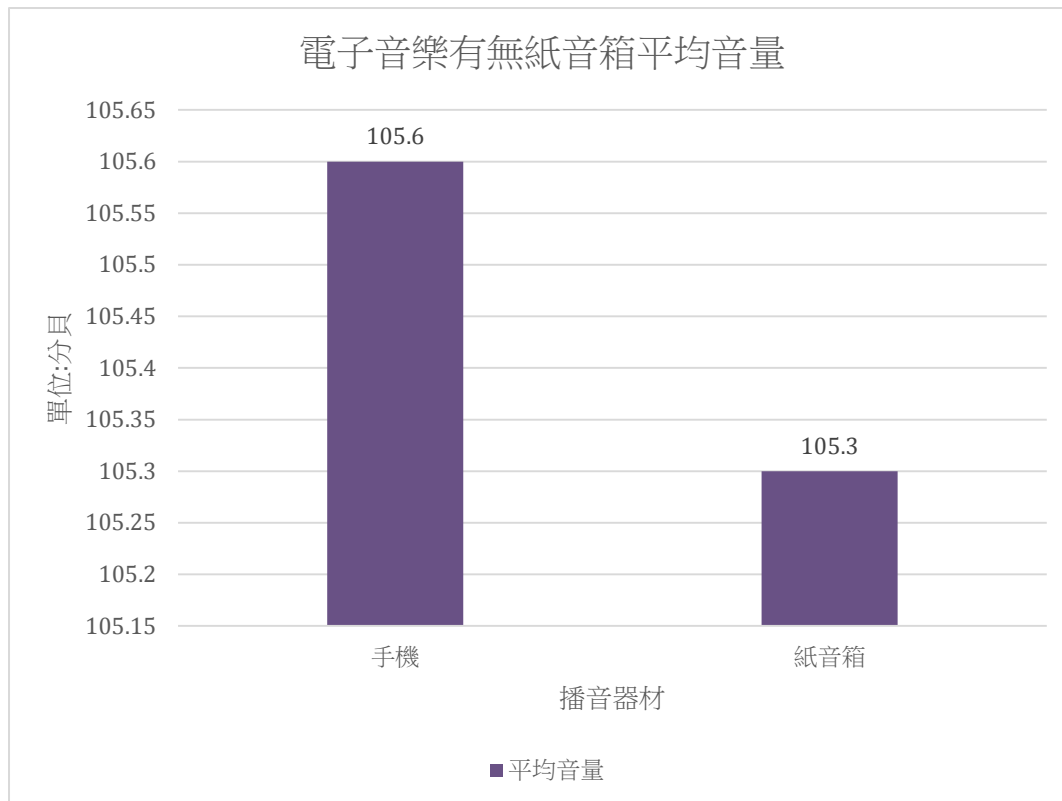
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
紙音箱	109	109.1	109.7	108.6	109.2	109.1
手機	104.8	104.2	105.1	103.8	104.1	104.4



乙組紙音箱平均為 109.1 分貝，手機平均為 104.4 分貝，呈現紙音箱擴音效果強的現象，同時我們發現音樂聽起來較為圓滑，共鳴效果佳。我們認為是因阿卡貝拉的人聲合唱方式本身就是靠著**共鳴性強**來**強調旋律與人聲的優美**，使其頻率容易產生共鳴，所以適合在歌劇院的場所演唱，同時也**合適於使用共鳴**的擴音方式。

#### 丙組:電子音樂

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
紙音箱	105	105.3	105.2	105.5	105.5	105.3
手機	105.4	105.2	106	106	105.6	105.6



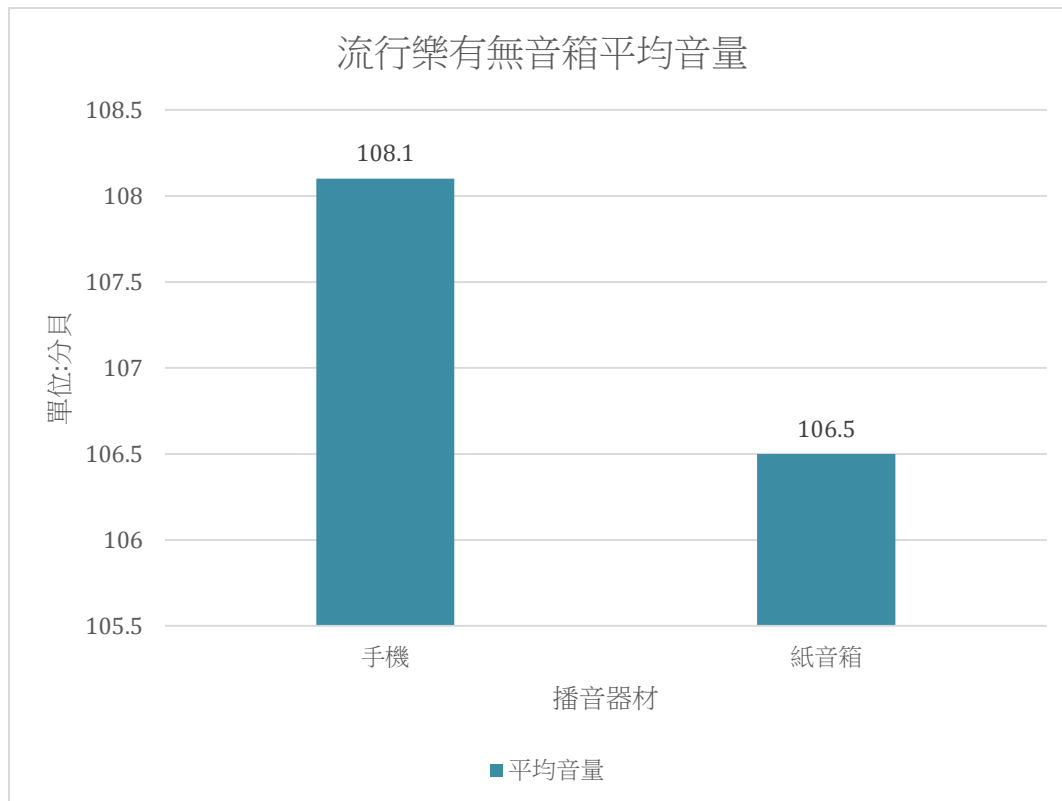
丙組紙音箱平均為 105.3 分貝，手機平均為 105.6 分貝，呈現紙音箱擴音與手機組差異不大的現象，對於電子音樂效果不顯著。

我們認為電子音樂本身設計是需要透過音響來播放，同時其頻率經過測量後大部分為**高頻**，於實驗六的結論就顯示高頻是不適合此種擴音方式，因此造成音量差距不大，甚至比無插入紙音箱還小聲的現象。

照片後放

丁組:節奏藍調

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
紙音箱	106.3	106.6	106.3	106.4	106.8	106.5
手機	108	108.2	107.8	108.6	107.9	108.1



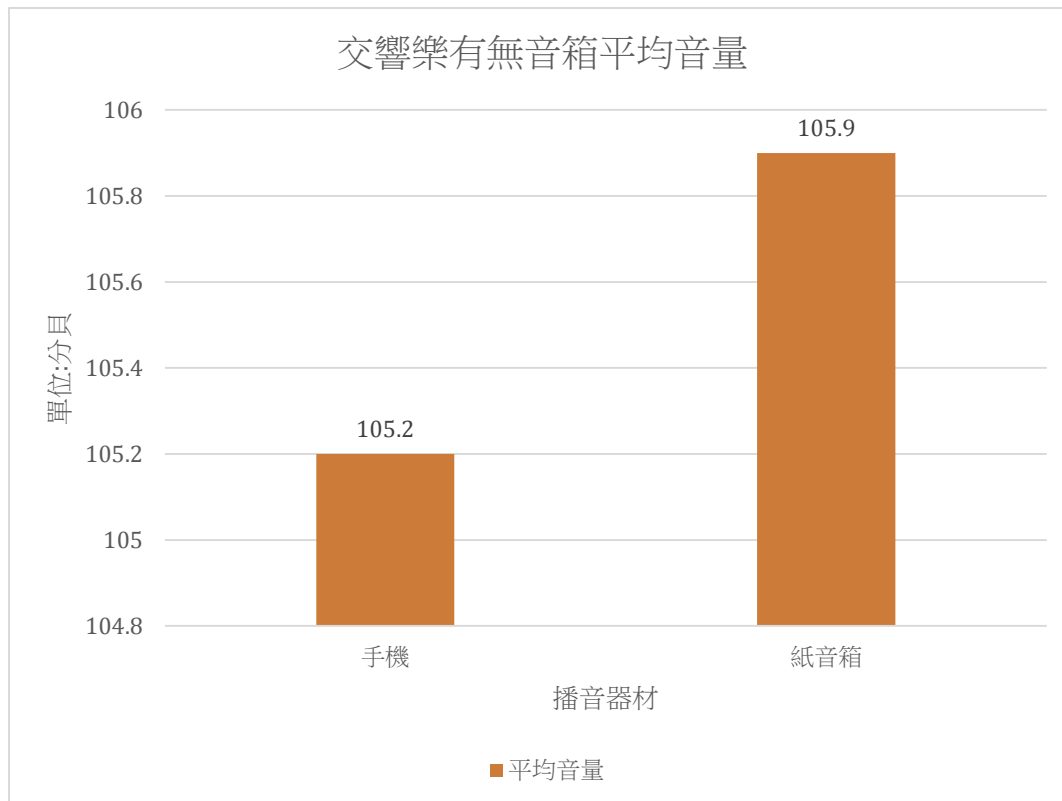
丁組紙音箱平均為 106.5 分貝，手機平均為 108.1 分貝，呈現現象紙音箱擴音效果差的現象。

#### 討論:

- (一)流行樂通常混合多種音效，互相混合後不容易產生共鳴。
- (二)在反射集中的過程中可能某些頻率的樂音逐漸散失在空氣中。

#### 戊組:交響樂

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
紙音箱	105.6	105.7	106.1	105.8	106.1	105.9
手機	105.2	105.3	105.4	105	104.9	105.2



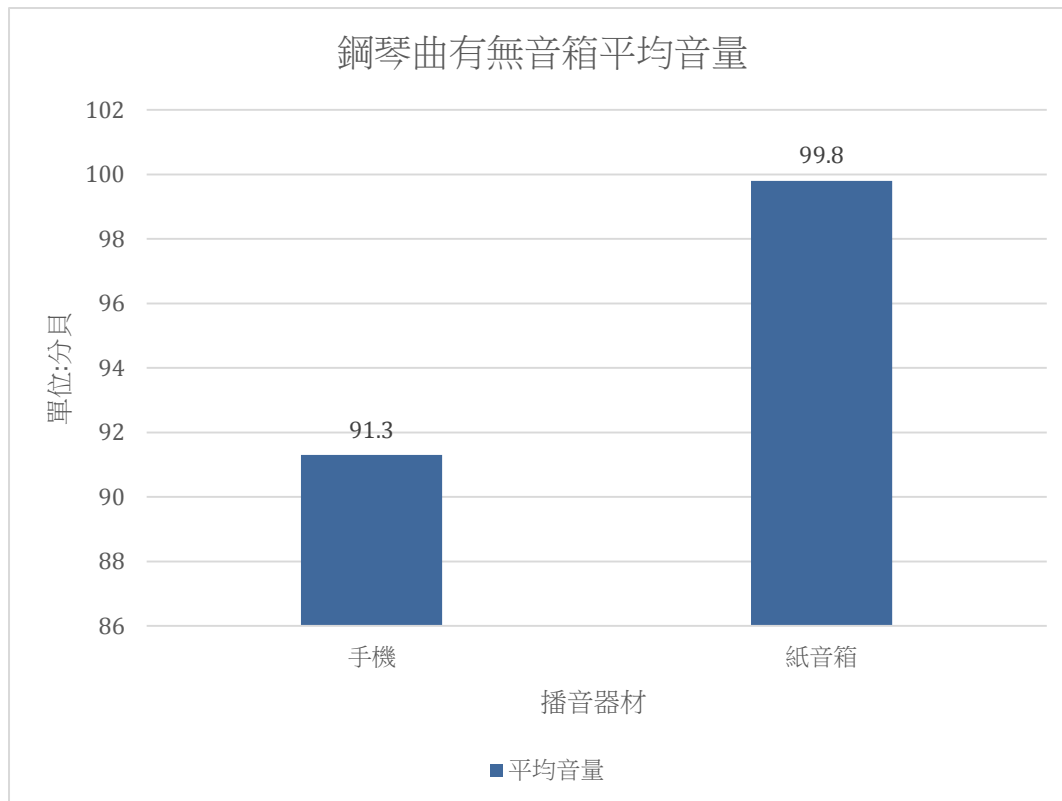
戊組紙音箱平均為 105.9 分貝，手機平均為 105.2 分貝，呈現紙音箱擴音與手機組差異不大的現象，對於交響樂效果不顯著。

討論:我們猜測可能是因其組成的樂器元素多，互相干擾下造成共鳴現象不容易發生，且音量差異不大。

辛組:鋼琴曲

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
紙音箱	99.4	99.6	99.7	100	100.5	99.8
手機	91.1	89.8	91.2	92.4	91.9	91.3





辛組紙音箱平均為 99.8 分貝，手機平均為 91.3 分貝，呈現紙音箱擴音效果強的現象，共鳴效果佳。

討論:鋼琴如箱子的外型，就有著類似共鳴箱的構造，使它可以透過這樣的結構擴大鋼弦的聲音，由此可知其聲波本身適合產生共鳴，同時加上加強聲音反射的條件，因此在實驗中效果顯著。

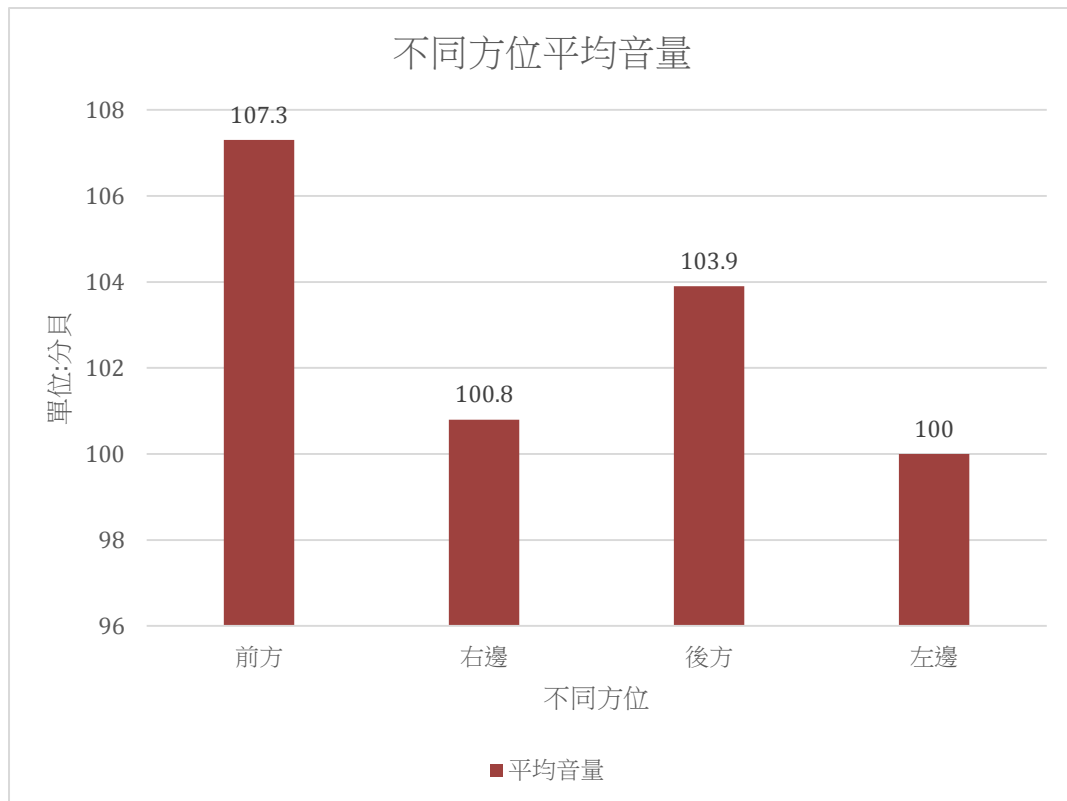
#### 八、不同方位對於音量的影響

操縱變因:分貝計的測量位置

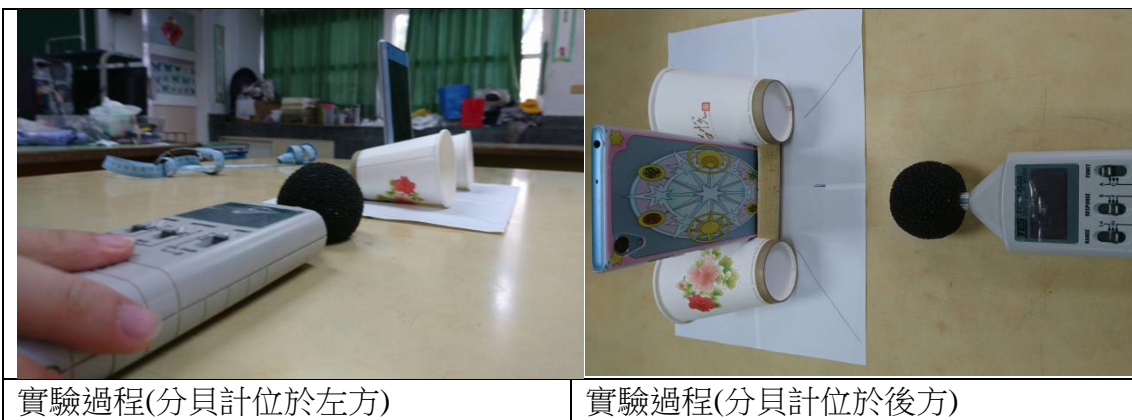
控制變因:共鳴箱口徑、共鳴箱長度、共鳴箱內壁厚度、共鳴箱材質、擴音筒材質、手機播音音量、播放音樂(鄧紫棋-倒數)

假設:

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均
前方	108.3	106.6	107	107.3
右邊	100.1	101.5	100.8	100.8
後方	104.3	103.3	103.6	103.9
左邊	100.4	99.8	99.8	100



由上表可以發現，分貝計位於前方時，測得的音量平均為 107.3 分貝最大，後方是 103.9 分貝居次，左方與右方為 100 與 100.8 分貝，差異不大。

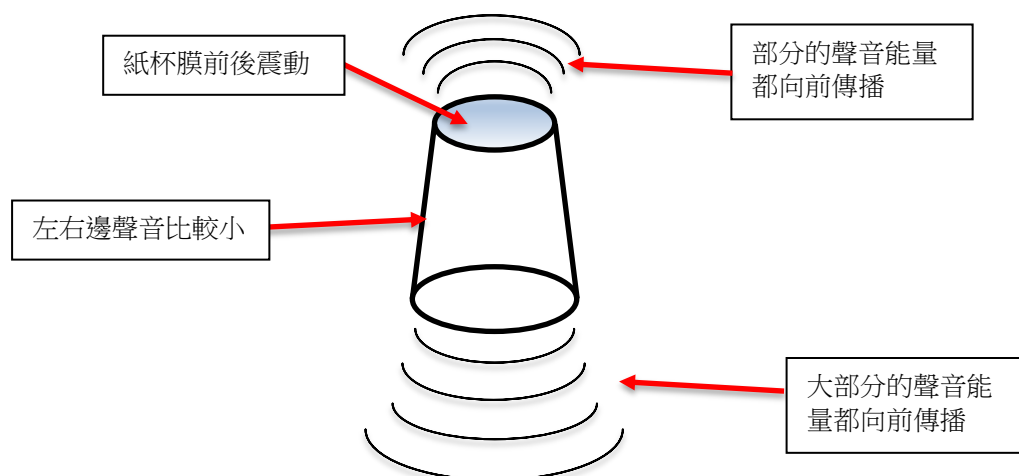


實驗過程(分貝計位於左方)

實驗過程(分貝計位於後方)

討論:位於後方的分貝計竟然可以測到 103.9 分貝讓我們非常驚訝，原先我們信誓旦旦前方一定最大聲，看到這樣的結果無不張大嘴巴。與老師討論過後，我們認為這個結果可能跟大鼓的發聲方式很類似，鼓是靠著敲擊皮面與鼓身產生的共振與共鳴來發聲，紙杯的底部是紙封住的，如果從底部看就會跟鼓非常相似，音樂透過共鳴管集中反射出後，碰到杯壁，之後大部分的聲波往前，但少部分往後撞擊杯底，形成共振，相比左右兩方，讓聲音可以傳出，使分貝計測量到，因此比左右兩方的音量還大。

- (一)、紙杯傳遞聲音時，大部分的能量都集中在前面，所以前面的聲音最大聲
- (二)、紙杯的膜前後震動，所以音量由大到小依序是 前 > 後 > 左右



## 伍、結論

一、距離對於分貝計能感受的音量會產生影響，特別是在距離發聲物體十公分的位置。

在音響學中，每個音響都有個「黃金三角」，在那幾個距離聆聽音樂時可以得到最好的效果與音量，因為那時會出現聲波的「共振點」，也就是在聲波의 交會點，兩個同方向的波相交，加成會導致音量更大。

二、共鳴箱長度越短，音量越大

聲波在反射傳遞的過程中發散，導致能量散失，擴音效果減弱，所以共鳴箱空間越大，聲波越容易散失能量。

三、共鳴箱口徑愈小，音量越大

因口徑小會使聲音較密集。這是跟聲波的反射與吸收有關，長度越長，聲波反射的次數也越多，過程中有部分可能會被紙捲壁吸收，讓擴音效果減弱。

四、手機懸空於共鳴箱的中心點時，音量最大

因為音源在共鳴箱中央，給與聲音足夠的反射距離。

五、竹子是最好的共鳴箱材質，塑膠水管是最差的，紙捲居中。

竹子的纖維是同方向排列，在共振上可以有很好的表現，而紙捲雖纖維緊密，但因為是呈網狀排列，又層層相疊，在共振上的效果會因此減弱，塑膠水管則沒有任何纖維，因此共振不強，同時也因為密實的表面導致聲音聽起來悶悶的，音色不佳。

六、曲風會影響紙音箱擴音音量

阿卡貝拉與鋼琴等容易產生共鳴的樂音適合此種擴音方式，其他曲風則可能因此降低音量或差異不大。

## 陸、參考資料與其他

國小科學促進會(2009年2月)。聲音。我的第一堂有趣的物理常識課。中華民國一〇八年二月十一日取自:嘉義市立圖書館