

2022 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：水下簡易通信革新

一、摘要：

近年來許多新興運動興起，其中不乏有潛水這門運動，但是潛水是具有一定的風險與危險，許多新手皆會請一個教練做教導，此時有些教練會在學員的氧氣瓶上放一個傳感器，讓學員的氧氣餘量傳到教練的手錶上，但了解一點點潛水的人都知道心律跟下降速度都很重要，倘若這些數據皆能傳到教練的手錶做整合，這樣學院的安全也能受到保障，但要以什麼樣的方式傳遞資訊，這是一個很大的問題，由於水下環境複雜，所以無線電的傳輸距離很短，此時我們將目光放至聲音的傳播，所以我做了一個小實驗，將喇叭放入浴缸一段，而我在另一段卻能聽到聲音，所以聲波在水中的衰減率並不是很大。本實驗測量不同頻率同水深的衰減率，主要發現聲音頻率越低，衰減率愈低，雖然聲波在水中感覺並沒有明顯衰減，但相比於空氣中，聲波在水中的衰減還是比較大。

二、探究題目與動機

戶外運動本來就是要以安全為前提，若是以目前在陸地的通用傳輸方式(無線電)的話，可能會讓水下可準確傳輸距離變得很小，所以我們希望找到一種傳遞方式，是在水下能以較小能量損耗的方式去做訊息的傳輸，讓潛水運動變得更安全，所以我們做了以下實驗，同水深同頻率的衰減率以及接收器與喇叭同距離時空氣與水所佔比例不同時的衰減率，並從這些實驗得到最佳傳遞訊號的方式。

三、探究目的與假設

水深越深，所有頻率皆發生能量有不同程度的下降，並且低頻在水中的能量損耗比高頻還低，此外若是將聲音感測器放置水面上，會發現低頻率在空氣中所發出的能量較為集中，高頻率則較為分散。

- 一、探討聲源各頻率在水中傳遞聲音強度與聲源距離之關係。
- 二、探討聲源各頻率在空氣中傳遞聲音強度與聲源距離之關係。
- 三、探討聲源固定頻率，傳遞聲音強度與空氣與水組合距離之關係。

四、探究方法與驗證步驟

一、探討方法:



二、 實驗步驟:



實驗器材

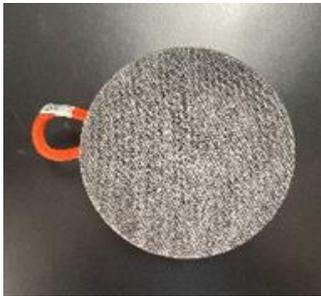


圖 1 小米單體藍芽喇叭 mini



圖 2 1000ml 燒杯加棉繩



圖 3 小米手機以及收音 app



圖 4 測量空氣中實驗裝置圖



圖 5 測量水中實驗裝置圖

五、 結論與生活應用

結論

- 一、從實驗一可知各頻率聲音在不同水中傳遞距離之強度圖，可發現各頻率聲音強度(dB)隨水中傳遞距離增加而減弱且呈負相關性。各頻率聲音衰減率不同，可發現聲音強度衰減

率(趨勢線斜率 dB/cm)隨聲源頻率增加而增加。

- 二、從實驗一可知各頻率聲音在固定水中傳遞距離增加量(1.1cm)之聲音強度減少量圖，可發現每次增加量為 1.1cm 水高度，當增加一倍距離之聲音強度約衰減 4dB 至 6dB(趨勢線斜率值)，而衰減分貝數隨聲源頻率增加而增加。
- 三、從實驗二可知各頻率聲音在不同空氣中傳遞距離之強度圖，可發現各頻率聲音強度(dB)隨空氣中傳遞距離增加而減弱且呈負相關性。各頻率在空氣中聲音衰減率無明顯差距且皆小於在水中衰減率。
- 四、從實驗二各頻率聲音在固定空氣中傳遞距離增加量(5cm)之聲音強度減少量圖，可發現每次增加量為 5cm 距離，當增加一倍距離之聲音強度約衰減 0.6dB(趨勢線斜率值)，而衰減分貝數與頻率無關。
- 五、從實驗一二可知 500Hz 與 3000Hz 在水中衰減變化有明顯差異而空氣中無差異，故以兩頻率作空氣與水組合距離之強度實驗。從實驗三可知 500Hz 與 3000Hz 主要受到水中傳遞距離增加而聲音強度下降，實驗與理論比較，發現實驗中聲音強度下降較緩。而 3000Hz 加水至 9.5cm 之聲音強度已經與實驗場所基礎噪音強度相同，故後續須把水深 7.3cm 初始音量調大，才能明顯看出受水與空氣的影響。
- 六、聲音在空氣中或在水中傳播，聲音強度皆隨在介質中傳播距離越多而減弱越多且呈負相關性明顯($R^2 > 0.95$)。而在水中衰減率隨聲源頻率增加而增加，500Hz 衰減率(-4.65dB/cm)最小，3000Hz 衰減率(-7.8dB/cm)最大;在空氣中各頻率衰減率各為 -0.64dB/cm 與-0.72dB/cm 之間相差不大。上述比較下，聲音在水中衰減率較空氣中大且主要受水影響聲音傳遞。
- 七、聲音強度在水中每增加一倍距離(1.1cm)之聲音強度約衰減 4dB 至 6dB，在空氣中每增加一倍距離(5cm)之聲音強度約衰減 0.6dB。
- 八、水與空氣系統實驗中，主要受水影響衰減率且高頻越快衰減到達教室內基礎噪音強度。

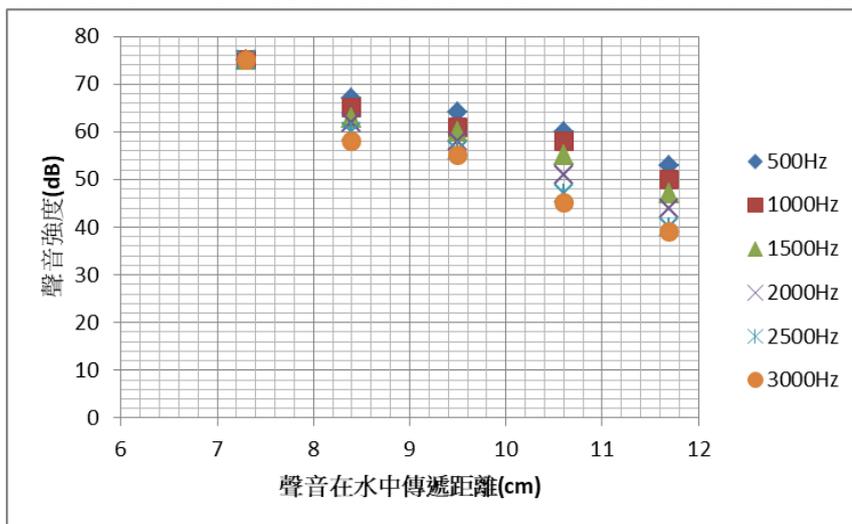


圖 6 各頻率在不同水中傳遞距離與聲音強度關係(實驗一)

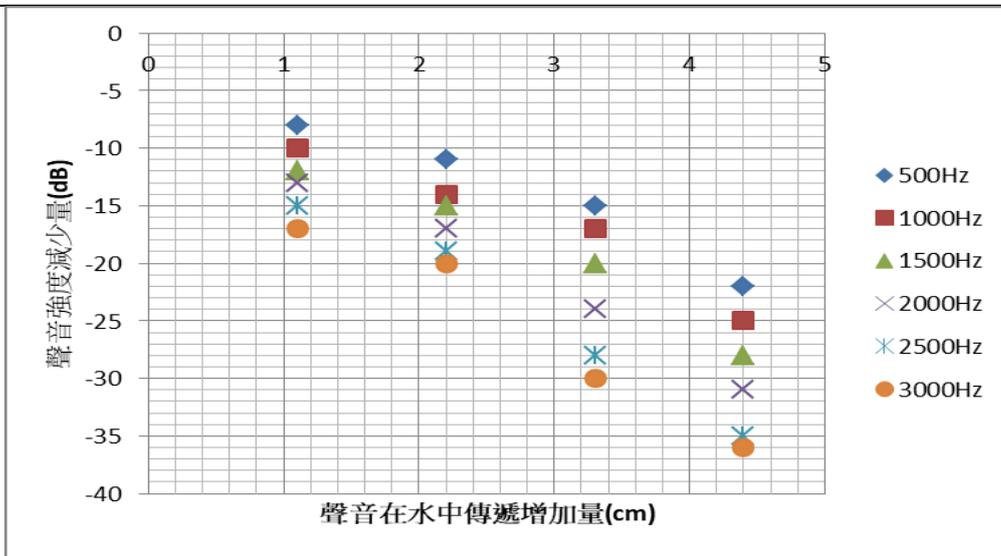


圖 7 各頻率在水中傳遞距離增加量與聲音強度減少量關係圖(實驗一)

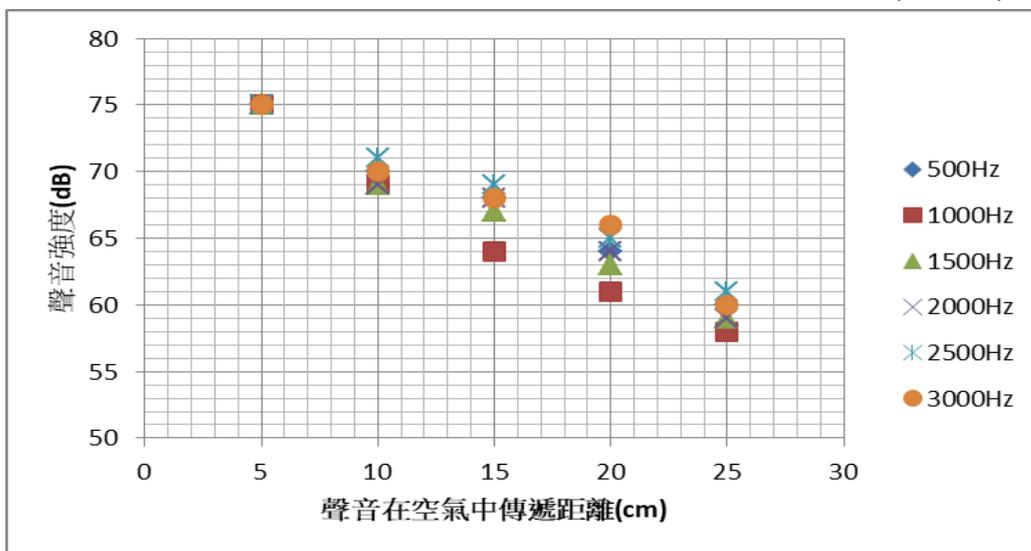


圖 8 各頻率在空氣中傳遞距離與聲音強度關係圖(實驗二)

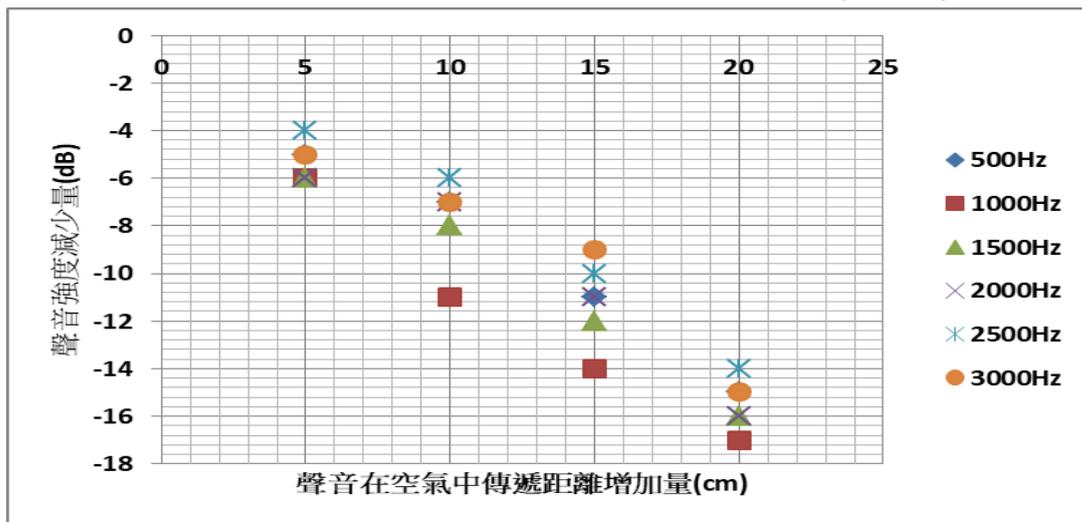


圖 9 各頻率在空氣中傳遞距離增加量與聲音強度減少量關係圖(實驗二)

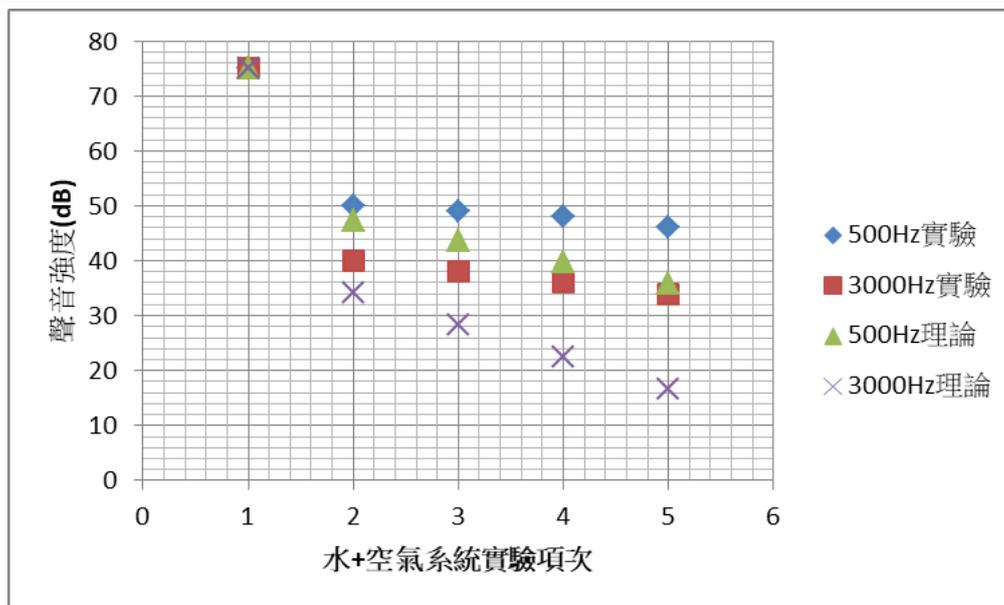


圖 10 固定頻率 500Hz、3000Hz，實驗與理論之強度圖(實驗三)

生活應用

1. 此實驗結果可以對於水下簡易通訊(潛水設備)之設備研發有實質性的幫助，從實驗可得知若要以聲波作為水下通信介質的話以低頻為最佳選擇。
2. 目前潛艇的通信方式多是以長波台(波長較長的電磁波)的方式進行聯絡，但是這種通信方式大約只能穿透 20 米深的海水，這導致淺艇在深海中完全無法與另一部潛艇進行溝通，但若以聲波作為傳遞介質並搭配摩斯密碼或其他加密方式則可能實現水下通信問題。
3. 目前跨國伺服器皆採取水下電纜的方式做連線，淡水下電纜的建設成本以及維護成本皆是一筆不斐的支出，但若採取無線通信的方式可以讓維護成本大大減少。

參考資料

- 一、李威慶，水下聲波之點對點通訊控制之研究，成功大學系統及船舶機電工程研究所，指導李坤洲教授，中華民國 98 年 6 月。
取自: <https://thesis.lib.ncku.edu.tw/thesis/detail/61c7aeefd684ca84763152efd3afc743/>
- 二、香港特別行政區政府環保署，聲音與噪音，取自:
https://www.epd.gov.hk/epd/noise_education/web/CHI_EPD_HTML/m1/index.html
- 三、高雄市噪音防制網，噪音小百科，取自:
噪音的定義， <http://noise.ksepb.gov.tw/index.php/encyclopedia01.html>
噪音源種類， <http://noise.ksepb.gov.tw/index.php/encyclopedia02.html>
名詞解釋， <http://noise.ksepb.gov.tw/index.php/encyclopedia03.html>