

嘉義市第 33 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：「氦」人聽聞—聲音的奇術師，氦氣變聲之謎初探

關 鍵 詞：氦氣、泛音

編 號：



摘要

我們的研究主要在探討不同氣體是否有同樣的變聲效果，並了解氣體讓聲音改變的原因。研究中，我們在塑膠袋內灌氣並放置音源及麥克風，再將錄音檔以軟體分析其頻率、波長、泛音之改變。

分析結果顯示：（1）改變聲音的狀況因氣體不同而有差異。（2）氦氣改變聲音是由於泛音遭到壓抑。

壹、研究動機

在電影《冰原歷險記 3：恐龍現身》中，主角蠻尼及其夥伴在吸入某一氣體後，聲音變得很奇怪；這讓我們好奇有什麼氣體會讓聲音改變？改變的原因又是什麼？後來在一次活動中，看到許多的氣球，有同學吸入填充於氣球中的氦氣，聲音也隨即改變；七、八、九年級自然與生活科技課程都會提到氦氣很輕，多用於填充氣球之用，卻沒有提到對於聲音的影響，於是我們決定以氦氣改變聲音做為此次研究之主題。

在文獻探討中，我們發現許多針對氣體導致變聲的文章，也看到許多不同的說法。於是便設計一些實驗，來探討氦氣變聲的真正原因。

貳、研究目的

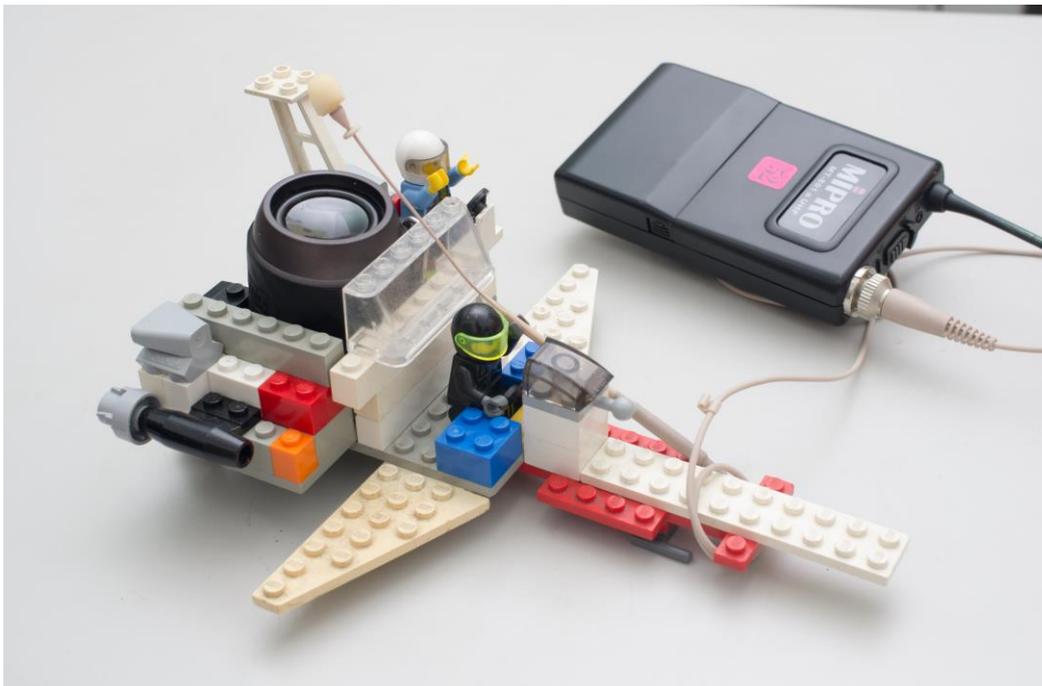
- 一、探討以氦氣、二氧化碳及空氣作為傳聲介質對聲音之影響
- 二、探討氦氣變聲之原因

參、研究設備及器材

氮氣、二氧化碳、電風扇、塑膠袋、塑膠繩、麥克風：Mipro MU-23、MT-801a 發射器、MR-823D 接收器、筆記型電腦、樂高積木、藍芽喇叭、手機、錄音軟體 Audacity、A 音音叉（440Hz）



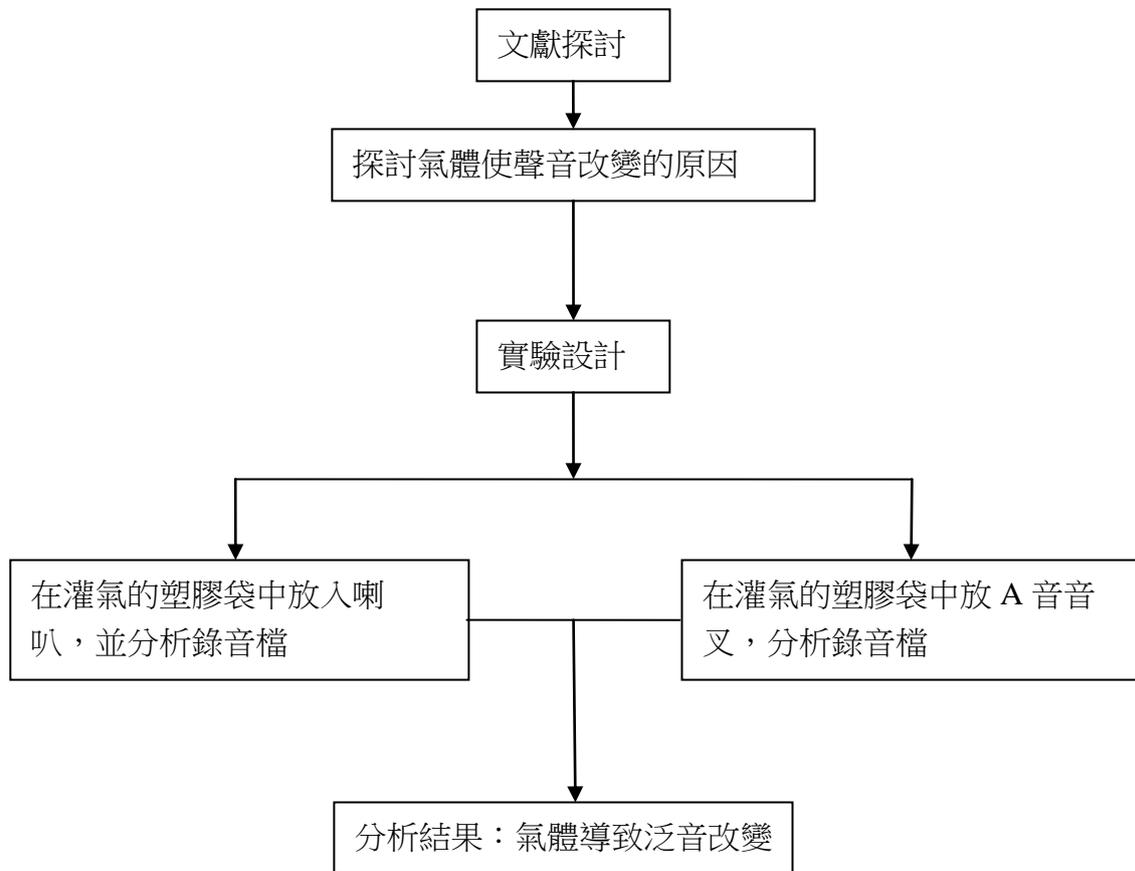
圖一 研究設備及器材



圖二 樂高飛機、藍芽喇叭、麥克風及發射器

肆、研究過程及方法

一、研究架構



圖三 研究架構

二、實驗方法

(一)實驗一、探討氣體對於頻率的影響

1.實驗說明

(1)音叉置於灌入氣體的塑膠袋中，敲擊後使用無線麥克風錄音，再利用軟體進行分析。不過本實驗因為音叉與麥克風的距離及指向角度難以固定，所取得的數據無法作為定量比較用途，只能單純作為定性的分析。

(2)我們查到的資料中，多數的說法都是因為氣體密度變小使音速變快，而頻率也隨之升高。為了檢驗此說法，我們除了使用空氣及氦氣做對照，也選擇密度大於空氣的二氧化碳做為比較。若此說法為正確，二氧化碳密度比空氣大，聲音在二氧化碳中的傳遞速度也較慢(267m/s，見前引)，理應導致頻率降低；反之，若頻率未改變，則可證明此說法為非。

(3)在開放空間中，氣體的濃度由於擴散作用會持續改變，為固定實驗氣體的濃度，實驗過程中以束帶封住灌氣後的塑膠袋。

2.實驗步驟

氦氣

- (1) 來源：正光氣體行，純度 99.99%，係供一般灌氣球用途。
- (2) 將氦氣灌入塑膠袋內，由操作者把音叉伸入袋內。
- (3) 抓緊袋口。
- (4) 敲擊音叉並利用麥克風收音。
- (5) 利用 Audacity 軟體進行錄音及分析，並記錄數據。
- (6) 利用 Excel 將數據製成圖表。

二氧化碳.

- (1) 來源：正光氣體行，純度不詳，係供水族箱養殖水草及碳酸飲料之用。
- (2) 將二氧化碳灌入塑膠袋內，由操作者把音叉伸入袋內。
- (3) 抓緊袋口。
- (4) 敲擊音叉並利用麥克風收音。
- (5) 利用 Audacity 進行分析，並記錄數據。
- (6) 利用 Excel 將數據製成圖表。

空氣

- (1) 將空氣灌入塑膠袋內，由操作者把音叉伸入袋內
- (2) 抓緊袋口
- (3) 敲擊音叉並利用麥克風收音
- (4) 利用 Audacity 進行分析，並記錄數據
- (5) 利用 Excel 將數據製成圖表

(二)實驗二、探討氦氣、二氧化碳及空氣作為介質對聲音之影響

1.實驗說明

- (1)為了確定在不同氣體中的音源完全相同，我們先利用麥克風錄下一段由中音直笛吹奏的「A」($f = 440\text{Hz}$)音，並將檔案傳至手機中，再利用藍芽喇叭播放。
- (2)我們將音源（藍芽喇叭）置於灌入氣體的塑膠袋中，然後使用無線麥克風錄音，再利用軟體進行分析。
- (3)因為麥克風在收音上具指向性，所以麥克風與喇叭之距離、角度必須固定(圖四)，於是我們利用樂高積木做出一個固定的平台（小飛機），將藍芽喇叭置於樂高小飛機上，以此固定麥克風與喇叭之距離與角度。
- (4)為避免充氣時袋內氣壓不同所導致對聲音的影響，我們在充氣時特別注意不讓塑膠袋充飽，所以塑膠袋可以自動調整大小，亦即靠著體積的改變使袋內氣壓與袋外氣壓相等，也就是一大氣壓。
- (5)因為塑膠袋內的空間約略相同，音源播放的音量也都固定，所以錄到的頻譜音量（分貝）可以做定量比較。



圖四 固定麥克風與喇叭之距離與角度

2.實驗步驟

氮氣

- (1)將氮氣灌入塑膠袋內
- (2)使用塑膠繩將塑膠袋綁緊，避免漏氣
- (3)利用手機操控藍芽喇叭，播放出直笛音檔，並利用麥克風收音
- (4)利用 Audacity 錄音進行頻譜分析分析，將數據輸出
- (5)重複 1~4 步驟 6 次並加以平均，再利用 Excel 將數據製成圖表

二氧化碳

- (1)將二氧化碳灌入塑膠袋內
- (2)使用塑膠繩將塑膠袋綁緊，避免漏氣
- (3)利用手機操控藍芽喇叭，播放出直笛音檔，並利用麥克風收音
- (4)利用 Audacity 錄音進行頻譜分析分析，將數據輸出
- (5)重複 1~4 步驟 6 次並加以平均，再利用 Excel 將數據製成圖表

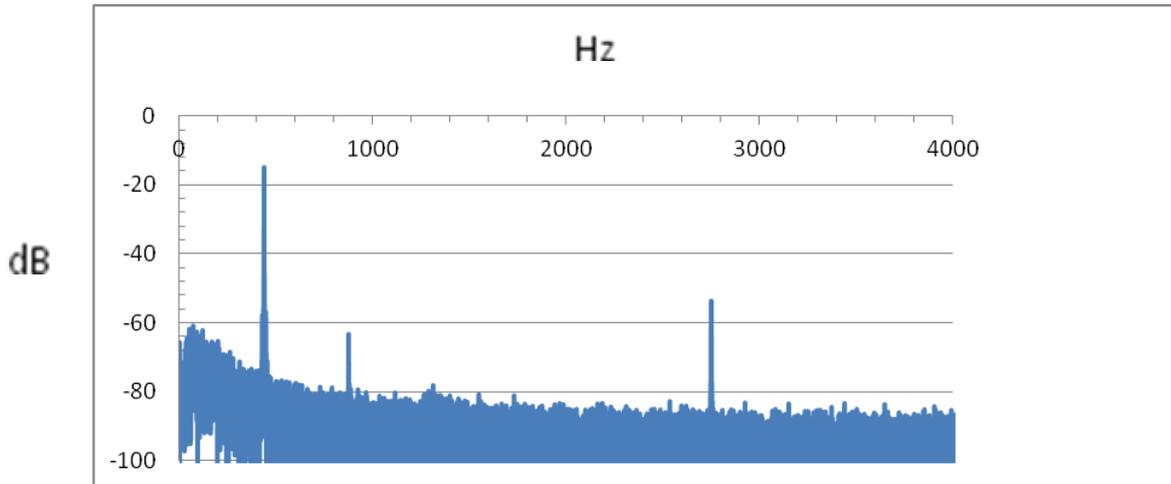
空氣

- (1)將空氣灌入塑膠袋內
- (2)使用塑膠繩將塑膠袋綁緊，避免漏氣
- (3)利用手機操控藍芽喇叭，播放出直笛音檔，並利用麥克風收音
- (4)利用 Audacity 錄音進行頻譜分析分析，將數據輸出
- (5)重複 1~4 步驟 6 次並加以平均，再利用 Excel 將數據製成圖表

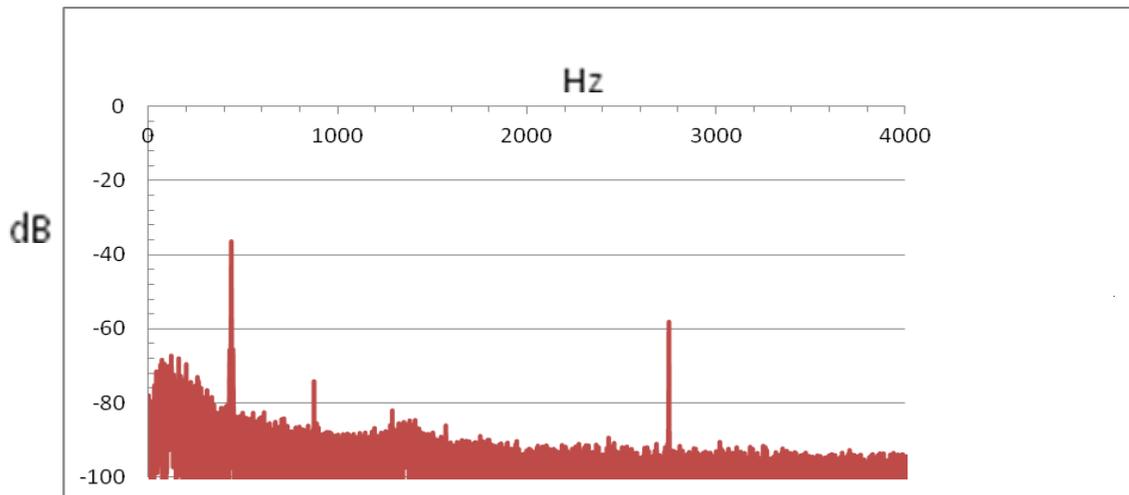
4.實驗結束後，再利用 Excel 將三組平均後數據製成圖表

伍、研究結果

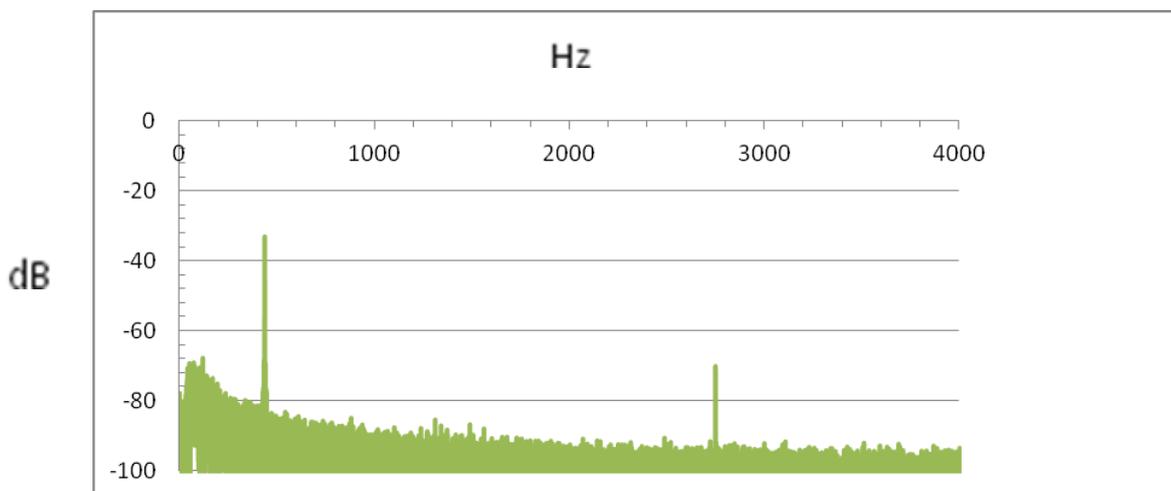
一、實驗一：探討氣體對於頻率的影响



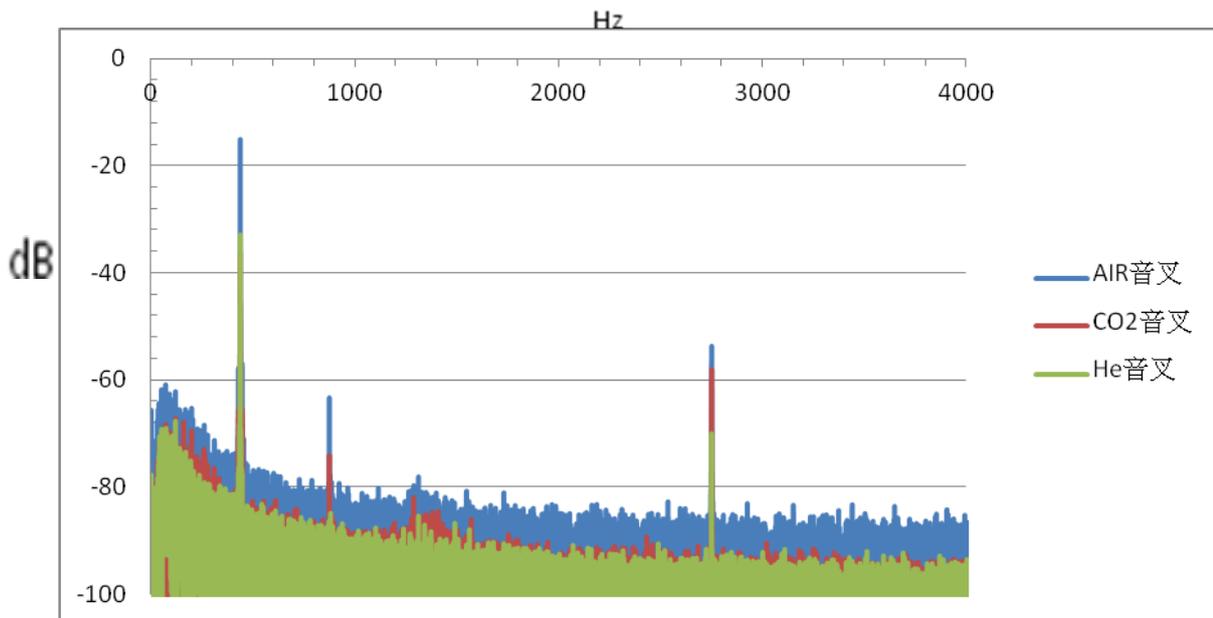
圖五 音叉在空氣中所發出聲音分析圖



圖六 音叉在二氧化碳中所發出聲音分析圖



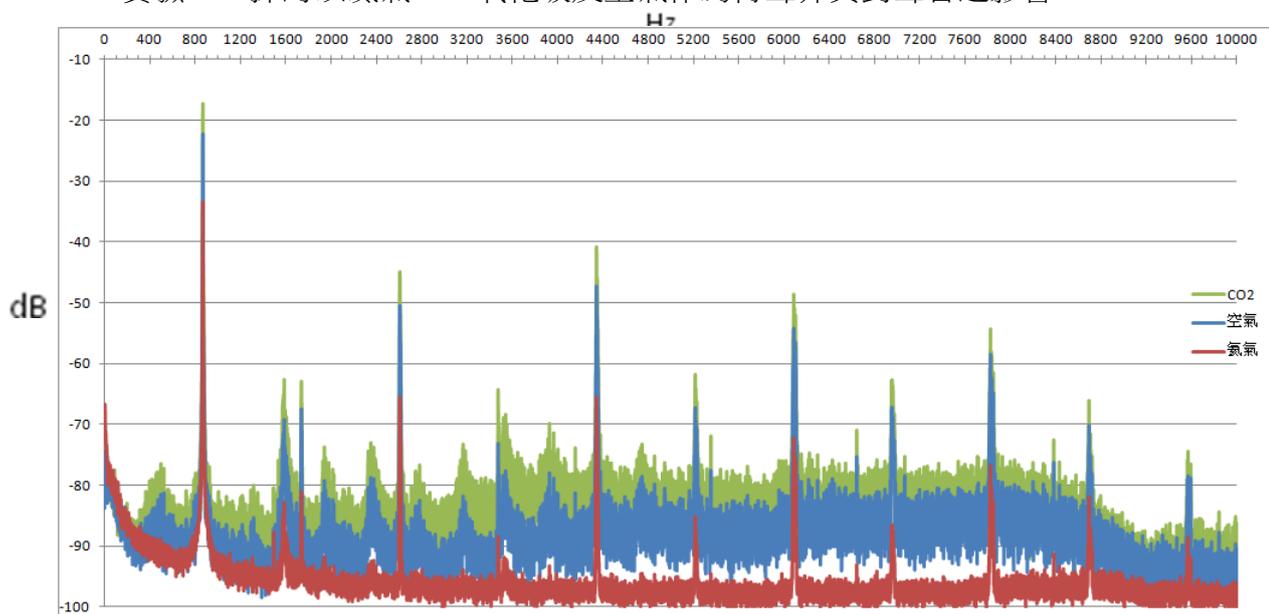
圖七 音叉在氮氣中所發出聲音分析圖



圖八 音叉在三種氣體中所發出聲音之分析圖

分析完音叉的錄音檔後，泛音並不顯著，特別是頻率較高的泛音幾乎觀察不到（圖五、圖六、圖七）；比較音叉在三種不同氣體中聲音的圖之後，我們發現音叉發出的聲音中最大分貝量的頻率皆相同（圖八）。也就是說：不同的傳遞介質並不會影響音源本身的頻率。於是我們設計第二個實驗，來探討氦氣對於聲音的傳遞到底有甚麼樣的影響。

二、實驗二：探討以氦氣、二氧化碳及空氣作為傳聲介質對聲音之影響



圖九 相同音源在三種不同氣體中所發出聲音之比較

在比較以三種不同的氣體作為傳聲介質的數據後，我們發現同一音源在三種不同傳聲介質中產生最大分貝量的頻率相同，但泛音與基音的分貝量有明顯的變化；在以氦氣作為傳聲介質的分析圖中，除了泛音的頻率外，其餘頻率的分貝量皆下降了許多。

陸、討論

一、說明

(一)泛音：樂器或人聲等自然發出的音，一般都不會只包含一個頻率，而是可以分解成若干個不同頻率的音的疊加。聲音的波形是具有周期性的，可以分解成若干個不同頻率純音的疊加。這些頻率都是某一頻率的倍數，這一頻率就稱作基頻，也就決定了這個音的音高。假設某個音的基頻為 f ，則頻率為 $2f$ 的音稱為第一泛音，或是第 2 次振譜，頻率為 $3f$ 的音稱為第二泛音（第 3 次振譜），等等。基音和不同泛音的能量比例關係是決定一個音的音色的核心因素。並能使人明確地感到基音的響度。

(二)振譜：基礎頻率的整數倍頻，又作振頻。

二、傳聲介質對泛音影響之探討

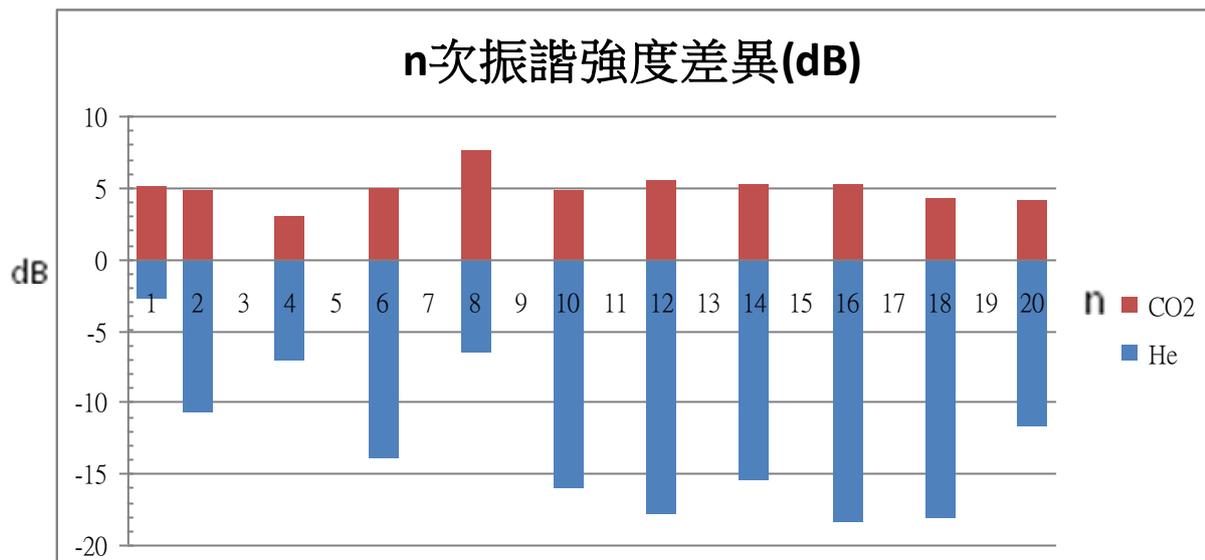
在相同壓力下，氦氣的密度比空氣小，常用來填充氣球、飛艇。文獻中提到在 1 大氣壓之下，氣溫在 20°C 時 (Academic Press, 2002)，聲音在氦氣中的傳遞速度是 1007m/s ，相對於乾燥空氣的 344m/s ，快了將近有三倍之多。在我們所查到的資料中，有一種說法是，密度變小導致音速升高，所以聲音的頻率也會隨之升高。因為音叉發出的聲音原則上只有單一頻率，所以我們認為將音叉置於不同氣體中，是檢驗此說法最直接的方式。

我們決定不用人聲作為音源來進行這個實驗，主要是因為以下幾個原因：

- (1)我們無法排除生物性的因素，就是氦氣對於人生理的影響造成發聲的改變。
- (2)人嘴巴發聲不只是單純的聲帶震動，同時還伴隨著藉由口腔形狀改變所造成的共鳴（共振），這讓實驗同時有太多難以控制的變因，所以我們設計的實驗只有一個變因，就是不同氣體，然後來探討不同氣體作為介質，對於聲音傳導之影響。

從實驗數據發現，基頻 440Hz 的強度並不顯著，但是 880Hz 第 2 次振譜就很明顯，更高頻的振譜中奇數次振譜都不顯著，偶數次振譜則明顯許多。這可能是所謂「消失的基頻」現象，換言之，這是樂器（中音直笛）發聲的特質，再加上錄音、放音、再錄音等過程累計之後的結果。但是這對於我們觀察不同氣體的特性卻沒有任何影響，因為每組實驗都經過相同的程序，所以錄到的頻譜音量（分貝）是可以做定量比較的。

我們量取了在三種氣體中各個偶數振譜的峰值（最大音量），然後以空氣作為基準，繪製出氦氣與二氧化碳對於基頻與泛音的影響如下：



圖十 泛音峰值相對於空氣之比較圖

- (一) 二氧化碳對於聲音傳遞，相對於空氣而言有放大的效果，從基頻開始到第 20 次的振譜，平均比空氣要高了 5 分貝左右，而且這個增加是全面性的，峰值音量的增加對於所有的泛音都差不多。所以二氧化碳對於音色的改變在感覺上不容易察覺。
- (二) 氦氣相對於空氣而言則是有消音的阻尼效果，這個壓抑也是全面性的。但特別的是到了較高頻部份，從第 10-18 次振譜的這個範圍之間，峰值相對於空氣而言都降低了 15 分貝以上，因分貝是對數的關係，所以這是非常大的差異。更重要的是和二氧化碳相比，峰值音量的壓抑則非常不規律，而這種不平均的阻尼則是改變音色的主要原因。

柒、結論

根據我們的實驗，我們得到以下幾點結論：

- 一、氦氣使聲音改變的原因，是因為氦氣對於某些聲音的泛音有特別的壓抑，導致音色的變化，也就是所謂聲音變怪。並不是因傳聲介質改變，氣體密度較小，聲音在氦氣的傳遞速度比一般空氣要快，而使震動頻率提高，導致音調變高。
- 二、我們這次的實驗明確觀察到不同氣體作為聲音傳導介質，對於傳導的結果會產生顯著的差異。這些差異是因為不同氣體對泛音會產生不同的影響，但是我們現階段還無法解釋為什麼會造成這種影響，只能等待日後更進一步的研究來澄清這個課題。

捌、參考資料及其他

- 氦氣和六氟化硫使聲音變化的原理是什麼？ <http://www.guokr.com/question/408920/>

- 《科學人雜誌》2004 年第 32 期 10 月號----吸入氦氣為何會變聲？
- "Handbook of the Speed of Sound in Real Gases," by A. J. Zuckerwar (Academic Press, 2002)