
多變的聲音

—國中八年級聲波概念之教學活動設計

顧炳宏^{1*} 楊孟欣² 陳瓊森²

¹ 國立彰化師範大學 科學教育研究所

² 國立彰化師範大學 物理系

壹、緒論

培養學生能運用波的概念解釋各種基本的有關聲、光或電磁波之現象，是九年一貫八年級自然科學領域課程中重要的教學目標之一(教育部，2003)。由於光和電磁波的波動性相對於聲音來說抽象許多，因此在課程上聲波的概念教學多安排在光學之前，這點可以從國中各版本教科書的編排上看出端倪(李明芳，2008；林英智，2008；郭重吉，2008)。換句話說，由於概念教學需要考慮到「由具體而抽象」的原則，因此如何讓八年級學生從相關聲音單元中學習到波動的概念便成為教學上的重要課題。

學生在小學階段學習有關聲音的知識時，教師僅需要藉由具體物體發出的聲音，傳達給學生簡單的聲音知識即可，如聲音會有大小聲、高低音以及音色的差別。但進入國中階段後，除了開始引進許多新的科學概念名詞外，學生還必須從波的觀點去學習各項關於聲音的科學概念，例如聲音的三要素：響度、音調及音色需要分別對應到振幅、頻率及波形的概念。

由於國小和國中階段學生的認知發展程度不同，在國小階段並不引入「波」的概念，也許是因為如此，國小學童普遍對聲音特性存有迷思概念，例如：聲音高就是振動快而且振動大、聲音小就是振動小而且振動慢(張靜儀、余世裕，2002)，亦即國小學童缺乏波的概念以致無法對聲音的響度、音調概念做出較合理且一致的解釋(黃佩萱，2004)。

雖然國中階段開始將日常生活中聲音的現象與波的概念相連結，然而聲波對於多數國中生而言仍是相當陌生的。學生在學過波的特性及傳遞方式後，或許對於波的特定名詞如：波長、振幅、頻率、波峰、波谷…等，在反覆練習後尚能記誦以應付考試，但是往往無法理解真實聲音與波的特定名詞之間彼此的連結關係。Linder 和 Erickson(1989)以及 Linder(1992)的研究就發現，雖然已學過相關的概念，學生依舊認為聲音並不是波的形式，並難以將聲音的現象聯想成波的概念。

研究者參閱各主要版本教科書(李明芳，2008；林英智，2008；郭重吉，2008)後發現，每個版本雖然都有介紹聲音在響度、音調及音色上與振幅、頻率及波形之

*為本文通訊作者

間的關係，但大多都以文字敘述的方式帶過而沒有呈現出相對應的、具體的波動現象。舉例來說，南一版教科書(郭重吉, 2008)利用許多的活動來介紹音調與物體振動頻率的關係，例如彈不同鬆緊的橡皮筋，用吹或敲不同水位的量筒，來介紹音調高低與物體振動頻率的關係。然而實際上，要以肉眼去辨識物體發出聲音時的振動頻率是有困難的。在上述活動中學生雖然可以聽到音調的高低，但是卻不容易將其與頻率的大小作連結，即無法感受到聲音的高低與波之頻率的關係。以此看來，教科書所呈現出來的普遍情況可能是，學生會背誦：「人耳可聽到的聲音之頻率約在 20Hz~20000Hz 之間」，但是卻無法對頻率之於音調的概念有所體會。除了敘述性的文字訊息之外，對於物理的感覺實在不多。諸如此類的例子尚有如：「物體振動頻率需要約 20Hz 以上才能發出聲音」、「振動頻率越高，音調也會越高」、「振動頻率超過 20000Hz 以上稱為超聲波」…等。學生對於波的概念大多僅止於書本上看到的文字或圖片，不易對其有深刻的感受與體會。研究者認為要解決前述學習的困難，必須設法讓學生對於聲音與波之間關係的連結有更多的體驗才行。

有關聲波概念教學的文獻雖然不多，還是有些實用的教學建議可供參考。例如林鼎然(2001)提到可將麥克風和示波器連接，將麥克風所感受到的振動，不論是聲音的大小或是聲音的頻率高低都忠實的呈現在螢幕上。翰林版教科書(李明芳，

2008)也是利用相同的方式來介紹音量和振幅以及音調和頻率的關係。雖然這些教學建議相當有幫助，不過研究者認為有些問題依然無法藉由前述教學建議解決：一、雖然示波器可顯示出波形，但學生並無法直接觀察到物體(聲帶)來回振動的現象，因此對學生而言似乎仍不易理解振動為何能以波的形式表現；二、雖然學生可感覺到發聲時聲帶的確有在振動，但並無法僅靠手的感覺就能計數出聲帶振動的頻率；三、即使可由示波器間接計算出聲帶振動的頻率，姑且不論這樣的計算對學生而言是否會有困難，在視覺與觸覺均無法判斷的情況下僅間接靠運算的方式得出振動頻率，在理解和感受的部分畢竟多了一層隔閡；四、頻率太低或太高的聲音無法藉由人的聲帶發出，因此如頻率 20Hz 以下或 20000Hz 以上的波形振動狀況即難以藉由前述方法呈現。上述問題顯然無法僅以麥克風與示波器就能呈現出相關的現象。此外，使用麥克風接收聲音以及示波器所顯示出來的波，乃是由多個波所疊加而成的諧波，對剛學習波動概念的學生來說，一開始即使用複雜的波形讓學生去辨識波的不同似乎有些不妥。

研究者認為，聲波概念的教學必須要能「同時」呈現出聲音的差異、物體振動的情況、頻率高低的不同、以及波形的差別。前述無論是教科書的內容或者文獻中的建議等，均不易同時呈現出這四種差異，以及某些常見的聲波概念如「人耳無法聽到頻率約在 20Hz 以下或 20000Hz 以

上的聲音」。因此研究者除了前述示波器和麥克風外，另外再結合了訊號產生器以及喇叭，將這四種器材做不同的組合，設計了一系列的教學活動。由於訊號產生器可產生單純的基本正弦波並且立即顯示出當下所產生的頻率數值，與喇叭結合運用後，可讓學生能深刻的體驗並清楚的理解振動頻率與音調高低之間的關係，也可讓學生感受何謂超音波、何謂聲下波(頻率約小於 20Hz)。此外，若再結合示波器則可讓學生在感覺聲音的差異、觀察物體振動的狀況、以及辨別頻率高低的不同之餘，還可同時觀察到其間相對應之波形的變化。活動最後則可藉由麥克風收音，呈現並討論不同物體發出的聲音波形之差異。

本活動設計的主要目的在於希望讓學生從動手做的過程中真的「看到聲波」、「摸到聲波」、和「聽到聲波」，並從中了解聲音的不同與聲波的各项要素之間的關係。活動的結構編排遵循『由具體而抽象』、『從單純到複雜』的原則，使學生能夠對聲音與波有更深一層的理解與認識，親身的體驗科學知識。

貳、教學活動設計

本活動設計主要是以學習環的概念來設計一系列的活動。在探索活動的部分，先藉由現象的觀察讓學生用自己的概念來解釋或預測。接續再由教師適時的引介新概念，讓學生能用更合理的方式來解釋先前所觀察到的現象。最後，引導學生將新概念應用於新的情境並解答相關的問

題，亦即將新概念帶入到下一個活動，或將下一個活動視為前一個活動的概念應用階段。活動目的除了在協助學習者主動進行概念的建構，和培養學生觀察、組織、歸納…等科學過程技能之外，也希望藉由小組合作學習的方式，培養學生更多與人溝通、與人合作的社會技能。限於篇幅的關係，以下雖列出完整的教學活動設計方案，但僅針對部份主要的活動設計與其所要傳達的重要概念提出完整的說明(詳細工作單見附錄)，其餘則僅提供簡要的描述：

活動一：世紀交響樂

此活動乃援引自國小教科書中常見的實驗。藉由一些方便取得的發聲樂器或玩具，讓物體發出聲音，並在樂器發出聲音、產生振動。提醒學生動手去摸一摸，感覺一下物體的振動，讓學生去探討並了解聲音的產生是源於物體產生振動。此外，透過某些媒介使學生容易觀察到物體的振動幅度，如在鼓面上灑上米粒或將振動中的音叉插入水中，讓學生了解到振幅越大，發出的聲音就越大。

活動二：短小精幹

準備一根 45 公分的塑膠長尺固定在桌緣(如圖一)，讓長尺分別伸出桌面 30、20 及 10 公分。用手輕輕地去撥動長尺，實際讓學生去數數看長尺振動的次數，把耳朵靠近長尺看能不能聽到聲音。這個活動可以讓學生從「數得到、聽不見」到「聽

到了，看不清楚（不能數了）」，一方面從實際的計數理解頻率的意思，一方面粗略的知道物體振動時頻率似乎必須高於某個特定值才能發出聲音。

活動三：高低起伏

活動二雖然可以讓學生對聲音和頻率之間的關係有初淺的認識，但畢竟當振動頻率大於 10Hz 左右後就不容易計數了。因此本活動主要在承接活動二，使用訊號產生器接上喇叭(如圖二)，先將頻率調整在 1Hz~5Hz，讓學生觀察喇叭起伏的變化，並且在計數的過程中再次加深其對頻率的觀念。慢慢將頻率調高，並且讓學生試著去聽喇叭有無發出聲音，讓學生回想前面「振動頻率需要達到某個值以上才能產生聲音」的觀念，最後教師再引介出 20Hz 這個門檻值，讓學生了解到並不是所有的振動都能發出聲音。

活動四：越短越高

先讓學生敲擊金屬樂器不同長度的金屬片，讓學生分辨音調的不同，討論音調與金屬片長度的關係。再讓學生敲擊裝有不同高度水位的試管，分辨出哪個音調高、哪個音調低，討論音高與水柱長短有什麼關係。驗證用敲擊的方式發出聲音時，金屬片越短或試管中水柱越短時所發出的聲音越高。

接著請學生用吹的方式讓試管發出聲音，同樣讓學生分辨音調的不同，並討論此時音調和水位高低或空氣柱長短有何

關係。讓學生理解若是朝管口吹氣時，聲音的產生乃是源於空氣的振動，因此要判斷音調的高低需考量的是空氣柱而非水柱的長短。

活動五：動你心弦

將生活中常見的現象與物理概念相聯結，讓學生瞭解除了長短，發音體的鬆緊、粗細、厚薄…等，都會影響音調的高低。利用橡皮筋和吉他弦呈現出發音體越緊或越細，所發出的音調越高；利用吹氣處厚薄不同的哨子，呈現出發音體越薄，所發出的音調越高。

活動六：米粒的抗議

本活動主要希望將音調的觀念以頻率的方式展現出來。將訊號產生器和喇叭接在一起(如圖二)，調整訊號產生器頻率至 20Hz 以上並持續將頻率加大或減小，讓學生可以同時觀察儀器所顯示的頻率數值並對照其所產生的聲音高低，充分了解頻率大小與聲音高低之間的關係。除此之外，若在聲音非常刺耳的同時，繼續加大頻率並超過某個臨界點時(約 18000Hz，每個人感受會有些不同)，學生會發現聲音突然消失，反覆操作的過程中就可體會到超聲波的概念。由於訊號產生器可顯示出所使用的頻率，而喇叭則可以聽出音調的變化，兩者結合讓學生可以真實的「聽見」頻率、「看到」音調。此外，將米粒灑在喇叭上並慢慢加大頻率，過程中米粒會劇烈挑動(如圖三)，但加大頻率約到 3000Hz 後

就會發現米粒跳動幅度會慢慢變小，最後變的完全不跳動，且用手去碰觸也不會感覺到振動。一方面讓學生瞭解喇叭並不是沒有在振動，而是次數太快而不易被觀察到，一方面也告訴我們如果無法讓學生直接觀察到當下的頻率是多少，那麼其對於音調與頻率之間的關係理解將會是模糊的。

活動七：波濤洶湧

本活動分為兩部份。第一部份將喇叭、訊號產生器、接示波器三者連接(如圖四)，調整不同的頻率，讓學生能在聽出音調之不同及其所對應到之頻率數值的同時，還可以看到示波器中聲波的呈現狀況。第二部份則是將麥克風連接示波器，對著麥克風發出不同音調的聲音，藉由麥克風的傳遞，在示波器上顯示不同音調聲音之頻率的不同(如圖五、圖六)。當聲音越高，波會越密集，表示頻率越高。如此運用不同的組合，讓學生看到真實的波形，看到聲音與波形的關係，聽到波的不同。

活動八：現出原形

本活動亦分為兩部分。第一部份類似競賽遊戲，目的在讓學生先藉由聽覺辨識出不同但頗為相近的聲音，以體會音色的概念。一開始準備數種敲擊後聲音相似的物體如鐵鍋、鋁碗、鋼杯…等，讓學生由發出的聲音分辨出不同的物體；再從班上選出六位聲音相似的女同學，請她們藏在

布幕後讓某位學生說出簡短的一個詞或發出聲音，讓其他同學猜看看是哪位同學的聲音。藉由分辨不同物體與人的聲音，理解每個人或物體發出的聲音都不一樣，此即是音色的差別。

第二部分即是參考林鼎然(2001)所提供的建議，利用示波器和麥克風讓學生觀察不同聲音所造成波形的變化。研究者僅就其本身增加一些變化，例如讓學生親自對著麥克風發出聲音，除了觀察同性學生或異性學生所發出來的波形有何不同外，也可讓學生比較當男生女生對著同一支麥克風發聲時，波形的變化與原來有何不同。

參、教學結果與建議

本教學活動曾同時針對已學過和未學過聲波概念的學生進行教學，試教結果初步發現學生普遍覺得有趣且容易理解。教師在實際執行此教學活動之後，均認為學生經由動手操作與討論的過程中表現出熱烈的反應，教室學習氣氛也變的活潑起來。在整個活動進行的過程中，利用訊號產生器、喇叭與示波器提高學生的專注力，並且很具體的讓學生藉由聽覺和視覺學習到聲音的特性，再利用麥克風讓學生看到自己的聲波增加趣味性，在輕鬆的情境下很直接的利用感官學習。尤其進行到活動八時，學生和老師都玩成一團；除了概念學習本身之外，還可增進教師與同學之間的感情，因而更顯現此活動設計的價值。以下即另外就本教學設計中活動試教之結果與建議，作進一步的敘述，讀者亦

可參閱附錄中的工作單交互對照。

活動二：

活動進行中，建議以一固定器將長尺牢靠的固定於桌面上，如此長尺才會有一個穩定的振動，並且不會發出其他的聲響，以致影響學生對於有無聽到聲音的判斷。另外，老師需提醒學生盡量去區別究竟聽到的是長尺本身振動所發出的聲音，或只是風的聲音；如同手在耳邊煽動時，所聽到的只是風的聲音而不是由手振動所發出的聲音，兩者仔細聽還是會有明顯的差別。最後，建議教師使用材質較軟的塑膠長尺，而不要使用過硬的壓克力尺，這是由於壓克力尺會因為硬度太高而有頻率過高而無法計數的狀況發生。

活動三：

學生先利用喇叭和訊號產生器，看到喇叭在 1Hz 下振動的現象，並實際的去計數 5 秒內喇叭的振動次數，可以數到 4 次或 5 次，學生可以由計數得到的結果對照訊號產生器上顯示的頻率，了解赫茲或頻率的意義。以此類推 5Hz 的活動進行順序。接著再用 10Hz 的頻率讓學生去計數 5 秒內的振動次數，此時雖然學生會因為喇叭振動太快以致無法準確的計數振動次數，但是還是可以藉由訊號產生器上的讀數很直接的回答出一秒內振動次數為 10 次，並且能說出 10Hz 代表的意思。最後慢慢將頻率調高，學生約在 17Hz 左右便

可聽到喇叭發出聲音(但會隨著每個人聽覺上的差異以及喇叭功率不同而有些微差異)，再引入「振動需要達到約 20Hz 以上才能產生聲音」的概念。在這個活動裡不只讓學生了解到並不是所有的振動都能發出聲音，學生也可以實際的觀察到會能產生聲音的頻率其振動情形會是如何。另外，多數喇叭都會有音量調整的裝置，因此教師可以進一步利用調整音量讓學生觀察到振幅不同的效果，惟在高頻時應使用較小的音量或振幅以免喇叭破裂。

活動六：

由先前幾個活動的結果，在本活動的一開始學生可以很快的就回答出米粒的跳動是由於喇叭的振動，並且由訊號產生器上的顯示，了解頻率高低的意義，同時聽到聲音高低的不同，可以歸納出振動頻率越高的時候，物體發出的聲音越高；反之，振動頻率越低的時候，物體發出的聲音越低。除此之外，學生還可以感受到聲音快要進入超音波時(約在 18000Hz)「臨界點」的感覺，但在這個點之後卻又突然完全聽不到聲音，充分體會超音波的概念。在教師引介出「人耳可聽到的聲音範圍約為 20Hz~20000Hz」之概念後，學生對於物體有振動不一定會發出聲音的概念又有更深一層的體會。

活動七和活動八：

將喇叭、訊號產生器和示波器連接，

學生可以從示波器的螢幕上看到在頻率不同時，波的密集程度的不同，再要求學生回想上一個活動的結果，學生可以很直覺的回答出在頻率高時發出的聲音較高、波型也較密集，頻率低時發出的聲音較低、波型也較稀疏。接著利用麥克風讓學生看到人在音調高低時所呈現之聲波的不同。由於有前面幾個活動的經驗，即使此時的聲波不是單純的正弦波，學生也可以分辨在音調不同時所顯示之波的疏密程度，並且與先前幾個活動中所呈現之正弦波的結果相呼應。最後讓不同學生對著麥克風發出聲音，可以很清楚的看到每個人音色的差異是由於波形的不同所造成。

肆、討論與結論

本教學活動設計之定位乃是希望學生可以從具體的感官體驗中，瞭解教科書中抽象的內容敘述，讓學生可以從訊號產生器、示波器、喇叭、麥克風的組合中「看到聲波」、「摸到聲波」、和「聽到聲波」，使學生能夠對聲音與波有更深一層的理解與認識，親身的體驗科學知識。當然這樣的教學設計同樣可以融入到目前許多常見的聲波教學活動中，如下所述：

1. 一般在聲音的課程，老師會利用一些簡單的活動讓學生了解到聲音的產生是由於物體的振動，例如在鼓面上放米粒敲打，看到米粒的跳動或敲擊音叉並放入水盆，看到水面濺起水花。在這些活動中學生可以看到聲音是因物體的振動而產生，卻未必能將物體的振動和波作結合。

為彌補可能的缺失，教師可以在完成上述活動後繼續進行活動三的實驗。學生可以在喇叭上看到由不同的輸入頻率所產生的振動效果，並且同時了解到在物體振動頻率需要約 20Hz 以上才能發出聲音；了解聲音是由物體的快速振動所產生的概念，而所謂的快速振動必須高於 20Hz。此處需要留意的是，學生有可能在頻率 20Hz 以下就可聽到聲音，教師需要提醒學生那可能是風聲的錯覺，也可能是系統誤差的一部分，並向學生說明 20Hz ~ 20000Hz 僅是估計數值。

2. 在教科書裡，通常會介紹到一些辨別音調高低的方法，例如敲擊金屬樂器與裝有不同水位高度的試管，驗證金屬片越短或試管中水柱越短時所發出的聲音越高；或是利用橡皮筋和吉他弦，呈現不同鬆緊、粗細的弦會產生不同的音調。在這些活動中，可以聽出聲音的高低，但是卻無法與物體振動的頻率做結合。教師同樣可以在完成上述活動後繼續進行活動六的實驗，將波、聲音與振動結合，藉由喇叭與米粒的呈現(如圖三)，可以同時聽到聲音高低與看到物體振動，真正去體驗頻率大小與音調高低之間的關係，再配合上述活動，學生可以較完整的了解到發聲體的長短或鬆緊程度與發出聲音頻率的關係。

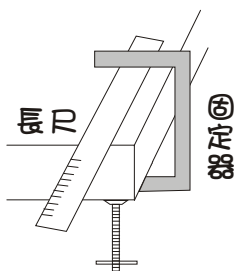
最後，雖然本活動設計使用了較昂貴的器材如示波器和訊號產生器等，不過在現今資訊教學設備頗為完善和普遍的情況下，教師可以電腦軟體、投影機以及音效卡來取代這些昂貴的器材。一般音效卡即可用以作為

收音的媒介，而某些免費聲波分析軟體亦可呈現出聲音的波形，經由投影機將影像清楚的展現在同學面前。因此進行這樣的教學其實並不費力，且極富教育價值。

參考文獻

李明芳(主編)(2008):國民中學自然與生活科技(第三冊)。台南:翰林出版社。
 林英智(主編)(2008):國民中學自然與生活科技(第三冊)。台北縣:康軒文教。
 林鼎然(2001):音波如何以電波方式傳送。科學研習月刊,47(7),16~21。
 教育部(2003):國民中小學九年一貫課程總綱綱要。台北,教育部。

郭重吉(主編)(2007):國民中學自然與生活科技(第四冊)。台南:南一書局。
 黃佩萱(2004):國小高年級學童聲音迷思概念之研究。台中師範學院碩士論文,未出版。
 張靜儀和余世裕(2002):國小學童對聲音迷思概念之研究。屏東師院學報,16,395~434。
 Linder, C. J., & Erickson, G. L. (1989). A study of tertiary physics students' conceptualizations of sound. *International Journal of Science Education*, 11, 491-501.
 Linder, C. J. (1992). Understanding sound: So what is the problem? *Physics Education*, 27, 258-264.



圖一、長尺固定示意圖



圖二、訊號產生器與喇叭連接



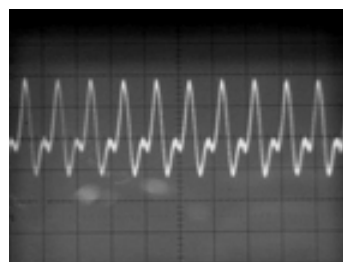
圖三、喇叭放入米粒



圖四、訊號產生器、示波器與喇叭



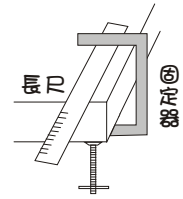
圖五、低音的波形



圖六、高音的波形

附錄、工作單

活動二：短小精幹



1. 準備一根 45 公分的塑膠長尺固定在桌緣(如右圖示)，讓長尺伸出桌面 30 公分，用手輕輕地去撥動長尺，把耳朵靠近尺，你有聽到什麼聲音嗎?數看看，5 秒內長尺來回振動了多少次?

我的觀察 耳朵_____ (有或沒有)聽見聲音。 5 秒內來回振動了_____次， 換句話說，1 秒來回振動了_____次。	小隊討論
---	------

2. 調整長尺，讓長尺伸出桌面 20 公分，重複上一個步驟。

我的觀察 耳朵_____ (有或沒有)聽見聲音。 5 秒內來回振動了_____次， 換句話說，1 秒來回振動了_____次。	小隊討論
---	------

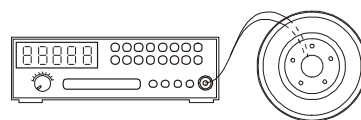
3. 最後讓長尺伸出桌面 10 公分，再做一次。

我的觀察 耳朵_____ (有或沒有)聽見聲音。 估計 1 秒大約振動了_____次。	小隊討論 耳朵_____ (有或沒有)聽見聲音。 估計 1 秒大約振動了_____次。
---	---

統整 1 物體振動時，每秒鐘的振動次數，叫做該物體的_____，單位是『1(次)/秒』，又叫做_____。

統整 2 長尺會發出聲音，也是本身_____的結果。從上面的活動中，我們可以知道，人耳若要聽到物體發出的聲音，物體振動的頻率必須超過某個值以上。

活動三：高低起伏



1. 老師桌上放了一個喇叭跟一台訊號產生器，如右圖。

老師將頻率分別調成 1Hz、5Hz，聽聽看喇叭有聲音嗎？數數看在 5 秒內大約有幾次的振動？

<p>小隊討論</p> <p>1Hz 時：_____ (有或沒有) 聽見聲音，5 秒內振動了 _____ 次 也就是說 1 秒振動 _____ 次</p> <p>5Hz 時：_____ (有或沒有) 聽見聲音，5 秒內振動了 _____ 次 也就是說 1 秒振動 _____ 次</p>	<p>老師講解</p>
---	-------------

2. 將頻率調成 10Hz，聽聽看喇叭有聲音嗎？可以數出振動次數嗎？你覺得頻率 10Hz 的時候，喇叭 1 秒振動幾次呢？為什麼？

<p>小隊討論</p> <p>耳朵 _____ (有或沒有) 聽見聲音。 _____ (可或不可) 數出振動。 頻率 10Hz，喇叭 1 秒應該振動 _____ 次， 因為：</p>	<p>老師講解</p> <p>耳朵 _____ (有或沒有) 聽見聲音 _____ (可或不可) 數出振動。 頻率 10Hz，喇叭 1 秒應該振動 _____ 次， 因為：</p>
---	--

3. 現在老師試著慢慢調高輸入的頻率，你覺得頻率大約多少的時候，就可以聽到聲音？

<p>我的感覺</p> <p>大約 _____ Hz，開始聽到聲音。</p>	<p>小隊討論</p> <p>大約 _____ Hz，開始聽到聲音。</p>	<p>老師講解</p>
--	--	-------------

4. 你覺得以下兩句話，哪一句正確，哪一句錯誤？

- ◎ 物體有振動就會產生聲音。()
- ◎ 物體若發出聲音就有振動。()



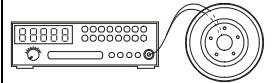
統整 1 物體振動時，每秒鐘的振動次數，叫做該物體的 _____，單位是『1(次)/秒』，又叫做 _____。

統整 2 喇叭會發出聲音，也是本身 _____ 的結果。從上面的活動中，我們可以知道，人耳若要聽到物體發出的聲音，那麼物體振動的頻率大約必須到達 _____ 以上。

活動六：米粒的抗議

1. 老師先將訊號產生器跟喇叭相接，將米粒放在喇叭上，老師慢慢將訊號產生器的頻率調高。注意聽，你覺得頻率大概到達多少時可以聽到聲音？你有觀察到米粒有何變化嗎？為什麼會這樣？

我的想法	小隊討論
頻率大約_____時可聽到聲音。	頻率大約_____時可聽到聲音。
米粒會_____。	米粒會_____。
因為_____。	因為_____。



2. 將訊號產生器調整為 3000Hz，可以聽到喇叭發出聲音嗎？可以看到喇叭的振動嗎？米粒有振動嗎？

我的觀察	小組討論
_____聽到喇叭發出聲音	_____聽到喇叭發出聲音
_____看到喇叭振動	_____看到喇叭振動
_____看到米粒振動	_____看到米粒振動



3. 想想看喔!!在頻率高的時候有聽到聲音，但是看不到振動。那到底喇叭有沒有在振動哩??如果沒有，那聲音是怎麼產生的呢？如果有振，那為什麼我們看不到喇叭或米粒的振動呢？

我的想法	小組討論	老師講解
我覺得喇叭_____振動，	我覺得喇叭_____振動，	
因為	因為	

4. 老師繼續把頻率調高。聽聽看，在可以聽到聲音的範圍裡，頻率高跟頻率低的時候的聲音聽起來有什麼不同？

我的觀察	小組討論	老師講解
頻率高的時候喇叭聲音比較	頻率高，聲音較_____	
_____；頻率低聲音較	頻率低，聲音較_____	

5. 老師再繼續把頻率調到很高，你覺得頻率大概高到多少時就會聽不到聲音了？

我的感覺	小隊討論
大約_____Hz，會聽不到聲音。	大約_____Hz，會聽不到聲音。

6. 當頻率高到我們聽不到的時候，我們把這種聲音叫做_____。你覺得當你『聽』著超音波的時候感覺如何？

我的感覺	小組討論	老師講解
------	------	------

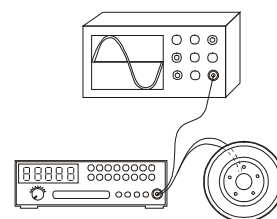
統整 1 聲音是由物體的_____產生，但是物體的振動不一定會產生聲音。振動的頻率大約要超過_____，人耳才可以聽到聲音。

統整 2 音調與發音體振動的_____有關。振動頻率越高的時候，物體發出的_____越高；反之，振動頻率越低的時候，物體發出的_____越低。

統整 3 人耳能聽到聲音的頻率範圍約在 20~20000 赫之間，振動頻率太高或太低的發音體所發出的聲音，我們是聽不到的。振動頻率超過 20000 赫的聲音，我們稱作_____，蝙蝠就是利用_____的原理來感覺四周的環境和辨別方向，另外海豚也是利用_____來相互溝通的。

活動七：波濤洶湧

將喇叭、訊號產生器、示波器三者連接。訊號產生器可以讓喇叭發出不同音調的聲音。示波器則可以顯示不同音調聲音的『波』的情形。



1. 老師現在慢慢把頻率調高。你覺得聲音有何變化？

我的觀察	小組討論	老師講解
頻率調高，喇叭的聲音會_____	頻率調高，喇叭的聲音會_____	

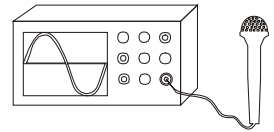
2. 當聲音越來越高時，你覺得聲波的樣子在疏密程度上有什麼變化？

小隊討論 聲音低時，示波器上的波較_____。 聲音高時，示波器上的波較_____。	老師講解 聲音低時，示波器上的波較_____。 聲音高時，示波器上的波較_____。
--	--

3. 那現在老師要考考你囉！你覺得波的疏密程度、頻率、音調三者之間有什麼關係呢？

我的想法	小組討論	老師講解
------	------	------

4. 將麥克風接示波器，發出不同音調的聲音。藉由麥克風的傳遞，在示波器上顯示不同音調聲音的波形，仔細觀察高音和低音在示波器上所顯示的波形何者較密集何者較稀疏？這跟頻率又有什麼關係呢？



我的觀察 高音的頻率較_____， 示波器上的波較_____。 低音的頻率較_____， 示波器上的波較_____。	小隊討論 高音的頻率較_____， 示波器上的波較_____。 低音的頻率較_____， 示波器上的波較_____。	老師講解
--	--	------

統整 1 頻率較低的時候在示波器上可以看到的波較_____ (密集或稀疏)，聽到的聲音較_____；頻率較高的時候在示波器上可以看到的波較_____ (密集或稀疏)，聽到的聲音較_____。

統整 2 同一個人可以發出聲調不同的高低音，在發出高音的時候，波形較_____，頻率較_____；在發出低音的時候，波形較_____，頻率_____。

