



隨著指揮棒的舞動，樂團在音樂會上演奏各種不同的樂器，組成了動人心弦的美妙樂章。你知道聲音是如何產生的嗎？我們為什麼可以聽見各種不同的聲音？聲音有什麼特性？為什麼各種不同樂器所發出的聲音，皆各具特色呢？學習完本章將可了解聲音是一種波動，以及波動的特性。



3

波動與聲音

- 3 · 1 波的傳播
- 3 · 2 聲波的產生與傳播
- 3 · 3 聲波的反射與超聲波
- 3 · 4 多變的聲音

不同樂器交織出美妙的樂聲，真是動聽！



自然暖身操



1 波動與波的分類

觸碰平靜水面時，水面會產生振動，並出現以觸碰點為中心的圓形波，逐漸向外擴展，這種因物質受到擾動，並將擾動產生的能量向外傳播的現象，稱為**波動**。擺動繩子產生的繩波、振動彈簧產生的彈簧波等，都是波動現象。

其中，使物質產生擾動的來源，稱為**振源**或**波源**，而傳遞波動的物質，稱為**介質**；例如以手拉彈簧振動時，手為振源、彈簧為傳播的介質。

有些波需要藉由介質才能傳播，例如水波、繩波、彈簧波和聲波等，稱為**力學波**。而有些波像是（可見）光波、無線電波、微波等電磁波，不需要介質就可以傳播，因此不屬於力學波。以下將藉由探索活動來了解力學波的特性。



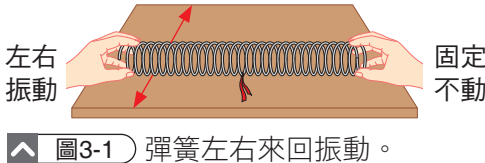
波的傳播





探索活動 彈簧波的傳播

1. 將彈簧平放在光滑桌面上，在彈簧中綁上絲帶，以便觀察。
2. 由兩位同學分別手持彈簧兩端，並將彈簧稍微拉長。
3. 使彈簧一端固定不動，另一端左右來回振動一次（圖3-1）。
4. 連續而規律的左右振動，觀察此時綁絲帶處的彈簧振動方向與波的前進方向。
5. 將彈簧改為前後來回振動，重複步驟3和4。

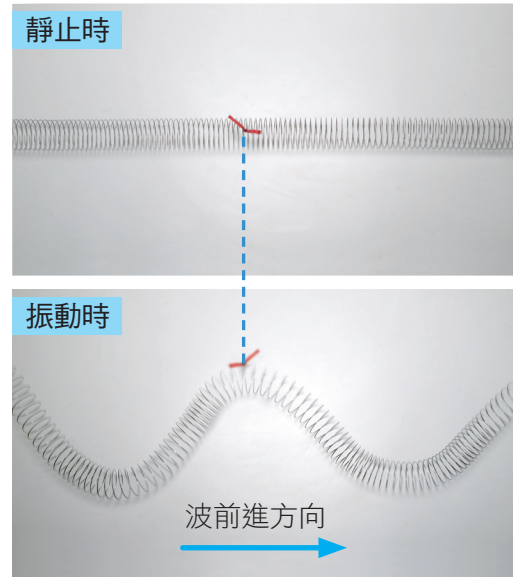


▲ 圖3-1 彈簧左右來回振動。

探索活動中，當手振動彈簧一次，彈簧就會產生一個波沿著彈簧傳播，彈簧波的前進方向，就是波傳播的方向。當手持續振動彈簧時，絲帶只在原處左右（前後）振動，並沒有隨著波前進，表示波在傳播時，只傳送能量使介質振動，但並不會傳送介質（圖3-2）。

波可分為橫波與縱波，如圖3-3，當手左右振動彈簧時，形成介質振動方向與波前進方向垂直的波動，稱為**橫波**，其波形呈現高低（或橫向）的起伏；而當手前後推拉彈簧時，形成介質振動方向與波前進方向平行的波動，

10 波動，稱為**縱波**，其波形呈現縱向的疏密相間。



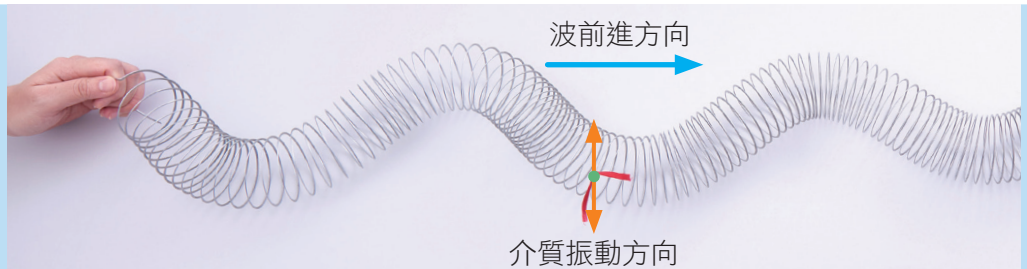
▲ 圖3-2 彈簧波傳播時，彈簧上的絲帶不會隨著波前進。



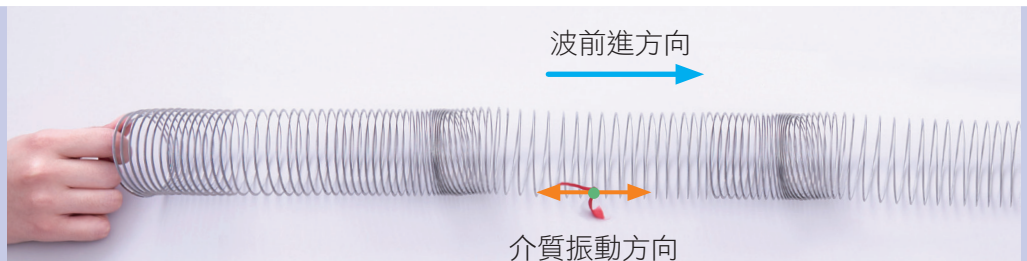
彈簧波的傳播

▼ 圖3-3 彈簧可形成橫波與縱波。

橫波 | 介質振動方向與波前進方向垂直的波動。



縱波 | 介質振動方向與波前進方向平行的波動。



2 波的性質

若規律的連續擺動繩子或推拉彈簧，我們可以看到彼此相連的重複波形，規律並穩定的向外傳播，這種波稱為**週期波**。以下讓我們來了解週期波有哪些性質。

橫波

5

以連續上下擺動繩子所形成的橫波為例來做說明，繩上原本靜止的各點，會隨著波上下振動，如圖3-4所示。其中偏離原靜止位置最高的點，稱為**波峰**（A和E點）；偏離原靜止位置最低的點，稱為**波谷**（D和H點）；波峰或波谷到原靜止位置間的距離，稱為**振幅**（ $\overline{EE'}$ 、 $\overline{HH'}$ ）；相鄰兩波峰、兩波谷或兩個相同對應位置間的直線距離，稱為**波長**（ $\overline{AE}$ 、 $\overline{DH}$ 、 $\overline{BF}$ 、 $\overline{CG}$ ），以 λ （希臘字母，唸做lambda）表示，波長的單位常用公尺或公分。

10

縱波

15

縱波為疏密相間的波，以圖3-5彈簧所形成的縱波為例，波形中較密集的部分稱為**密部**；較稀疏的部分稱為**疏部**；相鄰兩密部中點或相鄰兩疏部中點之間的直線距離，即為縱波的波長。

例題3-1

在繩子P、Q處分別綁上絲帶，手持繩子右端上下擺動，產生一個向左前進的繩波，而虛線則代表稍後另一瞬間波的形狀，如右圖所示，請問下列敘述何者正確？

- (A) P處的介質正在向下運動
- (B) Q處較P處更早到達波谷
- (C) 圖中的繩波屬於力學波中的縱波
- (D) 上下擺動繩子可以產生縱波，也可以產生橫波。

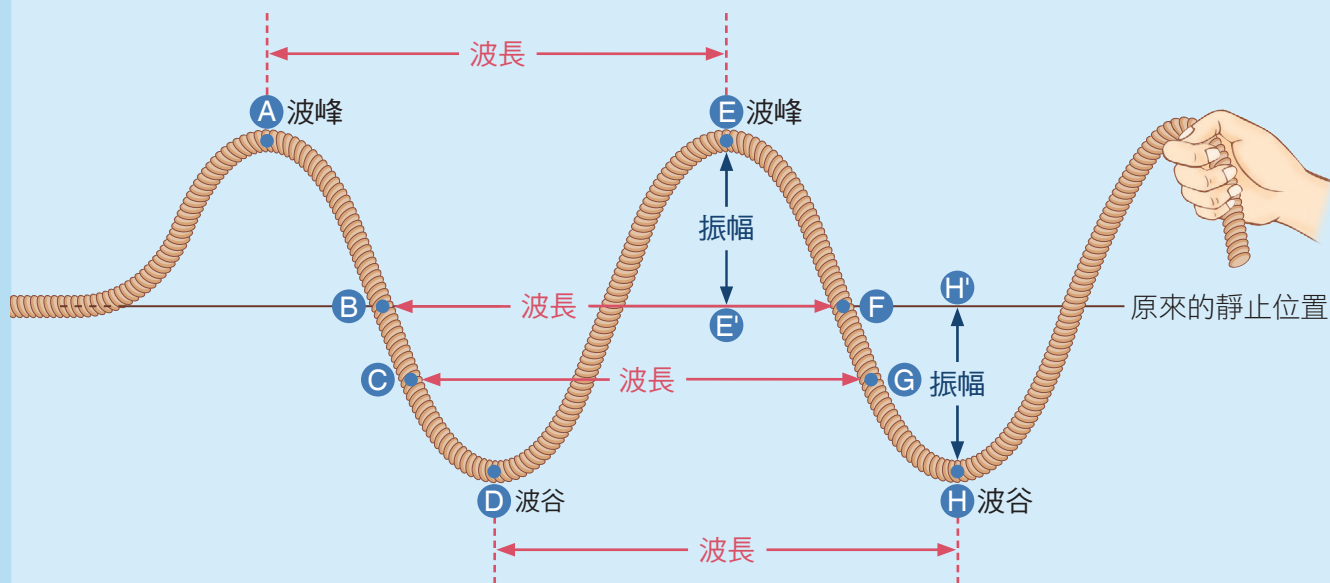
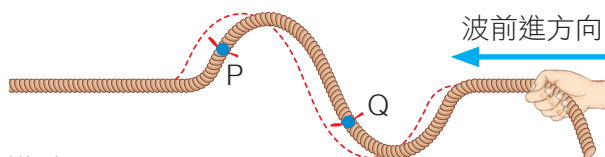


圖3-4 橫波構造與波長示意圖

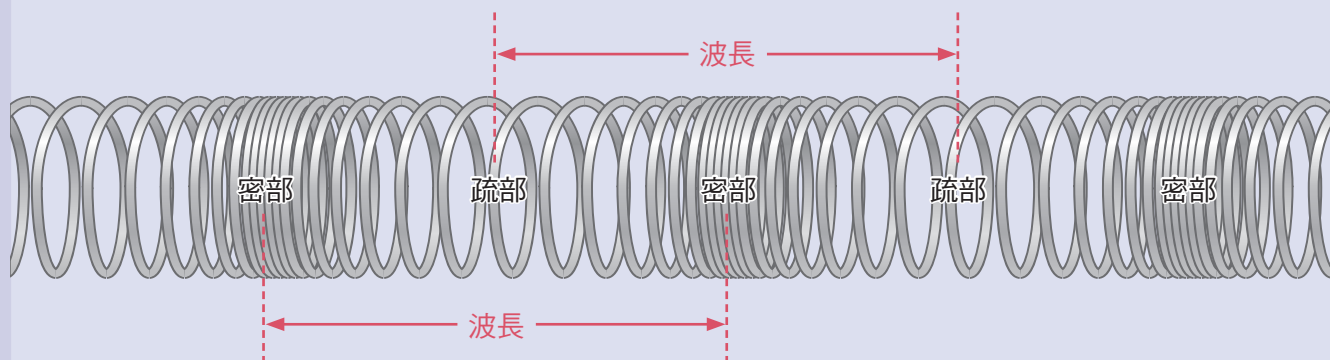


圖3-5 縱波構造與波長示意圖

3 週期與頻率

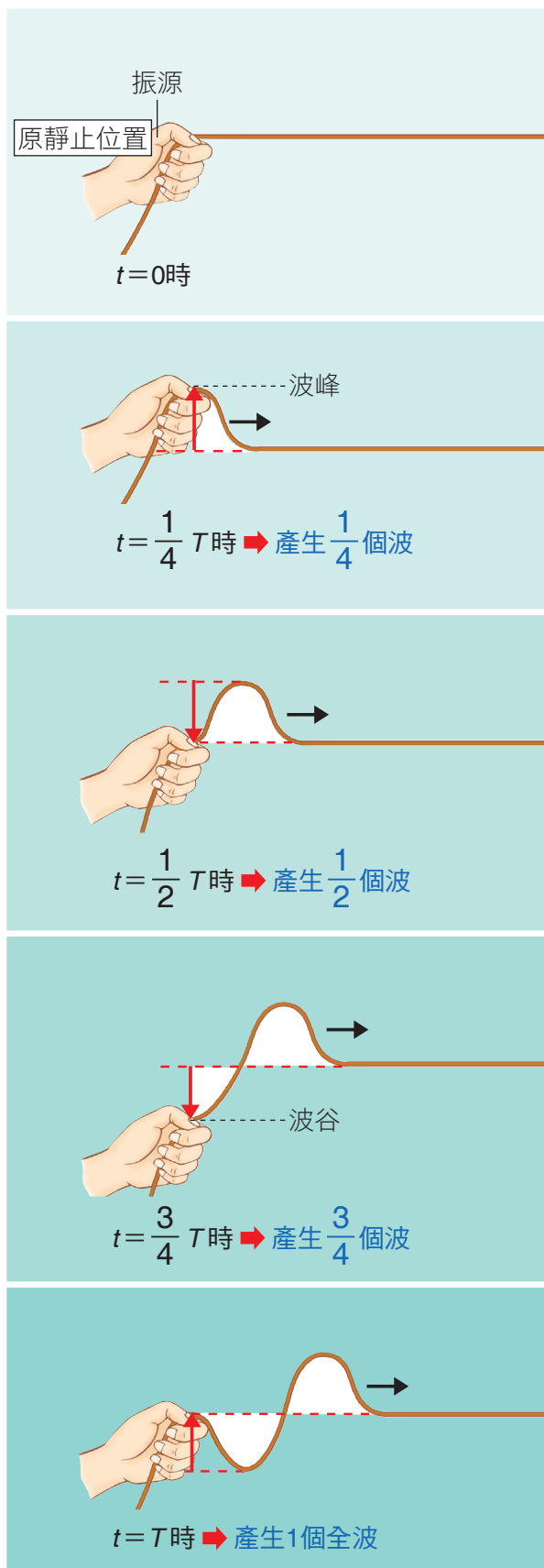
想要描述週期波隨時間變化的規律性，就需知道波形多久會重複一次。如圖3-6所示，當手擺動繩子，由原靜止位置到波峰，再回到原靜止位置，接著到波谷，最後又回到原靜止位置，即可產生一個**全波**。週期波即是由持續規律的擺動所形成，而產生一個全波所需的時間稱為波的**週期**，以 T 表示，單位為秒。在一週期的時間內，波前進的距離恰為一個波長。

振源或介質在每一秒內振動的次數，稱為波的**頻率**，以 f 表示，單位為 $1/\text{秒}$ ，稱為**赫茲**（Hz），簡稱為**赫**。若某介質在每一秒內完整振動5次，則其振動頻率為5赫，而該介質在每一次完整振動所需的時間為 $\frac{1}{5}$ 秒。可知頻率與週期互為倒數，其關係式為：

$$\text{頻率} = \frac{1}{\text{週期}} \quad (f = \frac{1}{T})$$

知識快遞

德國物理學家赫茲（Heinrich Hertz，西元1857～1894年）於西元1887年首先用實驗證實了電磁波的存在，並於隔年發表論文。因他對電磁學有重大貢獻，故頻率的國際單位「赫茲」，便是以他的名字命名。



► 圖3-6 振源來回完整振動一次可產生一個全波。

4 波速

通常描述跑步快慢時用的速率，是以行進距離除以經歷時間來表示。同樣的，波前進的快慢也是以波前進的距離除以所需要的時間來表示；當波前進一個波長 λ 的距離時，所需要的時間剛好是波的一個週期 T ，因此，將波長除以週期即為**波的傳播速率**，也就是**波速**，常以 v 表示，常用單位為公尺／秒或公分／秒。波速的公式可表示如下：

$$\text{波速} = \frac{\text{波長}}{\text{週期}} = \frac{1}{\text{週期}} \times \text{波長} = \text{頻率} \times \text{波長}$$

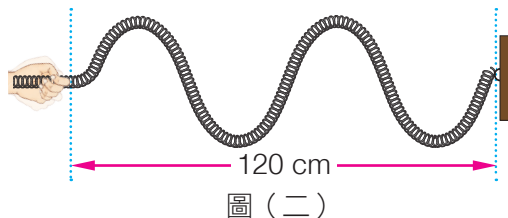
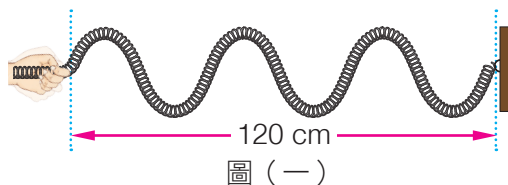
$$(v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1}{T} \times \lambda = f \times \lambda)$$

波速的快慢與介質的種類和狀態有關，下一節中我們將會進一步介紹。

例題3-2

頻率、週期與波速

手持彈簧一端，每秒上下振動彈簧3次，呈現的波如圖（一）所示。若改以每秒上下振動彈簧2次，則呈現的波如圖（二）所示。請完成下表：



性質 \ 波	圖（一）	圖（二）
頻率（赫）		
週期（秒）		
波長（公分）		
波速（公分／秒）		



自然暖身操 解答

雖然石頭落入水中所形成的水波向外擴展，但是水只會在原地振動，不會隨著水波向外擴展，因此無法將球推回岸邊。

自然暖身操



知識快遞

西元1711年英國人蕭耳（John Shore，西元1662~1752年）發明音叉。音叉是由彈性金屬（大多為鋼）製成，末有一柄，兩端分叉，形如字母「U」。每一個音叉擁有一固定的基本振動頻率，受到敲擊後能發出固定的音高。而它發出的音高是由它分叉部分的長度決定，目前440赫（中央C上的La）的音叉最常為音樂家使用，長久以來被作為樂團的調音標準。

1 聲波的產生

生活中，我們能聽見各式各樣的聲音，聲音到底是如何產生的呢？讓我們進行以下探索活動來了解。



探索活動 產生聲音的條件

1. 將一支音叉靠近耳朵，你是否聽到音叉發出的聲音？
2. 以小槌敲擊音叉，再將音叉靠近耳朵（圖3-7），你是否聽到音叉發出的聲音？
3. 將敲擊過的音叉迅速倒置，使其頂部略微浸沒於裝水的水槽中（圖3-8），觀察水面的變化。
4. 以小槌敲擊過音叉後再用手握住，並將音叉靠近耳朵，你是否聽到音叉發出的聲音？手握住音叉時有什麼感覺？
5. 總結以上結果，推測要聽到音叉的聲音，必須有什麼條件？



▲ 圖3-7 聆聽小槌敲擊音叉後，音叉發出的聲音。



▲ 圖3-8 觀察敲擊過的音叉放入水中後，水面的變化。

在探索活動中，當敲擊音叉使其振動時，不但會發出聲音，也可以使水槽內的水跟著振動而濺起水花（圖3-9）；但當用手握住被敲擊後的音叉時，音叉會停止振動，所發出的聲音也消失了。因此我們可以知道，物體須振動才能產生聲音。

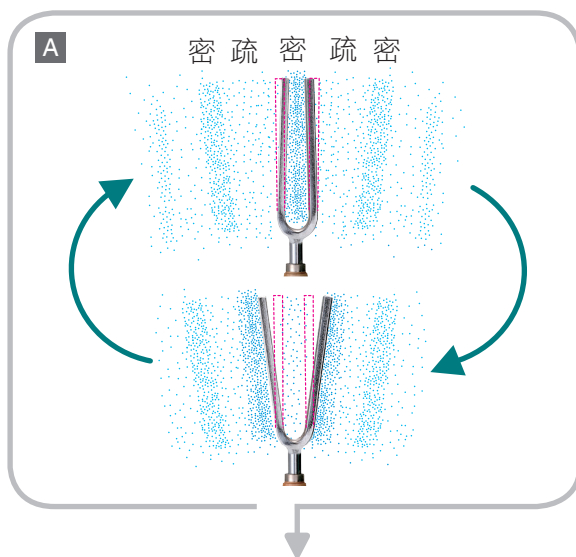
2 聲波的傳播方式

物體振動後，又是如何將聲音傳播到我們的耳朵呢？如圖3-10A所示，音叉在空氣中以某一頻率振動時，會使它周圍的空氣以相同頻率被擠壓或擴張，從而出現疏密相間的波動，所以在空氣中傳播的聲波屬於縱波。而此波動經由空氣傳入耳中時，會使耳膜產生振動，再經由聽神經傳到大腦，產生聽覺（圖3-10B）。

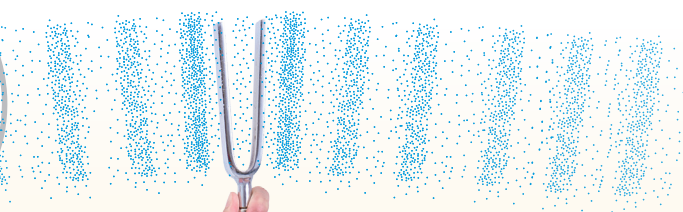


圖3-9 振動的音叉使水振動並濺起水花。

圖3-10 聲波的傳播與聽覺的產生



B



聲音是向四面八方傳播的喔！

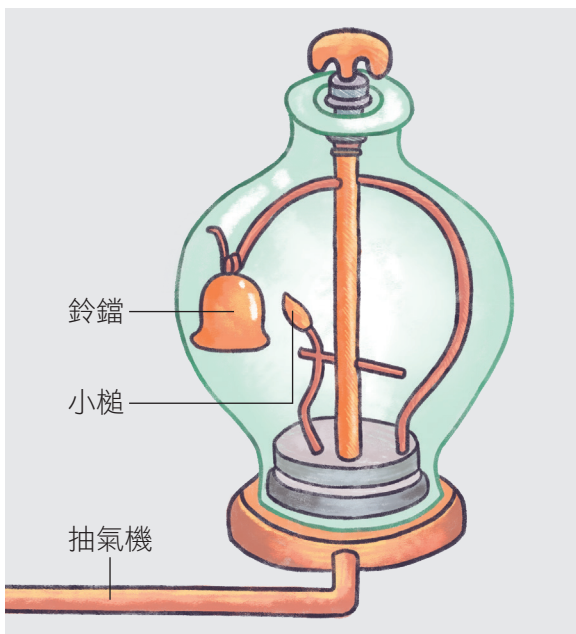




▲ 圖3-11 耳朵貼在門上，可以透過門板聽見敲門聲。



▲ 圖3-12 水上芭蕾舞者可以隨水底揚聲器所播放的音樂起舞。



▲ 圖3-13 波以耳的實驗裝置，以抽氣機將密閉玻璃罩內的空氣抽出，鈴聲就消失了。

3 聲波在介質中傳播

聲波能在空氣中傳播，也能在固體和液體中傳播。例如當我們將耳朵貼在門上，同時另一位同學在門外輕敲，我們可透過門板聽見聲音（圖3-11）；而水上芭

蕾的舞者可以隨著水底揚聲器所播放的音樂起舞（圖3-12）。若在沒有介質的真空中，聲音還是可以傳播嗎？十七世紀時，英國科學家波以耳（Robert Boyle，西元1627～1691年）在虎克（Robert Hooke，西元1635～1703年）的協助下發明了抽氣機，並將其接在一個裝有鈴鐺的容器上，如圖3-13的實驗裝置，結果發現原本在容器內叮噠作響的鈴鐺聲，隨著空氣慢慢被抽走，鈴聲越來越小，直至空氣幾乎被抽完時，就幾乎聽不見鈴聲了。由此可知，因為沒有空氣作為介質，鈴聲便無法從玻璃罩內傳出，證明聲波的傳播需要介質，是一種力學波。



動腦時間

在描述銀河系的科幻電影星際大戰中，常可聽見轟隆隆的爆炸聲。試想在沒有空氣的太空中，可不可能聽得到爆炸聲？主角若趴在缺乏大氣層的外星球地面上，是否可以聽見外星人走動的聲音？為什麼？

4 聲波的傳播速率

波速的快慢通常是由介質的種類和狀態決定，也就是說聲波在不同介質中的傳播速率不相同。如表3-1所示，20℃時，聲波在固體中傳播速率最快，其次是液體，在氣體中傳播最慢。

此外，介質的溫度、溼度和密度等因素，也會影響聲速；以空氣中的聲速為例，當空氣的溫度越高時，聲速越快。風向也會影響聲速快慢，順風聲速較快；逆風聲速較慢。

表3-1 20℃時，聲波在不同介質中的傳播速率			
介質	空氣（氣體）	水（液體）	鋼鐵（固體）
速率 v (m/s)	343	1482	5200

例題3-3

聲波的傳播

同學們正在課堂上討論聲波的性質，關於他們的敘述，正確的請在方框中打✓，錯誤則打×，並修正敘述。

☐ 聲音是由物體振動所產生的。

☐ 聲波傳播的方向和空氣振動的方向平行。

☐ 在空氣中傳播的聲波屬於橫波。

☐ 在沒有空氣的外太空中，聲音還是可以正常傳播。

☐ 地板可以傳遞聲音，而且傳播速率比在空氣中快。

知識快遞

在0℃、乾燥無風的空氣中，聲速約為331公尺 / 秒；空氣溫度每上升1℃，聲速約增加0.6公尺 / 秒。若 T ℃ 表示氣溫，而 v 表示在 T ℃ 時的聲速（單位為公尺 / 秒），其關係式為：
 $v = 331 + 0.6T$ 。

自然暖身操 解答

蚊子所發出的「嗡嗡」聲，是來自於蚊子飛行時，翅膀振動空氣所發出的聲音，故蚊子停在牆上，翅膀停止振動時，就不會發出聲音。

自然暖身操



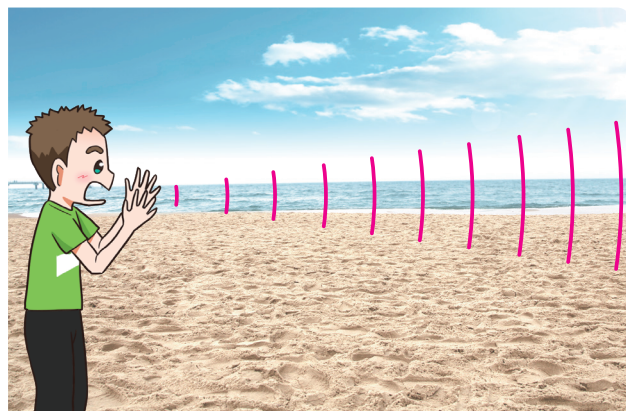
1 聲波的反射

波在前進時遇到障礙物，會有返回原介質的現象，稱為波的**反射**。聲波遇到障礙物時也會發生反射現象，反射回來的聲波稱為**回聲**或**回音**。例如在浴室發出的聲音會比在空曠的海邊響亮，因為聲音在浴室遇到牆壁反射而產生回聲，部分回聲和原聲重疊，使聲音變得響亮（圖3-14A）；而空曠的海邊障礙物較少，回聲較弱，也較不易重疊，因此聲音較不響亮（圖3-14B）。

▼ 圖3-14 浴室與海邊回聲強弱示意圖



A 浴室空間小，聲波易遇到障礙物產生反射，產生的回聲使聲音響亮。



B 海邊空曠，聲波不易遇到障礙物產生反射，聲音較不響亮。

2 聲波反射的應用

生活中有些物品的設計，即是利用聲波反射的原理。例如傳聲筒利用聲波被筒壁反射，將傳播路徑集中在某一方向，因此可使聲音傳播得更遠（圖3-15）。醫生看病使用的聽診器，則利用聲波會沿著聽診器細管內壁不斷反射的原理，減少聲波能量散失，而使醫生耳朵能接受到較大的音量，以了解病情（圖3-16）。

知識快遞

聲納，是英文縮寫Sonar的音譯，其英文全稱為「Sound Navigation And Ranging」（聲音導航與測距）。



圖3-15 傳聲筒及其原理示意圖

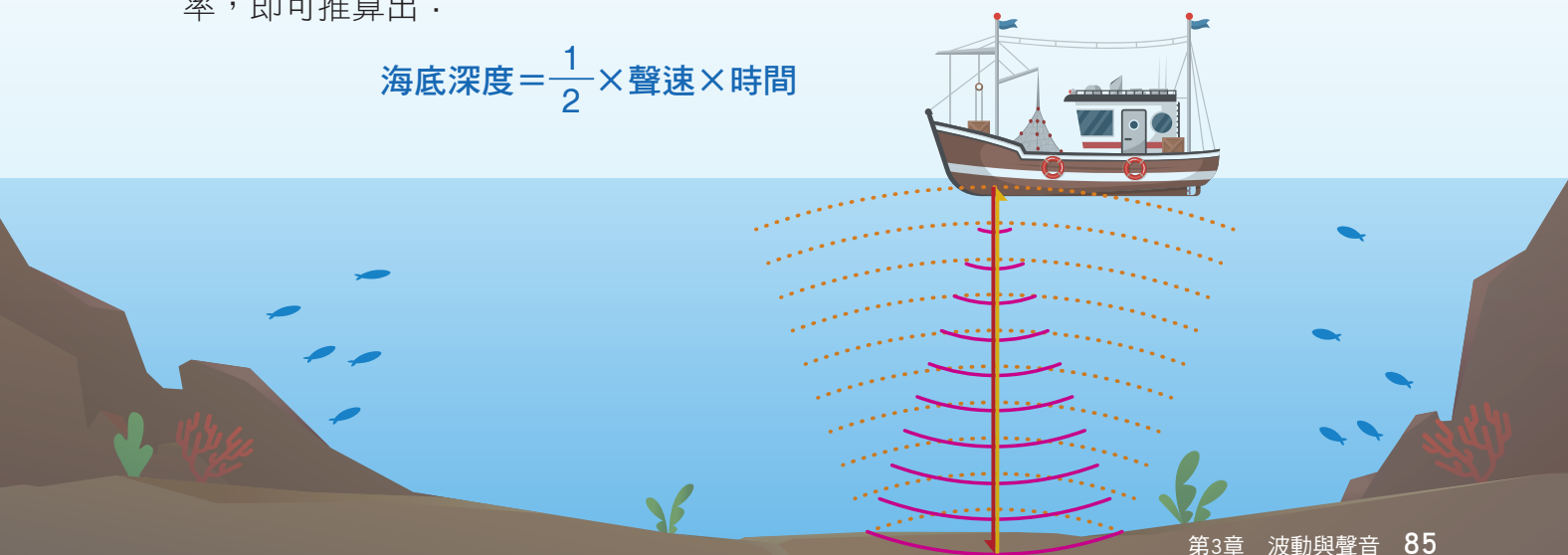


圖3-16 聽診器及其原理示意圖

船艦上的聲納也是利用聲波反射的原理，來探測海底深度與魚群、潛水艇等的位置。以探測海底深度為例（圖3-17），我們利用聲波從船艦發出至海底，再反射回到船艦上所需的時間，以及聲波在海水中傳播的速率，即可推算出：

$$\text{海底深度} = \frac{1}{2} \times \text{聲速} \times \text{時間}$$

圖3-17 船艦利用聲納探測海底深度。



吸音板的材質多樣，有木質、棉、布、金屬等等。吸音板表面有很多小孔，聲音進入小孔後，便會在結構有點像海綿的內壁中反射，直至大部分聲波的能量都消耗了，就可達到隔音的效果。

例題3-4

聲納的應用

為了在海上航行的安全，人們常用聲納來探測海面下礁石離船的距離，若從發出聲波至接收到海底礁石反射的回聲為止總共經過6秒，且當時海水中的聲速為1500公尺 / 秒，則船隻與海底礁石的距離為多少公尺？

然而，聲波的反射有時候也會造成我們生活上的困擾，例如音樂廳的空間大，發聲體和反射面距離較遠，使得觀眾會同時聽見原聲和回聲，造成干擾。聲波遇到光滑或堅硬的表面時，反射較強；而遇到有孔隙或柔軟的表面時，則易被吸收，使得回聲減弱，因此，透過增加可吸收聲波的設備，例如吸音板、布幔、地毯等，即可減少音樂演奏時受到的回聲干擾（圖3-18）。



動腦時間

當原聲與回聲到達聽者耳朵的時間差大於0.1秒時，聽者才能區別原聲與回聲。若聲速為340公尺 / 秒，則發聲體和反射面至少需距離多少公尺才可能區別原聲與回聲呢？

吸音板

布幔

地毯

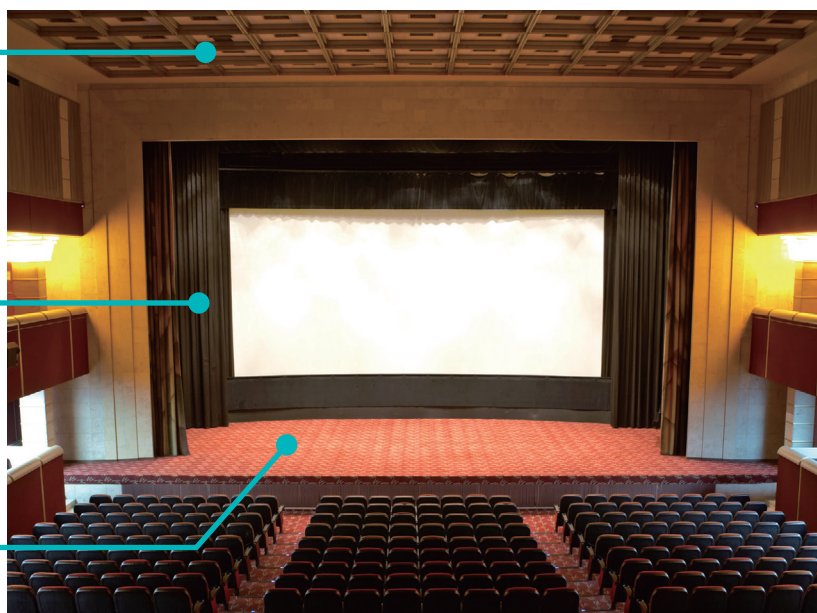


圖3-18 音樂廳吸收聲波的設備

3 超聲波

你知道有些動物發出的聲音是人耳聽不到的嗎？人耳可聽到的聲波頻率範圍大約在20～20000赫之間，這範圍以外的頻率，人類無法聽到。頻率高於20000赫的聲波，稱為**超聲波**或**超音波**。但不論是聲波或超聲波，在同一介質中傳遞時，聲速是相同的。

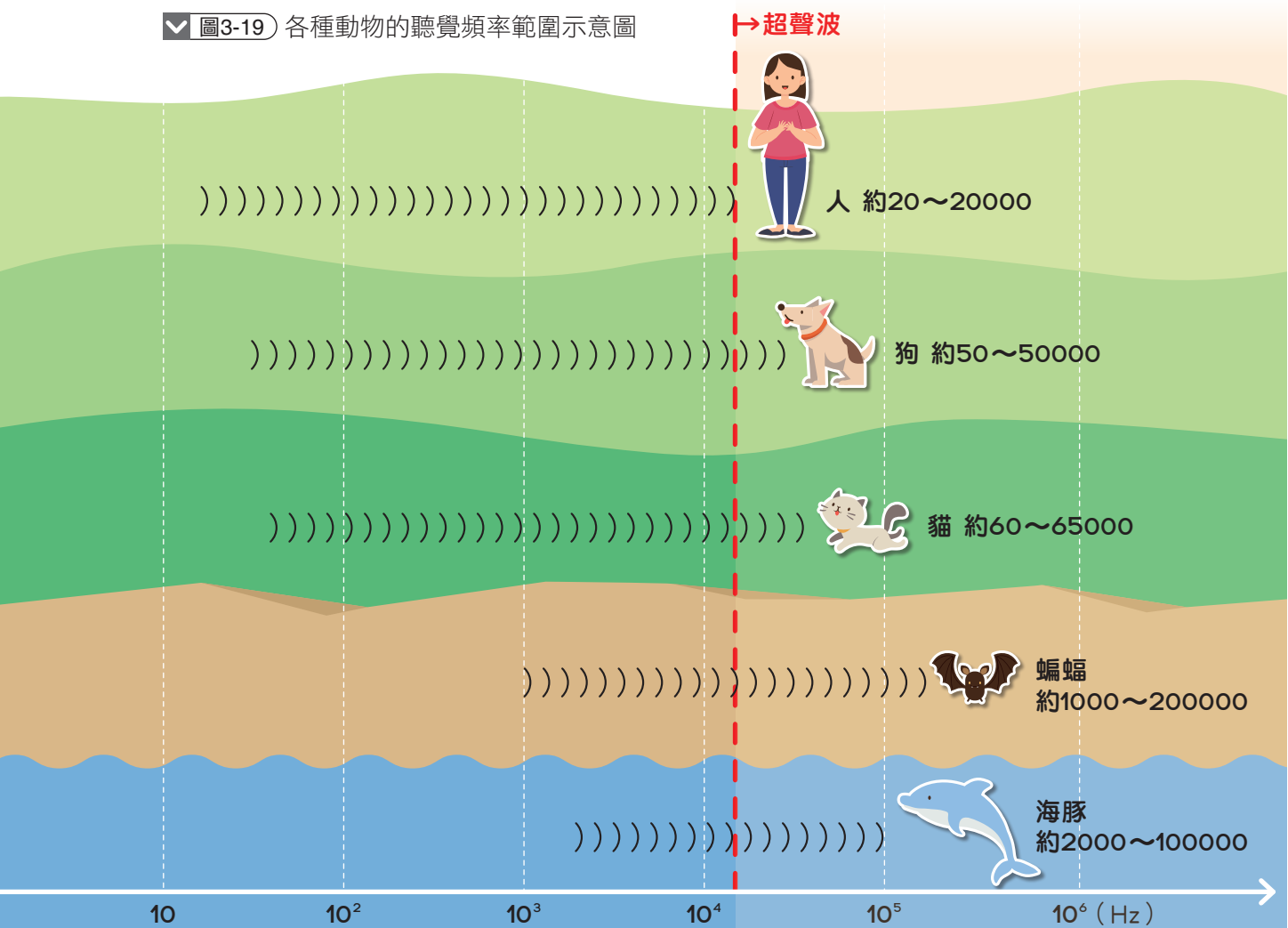
各種動物的聽覺頻率範圍不同，許多動物可以聽見高頻率的聲音，人卻不一定能聽得到。狗、貓、蝙蝠和海豚都可聽到部分超聲波（圖3-19）。



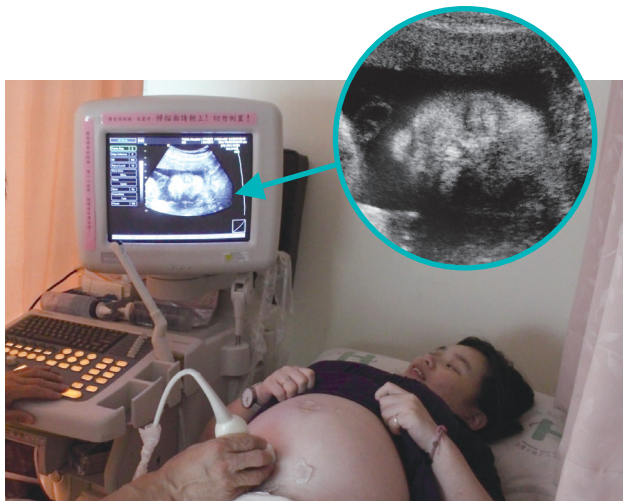
動腦時間

人耳可聽到的聲音頻率範圍約20～20000赫，但當我們拿著小槌以2赫的頻率敲擊音叉時，為何能聽到音叉振動的聲音？

圖3-19 各種動物的聽覺頻率範圍示意圖



超聲波可用來做各種探測，例如用來探測海底地形的聲納，所使用的就是超聲波；醫學上也經常利用超聲波來檢查人體內部，例如用超聲波可以檢查孕婦腹中胎兒的生長情況（圖3-20），應用非常廣泛。此外，超聲波的高頻率振動，可用來清洗浸在溶劑中的物品，例如超聲波清洗機（圖3-21）、超聲波洗衣機等。



▲ 圖3-20 利用超聲波可以檢查孕婦腹中胎兒的生長情況。



▲ 圖3-21 超聲波清洗機可清洗物體表面細縫中的污垢，具有良好的去汙功能。

例題3-5

超聲波

請依據題目的敘述，填入對應的原因。

甲.聲速太快 乙.聲速太慢

丙.頻率太高 丁.頻率太低

(1)我們可聽見蚊子拍翅的「嗡嗡」聲，卻聽不見蝴蝶飛舞時的振翅聲，主要是由於蝴蝶翅膀振動的哪一項特性所致？

(2)醫生常用超聲波替孕婦做產前檢查，工程師也會以超聲波檢測橋梁的安全性，但人類卻聽不到這些「超聲波」，這是因為超聲波具有何種特性？



自然暖身操 解答

小雯發出的聲音向四周傳播，當聲音遇到障礙物會發生反射現象，產生回聲，故小雯會聽見自己的聲音傳回來。

自然暖身操



將直尺的一端放於桌上，一手壓住桌緣處的尺，另一手向下撥動，聽聽看直尺振動的聲音；改變直尺懸空的長度，聲音有什麼變化呢？



音樂可以改變環境的氣氛和人的心情，通常只要是物體規則振動所發出的聲音，讓人覺得悅耳，即可稱為**樂音**。我們要如何描述聲音的不同和變化呢？以下讓我們來了解吧！

5 1 音調與頻率

樂曲有各種不同高低之音階，人耳感受到的聲音的高低稱為**音調**。音調的高低主要與發聲體的振動頻率有關（表3-2），發聲體的振動頻率越高，所發出的音調越高；振動頻率越低，所發出的音調越低。

知識快遞

成年男性說話時，聲帶振動的頻率一般介於85~180赫之間，而成年女性說話時聲帶振動頻率一般介於165~255赫之間，所以女性音調通常會比男性高。一般樂器所發出的聲音頻率約在20到4000赫之間。

表3-2 C大調八音階的各音頻率對照表

唱名	Do (中央C)	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do (高音C)
頻率 (赫)	262	294	330	349	392	440	494	524

而發聲體的振動頻率會隨著發聲體的鬆緊、長短、粗細不同而有差異。通常發聲體越緊、越短、越細時，振動所發出的聲音，頻率越高，音調也越高。以常見的樂器——烏克麗麗為例（圖3-22），烏克麗麗有四根粗細不同的弦，當撥彈緊弦、短弦、細弦時，音調較高；撥彈鬆弦、長弦、粗弦時，音調較低。



弦線與音調

音調高

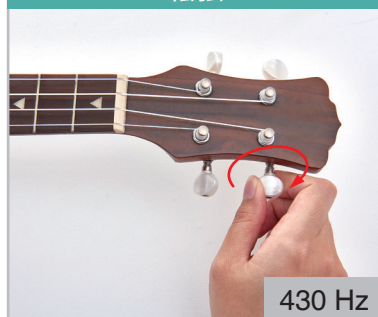
音調低

弦的鬆緊

緊弦



鬆弦



弦的長短

短弦



長弦



弦的粗細

細弦



粗弦



圖3-22 烏克麗麗弦線與音調高低

樂器中的空氣柱長短也會影響音調，例如排簫（圖3-23）是由不同長度的管子所組成的樂器，對著管子開口處吹氣，越短的管子，管內空氣柱越短，吹出的音調越高；反之，越長的管子，吹出的音調越低。



▲ 圖3-23 排簫管內空氣柱的長短會影響吹出的音調。

知識快遞

以「貝」為聲音強度的單位，是為了紀念發明家貝爾（Alexander Graham Bell，西元1847～1922年）。1分貝（dB）等於貝（B）的 $\frac{1}{10}$ ，科學家將人耳所能聽見的最小聲音強度等級定為0分貝，每增加10分貝，強度就增為10倍。

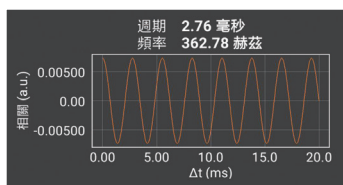
2 響度與振幅

樂曲要能在適當的段落表現出強弱，才能使音樂更加生動，人耳所感受到的聲音響亮的程度稱為**響度**。如果發聲體振動的振幅越大，聲音的強度也越大，則聲音傳到耳膜時所引起的振動就越強烈，我們所感覺到的聲音響度也越大。為了客觀、精確，可以利用分貝計（圖3-24）來測量聲音的強度。科學上常以**分貝（dB）**為單位，來表示聲音強度的等級。



► 圖3-24 分貝計

聲波在空氣中傳播時是縱波，但由於縱波的波形難以用圖片呈現，所以課本圖中的聲波波形是經由科學軟體轉化後的結果。可利用手機下載聲波感測的APP，例如phyphox，測量聲音的頻率、振幅及波形。



觀念速記

聲音的描述

比較項目	描述現象	決定因素	單位
音調	聲音高低	——	赫
響度	聲音強弱	——	分貝
音色	聲音特色	——	——

3 音色與波形

有的時候光聽到聲音，就能猜到是哪位同學在說話，或是辨別什麼樂器在演奏，這是因為不同的發聲體有它獨特的發音特性，此特性稱為**音色**，主要由聲音的**波形**來決定（圖3-25）。

5

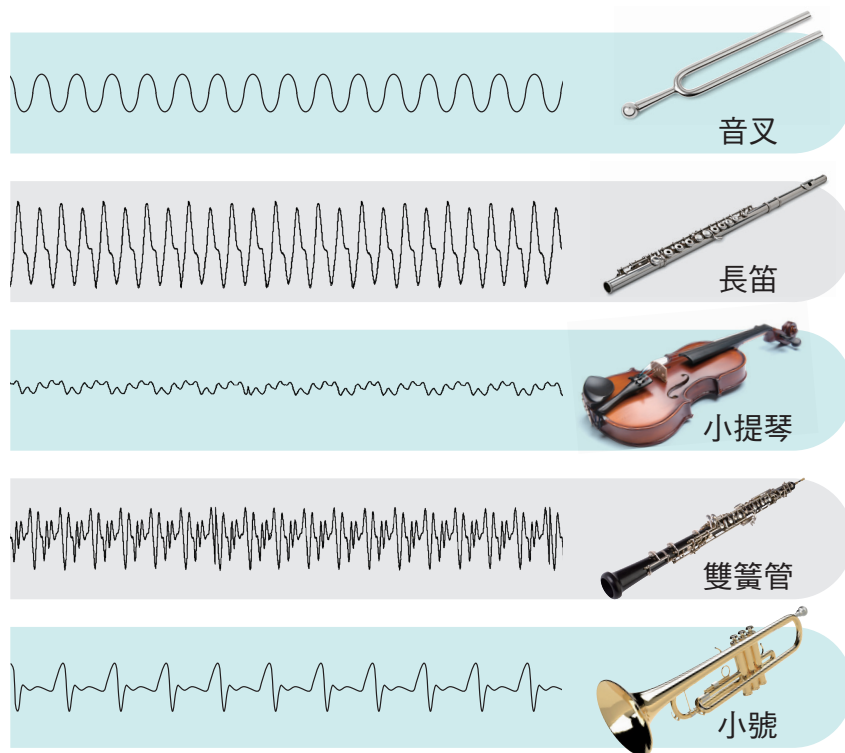


圖3-25 音叉及不同樂器的波形

例題3-6

聲音的描述

在優美的交響樂演奏中，也能發現聲音的奧妙。請依據题目的敘述，填入對應的選項。

甲.振幅 乙.頻率 丙.波速 丁.波形

- (1)聽眾可以聽出鋼琴聲的高低音，主要是因為音調高的琴聲與音調低的琴聲有何不同？
- (2)聽眾可以聽出鼓聲的強弱，主要是因為響度強的鼓聲與響度弱的鼓聲有何不同？
- (3)聽眾可以分辨長笛與小號的聲音，主要是因為兩者的聲音有何不同？

4 噪音

你是否在生活中聽過覺得吵雜且不舒服的聲音呢？這種令人感覺不適的聲音稱為**噪音**，噪音的來源很多，例如汽、機車的引擎和喇叭聲，或工地施工等。

- 5 噪音對心理和生理都有不良影響，通常50分貝以上的聲音會干擾學習，引起些微不舒服；長期處在70分貝以上的環境，會讓人煩躁不安、精神緊張，造成血壓升高和胃潰瘍等症狀，甚至損害聽力（圖3-26）。

- 10 為了減少噪音危害，政府訂有噪音管制法，若製造足以妨害他人生活安寧之聲音者，可由警察機關依法處理。而生活中也可見到降低或監控噪音的設施，例如道路旁的隔音牆、噪音分貝值監控器等（圖3-27）。家中也可裝設隔音窗等設施來減少噪音。此外，我們也應從自我做起，不製造噪音，共同維護環境的安寧。



A 道路旁的隔音牆



B 工地旁的分貝值監控器

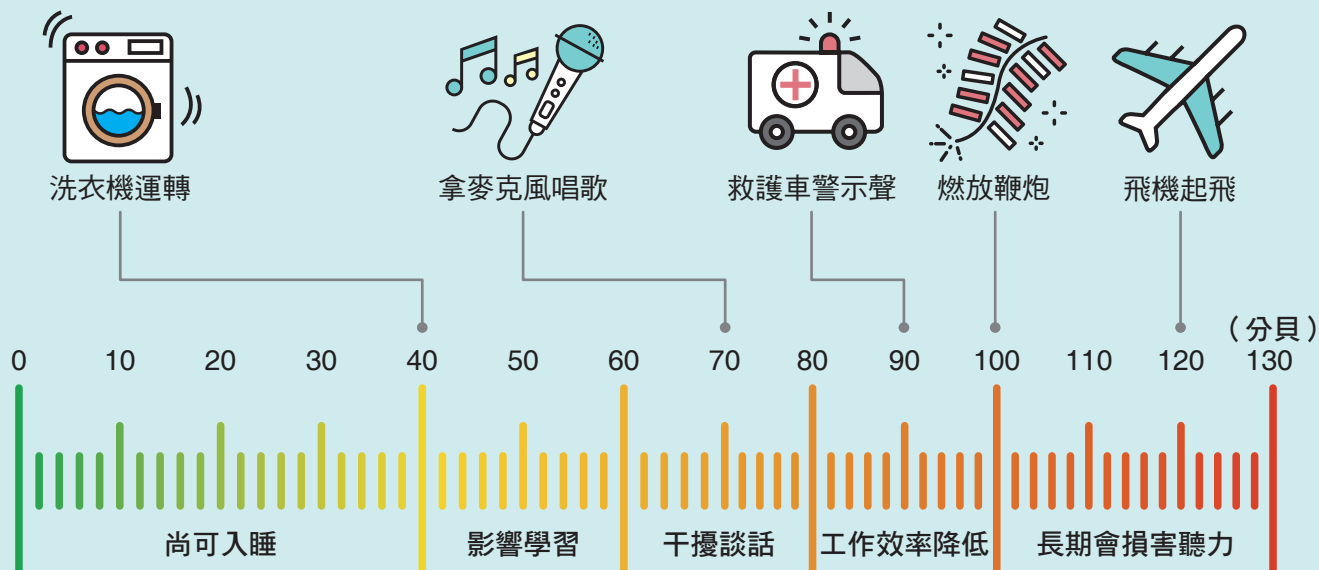
▲ 圖3-27 降低噪音干擾的設施及監控噪音的工具



自然暖身操 解答

直尺懸空的長度越長，音調會越低；反之，直尺懸空的長度越短，音調會越高。

▼ 圖3-26 噪音對於人體健康的影響對照圖



薩克斯風工藝師

「音樂要與人分享，我希望能讓更多人喜歡薩克斯風。」這是薩克斯風職人張宗瑤先生心中所秉持的信念。你知道世界上每三把薩克斯風中，就有一把來自臺灣嗎？讓我們一起來了解薩克斯風的獨特魅力吧！

張宗瑤

- ◆ 張連昌薩克斯風
第三代傳人
- ◆ 張連昌薩克斯風
有限公司董事長



▲ 圖1 張連昌先生（右二）與朋友們組成樂團。

▲ 圖2 張宗瑤先生自創品牌，將臺灣薩克斯風發揚到全世界。



第一代張連昌先生是在什麼契機下開始製作薩克斯風？

我的祖父張連昌先生出生於臺中 后里，年輕時與朋友們組了樂團（圖1），後來，樂團中唯一的薩克斯風不幸在火災中燒毀了，觸動了他想要製造樂器的念頭。

他取得那把燒壞的薩克斯風，自行摸索製造原理，花了三個月的時間，將所有零件細細描繪成圖，完成設計。此外，製造薩克斯風還需要銅、錫、銀等金屬，在那個物資匱乏的年代，他憑著一股傻勁四處張羅材料，以盡善盡美的精神做研發，終於打造出第一把臺灣製造的薩克斯風。



您為什麼決定將祖父的手藝傳承下去？

說到傳承祖父的手藝，要講到我小時候的一件趣事。傳統習俗中，出生滿周歲時會舉行「抓周」儀式，很巧的是，當時我就抓到祖父所製造的薩克斯風，這似乎註定了我與薩克斯風的緣分。此外，我也受到父親的影響，父親非常希望能將祖父製作薩克斯風的手藝傳承下去。看著他的堅持與熱情，讓我決定全心投入，將祖父的手藝傳承下去。

從祖父開始到父親，我們都是在幫其他品牌代工生產薩克斯風。而我承接這項手藝後，想要創新突破，把樂器製作技術帶領到一個新的里程碑，因此自創品牌，以祖父的名字命名，紀念他對臺灣薩克斯風的貢獻，並將臺灣薩克斯風發揚到全世界（圖2）。

**Q3**

在製作過程中，哪些因素會影響到薩克斯風的音色？

薩克斯風的管壁長度、管壁厚薄程度、製作時使用的金屬材料等，都會影響到它的音色。

常見的薩克斯風可分為高音、中音、次中音、低音四種（圖3），其管壁長度以高音最短，低音最長。在管壁厚薄程度上，必須恰當，如果太薄，銅片雖然較容易振動及傳導聲音，但是聲音會不夠圓潤；如果太厚，聲音則會不夠清亮。

薩克斯風常用的材質有紅銅、白銅、黃銅，這些是由銅與其他金屬混合而成的材質。紅銅材質的聲音較厚實、低沉；白銅材質的聲音較清亮、圓潤；黃銅材質的聲音則較銳利。各有不同的特色，詮釋出的樂曲也有不一樣的感覺。



高音薩克斯風
（高約70公分）



中音薩克斯風
（高約70公分）



次中音薩克斯風
（高約85公分）



低音薩克斯風
（高約140公分）

▲圖3 常見的薩克斯風

**Q4**

對於想要接觸薩克斯風的學生，該如何挑選一把合適的薩克斯風呢？

吹奏薩克斯風的門檻不高，指法和直笛一樣，難度只比直笛稍難一點。挑選薩克斯風時，試吹很重要，高音和低音要能很好的吹出來，管壁上的音孔按壓要能流暢，且蓋板能完全密蓋住音孔，管壁的厚薄度也要適當。而材質部分則可依照個人的喜好做挑選，紅銅、白銅與黃銅聲音各有其特色，沒有好壞之分。

簡單來說，在吹奏時，如果你覺得你吹出的聲音是舒服好聽的，那這就是一把好的薩克斯風。





3·1 波的傳播

Start

波

波傳播時只傳送能量，
不傳送物質。

依傳播時，
是否需要介質

力學波 | 傳播時需要介質

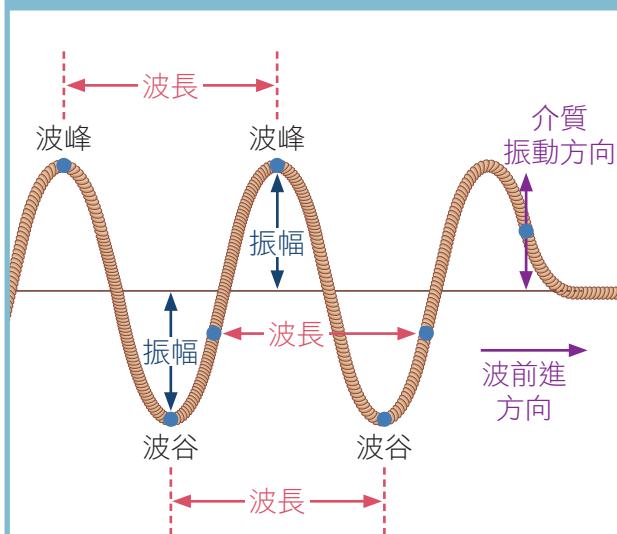
例如：繩波、彈簧波、聲波

非力學波 | 傳播時不需介質

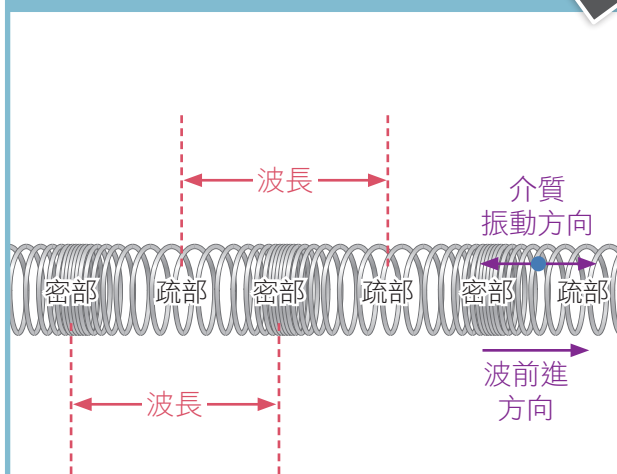
例如：光波、無線電波、微波

依介質振動方向

橫波 | 介質振動方向垂直於波前進方向



縱波 | 介質振動方向平行於波前進方向



傳遞波動的物質
稱為介質。

週期、頻率與波速的關係

$$\text{波速} = \frac{\text{波長}}{\text{週期}} = \text{頻率} \times \text{波長}$$

$$(v = \frac{\lambda}{T} = f \times \lambda)$$

說明 項目	定義	單位
週期 (T)	振源或介質完整振動一次所需的時間。	秒
頻率 (f)	振源或介質在每秒內完整振動的次數。	$\frac{1}{\text{秒}}$ 、赫 (Hz)

頻率與週期互為
倒數關係：

$$\text{頻率} = \frac{1}{\text{週期}}$$

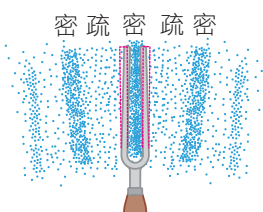
$$(f = \frac{1}{T})$$

3·2 聲波的產生與傳播

聲波產生的條件

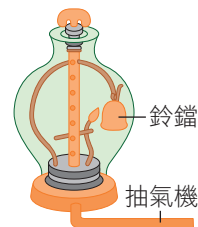
1. 物體發生振動

音叉振動時，周圍的空氣會以相同頻率被擠壓或擴張，做疏密相間的振動。



2. 有傳播聲波的介質

以抽氣機將玻璃罩內的空氣抽出成真空狀態，將聽不見鈴聲。



介質與波速的關係

介質種類	聲波在介質中的傳播速率	固體 > 液體 > 氣體
介質狀態	溫度、溼度、密度	空氣溫度越高，聲速越快

介質的種類與狀態都相同時，聲波傳播速率皆相同喔！



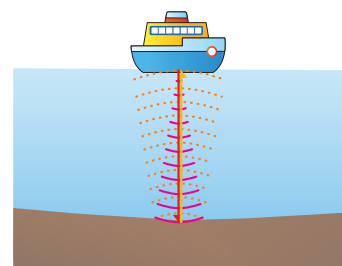
3·3 聲波的反射與超聲波

聲波的反射

定義	波在前進時遇到障礙物，會有返回到原介質的現象，稱為波的 反射 ；聲波遇到障礙物時也會發生反射現象，反射回來的聲波稱為 回聲 。
應用	1. 傳聲筒和聽診器 2. 聲納 3. 光滑或堅硬的表面，易反射聲波；有孔隙或柔軟的表面，不易反射聲波，可用於減少回聲的干擾。

聲納

船艦用來探測海底深度或魚群位置的聲納，是利用超聲波特性設計的一種儀器，利用聲波的反射原理，可測量船艦到障礙物的距離。



超聲波

定義	人耳的聽覺頻率範圍約在20~20000赫之間，高於20000赫的聲波稱為 超聲波 。狗、貓、蝙蝠和海豚可以聽到部分的超聲波。
應用	1. 聲納 2. 醫學上利用超聲波來檢查人體內部。 3. 超聲波清洗機

3·4 多變的聲音

聲音的描述

描述聲音的方式	描述現象	單位	決定因素	
音調	聲音的高低	赫 (Hz)	頻率	樂器的弦線越緊、越短、越細，或空氣柱越短，音調越高。
響度	聲音的強弱	分貝 (dB)	振幅	發聲體的振幅越大，響度越大。
音色	聲音的特色		波形	聲音的波形不同，音色也不同。

噪音

令人感覺不適的吵雜聲音，稱為噪音。生活中可利用隔音設備，減少噪音的影響。

