

聲波的楊氏條紋

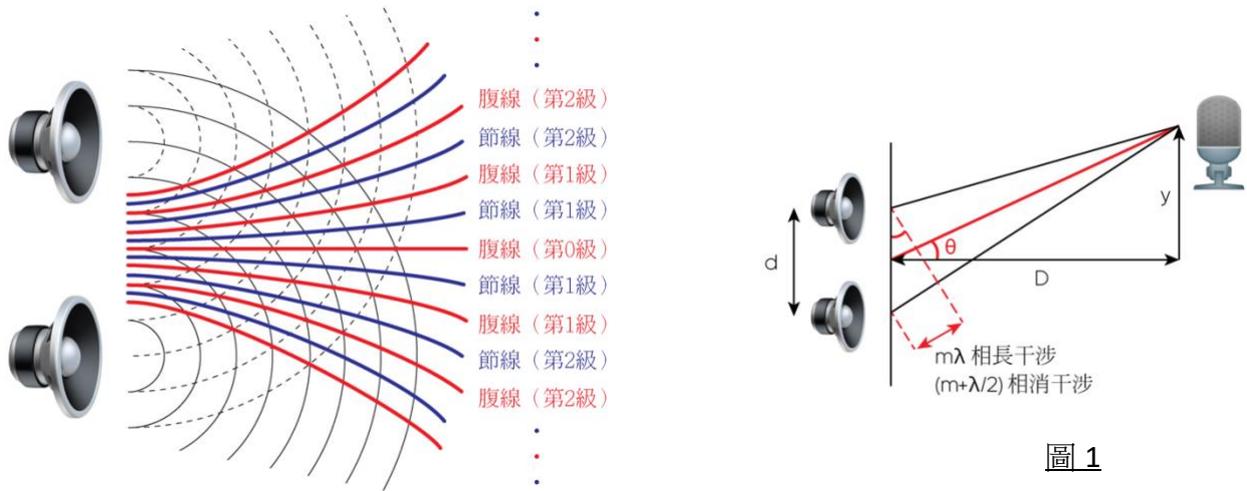


圖 1

目的

運用流動裝置的聲音產生器及聲音分析器，觀察由兩個均勻聲波產生的干涉模式，從而找出聲波的波長及傳播速度。

理論

- 波擁有一些共通的特性，包括干涉、反射、折射及繞射，此實驗將運用干涉特性尋找聲音於空氣中的波長和速度。
- 疊加原理指出空間裡每一點的合成波是其構成波的矢量和。
- 由兩點聲源發出的均勻聲波在空間中傳播和干涉，在每個平面之上的特定間距產生相長干涉和相消干涉，於是產生梅花間竹的最大振幅和最小振幅，就是音波的「楊氏條紋」。
- 如圖 1 所示，在腹點上可以觀察最大振幅，腹點連結成腹線；而在節點上可以觀察最小振幅，節點連結成節線。
- 我們可以利用數學分析音波干涉產生的楊氏條紋，圖 1 表示了干涉效應的產生原理， d 是兩個聲音源的距離， D 是聲音源的中間點與觀察平面的距離，兩者的單位均為米(m)。
- 波程差是指兩個採取特定路徑的波所傳播的距離差，波程差等於 $m\lambda$ 時會衍生腹點(兩個同相聲波互相增強)；波程差等於 $(m+1/2)\lambda$ 時會衍生節點(兩個異相聲波互相抵消)，而 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ 如此類推。
- 運用小角度 θ 的近似化：

$$\tan \theta \approx \sin \theta \approx \theta = \frac{y}{D}$$

- 分析圖 1 的幾何， y 指示各級條紋從中心的距離：

相長干涉(腹點)

$$d \sin \theta = \pm m\lambda$$

$$\rightarrow d \frac{y}{D} = \pm m\lambda$$

$$\rightarrow y = \pm \frac{m\lambda D}{d}$$

相消干涉(節點)

$$d \sin \theta = \pm(m+1/2)\lambda$$

$$\rightarrow d \frac{y}{D} = \pm(m+1/2)\lambda$$

$$\rightarrow y = \pm \frac{(m+1/2)\lambda D}{d}$$

在第 0 級、第 1 級、第 2 級的腹點，和在第 1 級、第 2 級、第 3 級的節點時， $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ 如此類推。

- 利用應用程式“AP-Sensor”裡的聲音產生器，可以產生出指定頻率 f 的聲波，如情況許可，使用外置擴音器以放大聲量，比純粹使用內置發聲器的效果更好，更容易觀察結果。假設發聲器的正中心是衍生圓形波面的點源。
- 相鄰腹點或節點的距離是 $\frac{\lambda D}{d}$ ，使用應用程式“AP-Sensor”裡的聲音分析器，在特定距離移動該分析器尋找腹點和節點的位置，已知 D 和 d 的數值，於是找出波長 λ 的數值。
- 聲音的傳播速度 v 是以一個波長 λ (以米作單位) 除以一個周期 T (以秒作單位) 計算出的，周期 T 的倒數是頻率 f (以赫茲作單位)。所以波長與頻率方程是

$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

v = 速率； f = 頻率； λ = 波長。

- 聲音的速度可以運用此算式計算出來，文憑試的音速理論值為 340ms^{-1} 。

實驗儀器

- 兩部已安裝“AP-Sensor”應用程式的流動裝置
- 一對擴音器(如適用)
- 一把尺
- 一個連接 3.5mm 音訊插頭的咪高峰(如適用)

實驗設置

如圖 1 所示。注意：此實驗宜於有良好隔音而牆壁不造成顯著回音的空間進行。

實驗步驟

實驗設置(圖 1 及 2)

1. 設置一部已安裝“AP-Sensor”應用程式的流動裝置為聲音產生器，將其連接到兩個發聲器(或擴音器)的中心，分隔為 0.5 米並面向同一方向。
2. 設置一部已安裝“AP-Sensor”應用程式的流動裝置為聲音分析器，將分析器放置於兩個發聲器中心的 1.0 米以外，收音用的咪高峰應垂直指向聲音產生器的平面，亦可以連接 3.5mm 音訊插頭的咪高峰作收音用途，令接收更準確。

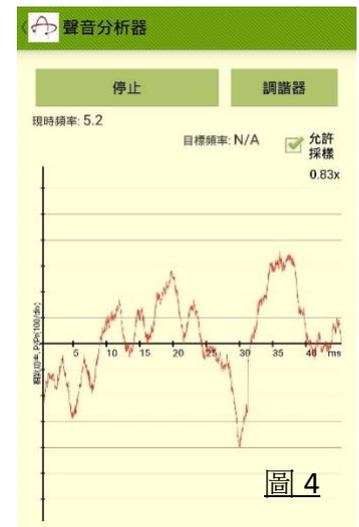


圖 2

尋找節點和腹點的位置

3. 在聲音產生器中，輸入頻率為 2000 赫茲然後按「產生」鍵製造聲波(圖 3)。
4. 在聲音分析器中，按「波形」鍵以顯示接收聲波的波形，用兩指在圖表上輕掃，可放大及縮小圖表至適當比例(圖 4)。
5. 沿著圖 2 所示的「屏幕」緩慢地移動聲音分析器，分析器圖表在節點時的振幅最小，在腹點時的振幅最大，量度並於數據表 1 記錄所有可觀察的節點和腹點的位置 y 。
6. 由此得出相鄰節點或腹點的平均距離，利用公式 $y = \frac{\lambda D}{a}$ 找出波長 λ ，從而計算出實驗所得的聲音傳播速度。
7. 選擇性：用不同頻率 f 、發聲器距離 d 和發聲器與「屏幕」的距離 D ，重複進行實驗並驗證公式中各個參數的關係。

圖 3



數據

頻率 $f =$ _____ 赫茲

發聲器距離 $d:$ _____ 米

發聲器與「屏幕」的距離 $D:$ _____ 米

表 1：不同和諧模式的節點及腹點的位置

和諧模式	腹點從中心點的位置(米)	節點從中心點的位置(米)
第 0 級	0	0
第 1 級		
第 2 級		
第 3 級		
第 4 級		
第 5 級		
第 0 級至第 5 級腹點的平均距離(米)		
波長 $\lambda = \frac{D}{d\Delta y}$ (米)		
音速 $v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$ (米每秒)		

討論

1. 沿著「屏幕」移動聲音分析器，可以觀察到甚麼？
2. 即使在節點，分析器錄得的振幅都不是零，原因為何？此現象對實驗的觀測有何影響？試談談你的看法。
3. 和諧模式的級數愈大，觀察的難度愈高，為甚麼？
4. 表 1 中各個模式的腹點或節點的準確度如何？
5. 表 1 中找尋節點或腹點的平均距離 Δy 有不同做法，例如取第 0 級至第 1、2、3 或 4 級的平均值，結果會否有明顯差別？為甚麼表 1 會建議取第 0 至 5 級的平均值？
6. 空氣中的音速實驗值與公認的值有何差別(文憑試取音速值為 340 米每秒)？有甚麼原因或限制導致此差別？
7. 選擇性：如果用不同頻率 f 、發聲器距離 d 和發聲器與「屏幕」的距離 D ，重複進行實驗，得出的音速值與公認值是否脛合？如果 f 、 d 、 D 極大或極小時，會出現甚麼情況？
8. 選擇性：如果兩個聲音產生器的頻率不同，會出現甚麼現象？