

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組物理科

040120

國立屏東女子高級中學

指導老師姓名

鄭偉文

高千惠

作者姓名

王玟淑

楊乃融

楊雅倫

劉嘉惠

## 目錄

壹、摘要	p.1
貳、研究動機	p.1
參、研究目的	p.1
肆、器材	p.1
伍、研究過程與方法	p.2
陸、研究結果	p.9
柒、討論	p.13
捌、結論	p.14
玖、參考資料	p.14
拾、附錄(原始實驗數據)	p.15

## 壹、摘要

我們營造出聲音繞射的環境後，利用「gold wave 聲音編輯軟體」放音、錄音及頻譜分析的功能，測得聲音經狹縫繞射後的不同偵測位置的聲音響度，再將聲音響度轉換成聲音強度之後，使得聲音具體化，再進一步探討聲音頻率、狹縫寬、狹縫形狀、測點與狹縫距離等因素與聲音繞射的關係。

從實驗中，我們得到聲音和光都具有類似的繞射情形，即光的繞射理論可運用在聲音上，並證明出聲音的繞射隨上段所述各項變因改變而改變。

## 貳、研究動機

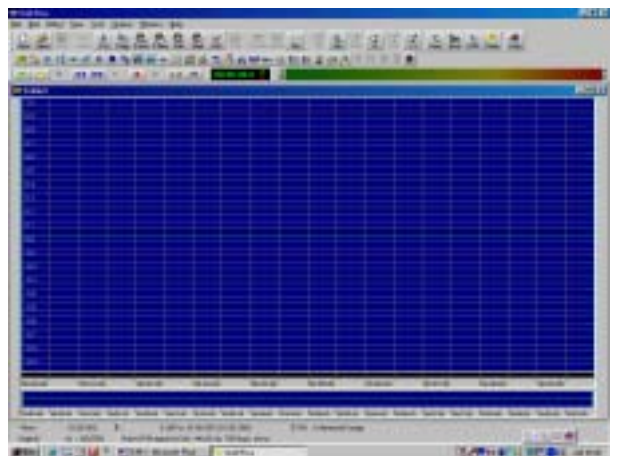
我們的周圍充滿了聲音，地球是一個有聲音的世界。從國中的課程以來，自反射到折射，光與聲一直具有類似的性質。高一時，我們已知道要產生聲音的條件是物體的快速振動與介質，更進一步想要深入了解聲音是否有其他現象嗎？大家應該都聽過「隔牆有耳」吧！是聲音會穿牆嗎？為何隔著牆壁還能聽到聲音，這就是我們所要探討的一聲音的繞射。我們知道光有繞射現象，而我們想要利用光的繞射行為來驗證聲音是否也有繞射現象？又有哪些因素會影響聲音的繞射呢？基於這樣的動機，讓我們擁有想探險的欲望。

## 參、研究目的

- 一、利用光的繞射理論，由簡易實驗的配備以及電腦軟體 gold wave 的使用，以驗證聲音的繞射。
- 二、探討離狹縫相同距離處，其鉛直方向與聲音繞射之關係。
- 三、探討狹縫形狀、大小與聲音繞射之關係。
- 四、探討頻率大小與聲音繞射之關係。
- 五、探討狹縫至收音式麥克風距離與聲音繞射之關係。

## 肆、器材

- 一、電腦三台
- 二、Microsoft Excel. Ink 軟體
- 三、Gold wave 聲音編輯軟體二套
- 四、厚紙箱  $75 \times 45 \times 51 \text{ cm}^3$  二個
- 五、吸音海綿墊數個
- 六、馬糞紙  $48.5 \times 50 \text{ cm}^2$  四張
- 七、直尺 100cm 一支、30cm 二支、15cm 二支
- 八、可調式鐵架二支
- 九、揚聲器一個
- 十、低分貝寬頻收音器一支
- 十一、不透明膠帶、絕緣膠帶
- 十二、溫度計 ( $0^{\circ}\text{C}$ - $100^{\circ}\text{C}$ ) 一支
- 十三、不織布三片



Gold wave 軟體啓用時之介面

## 伍、 研究過程與方法

做一門學問，第一個步驟理所當然要把它的理論了解透徹，並且要有一套可行的方法，讓實驗的數據誤差降到最低。為求數據上的精準，我們運用電腦設備設計一套實驗方式，使聲波透過數據具體化。並將實驗結果圖形比對繞射公式來驗證實驗方法的可行性。

以光的繞射為例，當光源距障礙物（或狹縫）甚遠及障礙物（或狹縫）距觀察位置甚遠時，又稱為遠場繞射，其理論經過簡化，數學式較為簡單。遠場繞射時，光波（此已視為平面波）經過一小狹縫之後，在距狹縫遠處的光屏上的繞射相對強度為

$$I = I_0 \left( \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad (1)$$

$\beta = \frac{1}{2} k b \sin \theta$ 、 $I_0$  為一常數，即為繞射的中央強度、 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  波數， $b$  為狹縫之寬度， $b \sin \theta$  為

光由光源 S 經狹縫兩端 A、B 至光屏 C 上 P 點的光程差，所以  $b \sin \theta = |PA - PB|$ ，如圖（1）

所示

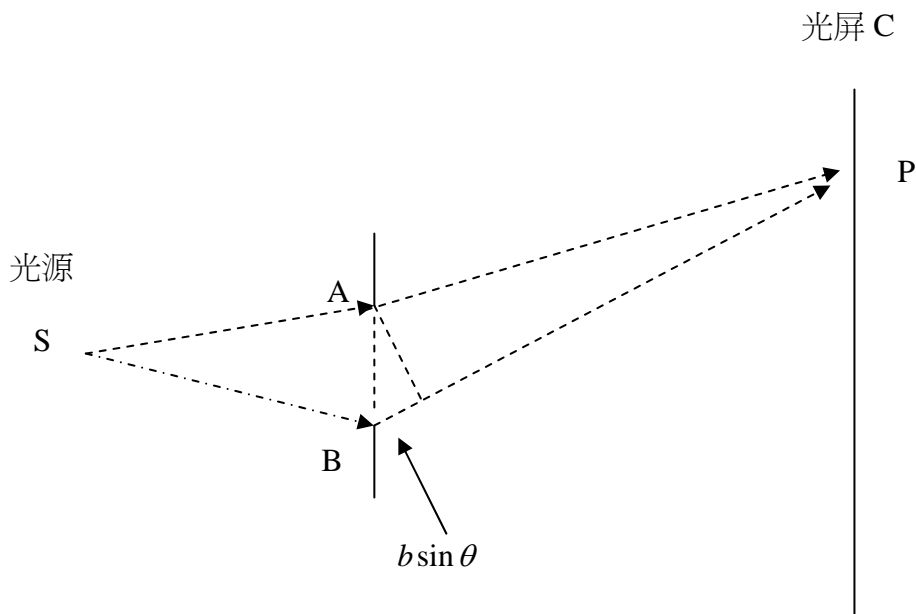


圖 1 AB 為狹縫寬度  $b$ ， $b \sin \theta$  為光由光源 S 經 A、B 至光屏 C 上 P 點的光程差

由第（1）式我們可以知道光屏上觀察點 P 的繞射強度  $I_p$  與繞射的中央強度  $I_0$  的比值，即

$$\frac{I_p}{I_0} = \left( \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad (2)$$

若以中央強度所在位置為座標原點，則（觀察點 P 的繞射強度  $I_p$  與繞射的中央強度  $I_0$  的比值）與觀察點 P 位置之關係圖大致如圖（2）所示

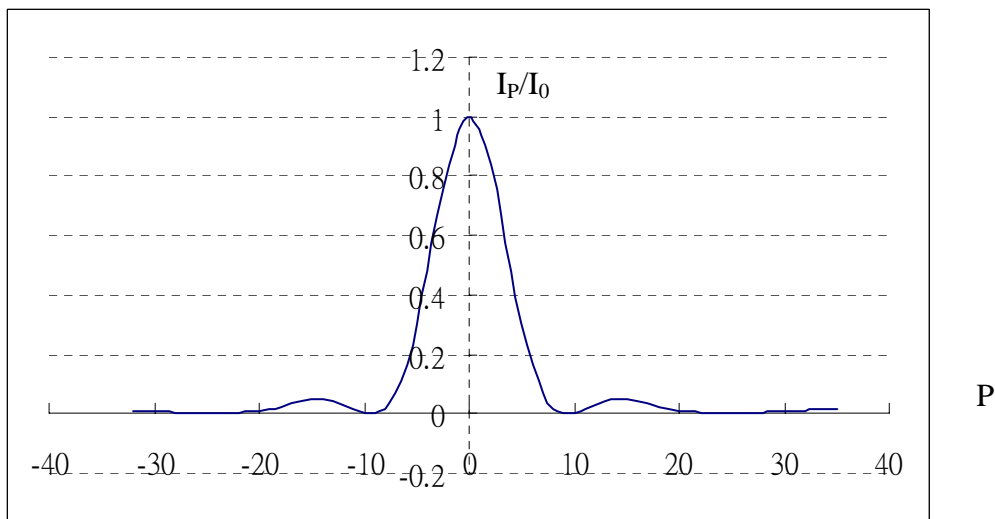


圖 2 （觀察點 P 的繞射強度  $I_p$  與繞射的中央強度  $I_0$  的比值）與觀察點 P 位置之關係圖

其中央亮帶寬為  $\Delta x = \frac{2Z\lambda}{b}$ ， $Z$  為狹縫到屏幕 C 的距離。

若光經過的狹縫形狀為圓形時，則在距狹縫遠處的光屏上的繞射相對強度為

$$I = I_0 \left( \frac{2J_1(\beta)}{\beta} \right)^2 \quad (3)$$

$J_1(\beta)$  稱為第一階貝索函數（Bessel function of first order）

若以中央強度所在位置為座標原點，則（觀察點 P 的繞射強度  $I_p$  與繞射的中央強度  $I_0$  的比值）與觀察點 P 位置之關係圖大致如圖（3）所示

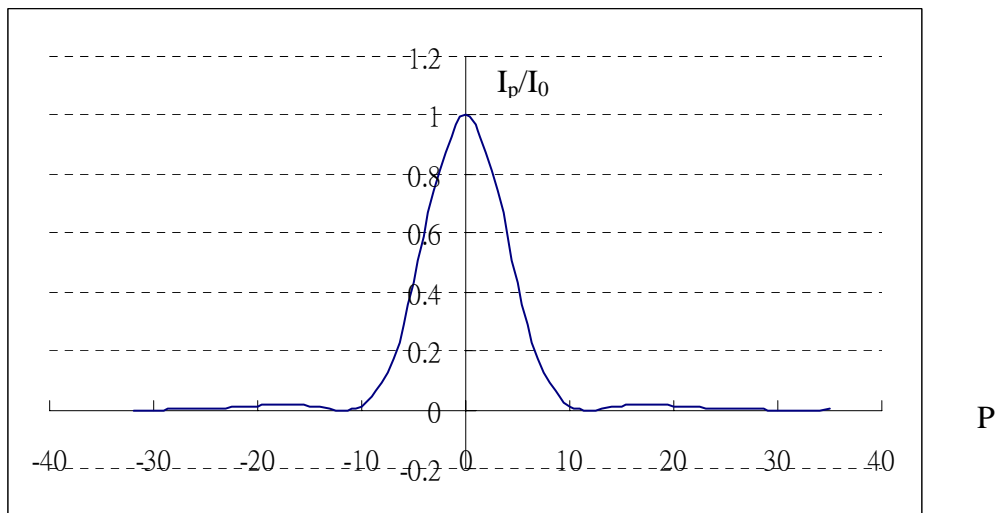


圖 3 （觀察點 P 的繞射強度  $I_p$  與繞射的中央強度  $I_0$  的比值）與觀察點 P 位置之關係圖

若圓形狹縫直徑與方形狹縫的寬相等時，光經圓形狹縫繞射的中央亮帶寬約為光經圓形狹縫繞射的 1.22 倍

繞射是屬於波動的特性，因此當聲波經過一小狹縫之後，會產生『隔牆有耳』的現象之外，應滿足第(1)式及第(2)式，而此時， $I$  為距狹縫遠處的相對聲音強度， $I_0$  為聲音繞射的中央強度，而我們利用麥克風所接收的為聲音的響度值，而聲音的響度  $dB$  與聲音的強度  $I$  滿足

$$dB = 10 \times \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \quad (3)$$

$$\therefore I = 10^{-12} \times 10^{\frac{dB}{10}} \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (4)$$

方法：

為了驗證聲音的繞射，把聲源透過狹縫再經由收音式麥克風在不同測量點來接收，且 gold wave 聲音編輯軟體可分析出聲音不同頻率的響度，再利用 Microsoft Excel. Ink 軟體，把響度(分貝)轉換成物理上有意義的強度。然後控制其聲音波長、狹縫大小、觀測接收點與狹縫之垂直距離等各因素，找出與聲音強度中央極大寬帶之關係，並將結果與繞射理論比較。

過程：

(一) 設置

1. 揚聲器 (如圖 4)

(1) 兩箱頭尾相接橫放桌面，在一箱底中央設置揚聲器，並連接至收音電腦。

(2) 為避免聲音反射干擾，將兩箱箱壁全部以吸音海綿覆蓋。

2. 狹縫 (如圖 5)

(1) 割去前箱底部使兩箱相通，且在箱與箱之間插入割有狹縫之馬糞紙。接著用不透明膠帶將兩個箱子封在一起，膠帶須把箱子邊緣完全密封。

(2) 狹縫需與揚聲器在同一條直線上。

3. 收音器 (如圖 6)

(1) 採用無外殼影響的小型接收器，連接至錄音電



圖 4 揚聲器之裝置



圖 5 不同形狀、大小的狹縫



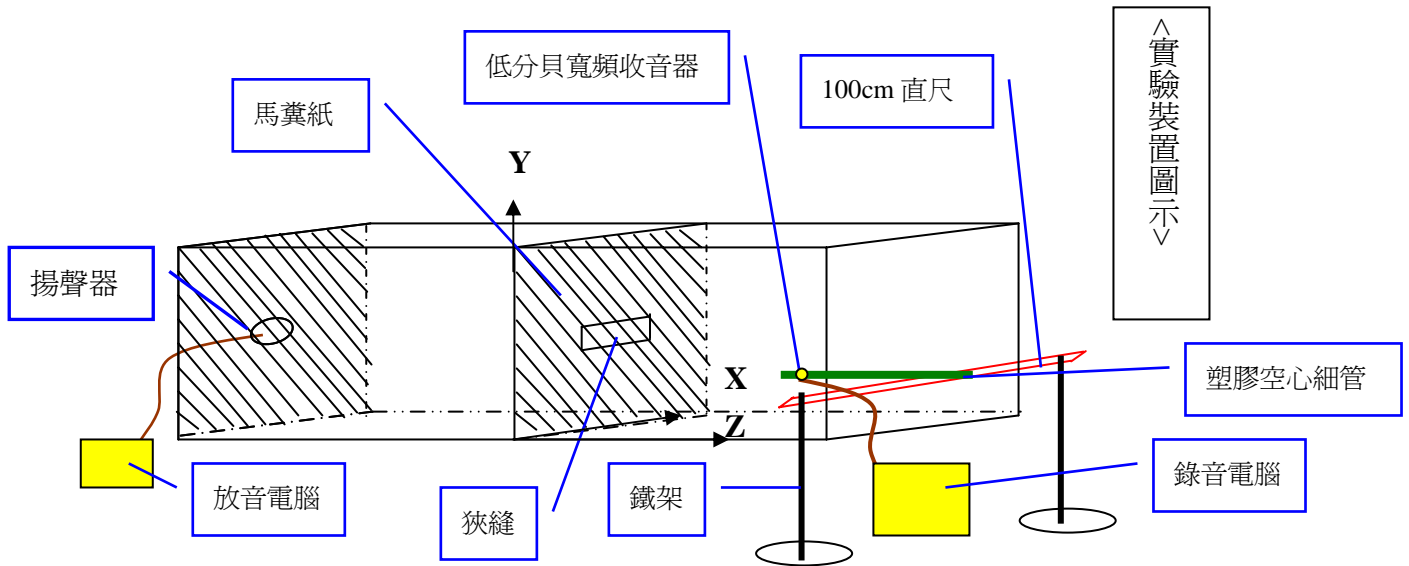
圖 6-1 收音器之裝置



圖 6-2 收音器之裝置

腦。

- (2) 將 100cm 直尺以兩鐵架固定，水平於地板，而在箱子的兩側繪上刻度 4 公分~32 公分，且箱子左側及右側各對準直尺 10 公分、86 公分處。
  - (3) 將收音器固定於 100cm 直尺上，可依直尺刻度調整左右位置。
4. 在測量點後方貼上三塊不織布



實驗裝置圖



## (二) 量測

1. 狹縫中心水平高度  $y=24$  與其他高度之強度比較：(聲音頻率  $f=5000\text{Hz}$ 、狹縫形狀為正方形  $15\times 15\text{cm}^2$ 、狹縫到偵測接收點之垂直距離  $Z=17\text{cm}$ )

- (1) 開啓 gold wave 聲音編輯軟體，編輯出頻率  $5000\text{Hz}$  的聲音。將待測點由直尺上位置  $13\text{cm}$  處逐次移動，每測得一分貝值之後就移動  $1\text{cm}$ ，直到  $80\text{cm}$  停止。將分貝值紀錄在 Microsoft Excel. Ink 軟體，並做出所測得聲音的強度與測點位置之關係圖。
- (2) 找出分貝最大值所對應的  $X$  座標，再鉛直移動其高度  $4\text{cm}\sim 32\text{cm}$ ，即可找出分貝最大值所對應的  $Y$  座標（理論上所測分貝的最大值之位置  $(X, Y)$  應與聲源、狹縫同一直線上）。

- (3) 由最大值所對應的  $Y$  座標  $24\text{cm}$  移動至上移至  $Y=32\text{cm}$ 、下移至  $Y=12\text{cm}$  的位置，重複(1)~(2)步驟。

- (4) 將不同高度 ( $Y=24\text{cm}$ 、 $Y=12\text{cm}$ 、 $Y=32\text{cm}$ ) 所得之聲音的強度與測點位置之關係圖做比較。

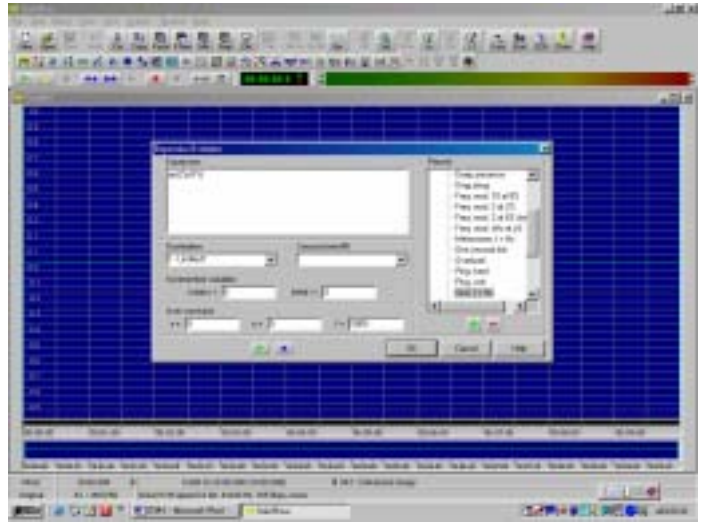
- (5) 將變數狹縫寬  $b=15\text{cm}$ 、 $f=5000\text{Hz}$ 、 $Z=17\text{cm}$  代入公式  $\frac{I_p}{I_0} = \left(\frac{\sin \beta}{\beta}\right)^2$ ，作出繞射之理論圖形，並且與實驗數據 ( $Y=24\text{cm}$ ) 所得之圖形相比較。

2. 不同尺寸之方形狹縫，聲音強度  $I$  與平移位置  $X$  之關係：( $f=5000\text{Hz}$ 、狹縫形狀為正方形、 $Z=40\text{cm}$ 、 $Y=24\text{cm}$ )

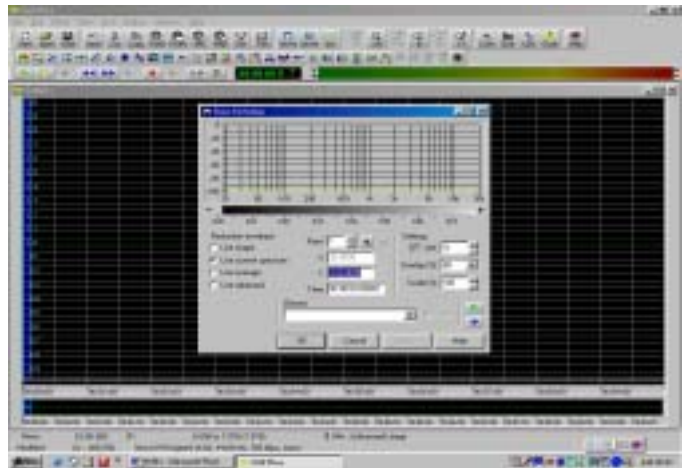
- (1) 開啓 gold wave 聲音編輯軟體，編輯出頻率  $5000\text{Hz}$  的聲音。使用狹縫規格為  $8\times 8\text{cm}^2$  的正方形，待測點由直尺上位置  $13\text{cm}$  處逐次移動，每測得一分貝值之後就移動  $1\text{cm}$ ，直到  $80\text{cm}$  停止。將分貝值紀錄在 Microsoft Excel. Ink 軟體，並做出所測得聲音的強度與測點位置之關係圖。

- (2) 改變狹縫規格為  $10\times 10\text{cm}^2$  以及  $15\times 15\text{cm}^2$  的正方形，重複(1)步驟。

- (3) 將狹縫寬  $8\times 8\text{cm}^2$ 、 $10\times 10\text{cm}^2$ 、 $15\times 15\text{cm}^2$  所得的聲音的強度與測點位置之



使用 gold wave 軟體、設定頻率  $5000\text{Hz}$  之正弦音源時之介面



使用 gold wave 軟體中頻譜分析之介面以找出頻率  $5000\text{Hz}$  之聲音之響度值



關係圖做比較。

- (4) 將變數  $b=8\text{cm}$ 、 $f=5000\text{Hz}$ 、 $Z=40\text{cm}$  代入公式  $\frac{I_P}{I_0} = \left(\frac{\sin \beta}{\beta}\right)^2$ ，作出繞射之理論圖形，並且與實驗數據 ( $8 \times 8\text{cm}^2$ ) 所得圖形相比較。
- (5) 改變變數  $b=10\text{cm}$  及  $b=15\text{cm}$ ，重複(4)步驟，並且與實驗數據 ( $10 \times 10\text{cm}^2$  及  $15 \times 15\text{cm}^2$ ) 做比較。
3. 不同頻率  $f$  下，聲音強度  $I$  與平移位置  $X$  之關係：(狹縫形狀為正方形  $10 \times 10\text{cm}^2$ 、 $Z=25\text{cm}$ 、 $Y=24\text{cm}$ )
  - (1) 開啓 gold wave 聲音編輯軟體，編輯出頻率  $5000\text{Hz}$  的聲音。使用狹縫規格為  $10 \times 10\text{cm}^2$  的正方形，待測點由直尺上位置  $13\text{cm}$  處逐次移動，每測得一分貝值之後就移動  $1\text{cm}$ ，直到  $80\text{cm}$  停止。將分貝值紀錄在 Microsoft Excel. Ink 軟體，並做出所測得聲音的強度與測點位置之關係圖。
  - (2) 改變頻率為  $10000\text{Hz}$ 、 $15000\text{Hz}$ ，重複(1)步驟。
  - (3) 將頻率為  $5000\text{Hz}$ 、 $10000\text{Hz}$ 、 $15000\text{Hz}$  所得的聲音的強度與測點位置之關係圖做比較。
  - (4) 將變數  $b=10\text{cm}$ 、 $f=5000\text{Hz}$ 、 $Z=25\text{cm}$  代入公式  $\frac{I_P}{I_0} = \left(\frac{\sin \beta}{\beta}\right)^2$ ，作出繞射之理論圖形，並且與實驗數據 ( $f=5000\text{Hz}$ ) 所得圖形相比較
  - (5) 改變變數  $f=10000\text{Hz}$  及  $f=15000\text{Hz}$ ，重複(4)步驟，並且與實驗數據  $f=10000\text{Hz}$  及  $f=15000\text{Hz}$  做比較。
4. 改變測量點與狹縫距離  $Z$ ，聲音強度  $I$  與平移位置  $X$  之關係：( $f=5000\text{Hz}$ 、狹縫形狀為正方形  $10 \times 10\text{cm}^2$ 、 $Y=24\text{cm}$ )
  - (1) 開啓 gold wave 聲音編輯軟體，編輯出頻率  $5000\text{Hz}$  的聲音。使用狹縫規格為  $10 \times 10\text{cm}^2$  的正方形，狹縫距離  $Z=25\text{cm}$ ，待測點由直尺上位置  $13\text{cm}$  處逐次移動，每測得一分貝值之後就移動  $1\text{cm}$ ，直到  $80\text{cm}$  停止。將分貝值紀錄在 Microsoft Excel. Ink 軟體，並做出所測得聲音的強度與測點位置之關係圖。
  - (2) 改變狹縫距離  $Z=33\text{cm}$ 、 $Z=40\text{cm}$ ，重複(1)步驟。
  - (3) 將狹縫距離  $Z=25\text{cm}$ 、 $Z=33\text{cm}$ 、 $Z=40\text{cm}$  所得的聲音的強度與測點位置之關係圖做比較。
  - (4) 將變數  $b=10\text{cm}$ 、 $f=5000\text{Hz}$ 、 $Z=25\text{cm}$  代入公式  $\frac{I_P}{I_0} = \left(\frac{\sin \beta}{\beta}\right)^2$ ，作出繞射之理論圖形，並且與實驗數據 ( $Z=25\text{cm}$ ) 所得圖形相比較。
  - (5) 改變變數  $Z=33\text{cm}$  及  $Z=40\text{cm}$ ，重複(4)步驟，並且與實驗數據  $Z=33\text{cm}$  及  $Z=40\text{cm}$  做比較。
5. 圓形狹縫，不同頻率  $f$  下，聲音強度  $I$  與平移位置  $X$  之關係：(狹縫形狀為圓形  $10 \times 10\text{cm}^2$ 、 $Z=25\text{cm}$ 、 $Y=24\text{cm}$ )
  - (1) 開啓 gold wave 聲音編輯軟體，編輯出頻率  $5000\text{Hz}$  的聲音。使用狹縫規格為  $10 \times 10\text{cm}^2$  的圓形，將待測點由  $13\text{cm}$  處逐次移動，每測得一分貝值之後就移動  $1\text{cm}$ ，直到  $80\text{cm}$  停止。將分貝值紀錄在 Microsoft Excel. Ink 軟體，

並且把測點位置與強度的關係製作成圖表。

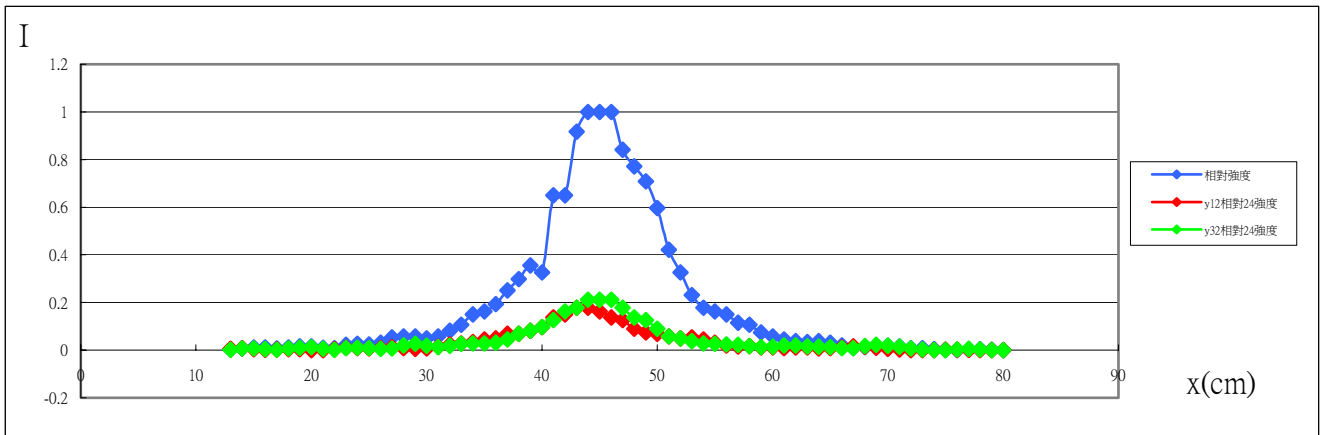
- (2) 改變頻率為 10000Hz、15000Hz，重複(1)步驟。
  - (3) 將頻率為 5000 Hz、10000Hz、15000Hz 所得的聲音的強度與測點位置之關係圖做比較。
  - (4) 將變數  $b=10\text{cm}$ 、 $f=5000\text{Hz}$ 、 $Z=25\text{cm}$  代入公式  $\frac{I_p}{I_0} = \left(\frac{\sin \beta}{\beta}\right)^2$ ，作出繞射之理論圖形，並且與實驗數據 ( $f=5000\text{Hz}$ ) 所得圖形相比較。
  - (5) 改變變數  $f=10000\text{Hz}$  及  $f=15000\text{Hz}$ ，重複(4)步驟，並且與實驗數據  $f=10000\text{Hz}$  及  $f=15000\text{Hz}$  做比較。
6. 圓形狹縫，改變測量點與狹縫距離  $Z$ ，聲音強度  $I$  與平移位置  $X$  之關係： $(f=5000\text{Hz}$ 、狹縫形狀為圓形  $10 \times 10\text{cm}^2$ 、 $Y=24\text{cm}$ )
- (1) 開啓 gold wave 聲音編輯軟體，編輯出頻率 5000Hz 的聲音。使用狹縫規格為  $10 \times 10\text{cm}^2$  的圓形，狹縫距離  $Z=25\text{cm}$ ，將待測點由 13cm 處逐次移動，每測得一分貝值之後就移動 1cm，直到 80cm 停止。將分貝值紀錄在 Microsoft Excel. Ink 軟體，並且把測點位置與強度的關係製作成圖表
  - (2) 改變狹縫距離  $Z=33\text{cm}$ 、 $Z=40\text{cm}$ ，重複(1)步驟。
  - (3) 將狹縫距離  $Z=25\text{cm}$ 、 $Z=33\text{cm}$ 、 $Z=40\text{cm}$  所得的聲音的強度與測點位置之關係圖做比較。
  - (4) 將變數  $b=10\text{cm}$ 、 $f=5000\text{Hz}$ 、 $Z=25\text{cm}$  代入公式  $\frac{I_p}{I_0} = \left(\frac{\sin \beta}{\beta}\right)^2$ ，作出繞射之理論圖形，並且與實驗數據 ( $Z=25\text{cm}$ ) 所得圖形相比較。
  - (5) 改變變數  $Z=33\text{cm}$  及  $Z=40\text{cm}$ ，重複(4)步驟，並且與實驗數據  $Z=33\text{cm}$  及  $Z=40\text{cm}$  做比較。
7. 比較實驗 3、實驗 5 與實驗 4、實驗 6 共六組聲音強度中央極大寬帶  $\Delta x$  數據之比較
- (1) 作一表格。
  - (2) 將實驗 3、實驗 5 數據中，各把狹縫形狀為正方形、頻率  $f=5000\text{Hz}$ 、 $f=10000\text{Hz}$ 、 $f=15000\text{Hz}$  中的  $\Delta x_T(\text{cm})$  填入。
  - (3) 將實驗 3、實驗 5 數據中，各把狹縫形狀為圓形、頻率  $f=5000\text{Hz}$ 、 $f=10000\text{Hz}$ 、 $f=15000\text{Hz}$  中的  $\Delta x_O(\text{cm})$  填入。
  - (4) 算出頻率  $f=5000\text{Hz}$ 、 $f=10000\text{Hz}$ 、 $f=15000\text{Hz}$  時， $\frac{\Delta x_O}{\Delta x_T}$  之值。再將三者的  $\frac{\Delta x_O}{\Delta x_T}$  平均。
  - (5) 將實驗 4、實驗 6 數據中，將狹縫形狀為正方形、 $Z=25\text{cm}$ 、 $Z=33\text{cm}$ 、 $Z=40\text{cm}$  中的  $\Delta x_T(\text{cm})$  填入。
  - (6) 將實驗 4、實驗 6 數據中，將狹縫形狀為圓形、 $Z=25\text{cm}$  中的  $\Delta x_O(\text{cm})$  填入。
  - (7) 算出  $Z=25\text{cm}$ ， $\frac{\Delta x_O}{\Delta x_T}$  之值。

## 陸、 研究結果

### 一、 縫中心水平線 $y=24\text{cm}$ 與其他高度之強度分布圖

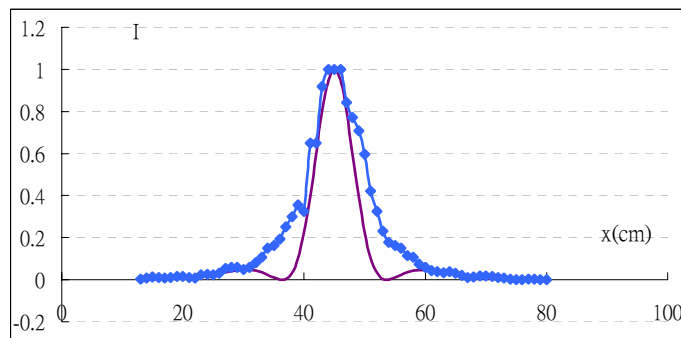
說明：固定  $f=5000\text{Hz}$ 、 $b=15\text{cm}$ 、 $Z=17\text{cm}$ 、溫度  $T=27.5^\circ\text{C}$ ，改變高度  $y=12\text{cm}$ 、 $y=24\text{cm}$ 、 $y=32\text{cm}$

(1)



上圖顯示當鉛直位置(紅色曲線  $y=12\text{cm}$  及綠色曲線  $y=32\text{cm}$ )與狹縫(藍色曲線  $y=24\text{cm}$ )越接近時，所測得的聲音強度的最大值越大。

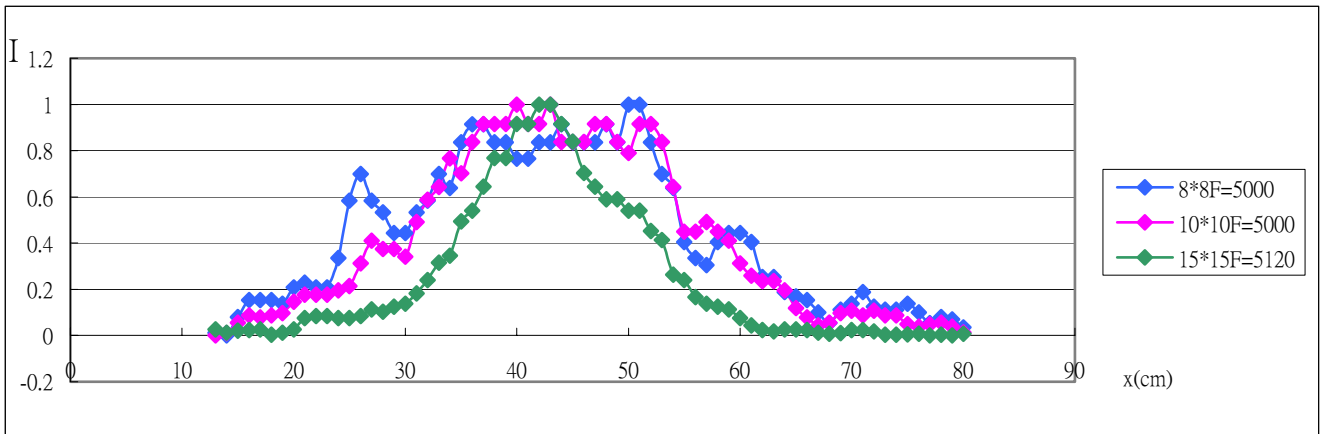
### 理論作圖與實驗數據比較



上圖將變數狹縫寬  $b=15\text{cm}$ 、 $f=5000\text{Hz}$ 、 $Z=17\text{cm}$  代入公式  $\frac{I_p}{I_0} = \left(\frac{\sin \beta}{\beta}\right)^2$ ，作出繞射之理論圖形(紫色曲線)，並且與實驗數據( $Y=24\text{cm}$ )所得之圖形(藍色曲線)相比較：待測點與狹縫相距較遠時，實驗值與理論值較為吻合

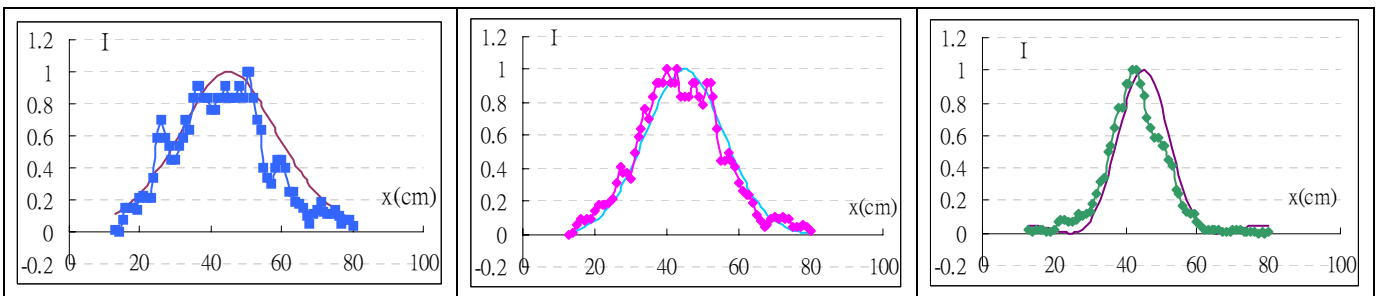
二、不同尺寸之方形狹縫，聲音強度 I 與平移位置 X 關係圖

說明：固定  $f=5000\text{Hz}$ 、狹縫形狀為正方形、 $Z=40\text{cm}$ 、 $Y=24\text{cm}$ ，改變狹縫寬  $b=8\text{cm}$ 、 $b=10\text{cm}$ 、 $b=15\text{cm}$



上圖不同狹縫寬度時、所得之聲音的強度與測點位置之關係圖，由圖顯示：狹縫寬越小（藍色為狹縫寬 8 公分、粉紅色為狹縫寬 10 公分、綠色為狹縫寬 15 公分），聲音強度中央極大寬帶越大。

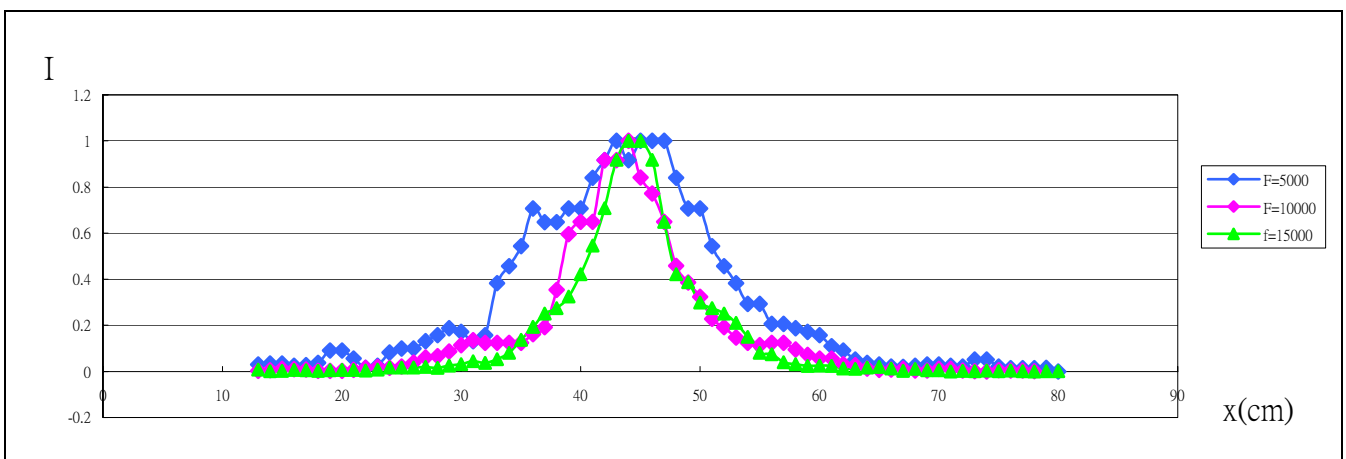
理論作圖與實驗數據比較



上圖為不同狹縫寬度時各別與其理論值比較關係圖，由各小圖知，實驗值與理論值十分相符

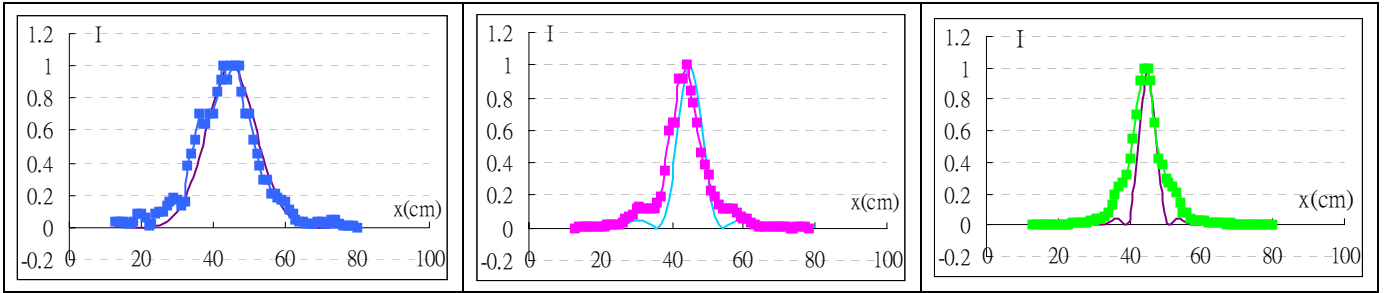
三、不同頻率 f 下，聲音強度 I 與平移位置 X 的關係圖

說明：固定狹縫形狀為正方形  $10\times 10\text{ cm}^2$ 、 $Z=25\text{cm}$ 、 $Y=24\text{cm}$ ，改變頻率  $f=5000\text{Hz}$ 、 $f=10000\text{Hz}$ 、 $f=15000\text{Hz}$



上圖不同頻率時、所得之聲音的強度與測點位置之關係圖，由圖顯示：頻率越大（藍色為 5000 Hz、粉紅色 10000 Hz、綠色為 15000 Hz），聲音強度中央極大寬帶越小。

理論作圖與實驗數據比較



$\Delta x = 66-23=43\text{cm}$

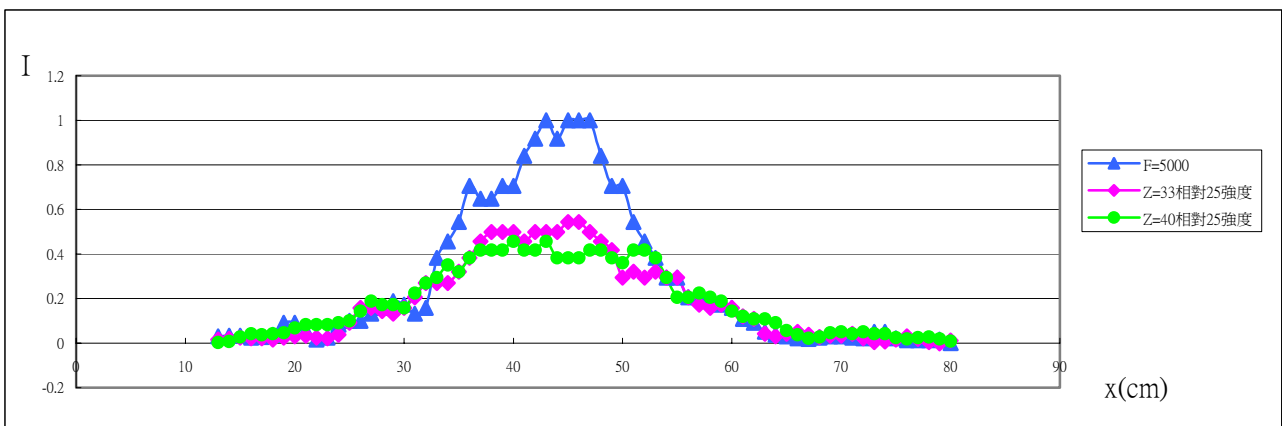
$\Delta x = 55-35=20\text{cm}$

$\Delta x = 51-38=13\text{cm}$

上圖為不同頻率時、各別與其理論值比較關係圖，由各小圖知，實驗值與理論值十分相符

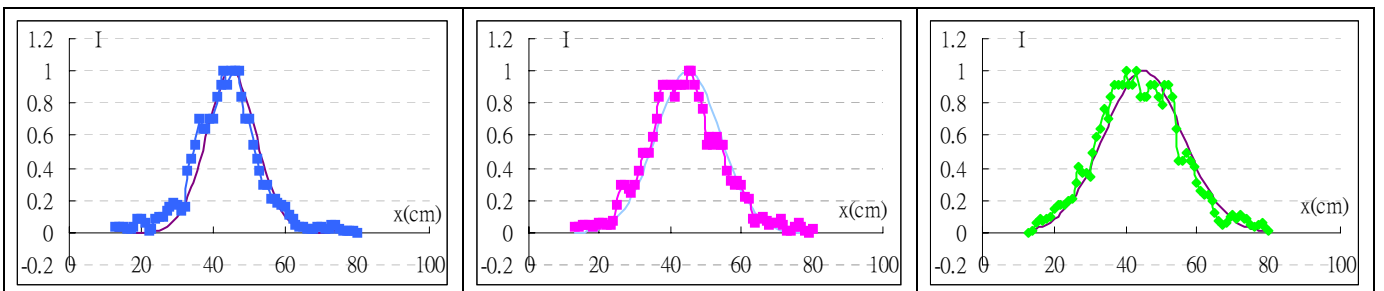
四、改變測點與狹縫距離 Z，聲音強度 I 與位置 X 的關係圖

說明：固定  $f=5000\text{Hz}$ 、狹縫形狀為正方形  $10\times 10\text{cm}^2$ 、 $Y=24\text{cm}$ ，改變測點與狹縫距離  $Z=25\text{cm}$ 、 $Z=33\text{cm}$ 、 $Z=40\text{cm}$



上圖為偵測點至狹縫距離之垂直距離 Z 不同時、所得之聲音的強度與測點位置之關係圖，由圖顯示：偵測點至狹縫距離之垂直距離愈大（藍色為  $Z=25\text{cm}$ 、粉紅色為  $Z=33\text{cm}$ 、綠色為  $Z=40\text{cm}$ ），聲音強度中央極大寬帶越大。

理論作圖與實驗數據比較



$\Delta x = 66-23=43\text{cm}$

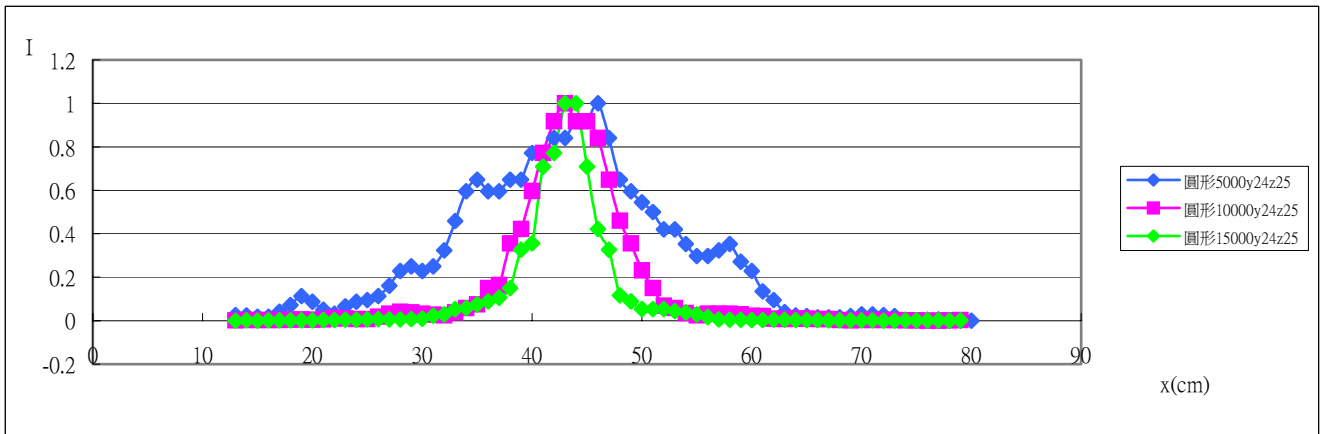
$\Delta x = 73-18=55\text{cm}$

$\Delta x = 80-13=67\text{cm}$

上圖為偵測點至狹縫距離之垂直距離 Z 不同時不同頻率時、各別與其理論值比較關係圖，由各小圖知，實驗值與理論值十分相符

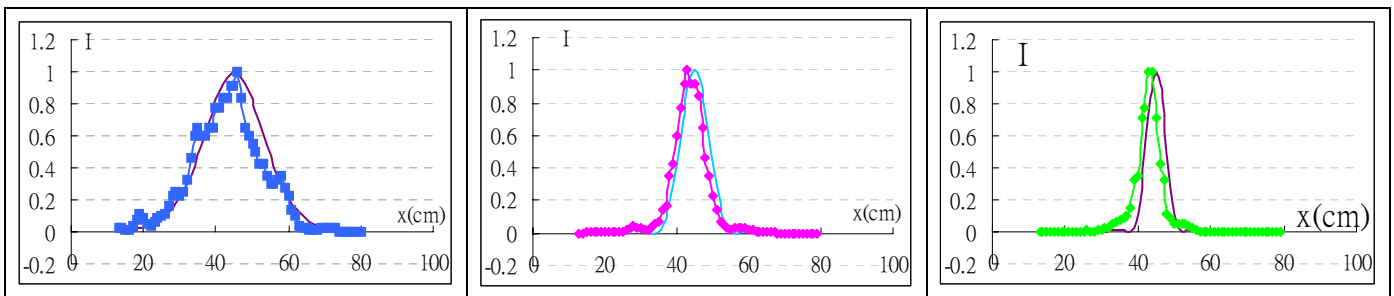
五、圓形狹縫，不同頻率  $f$  下，聲音強度  $I$  與平移位置  $X$  的關係圖

說明：固定狹縫形狀為圓形  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 、 $Z = 25 \text{ cm}$ 、 $Y = 24 \text{ cm}$ ，改變頻率  $f = 5000 \text{ Hz}$ 、 $f = 10000 \text{ Hz}$ 、 $f = 15000 \text{ Hz}$



上圖不同頻率時、所得之聲音的強度與測點位置之關係圖，由圖顯示：頻率越大（藍色為  $5000 \text{ Hz}$ 、粉紅色  $10000 \text{ Hz}$ 、綠色為  $15000 \text{ Hz}$ ），聲音強度中央極大寬帶越窄，上圖顯示頻率越低，強度帶寬越大。

理論作圖與實驗數據比較



$\Delta x = 75 - 15 = 60 \text{ cm}$

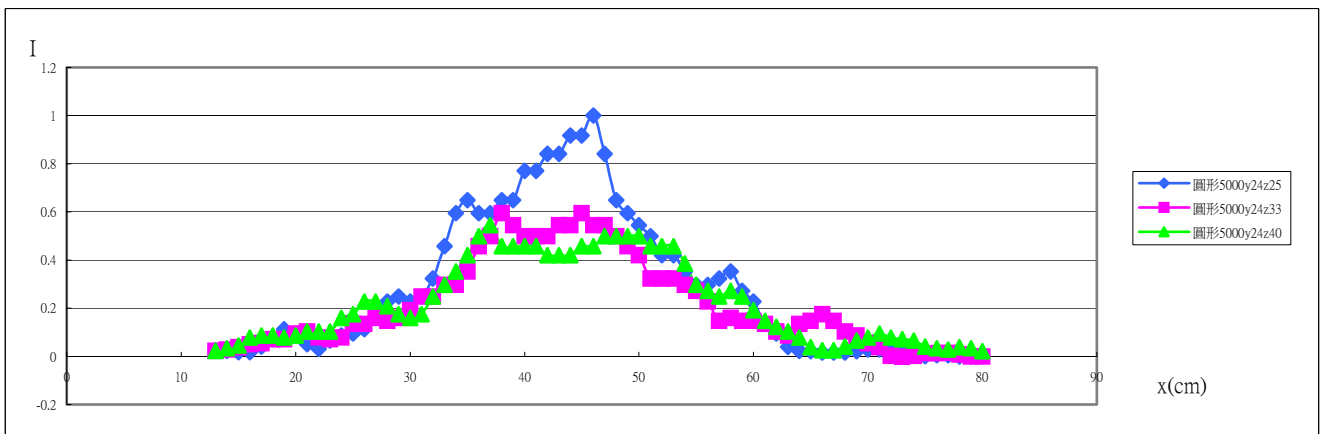
$\Delta x = 55 - 31 = 24 \text{ cm}$

$\Delta x = 51 - 38 = 13 \text{ cm}$

上圖為不同頻率時、各別與其理論值比較關係圖，由各小圖知，實驗值與理論值十分相符

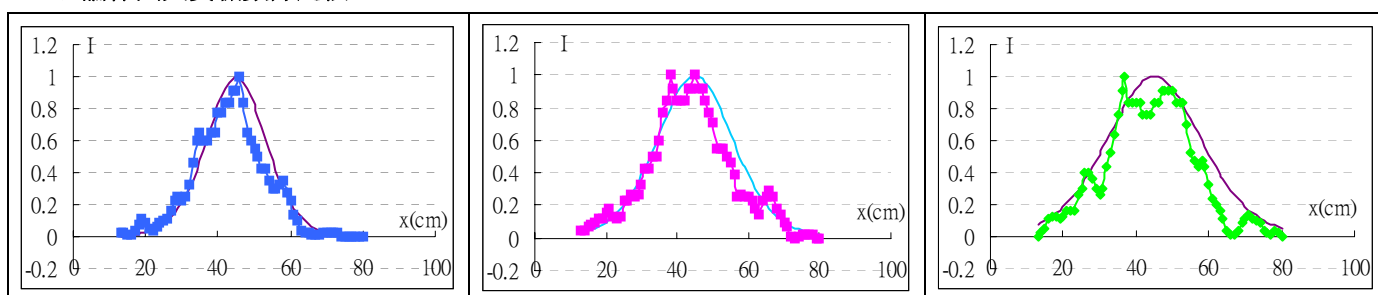
六、圓形狹縫，改變測點與狹縫距離  $Z$ ，聲音強度  $I$  與位置  $X$  的關係圖

說明：固定  $f = 5000 \text{ Hz}$ 、狹縫形狀 = 圓形  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 、 $Y = 24 \text{ cm}$ ，改變測點與狹縫距離  $Z = 25 \text{ cm}$ 、 $Z = 33 \text{ cm}$ 、 $Z = 40 \text{ cm}$



上圖為偵測點至狹縫距離之垂直距離  $Z$  不同時、所得之聲音的強度與測點位置之關係圖，由圖顯示：偵測點至狹縫距離之垂直距離愈大（藍色為  $Z=25\text{cm}$ 、粉紅色為  $Z=33\text{cm}$ 、綠色為  $Z=40\text{cm}$ ），聲音強度中央極大寬帶越大。

#### 理論作圖與實驗數據比較



$\Delta x = 75 - 15 = 60\text{cm}$

$\Delta x =$

$\Delta x =$

上圖為偵測點至狹縫距離之垂直距離  $Z$  不同時不同頻率時、各別與其理論值比較關係圖，由各小圖知，實驗值與理論值十分相符

#### 七、比較實驗 3、實驗 5 與實驗 4、實驗 6 共六組聲音強度中央極大寬帶 $\Delta x$ 數據之比值

實驗	控制變因	方形 $\Delta x_T$ (cm)	圓形 $\Delta x_O$ (cm)	$\frac{\Delta x_O}{\Delta x_T}$	$\frac{\Delta x_O}{\Delta x_T}$ 平均
3	$f = 5000 \text{ Hz}$	43	60	1.3953488	1.24
	$f = 10000 \text{ Hz}$	20	24	1.2	
5	$f = 15000 \text{ Hz}$	13	13	1	
4	$z = 25 \text{ cm}$	43	60	1.3953488	
	$z = 33 \text{ cm}$	55			
6	$z = 40 \text{ cm}$	67			

說明：不管是改變頻率( $f$ )或是改變狹縫與測點距離( $Z$ )， $\frac{\Delta x_O}{\Delta x_T}$  平均是 1.24，與數學理論上的  $\frac{\Delta x_O}{\Delta x_T}$  平均是 1.22，相差不大，誤差約為 1.6%。

## 柒、討論

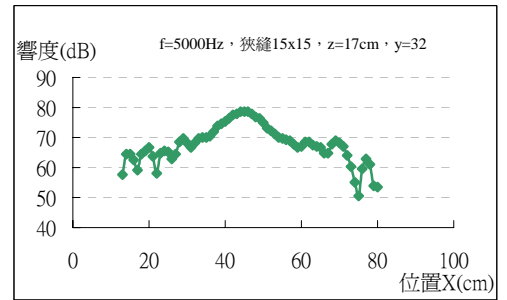
- 一、最初使用的測點方式，是在保麗龍上相對的測點位置打孔，以放置收音器。但保麗龍會造成反射，且不易平穩固定，而使精準度降低，便又改換可調式鐵架與直尺以達到更好的效果。
- 二、產生誤差的原因：
  - (一) 箱內的吸音海棉易脫落，導致聲音反射，影響實驗結果。
  - (二) 100cm 直尺中央因重力而下凹，無法與兩側平行，造成中心點附近的強度值與理論有所誤差。
  - (三) 週遭環境的雜音會影響收音器接收的聲音響度，因而造成換算強度的誤差。



### 三、分貝與強度的轉換：

若用人耳所聽到的聲音響度與水平位置  $X$  作關係圖，所做出來的圖形起伏不大(如右圖)，不能明確得到我們所需

的聲音強弱分布圖。因此，需利用公式  $I = 10^{\frac{10}{db}} \times 10^{-12}$  將分貝轉換成物理上常用的強度，藉此可得到所需的圖形。



## 捌、 結論

在本實驗中，利用聲音的理論圖形和實驗數據相對照之下，驗證了聲音和光同樣具有繞射現象，並定量地驗證聲音強度中央極大寬帶亦符合  $\Delta x = \frac{2Z\lambda}{b}$  之關係式，同時也找出誤差小、裝置簡易、操作簡單等得以驗證聲音繞射的方法。

## 玖、 參考資料

- 一、林明瑞 <南一版高中物理上冊> 台灣 南一書局 第 120~125 頁 民國 90 年 8 月
- 二、林明瑞 <南一版基礎物理> 台灣 南一書局 第 123~124 頁 民國 92 年 8 月
- 三、Frank L. Pedrotti, S.J.、Leno S.Pedrotti <Introduction To Optics> Second Edition U.S.A P.326、P.333 1993

## 評語

040120 高中組物理科

隔牆有耳-探討聲音的繞射現象

本作品以單狹縫觀測音波的繞射。實驗參數變化較少，而僅觀測得單一組干涉波，應可調變較多參數，擴大實驗的探討範圍。本作品亦較缺少創意。