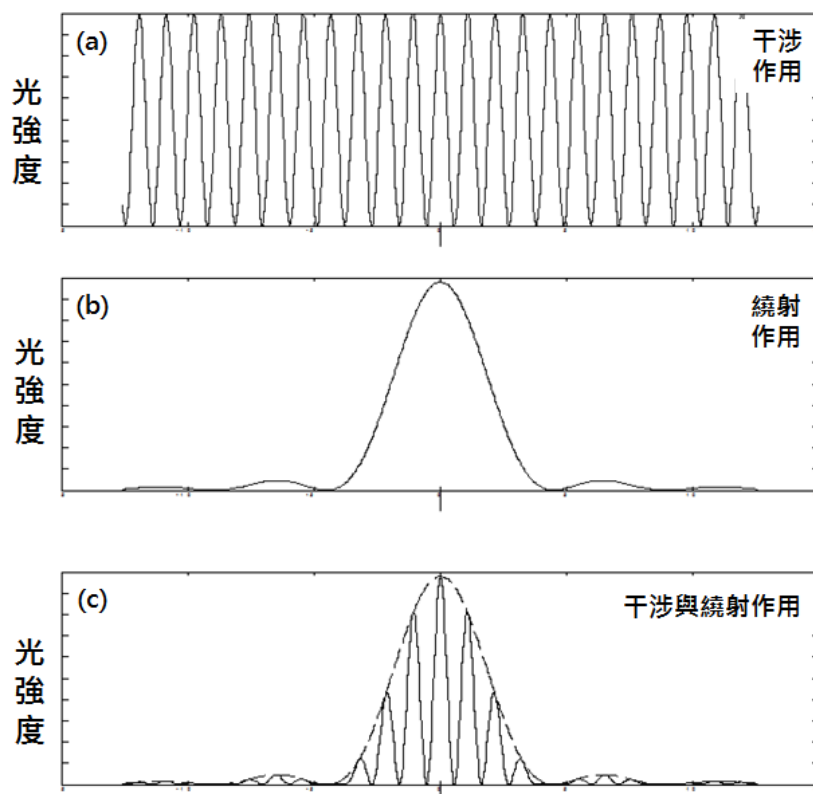


D. 雙狹縫干涉及繞射

圖四為雙狹縫干涉實驗中，干涉與繞射作用光強度與位置關係圖。理想上我們是假設狹縫寬度趨近於零，但實際上狹縫都會有一定的寬度，故此除了兩狹縫因光程差所造成干涉外，仍會受狹縫繞射作用影響而使光強度產生變化。因此雙狹縫干涉實驗於屏幕上所產生的條紋綜合了干涉和繞射。

圖四(a)，理想雙狹縫干涉圖形；圖四(b)，理想單狹縫繞射圖形；圖四(c)，雙狹縫實驗所得干涉與繞射圖形。



圖四 雙狹縫受干涉與繞射作用中光強度與位置關係圖

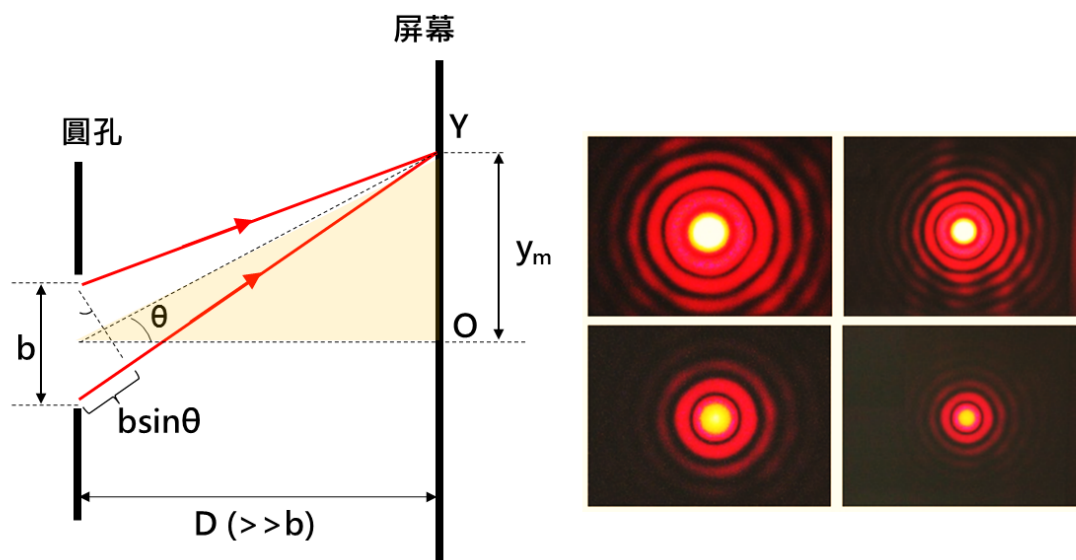
E. 圓孔繞射

如圖五所示，光波通過圓孔時也會於屏幕產生環形且明暗相間的繞射條紋。假設圓孔直徑為 b 且圓孔至屏幕距離 D 遠大於圓孔直徑 b ，經由 Airy 於 1835 年以雙重積分法可推導出環形且明暗相間的繞射條紋應滿足下列關係式：

$$m\lambda = b \sin \theta \approx b \tan \theta = b \frac{y_m}{D}$$
$$\lambda \approx \frac{by_m}{mD}$$

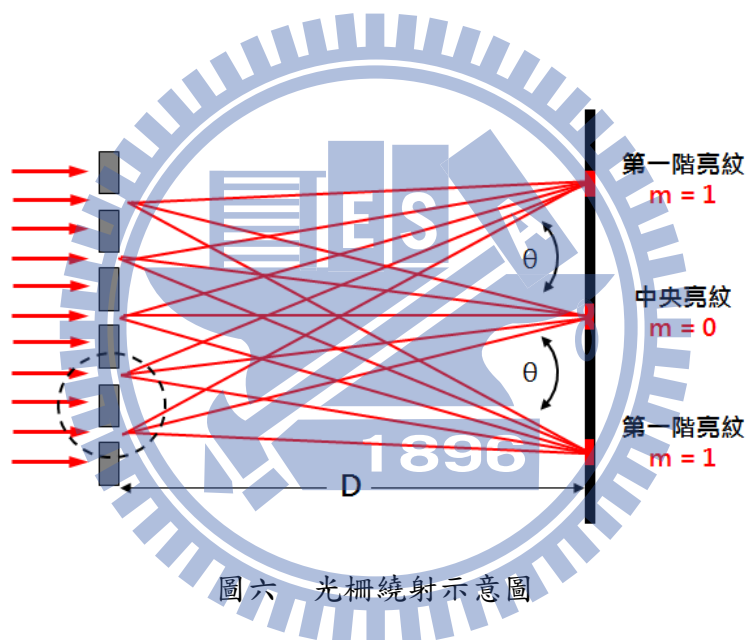
其中， λ 為光波的波長， y_m 為亮(或暗)環條紋至環心的距離。

$m = 0$ 為中央亮盤； $m = 1.220$ 為第一暗環； $m = 1.635$ 為第一亮環
 $m = 2.233$ 為第二暗環； $m = 2.679$ 為第二亮環； $m = 3.238$ 為第三暗環



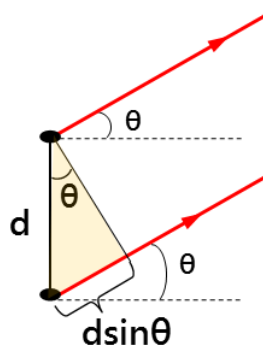
圖五 圓孔繞射示意圖

F. 光柵繞射



圖六 光柵繞射示意圖

如圖六所示，當平行光入射光柵時會受繞射作用影響而於屏幕上產生繞射條紋。假設屏幕至光柵距離 D 遠大狹縫寬度，則當光波通過相鄰兩狹縫至屏幕上某一點所產生的光程差如圖八所示。此光程差可表示為 $d \sin \theta$ ，其中， d 為相鄰兩狹縫間距



圖七 相鄰兩狹縫光程差示意圖(圖六虛框放大)

假設光波通過相鄰狹縫於屏幕上 P 點所造成的光程差為波長 λ 的整數倍，則光波會於屏幕上 P 點產生亮紋，即為建設性干涉，表示如下：

$$d \sin \theta = m\lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (5)$$

- $m = 0$ 中央亮紋 (zero-order maximum)
 $m = \pm 1$ 第一階亮紋 (first-order maximum)
 $m = \pm 2$ 第二階亮紋 (second-order maximum)

承上，已知屏幕上第 m 階亮紋至中央亮紋的距離為 y_m ，代入公式(5)即可求得光波波長 λ 。

$$m\lambda = d \sin \theta \approx d \frac{y_m}{D}$$

$$\lambda \approx \frac{dy_m}{mD}$$

其中， λ 為光波波長。

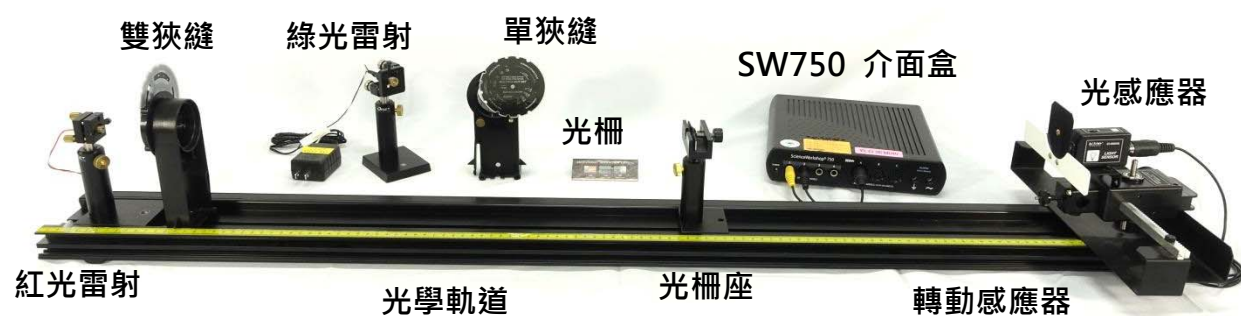
注意事項：

1. 切勿用眼睛直視雷射光源，實驗時請留意周遭同學與助教，以防實驗過程中因雷射光掃射而傷害眼睛。
2. 切勿徒手觸摸光學元件鏡面或反覆開關雷射。
3. 實驗過程若需移動雷射，應先將雷射光遮蔽，或先行關閉雷射。
4. 應將雷射光適當遮蔽，切勿使雷射光射出實驗桌。

實驗步驟：

► 實驗前準備

1. 實驗裝置如圖八所示。其中，轉動感應器(含光感應器與屏幕)應與光學軌道垂直。
2. 依軟體操作說明書設定相關參數與關係圖。



圖八 實驗裝置圖

A. 雙狹縫干涉

1. 將雙狹縫模組置於光學軌道中，調整雙狹縫模位置使其與屏幕間距至少大於 80.00 cm。
2. 打開雷射並調整雙狹縫模組位置與雷射光高度，使雷射光垂直射入狹縫間距 $d = 0.500$ mm 的雙狹縫。
3. 調整雙狹縫模組與雷射光傾角，使屏幕上能夠清楚呈現水平干涉條紋。同時移動轉動感應器使干涉條紋通過屏幕上方狹縫。
[註] 干涉條紋應由中央向兩側亮帶對稱且水平。
4. 啟動軟體開始擷取數據，再移動轉動感應器使光感應器偵測到不同位置所對應光強度訊號，再停止擷取。
5. 分別測量各亮暗紋至中央亮紋間的距離 y_m ，再代入公式計算雷射光波長 λ 。
6. 更換雙狹縫($d = 0.250$ mm)，重覆上述步驟。

B. 單狹縫繞射

1. 將單狹縫模組置於光學軌道中，調整單狹縫模位置使其與屏幕間距至少大於 80.00 cm。
2. 打開雷射並調整單狹縫模組位置與雷射光高度，使雷射光垂直射入狹縫寬度 $b = 0.160$ mm 的單狹縫。
3. 調整單狹縫模組與雷射光傾角，使屏幕上能夠清楚呈現水平繞射條紋。同時移動轉動感應器使繞射條紋通過屏幕上方狹縫。
[註] 繞射條紋應由中央向兩側亮帶對稱且水平。
4. 啟動軟體開始擷取數據，再移動轉動感應器使光感應器偵測到不同位置所對應光強度訊號，再停止擷取。
5. 測量各暗紋至中央亮紋間的距離 y_m ，再代入公式計算雷射光波長 λ 。
6. 測量中央亮帶與其他亮帶寬度。
7. 更換單狹縫($b = 0.080$ mm)，重覆上述步驟。

C. 圓孔繞射

1. 將單狹縫模組置於光學軌道中，調整單狹縫模位置使其與屏幕間距至少大於 80.00 cm。
[註] 圓孔附於單狹縫模組上。
2. 打開雷射並調整單狹縫模組位置與雷射光高度，使雷射光垂直射入射直徑 $b = 0.400$ mm 的圓孔。
3. 調整單狹縫模組與雷射光傾角，使屏幕上能夠清楚呈現環形繞射條紋。同時移動轉動感應器使繞射條紋通過屏幕上方狹縫。
4. 啟動軟體開始擷取數據，再移動轉動感應器使光感應器偵測到不同位置所對應光強度訊號，再停止擷取。
5. 分別測量各亮暗環至環心的距離 y_m ，再代入公式計算雷射光波長 λ 。
6. 更換圓孔($b = 0.200$ mm)，重覆上述步驟。

D. 光柵繞射

1. 將光柵片(含支撐架)置於光學軌道內，再將方格紙固定於屏幕前方。
2. 打開雷射並調整光柵與雷射光高度，使雷射光垂直射入狹縫間距 $d = 1.00 \times 10^{-3} \text{ mm}$ (100 lines/mm) 的光柵。
3. 調整雷射光傾角，使屏幕上能夠清楚呈現繞射條紋。
4. 以方格紙標記繞射條紋位置。
5. 測量第 m 階亮紋到中央亮紋距離 y_m ，再代入公式計算雷射光波長 λ 。
6. 更換光柵 $d = 3.33 \times 10^{-3} \text{ mm}$ (300 lines/mm)，重覆上述步驟。

實驗問題：

1. 若雷射光非垂直入射狹縫，屏幕上呈現的干涉或繞射條紋是否會改變？試說明之。
2. 在不改變實驗架構下(含狹縫規格，狹縫至屏幕距離)，僅改變雷射光波長，所測得的干涉或繞射條紋將如何改變？試說明之。
3. 楊氏當初進行實驗時並無雷射光源，試問他是如何透過實驗驗證光具有波動性？試說明之。

