



A04-311E-Y22

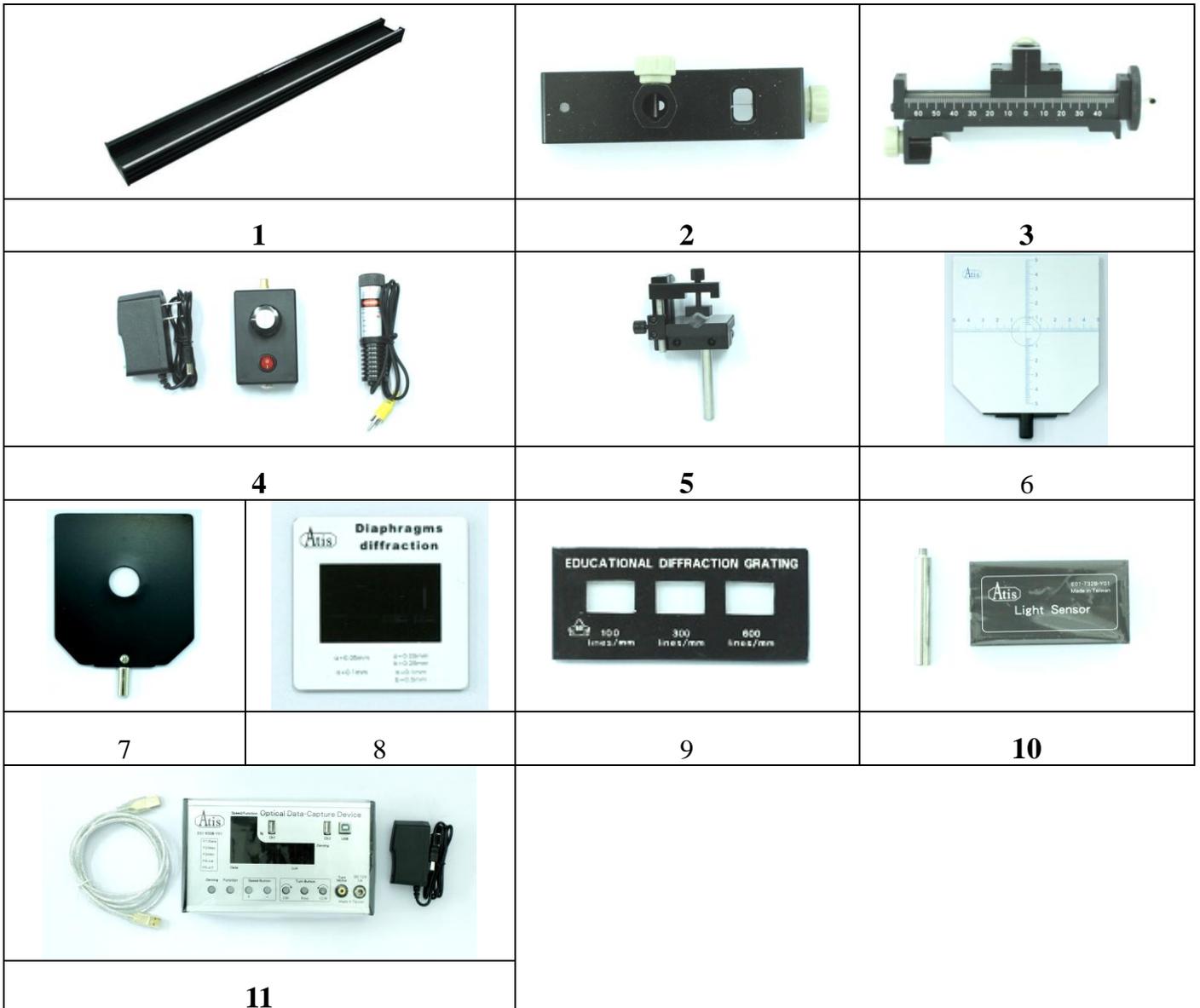
# 雷射光的干涉與繞射實驗(B)

## 一、實驗目的：

1. 利用雙狹縫的干涉現象，測量雷射光的波長。
2. 利用單狹縫的繞射現象，測量單狹縫寬度。
3. 延伸實驗觀察光柵的繞射現象。

## 二、實驗配件：

編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1	光學滑台	1	2	可固定接頭滑具	2
3	可固定微調接頭滑具	1	4	半導體雷射 (含調光器、電源 5DCV)	1
5	雷射水平調整架	1	6	附柄圓孔鐵屏	1
7	附柄影屏	1	8	單雙狹縫試片	1
9	光柵試片	1	10	照度感應器 (附支柱、快拆屏幕)	選購 (1)
11	光學數據擷取器 (附電源供應器 12DCV、USB 傳輸線)	選購 (1)			



### 三、實驗原理：

#### (一)雙狹縫干涉：

如圖 1 所示， $d$  為兩狹縫  $S_1$  和  $S_2$  的間距， $L$  為狹縫至光屏的距離， $\theta$  為兩直線  $\overline{QP}$  和  $\overline{QO}$  之間的夾角， $\overline{QO}$  為  $\overline{S_1S_2}$  的中垂線，若  $L \gg d$ ，則  $\overline{S_1P}$  和  $\overline{S_2P}$  近似平行，故光波從兩狹縫發出至  $P$  點的光程差  $\delta$  為

$$\delta = d \sin \theta \quad (1)$$

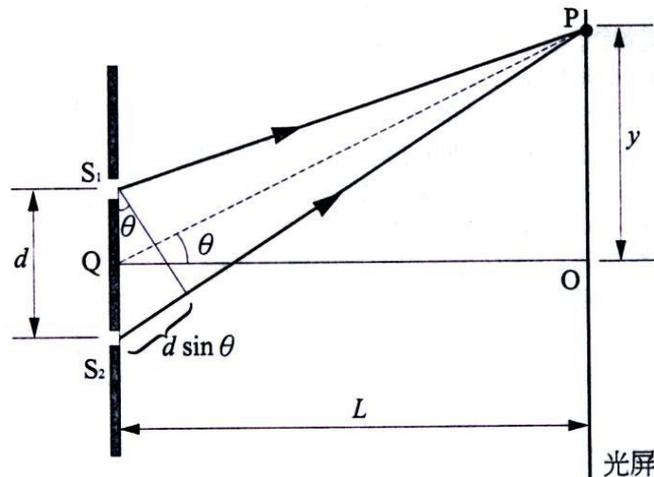


圖 1 楊格雙狹縫實驗

在光屏上形成亮紋（即完全相長干涉）的條件為

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

在光屏上產生暗紋（即完全相消干涉）的條件為

$$d \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \quad (3)$$

由於兩狹縫之間的距離  $d$  遠大於光波的波長  $\lambda$ ，故  $\theta$  很小，所以  $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{y}{L}$ ，(2)式可改寫為

$$y_{\text{亮}} = m \frac{\lambda L}{d} \quad (4)$$

同樣地(3)式可改寫為

$$y_{\text{暗}} = (m + \frac{1}{2}) \frac{\lambda L}{d} \quad (5)$$

由(5)式，可得兩相鄰暗紋（或亮紋）之間的距離為

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d} \quad (6)$$

在實驗中量取  $\Delta y$  和  $L$ ，連同已知的狹縫間距  $d$ ，利用上式可求得光的波長  $\lambda$ 。

## (二)單狹縫繞射：

如果照射在單狹縫的光源是平行光，且從狹縫透出後，沿任一方向射抵光屏的光線皆可視為彼此平行（理論上相當於將光屏置於離狹縫無窮遠處），在這種情況下的繞射稱為夫朗和斐繞射(*Fraunhofer diffraction*)

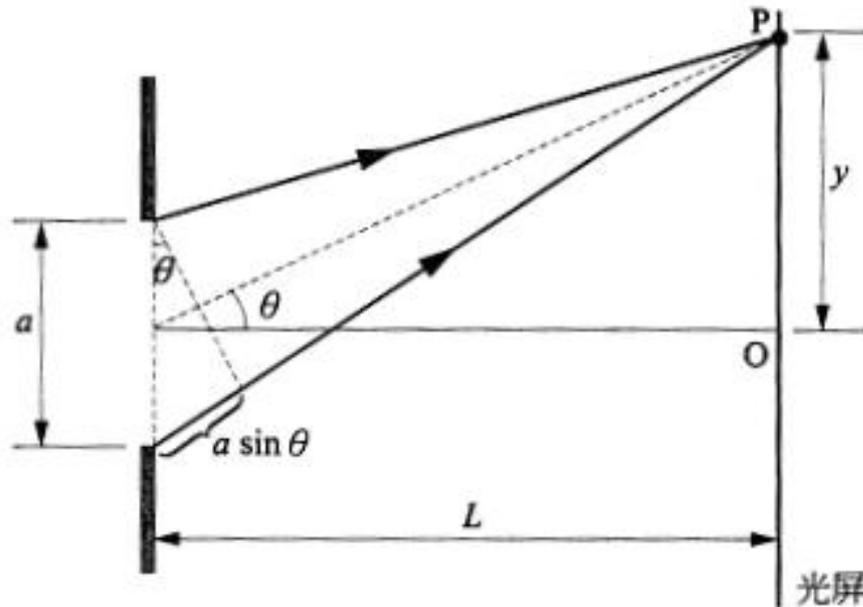


圖 2 單狹縫繞射實驗

在本實驗中使用氬氖雷射作為光源，所發出的光近似平行光線，且將光屏置於離狹縫甚遠處，即  $L \gg a$ ，式中  $a$  為單狹縫的寬度，如圖 2 所示從狹縫透出的光可視為由一系列的點波源所發出。若  $\theta$  為光射出方向和狹縫中垂線之間的夾角，則在光屏上產生暗紋的條件，即完全相消干涉，為

$$a \sin \theta = m\lambda \quad (m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (7)$$

注意在上式中沒有包含  $m = 0$  (若  $m = 0$ ，則各光線之間的光程差為零，當交會於光屏上時，產生完全相長干涉，形成中央亮帶)。由於  $\theta$  很小，故  $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{y}{L}$ ，(7)式可改寫為

$$y_{\text{暗}} = m \frac{\lambda L}{a} \quad (8)$$

由(8)式可知，除了緊鄰在中央亮帶兩側的暗紋之間的距離為

$$\Delta y = 2 \frac{\lambda L}{a} \quad (9)$$

之外，其餘的相鄰兩暗紋之間的距離均為

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{a} \quad (10)$$

在實驗中量取  $\Delta y$  和  $L$ ，連同測得的  $\lambda$ ，利用上式可以求得單狹縫的寬度  $a$ 。

## 四、實驗步驟：

①如下圖 4-1 所示，將雷射光源和光柵固定夾放在桌上，保持適當距離。

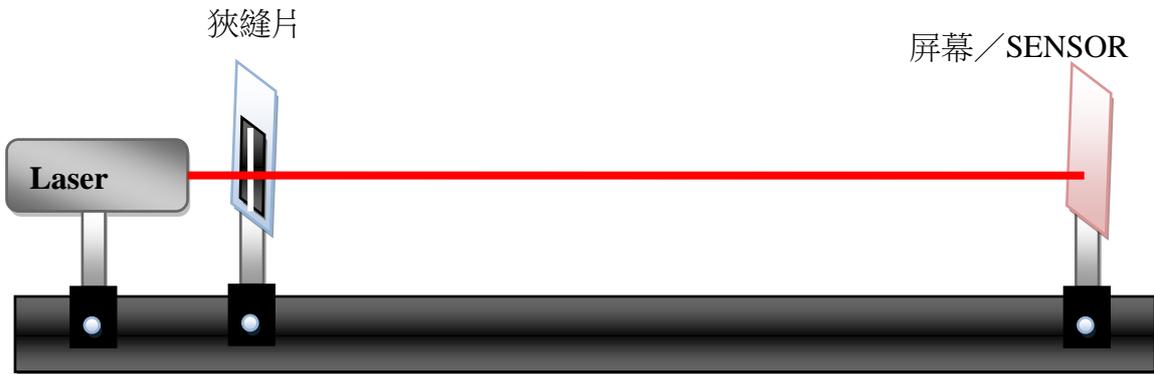
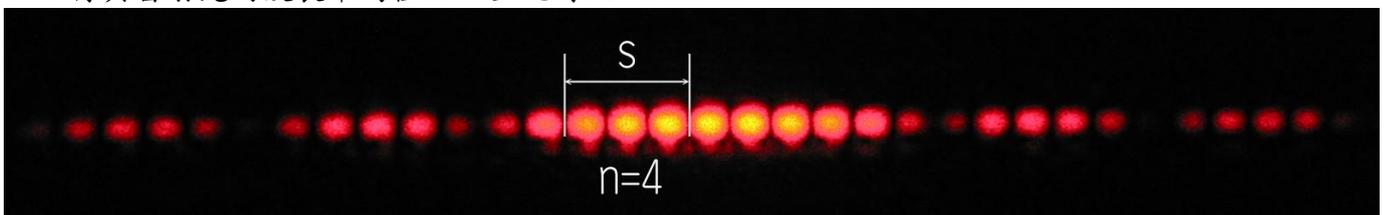
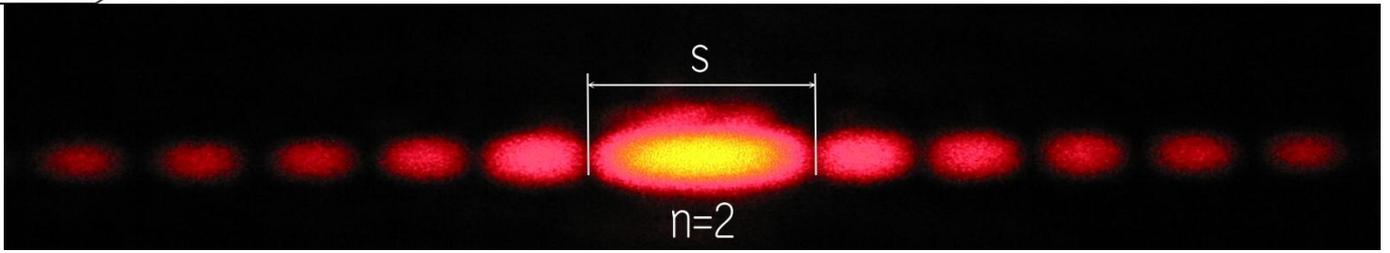


圖 4-1

- ②打開雷射光源，使雷射光沿水平方向射出。將雙狹縫片放在光柵固定夾上，調整光柵固定夾的位置，使雷射光入射在雙狹縫上再投射到移動式影屏上的干涉條紋最清晰。調整好後，請勿再移動雷射光源和光柵固定夾。並將移動式影屏用 C 形夾固定起來
- ③觀察雷射光經由雙狹縫射出後，投射在移動式影屏上的干涉條紋。選取一對有甚大間隔，且可清楚辨認的暗紋，量取這兩條暗紋之間的距離  $s$ ，並計數其間所含的暗紋數  $n$ （含該兩暗紋），則兩相鄰暗紋之間的距離  $\Delta y = \frac{s}{n-1}$ 。記錄雙狹縫的間距  $d$ （雙狹縫片上標示有規格），測量雙狹縫到影屏的距離  $L$ ，利用(6)式，求出雷射光的波長  $\lambda$ 。
- ④換另一雙狹縫片依上述步驟求出雷射光的波長  $\lambda$ ，將 2 次實驗所得雷射光的波長  $\lambda$  相加除以 2，得其雷射光的波長平均值  $\bar{\lambda}$ ，並記錄之。



- ⑤取下雙狹縫片，換上單狹縫片，調整單狹縫片的位置，使雷射光正好入射在單狹縫上再投射到移動式影屏上的繞射條紋最清晰。
- ⑥觀察雷射光經由單狹縫射出後，投射在影屏上的繞射條紋。仿照步驟③，測得兩相鄰暗紋之間的距離  $\Delta y$ （注意：緊鄰中央亮帶兩側的暗紋之間的距離為  $2\Delta y$ ），並測量單狹縫片到影屏的距離  $L$ ，連同由前一實驗測出的雷射光波長  $\bar{\lambda}$ ，利用(9)式可求出單狹縫的寬度  $a$ 。



PS：本實驗單狹縫的測試數據所求得的  $\Delta y$  為中央亮紋兩側的暗紋距離

➤ 選購光學照度感應器套件：

1. 組裝如下圖 4-2 所示，照度感應器位置與白色屏幕互換，接上 USB 傳輸線於光學數據擷取器之 CH1 上。
2. 操作方法同如上步驟。

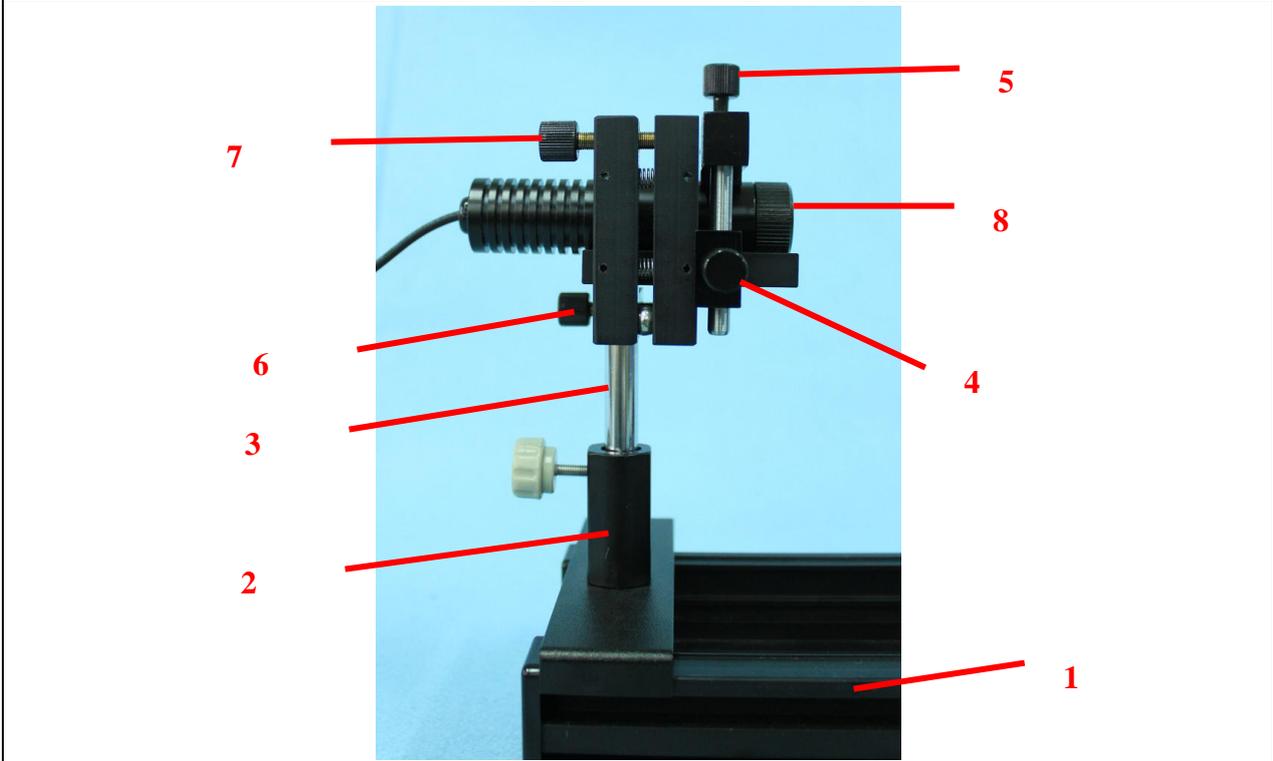
注意：先將雷射光源強度調弱，再來調整光源對準感應器之感應晶片上，避免有害晶片。



圖 4-2

➤ 雷射架設操作說明：

雷射光源裝置，如下圖由左至右：  
電源供應器 4.5DCV、光調節器、雷射光源、固定插銷、水平調整座



1. 光學滑台。
2. 可移動接頭固定座側邊旋鈕可以固定於光學滑台上。
3. 固定插銷結合於水平調整座底部，並裝入接頭固定座。
4. 可粗調 C 型固定範圍，根據放置於水平調整座上的物體大小調整間距。
5. 可微調 C 型固定旋鈕，便於物體做微動操作。
6. 左右旋轉微調旋鈕。
7. 上下旋轉微調旋鈕。
8. 雷射光源。

五、實驗結果與問題討論：

雙狹縫干涉

標示縫距=        mm

實 驗 次 數	
雙狹縫的間距 $d$ (mm)	
雙狹縫到影屏的距離 $L$ (m)	
選取的兩暗紋之間的距離 $s$ (mm)	
該兩暗紋之間所含的條紋數 $n$	
兩相鄰暗紋之間的距離 $\Delta y = \frac{s}{n-1}$ (mm)	
雷射光的波長 $\lambda = \frac{d\Delta y}{L}$ (nm)	
雷射光的標示波長(nm)	
誤差百分率(%)	



雙狹縫干涉

標示縫距=        mm

實 驗 次 數	
雙狹縫的間距 $d$ (mm)	
雙狹縫到影屏的距離 $L$ (m)	
選取的兩暗紋之間的距離 $s$ (mm)	
該兩暗紋之間所含的條紋數 $n$	
兩相鄰暗紋之間的距離 $\Delta y = \frac{s}{n-1}$ (mm)	
雷射光的波長 $\lambda = \frac{d\Delta y}{L}$ (nm)	
雷射光的標示波長(nm)	
誤差百分率(%)	
雷射光的平均波長(nm)	