

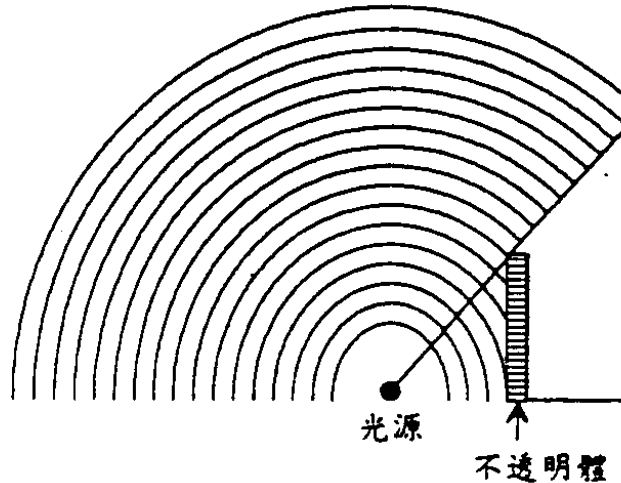
# 實驗十一 基礎光學實驗 (一)單狹縫繞射

## 一、實驗目的：

觀察光的單狹縫繞射現象，並測量光的波長。

## 二、實驗原理：

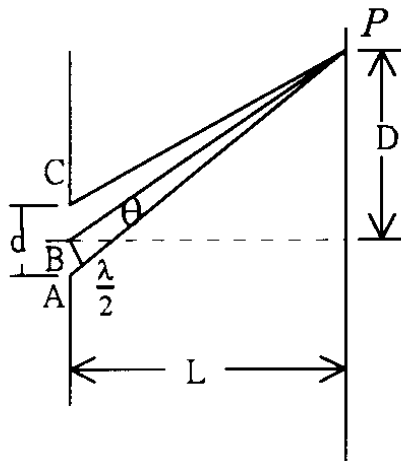
光的波動性最顯著的證明是光具有干涉與繞射的現象。假定光是粒子，則光行進的路徑是直線，如圖一所示，導致光源所發出的光有部分會被不透明體遮住，因此不透明體右側的空白部分即代表光無法到達的區域。



圖一

但實際上，在空白區域仍然可以見到光，這是由於光具有繞射的特性。要解釋光會繞射，則必須認定光是一種波。當光波從光源出發，其波前上的每一點可視為子波源，而發出球面波，依此類推。所以不透明體頂端可以視為是一個子點光源，產生球面波，使得光可以到達圖一中的空白區域。

波有一個特性是當兩波相遇，兩波會疊加為一個新的波，如果相遇的兩波在相遇處剛好都是波峰，則合成波就增強，稱為建設性干涉。波峰遇到波谷則兩波互相抵消，稱為破壞性干涉。因此干涉會造成明暗相間的條紋出現。為了更明顯的顯示出上述現象，讓光經過一適當的單狹縫，則可以看到很明顯的明暗相間的條紋了。



圖二

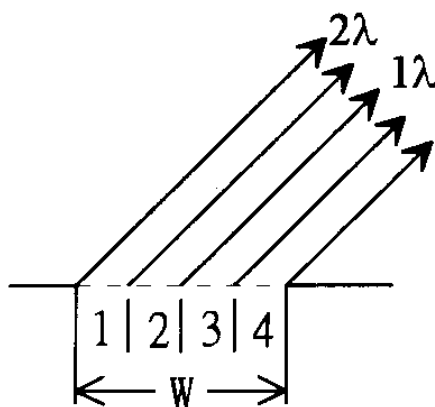
圖二是光經過一個單狹縫的示意圖。在狹縫上的每一點可看成是一點光源，它們產生同相位的子波。因為屏幕距狹縫很遠，所以自狹縫上不同點至屏幕中央的距離可

看成相等的，如此諸子波在屏幕中央處作建設性干涉而得到最大的強度。現在考慮不在中央處的一點  $P$ ，它與狹縫中點的連線與屏幕中央和狹縫中點連線的夾角為  $\theta$ 。若自  $A$  點出發的光到達  $P$  點的路徑與從  $B$  點（即狹縫中點）出發到達  $P$  點的路徑相差半個波長，即兩光在  $P$  點恰好是波峰與波谷相遇，兩光波疊加後遂互相抵消。這時在  $AB$  線段上任取一點，則在  $BC$  線段必有一對應點，使得它們所發出的子波也會在  $P$  點作破壞性干涉，這種一對一抵消的結果，使得  $P$  點變成暗區，成為第一暗線。即

$$\overline{AP} - \overline{BP} = \frac{\lambda}{2} = \frac{d}{2} \sin \theta \quad (1)$$

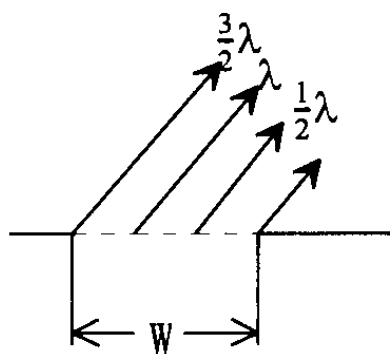
$$\sin \theta = \frac{\lambda}{d} \quad (2)$$

現在再將  $P$  點往更遠離中央亮線的方向移動，則光波無法完全抵消，直到  $\sin \theta = 2\lambda/d$  時，才可完全抵消，如圖三所示，把狹縫口的波源分成四部分，第一部分與第二部分抵消，第三部分與第四部分抵消。



圖三

在  $\sin \theta = \lambda/d$  與  $\sin \theta = 2\lambda/d$  之間，可由圖四看出，當  $\sin \theta = 1.5\lambda/d$  時會有一亮區。因為將狹縫的點波源分成三部分，第一部分與第二部分或第二部分與第三部分抵消，剩下的那一部分無法抵消，所以此時在  $P$  點的亮度只有狹縫上三分之一的光源對  $P$  點有貢獻，與在中央線上所有狹縫的點光源均有加強作用不同。當  $\sin \theta = 2.5\lambda/d$  時，又會是一個亮區，不過比前一個亮區更弱了。



圖四

利用已知寬度的狹縫造成單色光的繞射條紋，並測量中央亮線與兩側暗線的距離，便可發現中央亮線至兩側暗線距離相同，且中央亮區的寬度為兩側暗線寬度的兩倍，距離中央亮區愈遠的亮區，光度愈弱。因此第  $n$  條暗線至中央亮區的距離  $D$  為

已知時，則

$$\frac{n\lambda}{d} = \sin \theta = \tan \theta \quad (3)$$

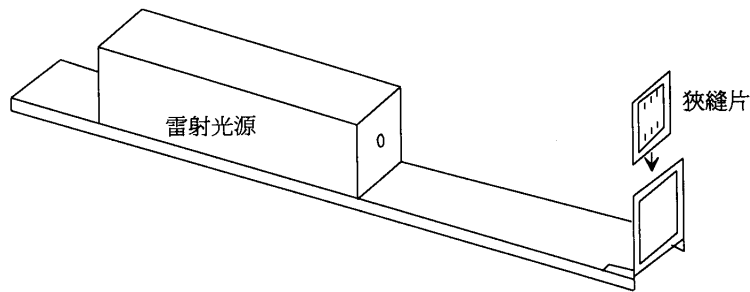
$$\lambda = \frac{dD}{nL} \quad (4)$$

其中  $d$  為單狹縫寬度， $L$  為狹縫到屏幕的距離。

### 三、實驗儀器：

光學平台、氦氖雷射（波長  $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ ）、單狹縫片（A 狹縫  $d = 0.04 \text{ mm}$ 、B 狹縫  $d = 0.08 \text{ mm}$ 、C 狹縫  $d = 0.16 \text{ mm}$ ）。

### 四、實驗步驟：



圖五

1. 儀器裝置如圖五所示，將光具座及放在光學平台上，雷射光源放在光學平台的另一邊，取單狹縫片（先拿 C 狹縫），吸附在光具座上，使得繞射圖樣投射於牆上，調整單狹縫片與牆壁之間的距離為  $L$ 。
2. 打開雷射光源，使光線對準單狹縫入射，則可在牆上看見繞射條紋，再利用白紙把繞射條紋描繪下來，測量暗線到中央亮紋的距離  $D_n$ ，因為左右對稱，故中央亮紋兩側均需記錄下來，即分別得  $n = 1$ 、 $n = 2$ 、 $n = 3$  所相對應的  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 。
3. 將步驟 2 所測得的結果，左右兩側的數值平均，再代入式(3)，算出波長  $\lambda$ 。
4. 依次調整單狹縫片與牆壁間的距離，重覆前述步驟，再將所求得之波長值平均，與雷射光源的波長標示值比較，算出百分誤差。
5. 更換單狹縫，重覆前述步驟。

#### \*注意事項：

使用雷射光源時，應特別注意，不要照射眼睛，以免產生意外。

### 五、問題與討論：

1. 試述單狹縫寬度的大小，與繞射現象的關係。
2. 試畫出繞射現象的圖樣。
3. 如果狹縫改為正方形小孔，則繞射圖形將如何改變？

物理實驗記錄表格  
 實驗十一、基礎光學實驗 (一)單狹縫繞射

實驗時間：        年        月        日        姓名：\_\_\_\_\_

**C 狹縫  $d = 0.16 \text{ mm}$**

$L \text{ (cm)}$	$n$	$D \text{ (mm)}$			波長 $\lambda \text{ (nm)}$
		左邊	右邊	平均值	
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
				波長平均值	
				誤差	

**B 狹縫  $d = 0.08 \text{ mm}$**

$L \text{ (cm)}$	$n$	$D \text{ (mm)}$			波長 $\lambda \text{ (nm)}$
		左邊	右邊	平均值	
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
				波長平均值	
				誤差	

A 狹縫  $d = 0.04 \text{ mm}$

$L \text{ (cm)}$	$n$	$D \text{ (mm)}$			波長 $\lambda \text{ (nm)}$
		左邊	右邊	平均值	
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
				波長平均值	
				誤差	

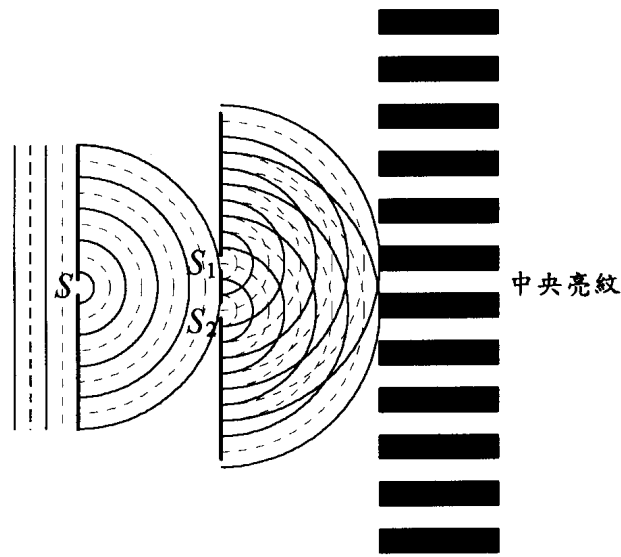
# 實驗十一 基礎光學實驗 (二) 雙狹縫干涉

## 一、實驗目的：

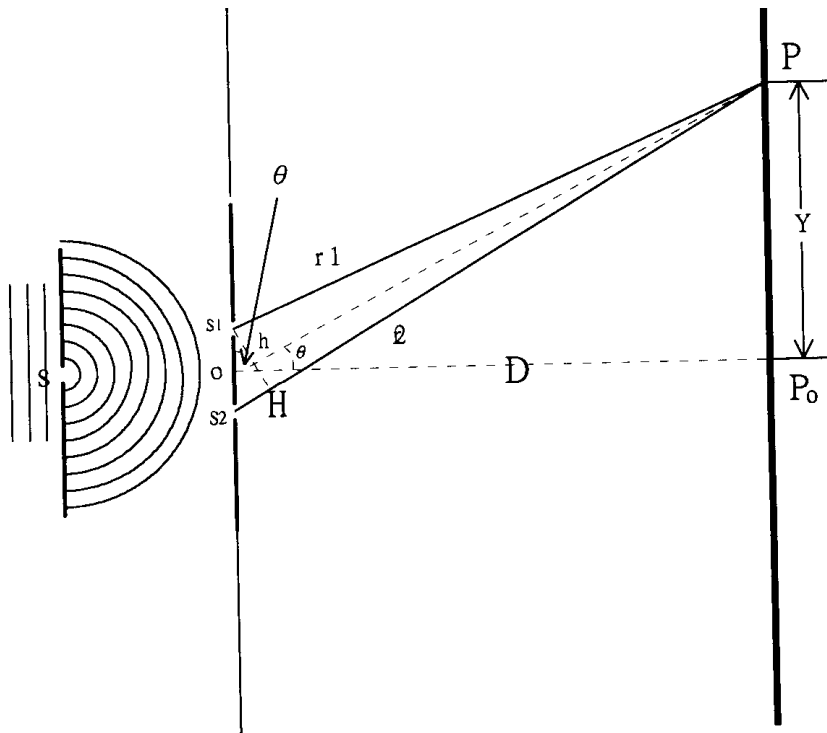
觀察光的雙狹縫干涉現象，並測量光的波長。

## 二、實驗原理：

圖一為楊氏雙狹縫干涉實驗的示意圖， $S$  為點光源，由  $S$  發出的光是球面波，其波前到達雙狹縫  $S_1$ 、 $S_2$  之波前可視為同時到達，故可視  $S_1$ 、 $S_2$  為新的點光源。光自此同時前進。圖中圓弧實線表示波峰、虛線表示波谷，兩實線或兩虛線的交點表示兩波在此諸點為同相，或相差為  $2\pi$  的整數倍，此諸點為振幅最大的點，即亮度最大的點。觀察刻度屏上的光線形成明暗相間之條紋，即為楊氏雙狹縫干涉條紋。



圖一



圖二

在圖二中，令  $P$  至的  $P_0$  距離為  $y$ ， $H$  為  $S_1$  至  $S_2P$  的垂足， $S_1$  至  $H$  的距離為  $h$ ， $D$  為刻度屏到雙狹縫的距離， $D$  比  $h$  往往大上數千倍， $\Delta PS_1H$  近似一等腰三角型，故

$$r_2 - r_1 = S_2H$$

且  $\theta \cong \theta'$ ，故  $\tan\theta = \tan\theta'$ ，所以

$$\frac{y}{D} = \frac{r_2 - r_1}{h} \quad (1)$$

干涉的極大值是在  $r_2 - r_1$  為  $\lambda$  的整數倍時發生，干涉的極小值是在  $r_2 - r_1$  為  $\lambda/2$  的奇數倍時發生，所以由式(1)可得

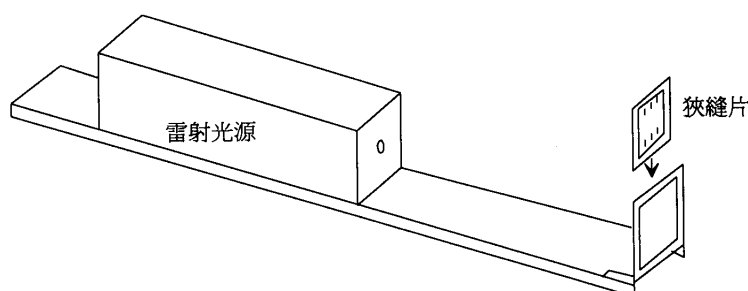
$$y = k\lambda \frac{D}{h} \quad (k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \text{亮紋}) \quad (2)$$

$$y = \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda \frac{D}{h} \quad (k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \text{暗紋}) \quad (3)$$

### 三、實驗儀器：

光學平台、氦氖雷射（波長  $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ ）、雙狹縫片（D 狹縫  $h = 0.165 \text{ mm}$ 、E 狹縫  $h = 0.29 \text{ mm}$ 、F 狹縫  $h = 0.33 \text{ mm}$ ）

### 四、實驗步驟：



圖三

- 儀器裝置如圖三所示，將光具座及放在光學平台上，雷射光源放在光學平台的另一邊，取單狹縫片（先拿 D 狹縫），吸附在光具座上，使得干涉圖樣投射於牆上，調整雙狹縫片與牆壁之間的距離為  $L$ 。
- 打開雷射光源，使光線對準雙狹縫入射，則可在牆上看見干涉條紋，再利用白紙把干涉條紋描繪下來，測量亮線到中央亮紋的距離  $y_n$ ，因為左右對稱，故中央亮紋兩側均需記錄下來，即分別得  $k = 1$ 、 $k = 2$ 、 $k = 3$  所相對應的  $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$ 。
- 將步驟 2 所測得的結果，左右兩側的數值平均，再代入式(3)，算出波長  $\lambda$ 。
- 依次調整雙狹縫片與牆壁間的距離，重覆前述步驟，再將所求得之波長值平均，與雷射光源的波長標示值比較，算出百分誤差。
- 更換雙狹縫，重覆前述步驟。

#### \*注意事項：

使用雷射光源時，應特別注意，不要照射眼睛，以免產生意外。

## 五、問題與討論：

1. 試述雙狹縫寬度的大小，與干涉現象的關係。
2. 試畫出干涉現象的圖樣。
3. 是否可同時觀察到單狹縫繞射圖形？



物理實驗記錄表格  
 實驗十一、基礎光學實驗 (二)雙狹縫干涉

實驗時間：        年        月        日        姓名：\_\_\_\_\_

**D 狹縫  $h = 0.165 \text{ mm}$**

$D \text{ (cm)}$	$k$	$y \text{ (mm)}$			波長 $\lambda \text{ (nm)}$
		左邊	右邊	平均值	
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
				波長平均值	
				誤差	

**E 狹縫  $h = 0.29 \text{ mm}$**

$D \text{ (cm)}$	$k$	$y \text{ (mm)}$			波長 $\lambda \text{ (nm)}$
		左邊	右邊	平均值	
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
				波長平均值	
				誤差	

F 狹縫  $h = 0.33 \text{ mm}$

$D$ (cm)	$k$	$y$ (mm)			波長 $\lambda$ (nm)
		左邊	右邊	平均值	
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
	1				
	2				
	3				
				波長平均值	
				誤差	