

逢甲大學 112 學年度第二學期

普通物理實驗 預習報告

## 實驗 27 SLM 狹縫繞射與干涉

系級:光電一甲

學號:D1291989

姓名:洪嘉儀

組別:B1

組員:方宇凡 D1228597、羅冠杰 D1228728

任課老師、助教:馬仕信教授、莊秉翰助教

實驗上課日期:2024/05/15

實驗 27 SLM-狹縫繞射與干涉

一、實驗目的：利用 SLM 產生不同形式的狹縫以進行光的繞射與干涉實驗，並藉以瞭解光的波動性。

二、實驗原理：(一)單狹縫繞射

a. 繞射：處理所有點光源在屏幕上所造成之干涉情況，又可稱為眾多光線之干涉。

↳ (1) 當波長比狹縫寬度大很多  $\Rightarrow$  繞射現象不明顯。

(2) 狹縫寬度小到與波長相當或更小  $\Rightarrow$  繞射現象明顯。

b. 平行光射入寬度為  $a$  之狹縫後，經透鏡  $L$  聚集光線在屏幕  $S$  上形成之繞射圖案，討論如下：

(1) 對屏幕上中央點  $P_0$  而言，平行光經透鏡聚在此點而每條光線均有相同光程，故  $P_0$  點為完全相加性干涉而為極明亮光點，在屏幕中央成一亮線。

(2) 對屏幕上任意點  $P_1$  而言，若由狹縫寬度之上端和中央處發出之  $\lambda$  光線的光程差  $bb'$  恰好為  $\lambda/2$  時，則為相消性干涉。  
 $\Rightarrow bb' = \frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$  或  $a \sin \theta = \lambda$

由圖一知在  $P_1$  點為暗點，當  $a \sin \theta_m = \pm m \lambda$  ( $m=1, 2, \dots$ ) 時為相消干涉

(3) 次級極大發生在  $a \sin \theta_m = \pm (m + \frac{1}{2}) \lambda$  ( $m=1, 2, \dots$  更精確估計為 0.93, 1.96)，其強度對  $\sin \theta$  如圖二所示。當  $\theta$  很小時， $\theta \approx \sin \theta \approx \tan \theta \approx \frac{y_1}{L}$

$$\tan \theta_1 = \frac{y_1}{L}, \theta_1 = \tan^{-1} \frac{y_1}{L}$$

$$\text{而 } \sin \theta_1 = \sin(\tan^{-1} \frac{y_1}{L}) = \frac{\lambda}{a}, \lambda = a \sin(\tan^{-1} \frac{y_1}{L})$$

\*  $a \sin \theta_m = \pm m \lambda$  的說明如下：

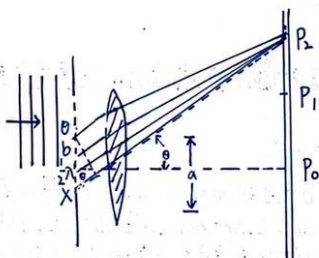
1. 圖三中，將單狹縫分成上下兩半部，則上下兩半有無數個成對的點光源。這些成對的光源到屏幕某點，若其相位差是  $180^\circ$  則為相消性干涉，屏幕該點為暗紋，也就是光程差為  $\lambda/2$  的奇數倍時，即  $\frac{a}{2} \sin \theta_m = m(\frac{\lambda}{2})$  ( $m=1, 3, 5, \dots$ ) 或  $a \sin \theta_m = m \lambda$  ( $m=1, 3, 5, \dots$ )

2. 圖四中將狹縫分成四等分則情況與圖三相同，此時暗紋條件為  $\frac{a}{4} \sin \theta_m = m(\frac{\lambda}{2})$  ( $m=1, 3, 5, \dots$ ) 或  $a \sin \theta_m = 2m \lambda$  ( $m=1, 3, 5, \dots$ )

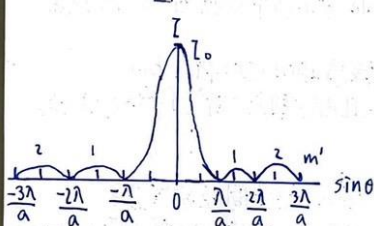
3. 若將狹縫分成八等分，此時暗紋條件為

$$\frac{a}{8} \sin \theta_m = m(\frac{\lambda}{2}), (m=1, 3, 5, \dots) \text{ 或 } a \sin \theta_m = 4m \lambda (m=1, 3, 5, \dots)$$

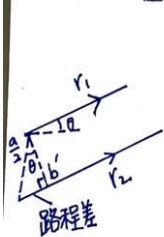
綜合以上，暗紋條件為  $a \sin \theta_m = \pm m \lambda$ ,  $m=1, 2, 3, \dots$  (負號是因為  $m$  級暗紋有兩對)  
 由上式可知  $\theta_m = \sin^{-1}(\frac{m \lambda}{a})$ ，若狹縫  $a$  越小，則  $\theta_m$  越大。



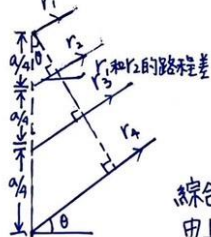
圖一



圖二



圖三

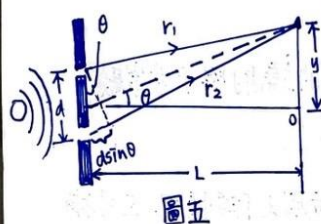


圖四

## (二) 雙狹縫干涉

在雙狹縫干涉實驗中，若狹縫寬度很小，我們可將每一個狹縫視為一個點光源，再考慮此二點光源在屏幕上的光波電場疊加即可。

圖五表示以平行光入射雙狹縫，二狹縫間距為  $d$ ，狹縫至屏幕距離為  $L$ 。



圖五

(1) 光程差為  $r_2 - r_1 \approx d \sin \theta$

若  $d \sin \theta = n \lambda$  ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ )，則在 P 點為建設性干涉。

(2)  $d \sin \theta = (n + \frac{1}{2}) \lambda$  ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ )，則在 P 點為破壞性干涉。

(3) 通常  $L \gg y_n$ ， $y_n$  表示第  $n$  個亮紋到中央亮紋的距離。因此  $\theta_n$  之角度極小，所以  $\tan \theta_n \approx \sin \theta_n$ 。

$$\Rightarrow d \sin \theta = d \frac{y_n}{L} = n \lambda \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \text{ 或 } y_n = n \frac{L \lambda}{d} \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

所以相鄰兩亮紋之間距為  $\Delta y_n = y_{n+1} - y_n = L \lambda / d$

三. 實驗儀器：同調光源 (Laser, 波長  $0.532 \mu\text{m}$ )、45 度反射鏡二片、垂直反射鏡一片、空間濾波器、透鏡二片 ( $f_1 = 15 \text{ cm}$ ,  $f_2 = 12.5 \text{ cm}$ )、起偏片與檢偏片、分光鏡、空間光調制器、十字校準片、CCD 影像感測器。

## 四. 實驗方法：(一) 單狹縫

1. 實驗結構同振幅調制實驗，並確認起偏片與檢偏片的角度是否設定正確。

2. 將焦距  $12.5 \text{ cm}$  透鏡放置於檢偏片後方。

3. 打開 Laser 光源開啟 EDK 程式，將右上角的 Monitor Index 選擇 1，並將實驗欄位選擇至 5. Diffraction and Interference。在 Slit Size 的欄位上設定狹縫的寬度大小，並以振幅調制實驗所量測到的最大功率對應灰階值設為 inner grayscale，最小功率對應到的灰階值為 outer grayscale。

4. 架設 CCD 並調整 CCD 位置直到影像清晰且位於視窗中心。

5. 擷取狹縫繞射影像並利用 MATLAB 進行分析算出雷射光波長。

## (二) 雙狹縫

1. 在 EDK 程式中選擇雙狹縫頁面並輸入狹縫間距與寬度。

2. 擷取狹縫繞射影像並利用 MATLAB 進行分析算出雷射光波長。