

干涉現象

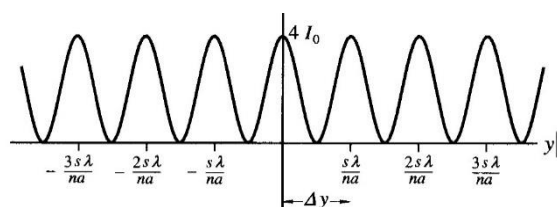
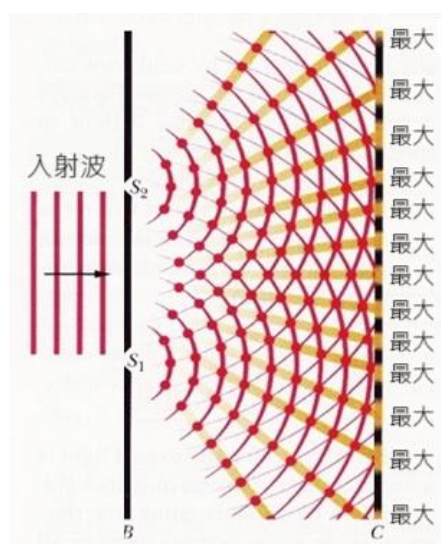
實驗目的

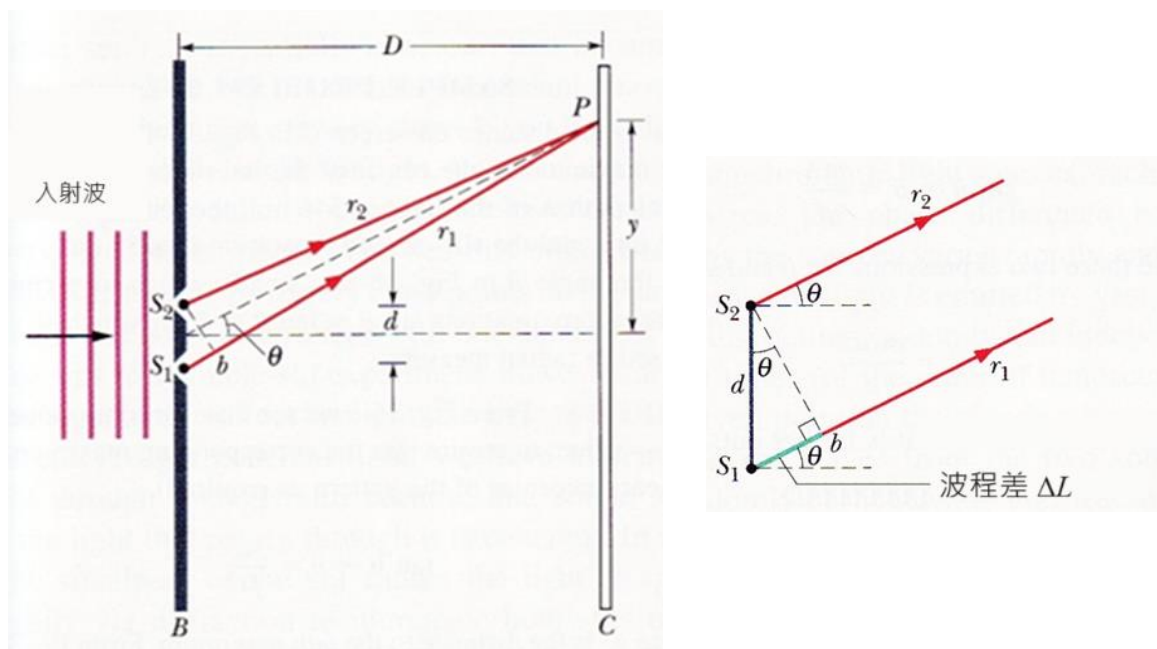
使用「Borderless Lab365」平台，觀察激光穿過不同的狹縫（包括單縫、雙縫或光柵）後產生的干涉和繞射圖形，並研究 (i) 狹縫之間間距 d 、(ii) 光的波長 λ 、及 (iii) 狹縫和屏幕之間的距離 D ，對干涉和繞射圖形的影響。

理論

干涉

- 光波遵循**疊加原理**。當兩個波在空間中的特定點相遇時，產生的擾動只是組成擾動的代數（向量）和。
- 對於干涉圖形，根據**惠更斯原理**，當相干光源以所需距離 d 穿過兩個不同的狹縫時，從兩個狹縫 S_1 和 S_2 發出的兩個光波可視為兩個具有相同特性（同等幅度、同等相位、同等波長等）的單獨點源等。於此，我們假設兩個狹縫無限小（否則干涉圖形會結合干涉及繞射圖形，如圖三所示）。光波以波浪形式穿過狹縫，相互重疊後於距離 D 的屏幕上呈現（圖一）。
- 當 $D \gg d$ （其中 D 為狹縫與屏幕之間的距離， d 為狹縫間距）並發生相長干涉時，中央極大值與相鄰極大值之間的距離可由 $\Delta y = n \frac{\lambda D}{d}$ ， $n = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ 計算。
- 當相消干涉發生時，中央極大值與相鄰極小值之間的距離可由 $\Delta y = (n + \frac{1}{2}) \frac{\lambda D}{d}$ ， $n = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ 計算。

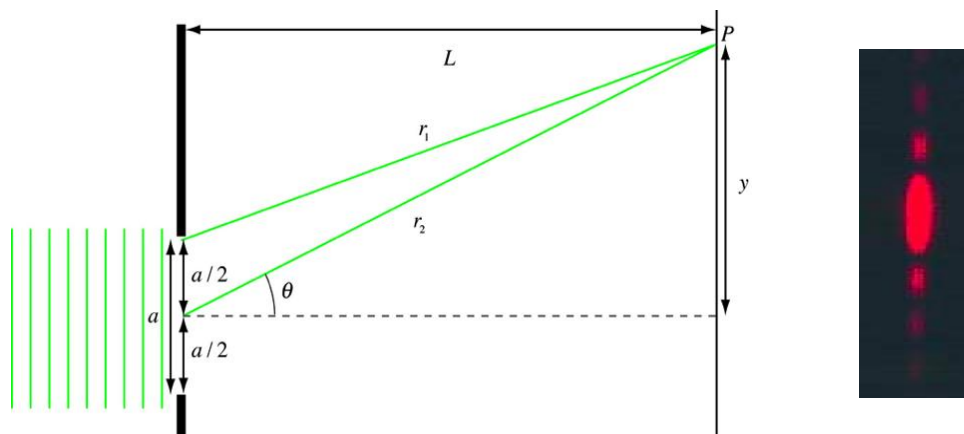


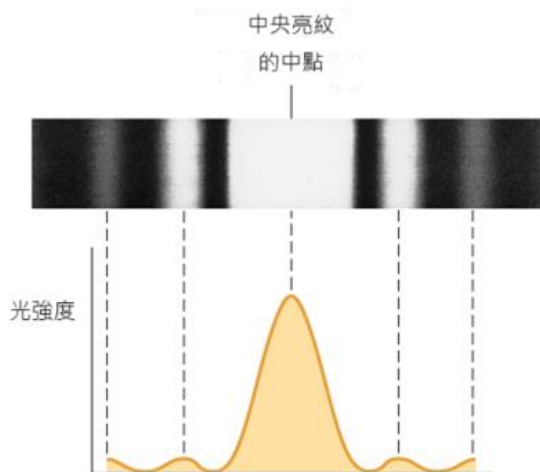


圖一

繞射

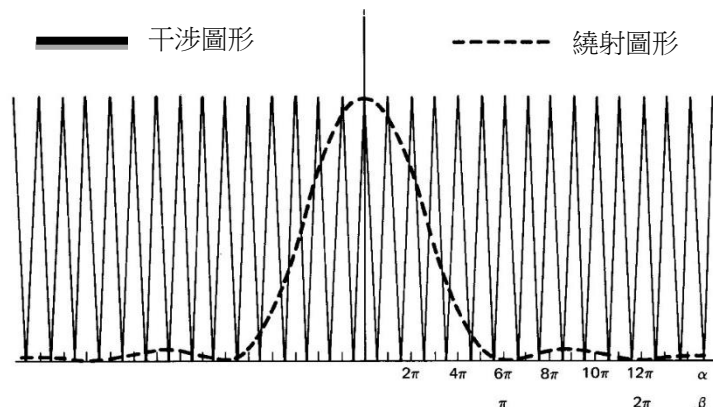
- 另一方面，光線穿過一個有限大小的單縫 a 形成繞射圖形（圖二）。此現象可以干涉現象解釋，但詳細計算於此省略。
- 對於出現第一個極大值，我們將單縫分成兩半。如圖二所示，設一點於上半部和另一點於下半部的頂。這兩點如楊氏雙縫實驗中的兩個狹縫（狹縫距離為 $a/2$ ）。為產生相長干涉，程差 $(r_2 - r_1)$ 需等於一波長。因此，我們在略低於之前兩個點的位置選取另外兩點（一點於上半部分，另一個於下半部分），這兩個新點應該與前兩點相似並擁有相同程差。然後，這兩個新點將再次產生建設性的干擾。這樣，上半部的所有小點都會在下半部有一個對應點，在 P 點上產生整體相長干涉，作為第一個極大值的繞射圖形。
- 與干涉相比，其第一個、第二個和其他極大值具有相同的光強度和闊度；反觀繞射圖形的第一個、第二個和其他極大值的光強度和闊度都不同（如圖二所示）。而這就是干涉圖形和繞射圖形之間的主要區別。



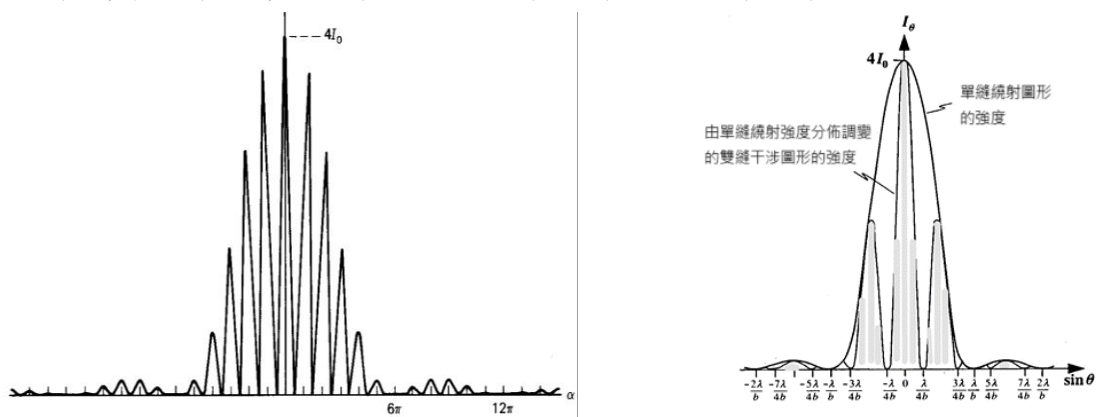


圖二

- 在真實的楊氏雙縫實驗（兩個擁有有限狹縫闊度 a 的狹縫），我們預計可觀察到以下模式：理想的干涉圖形和繞射圖形的結合。



- 最終結果：圖三所示，為真實的楊氏雙縫實驗的最終結果。請確保您能夠區分哪一個是干涉圖形的第一個最大值，及哪一個是繞射圖形的最大值！



圖三

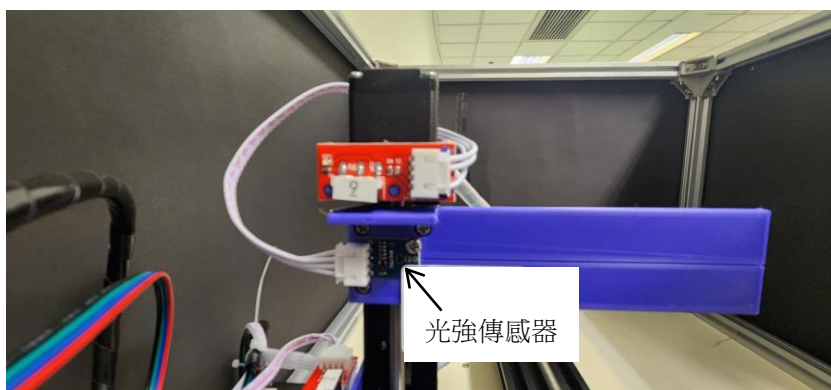
設置

- 「Borderless Lab365」平台
- 激光光源（紅色 $\lambda=650\text{ nm}$ 或綠色 $\lambda=520\text{ nm}$ ）
- 具有不同狹縫設定的可移動軌道。每個狹縫下方均有註明該狹縫的資料。



狹縫（從左到右）	參數
單縫 0.3	狹縫闊度：0.3mm
單縫 0.2	狹縫闊度：0.2mm
單縫 0.1	狹縫闊度：0.1mm
單孔 0.3/0.2	無需使用
雙縫 0.2	狹縫間隔距離：0.2 mm
雙縫 0.25	狹縫間隔距離：0.25 mm
光柵	300 線/cm

- 在移動路軌的光強傳感器



- 「狹縫與傳感器距離」的預設最小值為 10 公分。

步驟

1. 登入「Borderless Lab365」平台，預約後進入「干涉現象」實驗模組
<https://labxra.edu.hk/remotelab/platform/#/>
2. 初始設定：透過滑動或與填入數值改變「狹縫與傳感器的距離」，將狹縫組與屏幕之間的距離設定為 100 毫米或更大。
3. 點選激光光源：
此實驗採用兩種不同波長的激光，於控制面板按「紅」或「綠」啟動相應的激光。然後透過滑動或填入數值改變「激光強度」調整激光強度（請避免調較激光至最

大強度，因太光亮的激光光斑會導致難以進行對準）。當激光強度設定為「非零」值後，激光將會啟動。

4. 選擇其中一個狹縫（單縫、雙縫或光柵）並把激光光斑與該狹縫對齊：透過滑動或與填入數值改變「狹縫位置」來調整移動可移動軌道的位置，直至激光光斑擊中所選狹縫的中間（您可以從「攝像機 1」觀察激光位置）。
5. 調較各個實驗參數：透過滑動或與填入數值改變「傳感器水平/垂直位置」、「狹縫與傳感器的距離」和「量度距離」的數值，調整光強傳感器的位置和圖形。您可透過「攝像機 2」當中，在傳感器附近的屏幕上觀察圖形。（屏幕上的一條橫線是用於輔助校對光強傳感器的水平位置）

各參數的作用如下：

狹縫位置：選擇在量度中使用哪個狹縫（或光柵）。

狹縫與傳感器的距離：調整狹縫與光強傳感器之間的距離（通常此參數在步驟 2 設置，然後固定）。

傳感器水平位置：調整光強傳感器量度範圍的起始位置。

傳感器垂直位置：調整光強傳感器的高度，確保光強傳感器的位置（與輔助線位於相同水平）與干涉/繞射圖形處於相同高度。

量度距離：設定傳感器量度的範圍。

* 您可參考實驗的「裝置照片」了解更多。

6. 點選「開始量度」掃描圖形。在自動掃描期間，所有按鈕將被停用。
7. 等待掃描結束，按鈕將再次啟用。同時，圖形數據將以圖表方式顯示在「量度結果」上。
8. 點選圖表右上方的選單按鈕，下載圖表並選擇適當的格式 (.svg, .png, .csv).
9. 應用不同的參數重複實驗。
使用 (i) 激光光源、(ii) 狹縫（單縫、雙縫或光柵）或 (iii) 螢幕距離(D) 的不同數值重複進行實驗，判斷參數對干涉及繞射圖形的影響。您可以設計自己的實驗，也可以按照下列「數據」部分所建議的實驗（第 1 組、第 2 組和第 3 組）來操作。
10. 為了獲得良好的干涉/繞射圖案，您可以透過緩慢地將「狹縫與傳感器的距離」調校至更大的數值，將屏幕移離狹縫。結合步驟 10 和步驟 5，把干涉圖形調整至最光亮及最清晰。
11. 將「激光強度」滑動至「0」關閉激光，然後登出您的帳戶。

數據（建議研究）

第 1 組：雙縫：研究 Δy 和 d 之間的關係

狹縫間隔距離 $d =$ _____ m (從不同的狹縫中選擇)

螢幕距離 $D =$ _____ m (固定值)

光的波長 $\lambda =$ _____ m (固定值)

極大值/極小值	位置(m)
中心極大值	
1 st 極小值	
1 st 極大值	
2 nd 極小值	
2 nd 極大值	
3 rd 極小值	
3 rd 極大值	

* 如果有良好的對齊效果，您可以觀察第一個、第二個、第三個和第四個極大值。然後您以 n 最多為 4 繪畫的圖表（即 4 個數據點）。

第 2 組：雙縫：研究 Δy 和 D 之間的關係

狹縫間隔距離 $d =$ _____ m (固定值)

螢幕距離 $D =$ _____ m (自定的複選值)

光的波長 $\lambda =$ _____ m (固定值)

極大值/極小值	位置(m)
中心極大值	
1 st 極小值	
1 st 極大值	
2 nd 極小值	
2 nd 極大值	
3 rd 極小值	
3 rd 極大值	

第 3 組：雙縫：研究 Δy 與 λ 之間的關係

狹縫間隔距離 $d =$ _____ m (固定值)

螢幕距離 $D =$ _____ m (固定值)

光的波長 $\lambda =$ _____ m (紅或綠)

極大值/極小值	位置(m)
中心極大值	
1 st 極小值	
1 st 極大值	
2 nd 極小值	
2 nd 極大值	
3 rd 極小值	
3 rd 極大值	

討論

1. 根據第 1 組數據，繪製 Δy 與 n 的關係圖，其中 n 是極大值的數量（即 $n=1$ 、2 和 3）。圖表是一條直線嗎？斜率是多少；與理論值有什麼差別嗎？如果使用另一個 d 值，圖表會如何改變？
2. 根據第 2 組數據，請繪製不同 $n=1$ 時 Δy 與 D 的關係圖。圖表是一條直線嗎？斜率是多少；與理論值有什麼差別嗎？如果使用 $n=2$ ，圖表會如何改變？
3. 根據第 3 組數據，隨著波長的改變，圖形會有什麼變化？
4. 條紋間距的結果是否與方程式 $\Delta y = \frac{\lambda D}{d}$ 一致？
5. 隨著極大值的順序變高，記錄到的光強度有什麼變化？為什麼？
6. 實驗中可能出現哪些誤差？
7. 描述在以下情況下，屏幕上的干涉圖形將如何改變（包括條紋的位置和強度、相鄰條紋之間的間隔等）
 - i) 把屏幕移離狹縫。
 - ii) 點光源的單色波長增加。
 - iii) 狹縫間隔距離 d 增加。
 - iv) 使用兩個光源，並強制其他光源穿過其他狹縫。
 - v) 在狹縫 S_2 後方加上薄玻璃片。
 - vi) 在每個狹縫後方加上一個理想的線性偏振片，而偏振片的透射軸彼此垂直。
8. 當狹縫闊度減少時，繞射圖案會發生什麼變化？
9. 使用繞射光柵光譜的第一個極大值，估計繞射光柵每長度的線數。與是否與理論值相同？

©香港理工大學 2024 版權所有。