

干涉現象

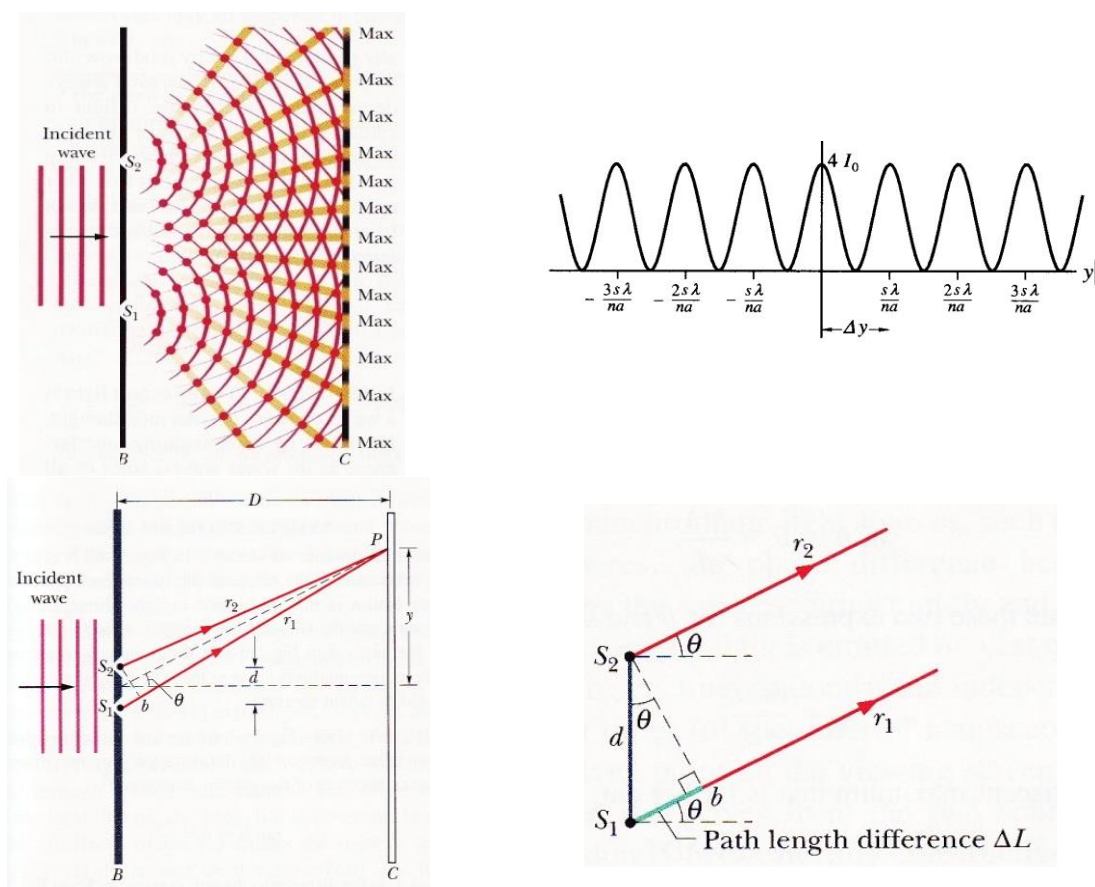
目的

運用“Borderless Lab 365”平台觀察使用激光穿過各種縫隙（包括單縫，雙縫或多縫）形成的干涉和/或衍射圖形。同時研究光的波長（ λ ），縫距（ d ）以及屏幕與狹縫之間的距離（ D ）對干涉圖形的影響。

理論

干涉

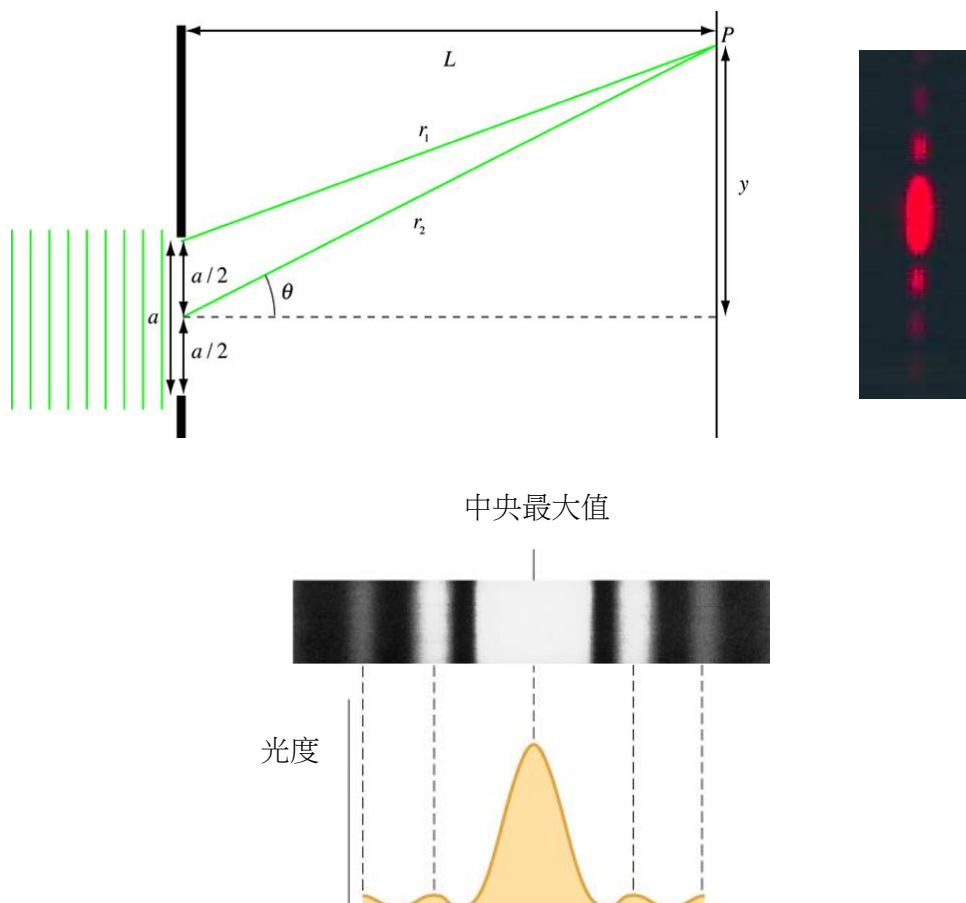
- 光波遵從疊加原理，其總震幅由所有波相加而成。
- 根據惠更斯原理，當相干光源通過兩個狹縫 S_1 與 S_2 ，縫距為 d ，從 S_1 與 S_2 發出的光波可視為兩個具相同特性的點波源〔同等幅度、同等相位、同等波長等〕。於此，我們假設兩個狹縫無限小〔否則干涉圖形會結合干涉及繞射圖形〕，光波以波浪形式穿過狹縫，相互重疊後於距離 D 的屏幕上呈現。〔圖一〕
- 亮紋由相長干涉形成，可以程式 $\Delta y = n \frac{\lambda D}{d}$ ， $n = 0, 1, 2, \dots$ 計算由中央最大值與相鄰最大值之間的距離。
- 暗紋由相消干涉形成，可以程式 $\Delta y = (n + \frac{1}{2}) \frac{\lambda D}{d}$ ， $n = 0, 1, 2, \dots$ 計算由中央最大值與相鄰最小值之間的距離。



圖一

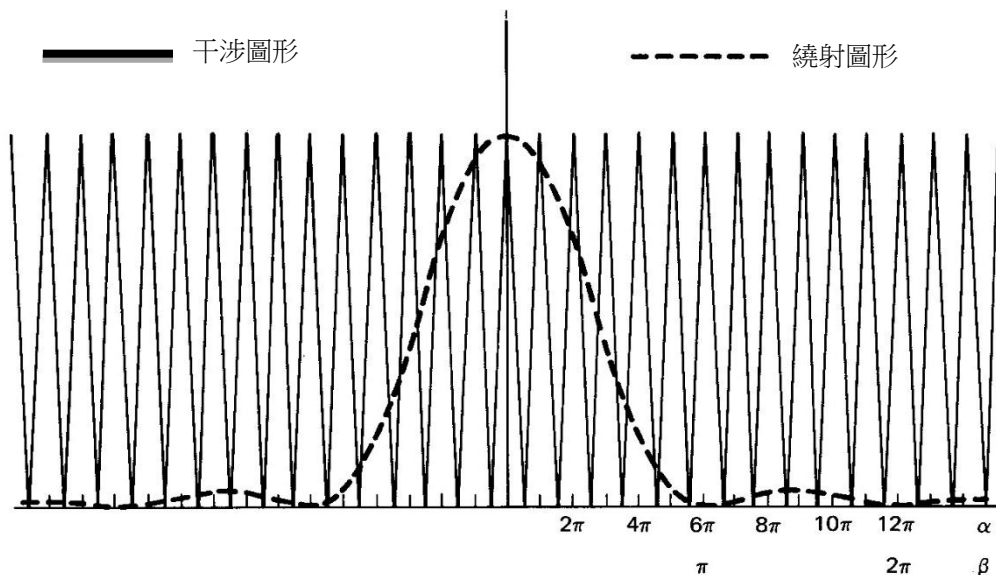
繞射

- 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。
- 我們將以干涉解釋繞射圖形的第一級最大值。將單縫分成兩半，如圖二顯示，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〔縫距為 $a/2$ 〕。為產生相長干涉，程差〔 $r_2 - r_1$ 〕需等於一波長。因此，我們於之前兩點稍下的位置選取另外兩點〔一點於上半部，另一點於下半部〕，這兩個新點擁有相同程差並產生相長干涉。總括而言，所有上半部的小點與下半部都有一個對應點，可於 P 點產生相長干涉。
- 與干涉相比，其第一級、第二級和其他最大值的光強度和闊度相同；反觀繞射圖形的第一級、第二級和其他最大值的光強度和闊度都不同。

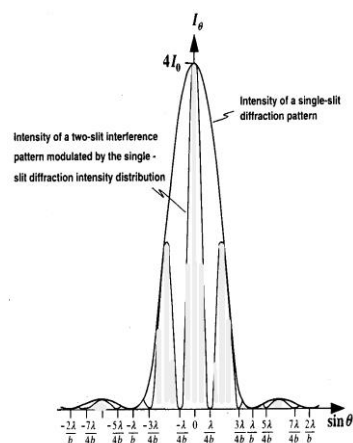
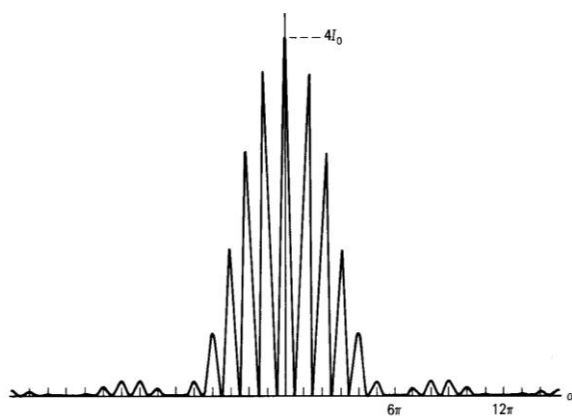


圖二

- 預計可於楊氏雙縫實驗中觀察的真實圖形



- 最終圖形

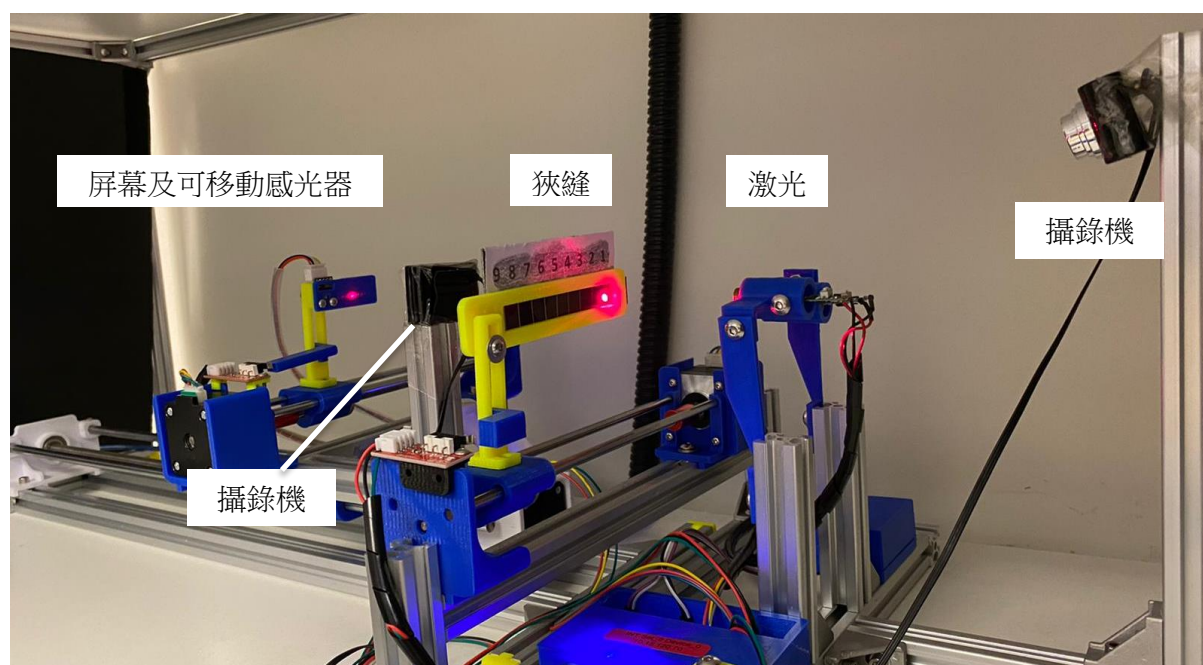


儀器

- Borderless Lab 365 平台
- 激光 (紅 $\lambda=660$ nm, 綠 $\lambda=535$ nm)
- 可移動狹縫

| 從右至左 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| 種類 | 單縫 | 雙縫 | 雙縫 | 雙縫 | 雙縫 | 雙縫 | 三縫 | 四縫 | 五縫 |
| 狹縫 a/mm | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.08 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| 縫距 d/mm | 0 | 0.5 | 0.25 | 0.125 | 0.5 | 0.25 | 0.5 | 0.125 | 0.125 |

- 可移動感光器



步驟

1. 登入 Borderless Lab 365 平台 <https://stem-ap.polyu.edu.hk/remotelab/>，並選取「干涉現象」實驗。
2. 初始設定：按「INCREASE」設屏幕與狹縫之間的距離為 285mm 或以上。
3. 此實驗採用兩種不同波長的激光，於控制板面按「Red」或「Green」啟動相應的激光。
4. 滑動「Power」調較光的強度。注意請勿調較至最高強度，免影響干涉及衍射圖形的效果。
5. 選取合適狹縫〔單縫，雙縫或多縫〕，按「LEFT」或「RIGHT」移動狹縫與激光對準。可先按「Large」進行粗略調校，然後按「Small」微調直至圖形清晰投射在螢幕上。
6. 按「MEASURE」把圖案掃描。
7. 感光器完成掃描後，按鈕會回復正常，結果也會於圖表上顯示。
8. 按「MENU」選擇合適的檔案〔.svg, .png, .csv〕下載。
9. 以不同波長的光源，狹縫及狹縫與屏幕之間的距離重覆實驗，觀察干涉圖案的分別。
10. 提示：為調教更明顯的干涉圖形，按下「INCREASE」增加屏幕與狹縫之間的距離，緩緩地向其一方移動，並觀察屏幕上的干涉圖形，一旦圖形變暗便停止移動。
11. 然後按「DECREASE」向另一方向緩緩地移動，直至圖形再次變光及變暗。重複以上兩個步驟直至獲得最光的圖形，這就是激光的最佳位置。
12. 紀錄好所需數據，關掉激光後，於右下角按「logout」便可。

數據第一組縫距 $d =$ _____ m屏幕與狹縫之間的距離 $D =$ _____ m光之波長 $\lambda =$ _____ m

| 亮紋/暗紋 | 位置 (m) |
|-------|--------|
| 中央最大值 | |
| 第一暗紋 | |
| 第一亮紋 | |
| 第二暗紋 | |
| 第二亮紋 | |

第二組縫距 $d =$ _____ m屏幕與狹縫之間的距離 $D =$ _____ m光之波長 $\lambda =$ _____ m

| 亮紋/暗紋 | 位置 (m) |
|-------|--------|
| 中央最大值 | |
| 第一暗紋 | |
| 第一亮紋 | |
| 第二暗紋 | |
| 第二亮紋 | |

第三組縫距 $d =$ _____ m屏幕與狹縫之間的距離 $D =$ _____ m光之波長 $\lambda =$ _____ m

| 亮紋/暗紋 | 位置 (m) |
|-------|--------|
| 中央最大值 | |
| 第一暗紋 | |
| 第一亮紋 | |
| 第二暗紋 | |
| 第二亮紋 | |

討論

1. 實驗結果的條紋距離與程式 $\Delta y = \frac{\lambda D}{d}$ 一致嗎?
2. 紀錄中的圖形，光強度於更高級別時有甚麼變化？為甚麼？
3. 實驗中可能有那些誤差？