

# 普物實驗競賽

咎

B11901017 廖宇軒

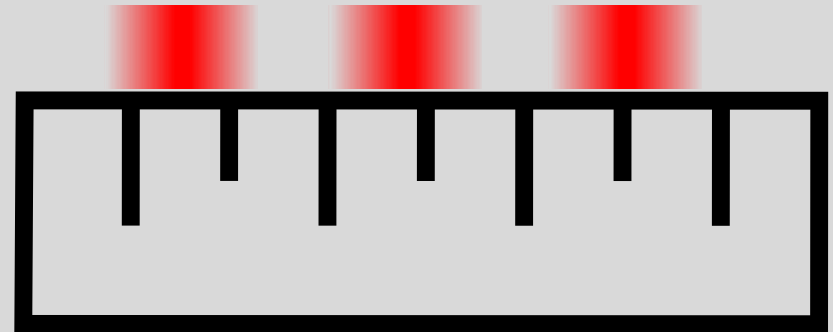
B11901020 鄭博元

B11901022 丁睿濂

B11901027 王仁軒

# 動機與目標

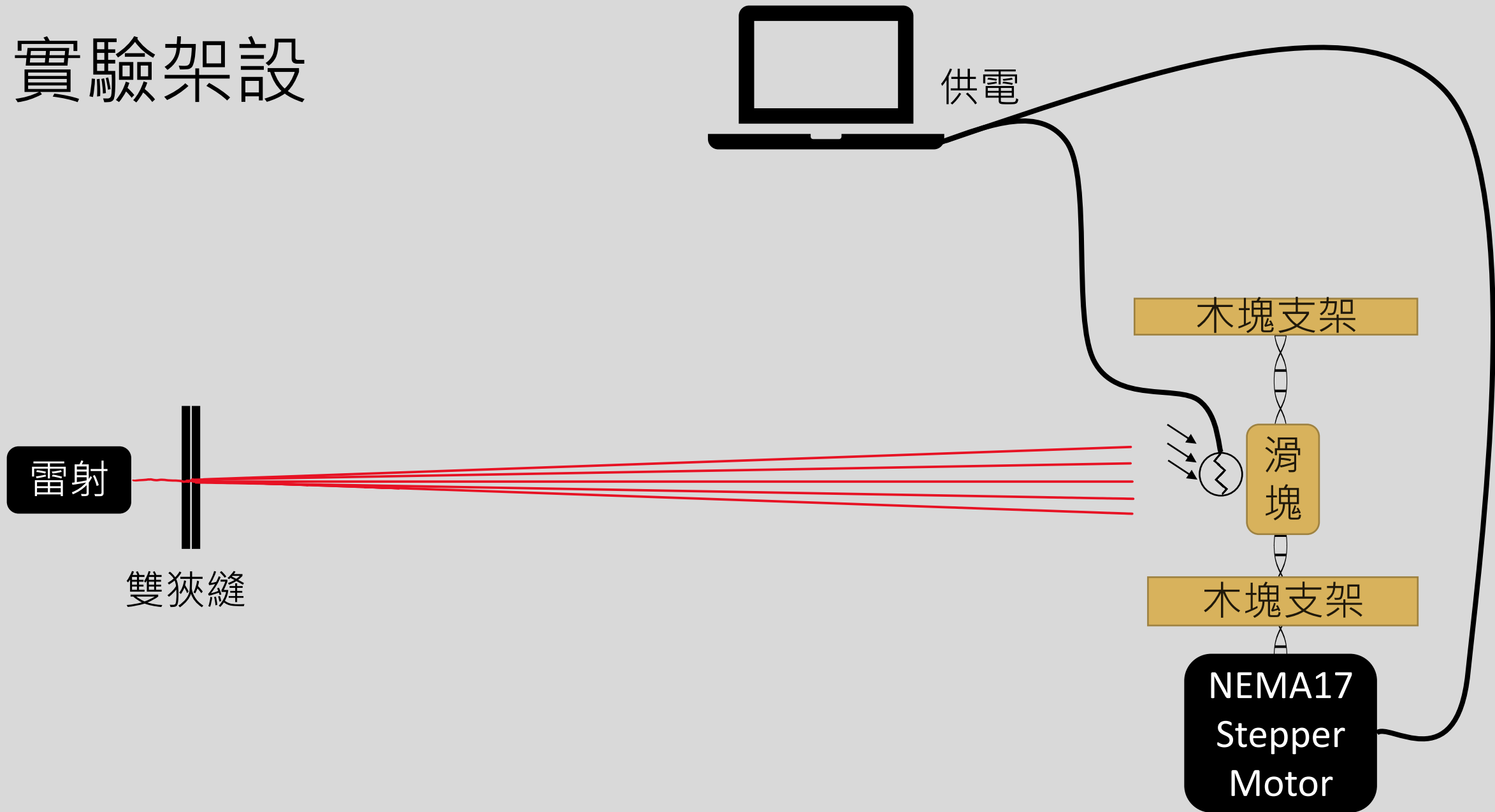
- 希望可以以實際數據觀測干涉圖形
- 精確測量雙狹縫亮紋間距與相對亮度



# 實驗器材

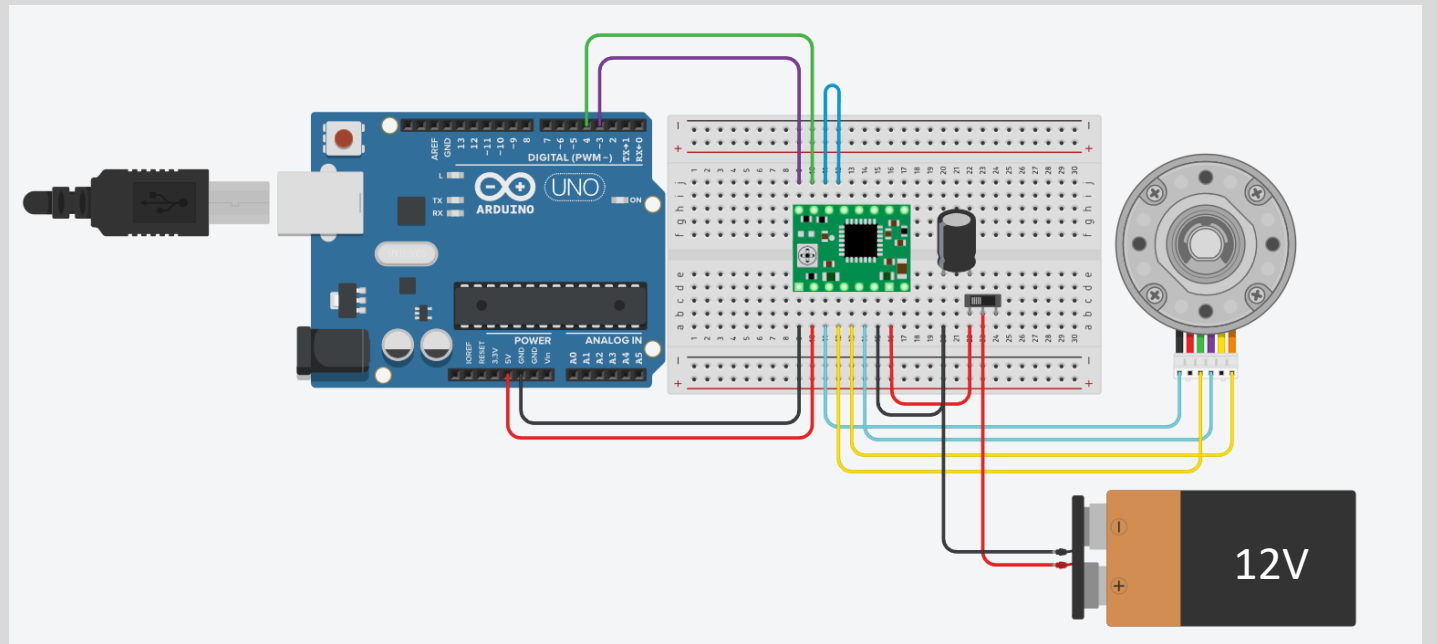
- 雷射(波長632nm) x1
- 雙狹縫 x1
- NEMA 17 步進馬達 x1
- A4988 驅動模組 x1
- 光敏電阻模組 x1
- Arduino Mega 2560 / Arduino Uno x2
- 12V LiPo 電池
- 螺桿(螺紋間距 1mm)
- 木塊螺帽複合體
- 電容(0.1 mF)

# 實驗架設

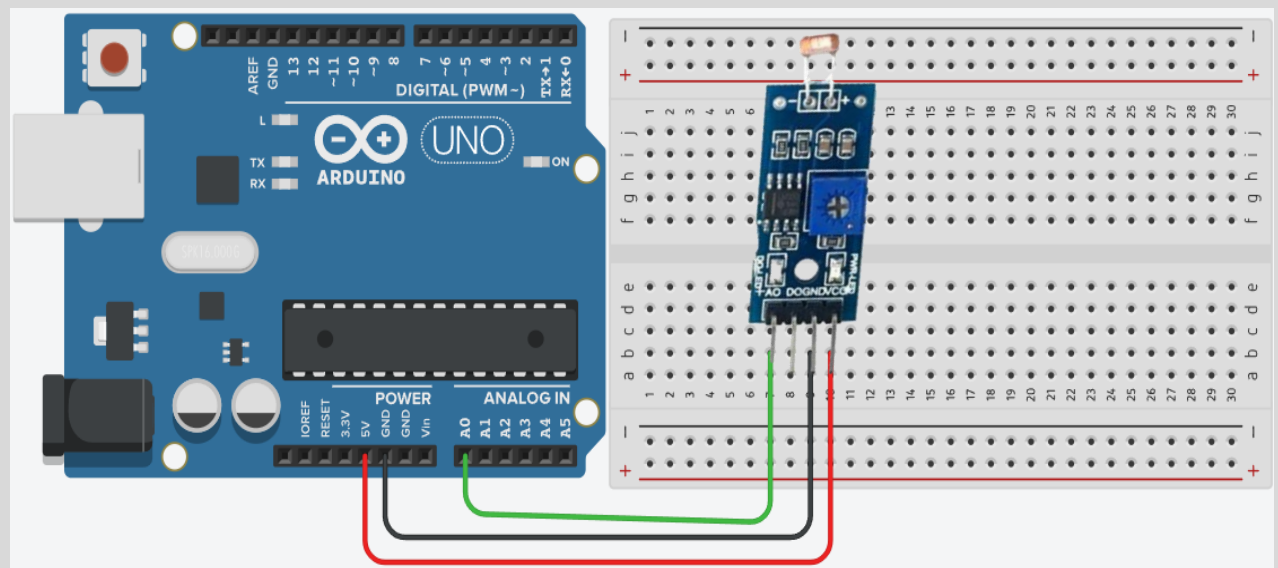


# 電路設計

- 步進馬達



- 光敏電阻



# Arduino程式

```
1  int CDSPin = 0; // 光敏電阻接在A0接腳
2  int CDSVal = 0; // 設定初始光敏電阻值為0
3
4  void setup() {
5      Serial.begin(9600);
6  }
7
8  void loop() {
9      CDSVal = analogRead(CDSPin);
10     Serial.print(CDSVal);
11     Serial.print(',');
12     delay(10); // 讀取一次的時間間隔
13 }
14
```

```
1  const int stepPin = 4;
2  const int dirPin = 3;
3  void setup() {
4      // Sets the two pins as Outputs
5      pinMode(stepPin,OUTPUT);
6      pinMode(dirPin,OUTPUT);
7      digitalWrite(dirPin,HIGH);
8  }
9  void loop() {
10     // Makes 200 pulses for making one full cycle rotation
11     for(int x = 0; x < 200; x++) {
12         digitalWrite(stepPin,HIGH);
13         delayMicroseconds(5000);
14         digitalWrite(stepPin,LOW);
15         delayMicroseconds(5000);
16     }
17 }
```

<https://ruudiy.pixnet.net/blog/post/178698768-%E3%80%90arduino%E3%80%91-%E5%85%89%E6%95%8F%E9%9B%BB%E9%98%BB%E6%A8%A1%E7%B5%84>

# 實驗步驟

1. 將雙狹縫片至於雷射光前，記錄雙狹縫與光敏電阻模組移動所在平面之距離。
2. 將光敏電阻偵測器遮擋一半，減少偵測範圍。
3. 將木頭螺帽塊轉至兩邊支架的其中一邊的底部。
4. 遮擋環境光源，開啟馬達，以  $180^\circ / \text{秒}$  的角速度運行。設定光敏電阻每 0.01 秒記錄一次光強度讀值。



# 實驗步驟

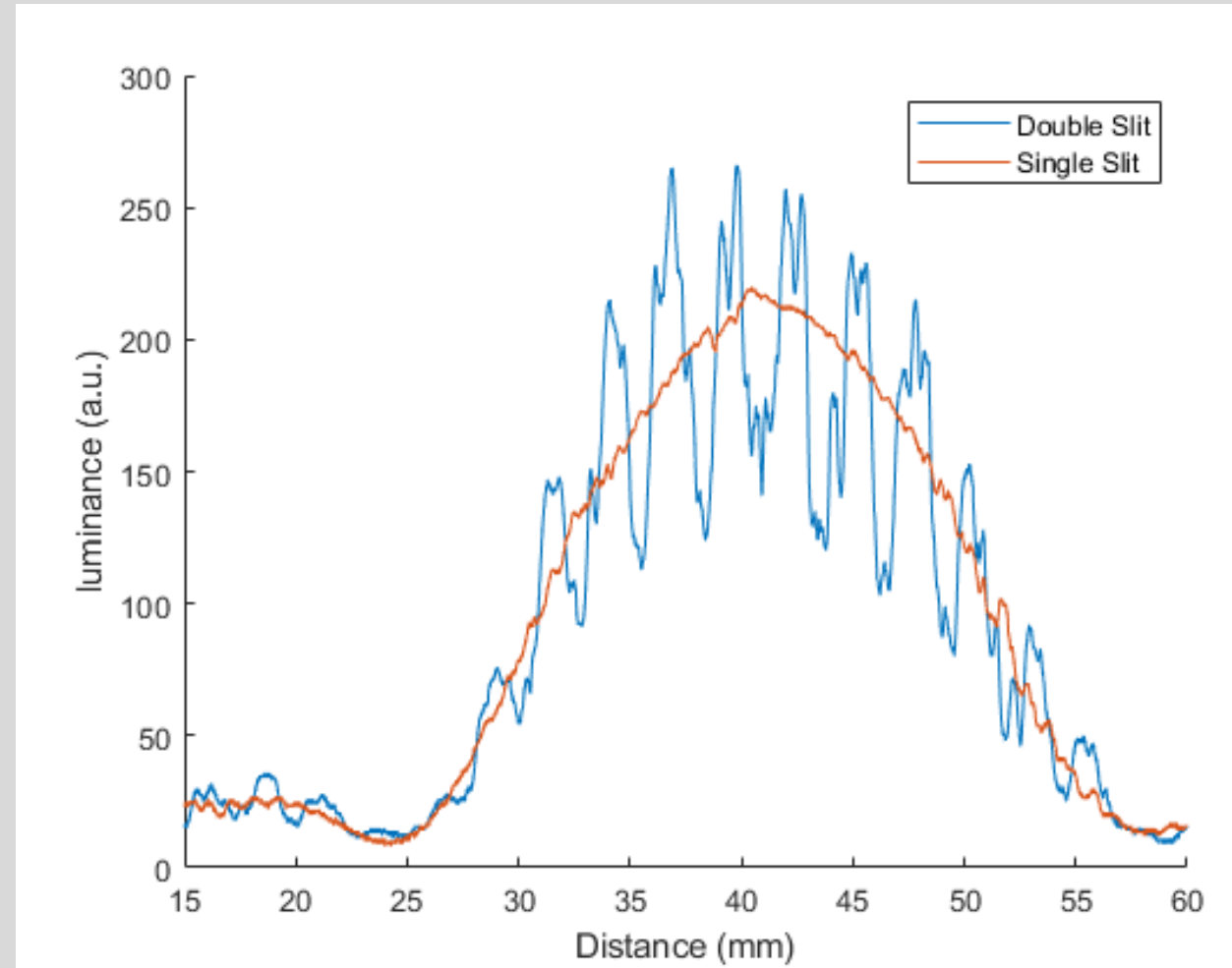
5. 當木頭螺帽塊轉至另一端點時停止紀錄數據，並將剛剛得到的數據繪製成圖。
6. 將雙狹縫片的其中一個狹縫以膠帶遮住，用單狹縫重新進行實驗並記錄數據。





# 數據分析

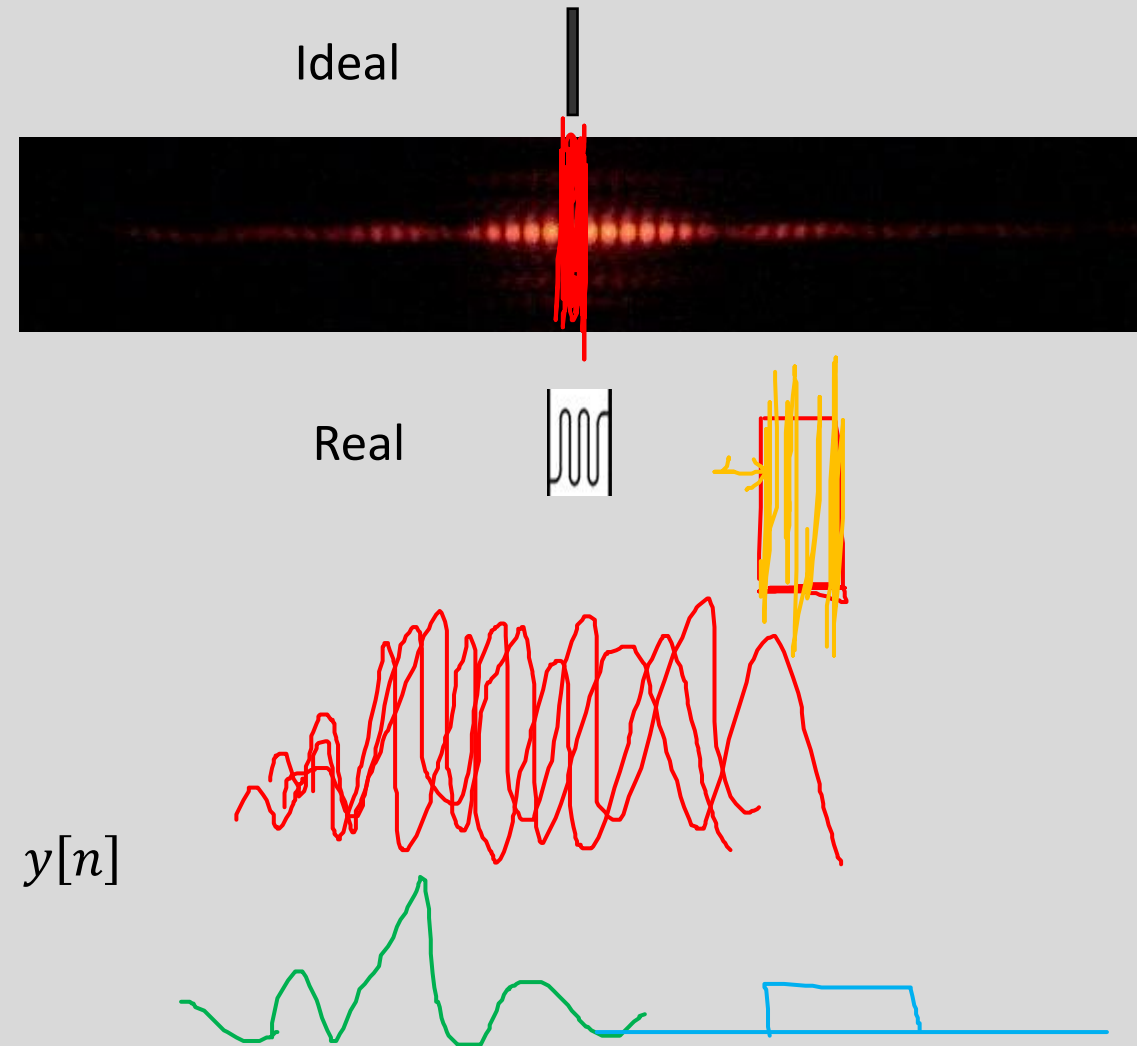
- 為了解決單狹縫所造成的影響，我們必須分別測量雙狹縫實驗的干涉條紋與單狹縫實驗的干涉條紋。
- 測得的數據如右圖



# 光敏電阻寬度造成的誤差

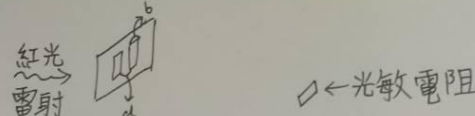
- 光敏電阻不夠細，測到的光強度是很多個光的疊合
  - 相當於原本的圖形與方波做卷積
- ⇒ 在頻域將方波的頻譜除回來

$$x_{double\ slit}[n] \xrightarrow{\mathcal{F}} X(e^{j\omega}) \xrightarrow{\div \mathcal{F}\{square\ wave\}} Y(e^{j\omega}) \xrightarrow{\mathcal{F}^{-1}} y[n]$$



# 處理單狹縫干涉造成的影響


雙狹縫干涉



紅光雷射


光敏電阻

1°. 單狹縫



波程差 =  $\Delta l \cdot \sin \theta \approx \Delta l \cdot \theta$

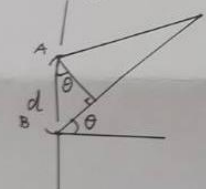
相角差 =  $\frac{\Delta l \cdot \theta}{\lambda} \cdot 2\pi$



$\frac{I(\theta)}{I(0)} = \left( \frac{2R \sin(\frac{\theta}{2})}{R\theta} \right)^2 = \left( \frac{\sin(\frac{b\theta}{\lambda} \cdot \pi)}{\frac{b\theta}{\lambda} \cdot \pi} \right)^2$

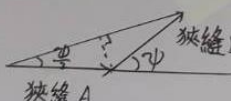
$$y[n] \xrightarrow{\div x_{\text{single slit}}[n]} y_{\text{double slit}}[n]$$

2°. 雙狹縫



波程差 =  $d \sin \theta \approx d \theta$

相角差 =  $\frac{d \cdot \theta}{\lambda} \cdot 2\pi$

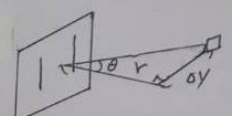


狹縫 A

狹縫 B

$\frac{I(\theta)}{I(0)} \approx \left( \frac{\sin(\frac{b\theta}{\lambda} \cdot \pi)}{\frac{b\theta}{\lambda} \cdot \pi} \right)^2 (2 \cos(\frac{\psi}{2}))^2$

$= \left( \frac{\sin(\frac{b\theta}{\lambda} \cdot \pi)}{\frac{b\theta}{\lambda} \cdot \pi} \cdot 2 \cos(\frac{d\theta}{\lambda} \cdot \pi) \right)^2$



$\Delta y \approx r\theta$

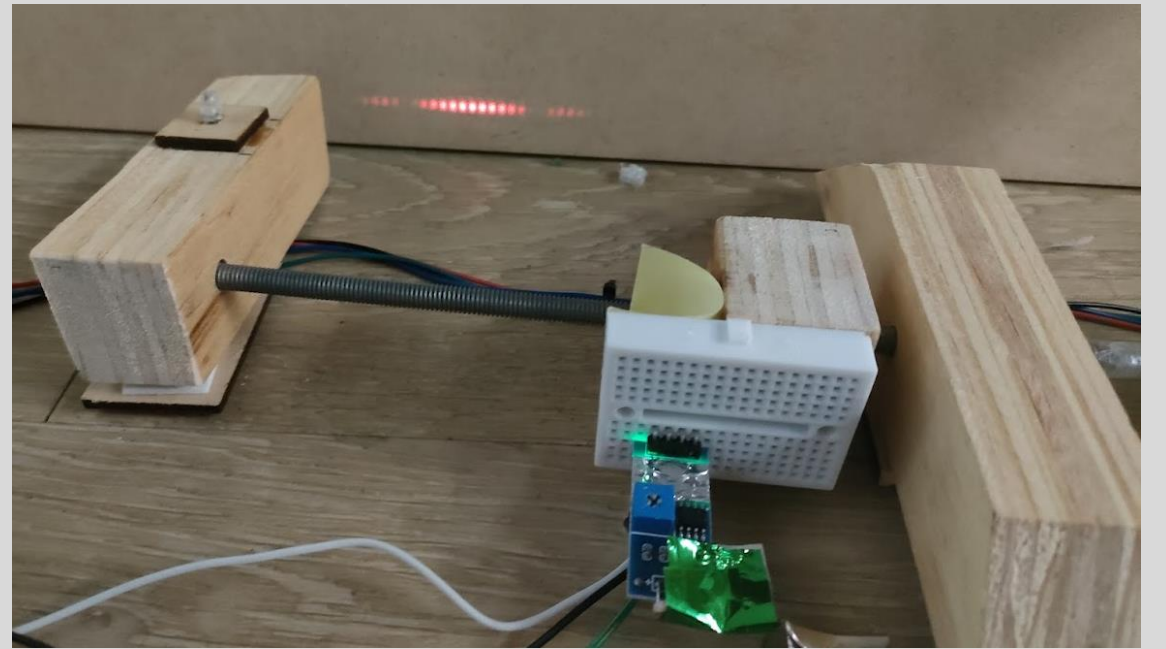
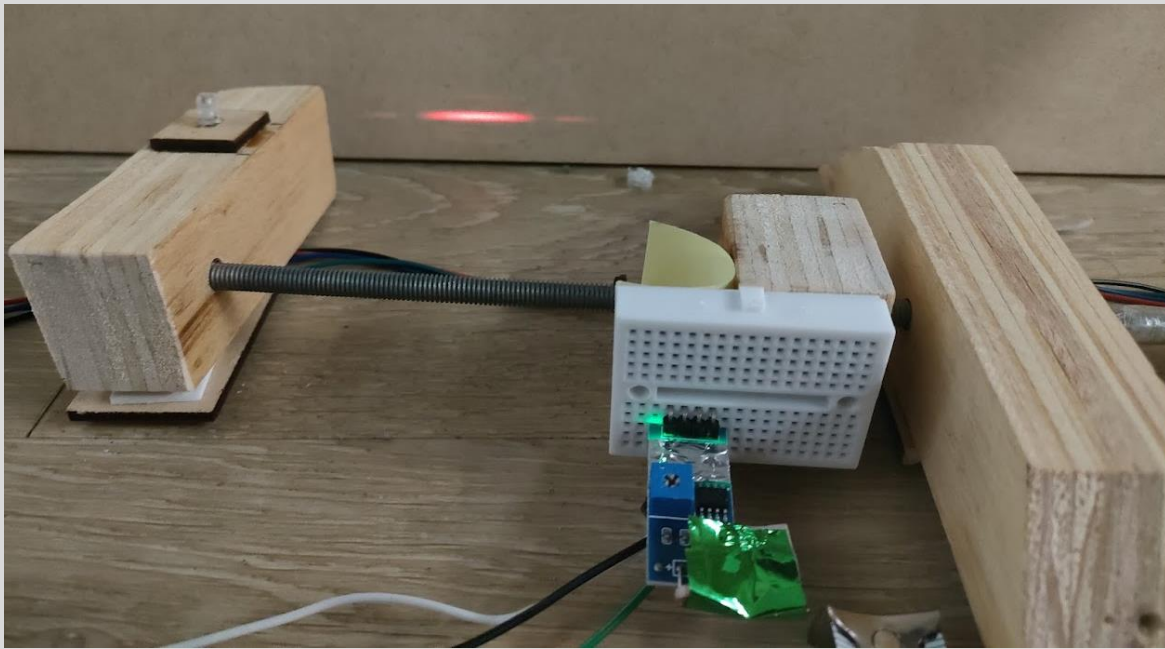
$\Rightarrow \frac{I(\theta)}{I(0)} \approx \left( \frac{\sin(\frac{b\Delta y}{\lambda r} \cdot \pi)}{\frac{b\Delta y}{\lambda r} \cdot \pi} \cdot 2 \cos(\frac{d\Delta y}{\lambda r} \cdot \pi) \right)^2$

中央亮帶寬 :  $\frac{b\Delta y}{\lambda r} \cdot \pi \in (-\pi, \pi)$  時在中央亮帶內

$\Rightarrow$  亮帶寬 =  $\frac{\lambda r}{b} \times 2 = \frac{2\lambda r}{b}$

亮紋寬 =  $\frac{\lambda r}{d}$

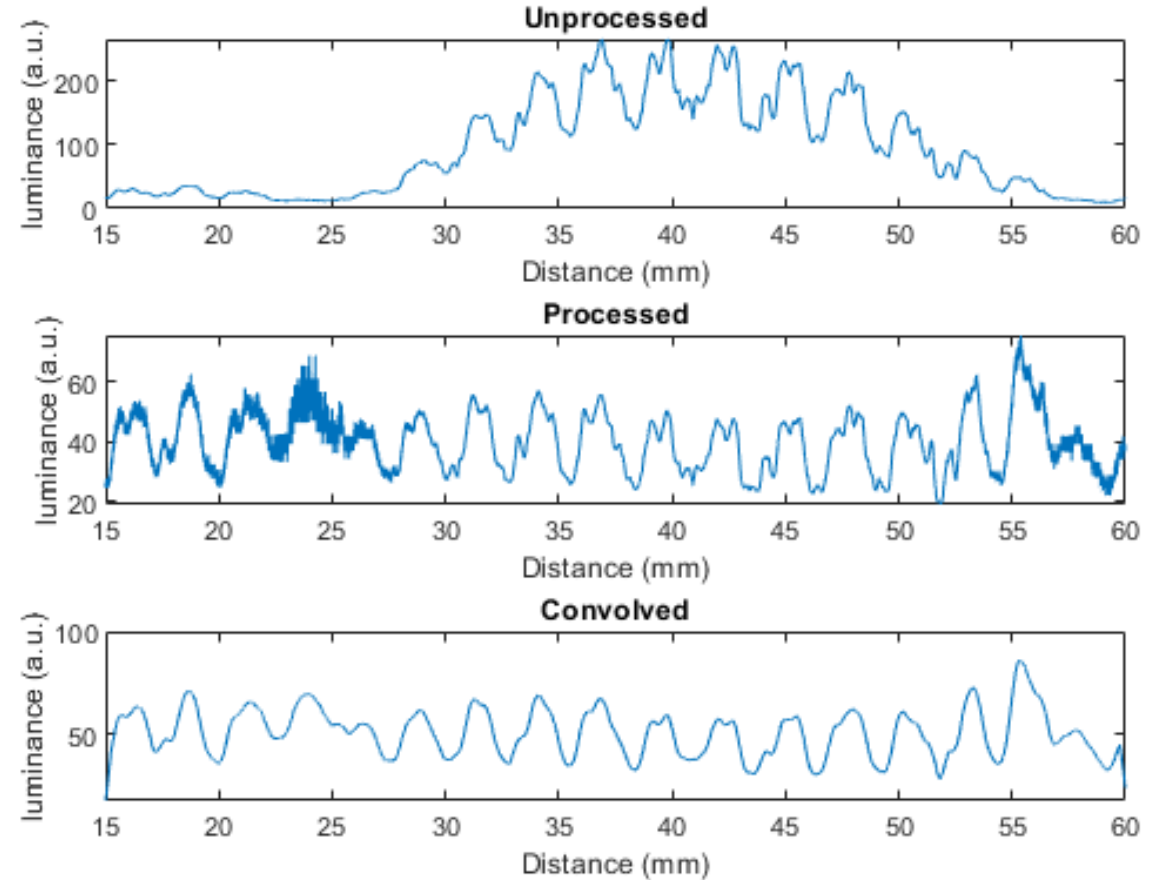
# 處理單狹縫干涉造成的影響



$$y[n] \xrightarrow{\div x_{single\ slit}[n]} y_{double\ slit}[n]$$

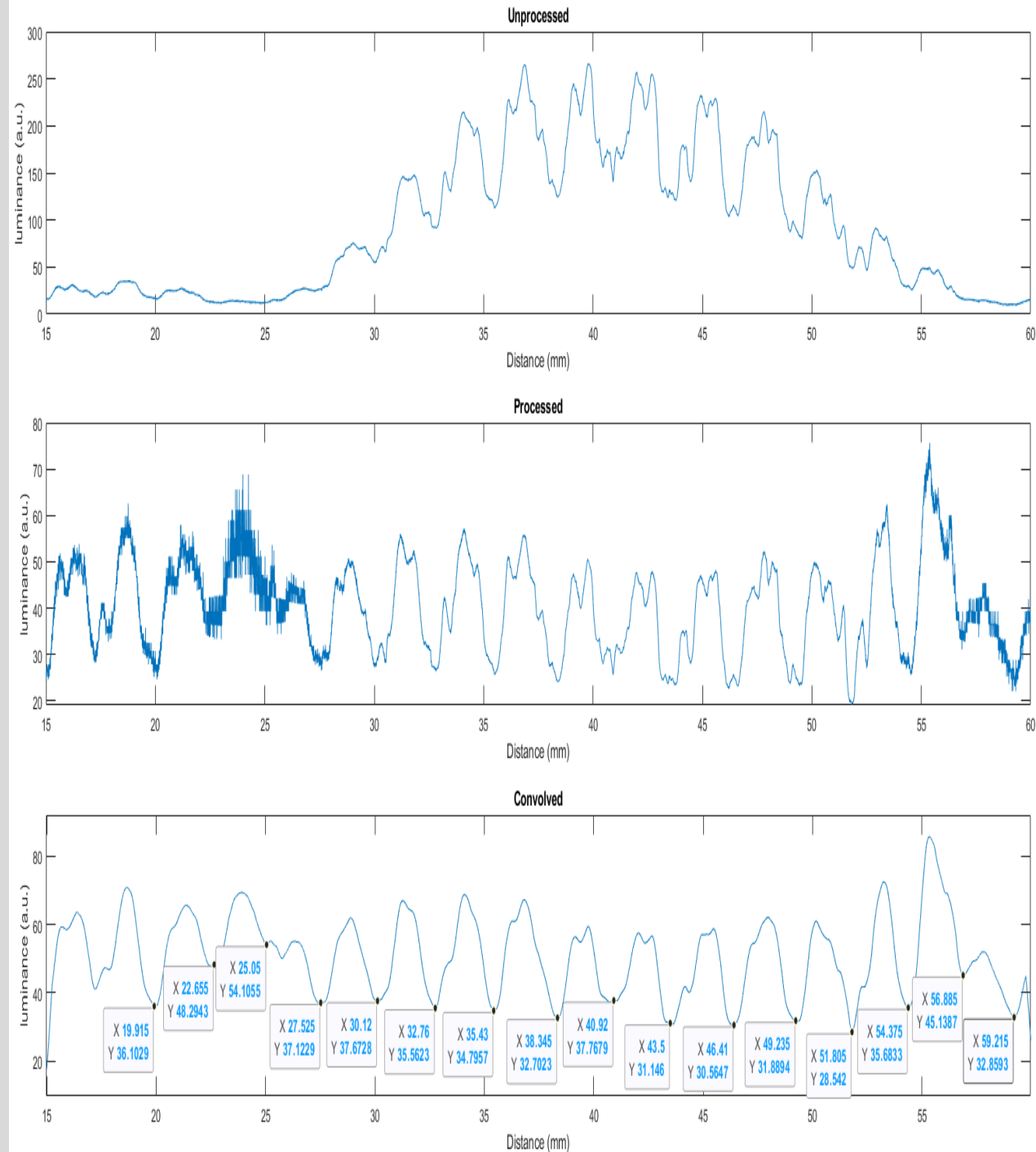
# 校正結果

- 右上圖為未經數據處理的資料點
- 右中圖為經過數據處理之後的資料點 (  $x_{double\ slit}[n] \rightarrow y_{double\ slit}[n]$  )
- 右下圖為在不造成失真的情況下以卷積來使圖形更容易判斷週期



# 數據分析(cont.)

- 經由方才得到的卷積後的圖形，我們可以很容易得到圖形的週期
- 將週期透過雙狹縫干涉的公式：
$$\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$$
，可以求出狹縫的間距  $d = 0.2400(13) \text{ mm}$ 。
- 在此實驗中，因為螺紋兼具小且步進馬達轉速可控，因此每個資料點相差  $5 \mu\text{m}$ ，可以獲得很小的不確定度。



# 未來展望

1. 實驗架設可再穩定：使用更直的螺桿與用鋁擠等固定方式避免木塊在移動時，有週期性的小晃動。
2. 再減少光敏電阻的偵測器的寬度，以提升卷積結果的效果。
3. 測量多狹縫的情況。

# 參考資料

- <https://ruudiy.pixnet.net/blog/post/178698768-%E3%80%90arduino%E3%80%91-%E5%85%89%E6%95%8F%E9%9B%BB%E9%98%BB%E6%A8%A1%E7%B5%84>



TH EE ND