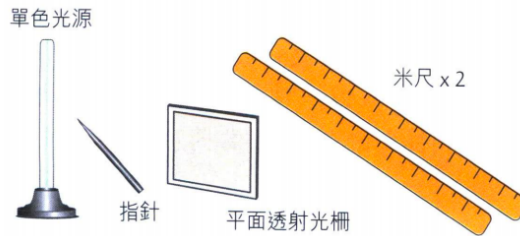


## 1 長題目

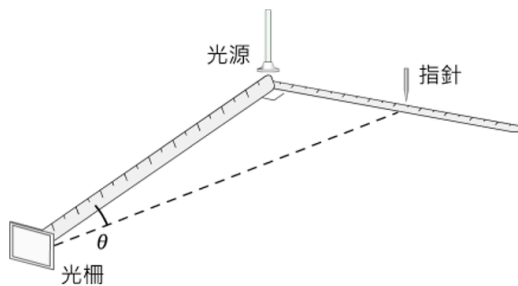
1. 現你獲得一個單色光源，並有一枝指針、一塊平面透射光柵（每 mm 有 500 線）和兩把米尺。



試輔以圖像，說明如何進行實驗來估計該單色光的波長。（6 分） (ref: Active physics p176(160) 18)

**Ans:**

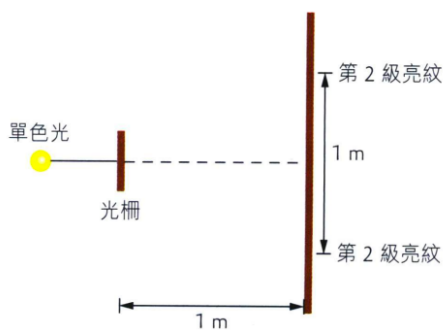
(a) 實驗裝置如下：



實驗裝置：1A

- (1) 垂直放置兩把米尺，在米尺的一端持着光柵 (1A)
- (2) 把光源放在距離米尺約 1 m 以外，然後透過光柵觀察光源。 (1A)
- (3) 請同學沿着第二把米尺移動指針，直至指針跟第 1 級亮紋的中心重合。 (1A)
- (4) 量度指針與中央亮紋之間的距離  $x$ ，由此計算出  $\sin \theta$ 。 (1A)
- (5) 運用公式  $d \sin \theta = m\lambda$  計算光的波長，其中  $n = 1$ ，而  $d$  為光柵間距。 (1A)

2. 迪生利用圖中的裝置來量度某單色光的波長。光柵間距為每毫米 400 條線，其後 1 m 置有一塊屏幕。在屏幕上，兩道第 2 級亮紋相距 1 m。

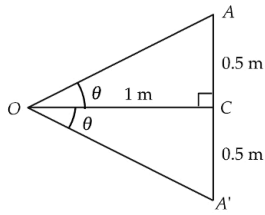


- (a) 在屏幕上，第 2 級亮紋與中央最大值之間的角度為多少？ (2 分)
- (b) 求單色光的波長。 (2 分)

(ref: Active physics p154(138) q14)

Ans:

(a) 考慮下圖。



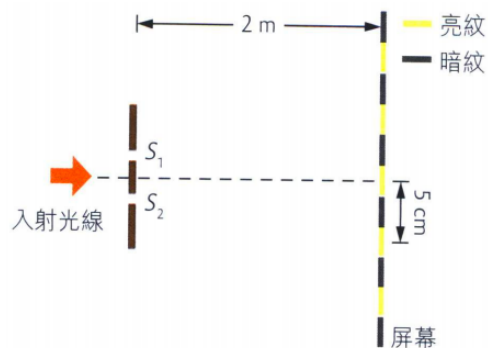
$$\tan \angle AOC = \frac{0.5}{1}$$
$$\angle AOC = 26.57^\circ \approx 26.6^\circ$$

由此可見，第 2 級亮紋與中央最大值之間的角度為 **26.6°**。

(b) 運用公式  $d \sin \theta = m\lambda$ ，可得

$$\left( \frac{0.001}{400} \right) (\sin 26.57^\circ) = 2\lambda$$
$$\lambda = 5.590 \times 10^{-7} \text{ m}$$
$$\approx \mathbf{559 \text{ nm}}$$

3. 在一個雙縫實驗中，明施利用單色光源，在屏幕上捕捉到干涉圖案，如圖所示。已知雙縫間距為  $20\ \mu\text{m}$ ，屏幕與雙縫之間的距離為  $2\ \text{m}$ 。



- (a) 試扼要解釋屏幕上的亮紋與暗紋如何形成。 (2 分)
- (b) 根據以上資料，估計光源放出的單色光的波長。
- (c) 栢豪認為下列措施會增加屏幕上干涉亮紋的間距。
- (i) 使用另一個間距為  $80\ \mu\text{m}$  的雙縫
  - (ii) 將屏幕移近雙縫
- 試評論他的看法。 (2 分)

(ref: Active physics p176(160) 17)

Ans:

(a) 通過兩道縫隙的光互相干涉，發生相長干涉的地方形成亮紋。 (1A)

發生相消干涉的地方則形成暗紋。 (1A)

(b) 運用公式  $\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$  ,

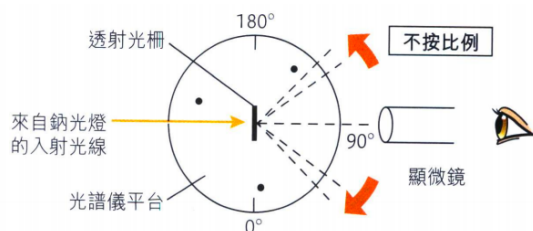
$$0.05 = \frac{\lambda(2)}{20 \times 10^{-6}} \quad (1M)$$

$$\lambda = 50 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{500 \text{ nm}} \quad (1A)$$

(c) (i) 栢豪**不正確**。從  $\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$  可知，當縫隙間距  $a$  增加，條紋間距  $\Delta y$  便會減少。 (1A)

(ii) 栢豪**不正確**。從  $\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$  可知，當雙縫與屏幕之間的距離減少，條紋間距  $\Delta y$  便會減少。 (1A)

4. 志凡利用下圖所示的光柵光譜儀，觀察一枝鈉光燈所發射的光譜。在光柵光譜儀上，透射光柵固定在光譜儀平台上，使鈉光燈發出的光能夠垂直入射於光柵。



已知鈉光燈所發射的光譜包含兩種波長稍有差別的黃色色光。志凡以顯微鏡圍繞光譜儀平台，從中央亮紋起量度兩種色光的第 2 級亮紋的繞射角。下表列出相關亮紋的角位置讀數。

	左方第 2 級亮紋		右方第 2 級亮紋	
	第一條	第二條	第一條	第二條
角位置 讀數	24°59'	24°53'	164°10'	164°15'

- (a) 已知透射光柵的光柵間距為 1256 nm。計算鈉光燈所發射的兩種黃色色光的波長。(註：1° = 60') (6 分)
- (b) 舉出一個原因，解釋志凡量度繞射亮紋的角位置時，為何選擇第 2 級亮紋而不是第 1 級亮紋。(1 分)

(ref: Active physics p176(160) 20)

Ans:

(a) 對第 1 條亮紋，

$$\begin{aligned} d \sin \theta &= m\lambda \\ (1256) \sin \left( \frac{164^\circ 10' - 24^\circ 59'}{2} \right) &= 2\lambda_1 \quad (2M) \\ \lambda_1 &= \mathbf{588.6 \text{ nm}} \quad (1A) \end{aligned}$$

對第 2 條亮紋，

$$\begin{aligned} d \sin \theta &= m\lambda \\ (1256) \sin \left( \frac{164^\circ 15' - 24^\circ 53'}{2} \right) &= 2\lambda_2 \quad (2M) \\ \lambda_2 &= \mathbf{588.9 \text{ nm}} \quad (1A) \end{aligned}$$

(b) 這能減少量度繞射角  $\theta$  的百分比誤差。 (1A)

5. 兩個完全相同的揚聲器  $P$  和  $Q$  連接至一個訊號產生器。位置  $O$  為  $PQ$  的中點。振杰沿圖中的直線  $BC$  移動一個微音器，微音器連接至示波器，用來量度聲音的強弱變化。

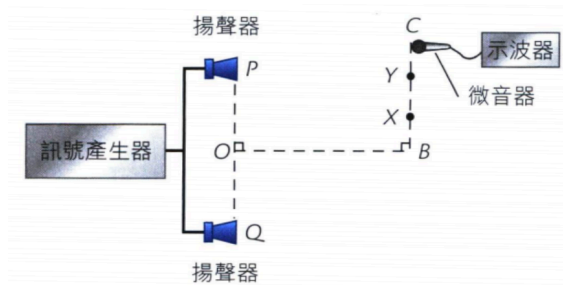


圖 (a)

圖 b 顯示示波器描跡的振幅  $A$  沿直線  $BC$  的變化。

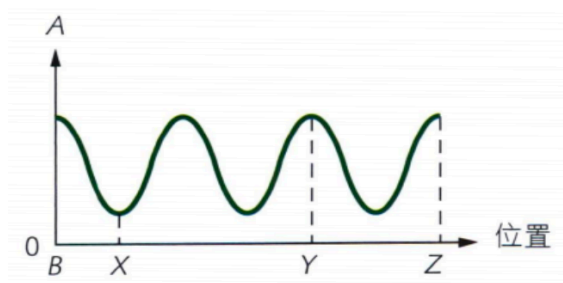


圖 (b)

- (a) (i) 在直線  $BC$  上不同的位置，聲音的強弱不盡相同，試扼要解釋。 (2 分)
- (ii) 在  $X$  點，為甚麼示波器描跡的振幅不是零？ (1 分)
- (b) 已知  $PY = 5.10 \text{ m}$  和  $QY = 5.78 \text{ m}$ 。求聲波的頻率  $f_0$ 。 (3 分)
- (c) 訊號產生器交替發出頻率為  $f_0$  和  $f$  的聲波，其中  $f = 2f_0$  振杰認為在  $Z$  點將會交替發生相長和相消干涉。你同意嗎？試加以解釋。 (3 分)



(ref: Active physics p176(160) 23)

Ans:

- (a) (i) 由於沿着直線  $BC$  輪流發生相長和相消干涉， (1A)  
因此，當微音器沿着直線  $BC$  移動，便會輪流深測得到響亮和微弱的聲音。 (1A)

- (ii) 可能是背景有雜音所致。 (1A)

▪ 另解：由於  $PX < QX$ ，從  $P$  發出的聲音比從  $Q$  發出的在  $X$  點有較大強度，兩者無法完全抵消。 (1A)

- (b) 在  $Y$  點的程差為

$$QY - PY = 5.78 - 5.10 = 0.68 \text{ m} \quad (1M)$$

由於  $Y$  點對應第 2 級最大值，因此頻率  $f_0$  為  $2 \frac{v}{\lambda} = 0.68$  (1M)

$$f = \frac{2 \times 340}{0.68} = 1000 \text{ Hz} \quad (1A)$$

- (c) 不同意。 (1A)

當頻率為  $f_0$  的聲音分別從揚聲器  $P$  和  $Q$  發出，在  $Z$  點的程差便為  $3\lambda_0$ 。這表示，在  $Z$  點發生相長干涉。 (1A)

若頻率增倍至  $2f_0$ ，新的波長便為  $\lambda = \frac{\lambda_0}{2}$ 。而在  $Z$  點的程差便為  $3\lambda_0 = 6\lambda$ 。這表示，在  $Z$  點依舊發生相長干涉。

(1M)

總括而言，在  $Z$  點只會探測得到響亮的聲音。

## 2 多項選擇題

1. 下列哪一個證明了光是一種電磁波？

- (1) 當光穿過邊界從一種介質到另一種介質時，它會偏折。
- (2) 當光遇到一個光滑的表面時，它會反射。
- (3) 光可以從太陽到達地球。

- A. 只有 (1)
- B. 只有 (3)**
- C. 只有 (1) 和 (2)
- D. 只有 (2) 和 (3)

**Ans: B**

2. 一個繞射光柵每毫米有 500 條線，被白光垂直照射。如果黃光的波長為 600 nm，紫光的波長為 400 nm，以下哪些說法是正確的？

- (1) 在一階譜線中，紫色端比紅色端更靠近中央亮紋。
- (2) 黃光的二階像與紫光的三階像重合。
- (3) 紫光沒有四階像。

- A. 只有 (1) 和 (2)**
- B. 只有 (1) 和 (3)
- C. 只有 (2) 和 (3)
- D. (1)、(2) 和 (3)

**Ans: A**

3. 在固定距離外，兩個相干波源產生了干涉圖案，以下那一個情況下腹線的間距是最長的？

- A. 相距 5 mm 的光源，波長為 650 nm 的紅光
- B. 相距 150 mm 的點振源，並發出波長為 5 mm 的水波
- C. 相距 2 mm 的光源，並發出波長為 500 nm 的藍光
- D. 相距 45 mm 的聲源，並發出波長為 15 mm 的聲波**

**Ans: D**

4. 在楊氏雙縫實驗中，若狹縫間距過大，將有什麼後果？

- (1) 到達屏幕的光，強度將太弱，以致條紋不易觀察。
- (2) 條紋過於互相接近，以致條紋難於分辨。
- (3) 光疊加時，不會產生相消干涉。

A. 只有 (1)

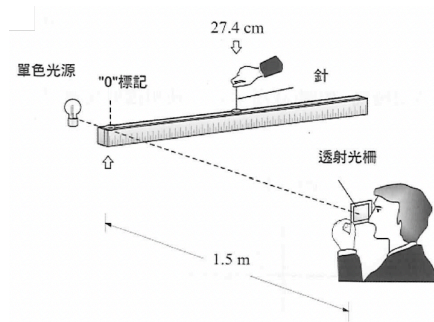
**B. 只有 (2)**

C. 只有 (1) 和 (2)

D. 只有 (2) 和 (3)

Ans: **B**

5. 上圖顯示，使用透射光柵來檢視一個單色光源。米尺放在 1.5 m 外，且垂直於連接光源與光柵之間的直線。尺子讀數為 “0” 的位置緊貼這直線。現沿尺子移動一口針，直至針與光源的第 1 級像互相重疊。這時，尺子的讀數為 27.4 cm。若光柵每 cm 有 3000 條縫隙，光的波長是



A.  $4 \times 10^{-7}$  m

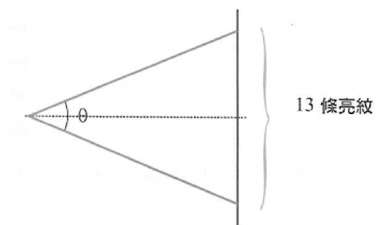
B.  $5 \times 10^{-7}$  m

**C.  $6 \times 10^{-7}$  m**

D.  $7 \times 10^{-7}$  m

Ans: **C**

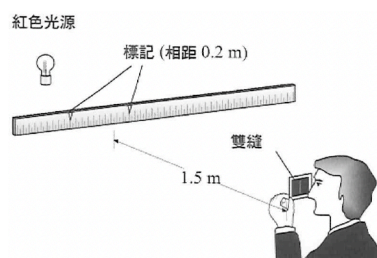
6. 在一個楊氏雙縫實驗中，使用波長為 600 nm 的單色光。縫隙之間的距離為 0.06 mm。若總共觀察到十三條亮紋，這些條紋對向於雙縫中心所成的角  $\theta$  是多少？



- A.  $3.4^\circ$
- B.  $6.9^\circ$
- C.  $7.5^\circ$
- D.  $15^\circ$

Ans: B

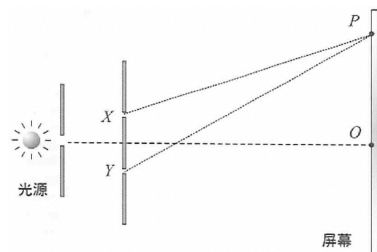
7. 使用一組雙縫及波長為  $7.0 \times 10^{-7}$  m 的紅光，以便產生干涉圖形。米尺放在雙縫外 1.5 m，並垂直於連接雙縫與光源之間的直線。尺子上設有兩個相距 0.20 m 的標記。標記之間共可觀察到十三條亮紋，且每個標記均位於一個亮紋的中央。縫隙的間距是多少？



- A.  $5.25 \times 10^{-5}$  m
- B.  $6.30 \times 10^{-5}$  m
- C.  $1.05 \times 10^{-4}$  m
- D.  $1.26 \times 10^{-4}$  m

Ans: B

8. 在一個楊氏雙縫實驗中，使用波長為  $600\text{ nm}$  的光。來自狹縫  $X$  和  $Y$  的光，在屏幕上  $P$  點的程差是  $3300\text{ nm}$ 。 $X$  和  $Y$  均與  $O$  相隔同等的距離。下列哪些陳述是正確的？

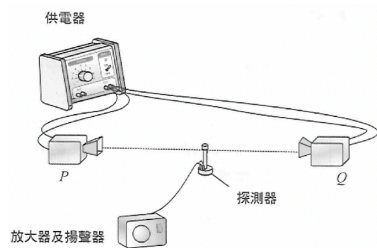


- (1)  $P$  位於一條暗紋之上。
- (2)  $P$  和  $O$  之間共有六條暗紋，包括  $P$  和  $O$  上的條紋。
- (3) 若把光源移近狹縫，屏幕上條紋的間距將會增加。

- A. 只有 (1)  
 B. 只有 (2)  
 C. 只有 (1) 和 (3)  
 D. 只有 (2) 和 (3)

Ans: A

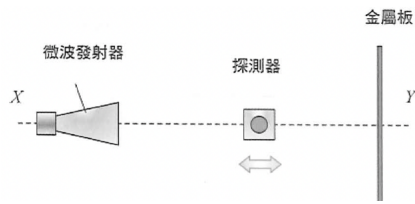
9. 兩個微波發射器  $P$  和  $Q$ ，面對面相距  $1\text{ m}$ ，並同時發出波長為  $3\text{ cm}$  的微波。把一個探測器從  $P$  移到  $Q$  時，首個強訊號出現在  $A$  點，而第三個強訊號則出現在  $B$  點。 $A$  和  $B$  之間相隔多遠？



- A.  $1.5\text{ cm}$   
 B.  $2\text{ cm}$   
 C.  $3\text{ cm}$   
 D.  $4.5\text{ cm}$

Ans: C

10. 金屬板放在一個產生波長為  $3\text{ cm}$  的微波發射器前。沿著  $XY$  移動一個探測器，依次接收到強弱交替的訊號。以下哪些數據可能是兩個相鄰強訊號之間的距離？



- (1)  $1.5\text{ cm}$
  - (2)  $3\text{ cm}$
  - (3)  $4\text{ cm}$
- A. 只有 (2)
- B. 只有 (1) 和 (2)**
- C. 只有 (2) 和 (3)
- D. (1)、(2) 和 (3)

Ans: **B**