

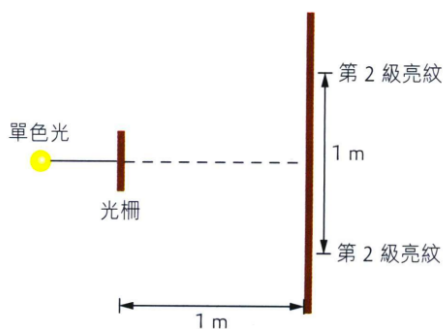
光的波動性質

姓名: _____

學號: _____

1 長題目

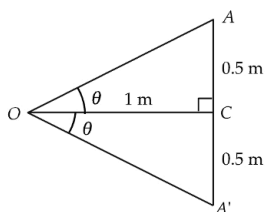
1. 迪生利用圖中的裝置來量度某單色光的波長。光柵間距為每毫米 400 條線，其後 1 m 置有一塊屏幕。在屏幕上，兩道第 2 級亮紋相距 1 m。



- (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)

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°**。

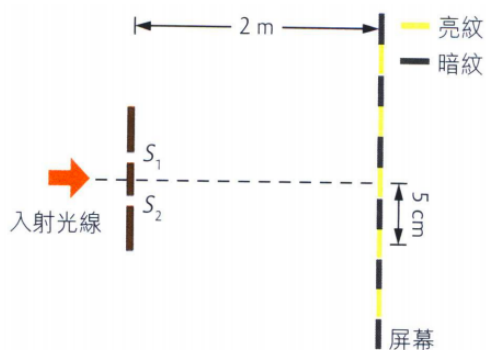
- (b) 運用公式 $d \sin \theta = m\lambda$ ，可得

$$\left(\frac{0.001}{400} \right) (\sin 26.57^\circ) = 2\lambda$$

$$\lambda = 5.590 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\approx \mathbf{559 \text{ nm}}$$

2. 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)

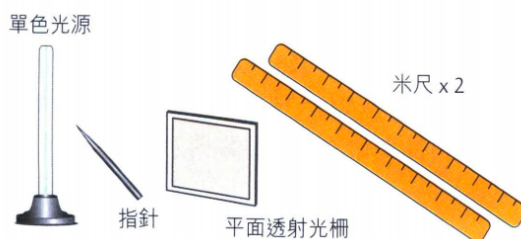
Ans:

- (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 $\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$ ，

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

$$\lambda = 50 \times 10^{-7} \text{ m} = 500 \text{ nm} \quad (1A)$$
- (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 Δy 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 Δy 便會減少。 (1A)

3. 現在，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。

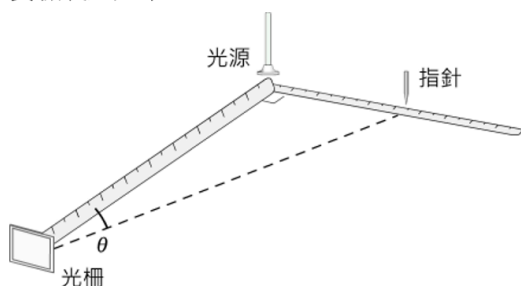


試輔以圖像，說明如何進行實驗來估計該單色光的波長。

(6 分)

Ans:

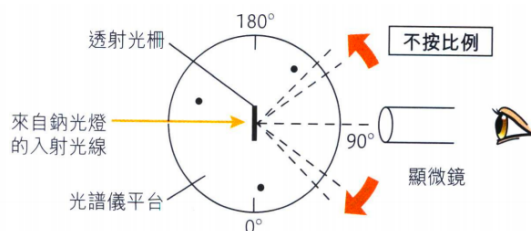
(a) 實驗裝置如下：



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)

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。

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
	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)

Ans:

- (a) 對第 1 條亮紋，

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$(1256) \sin \left(\frac{164^\circ 10' - 24^\circ 59'}{2} \right) = 2\lambda_1 \quad (2M)$$

$$\lambda_1 = 588.6 \text{ nm} \quad (1A)$$

對第 2 條亮紋，

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$(1256) \sin \left(\frac{164^\circ 15' - 24^\circ 53'}{2} \right) = 2\lambda_2 \quad (2M)$$

$$\lambda_2 = 588.9 \text{ nm} \quad (1A)$$

- (b) 這能減少量度繞射角 θ 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。

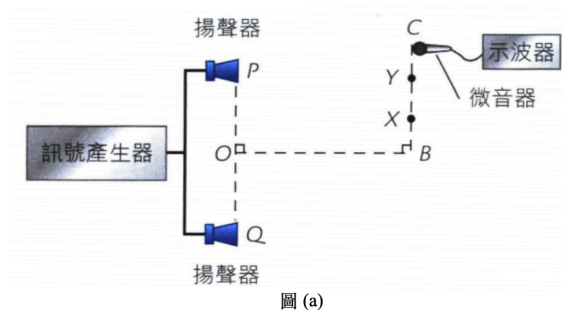
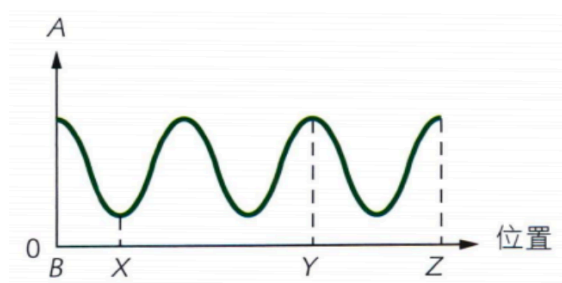


圖 b 顯示示波器描跡的振幅 A 沿直線 BC 的變化。



- (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)

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

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

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)

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

- (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)

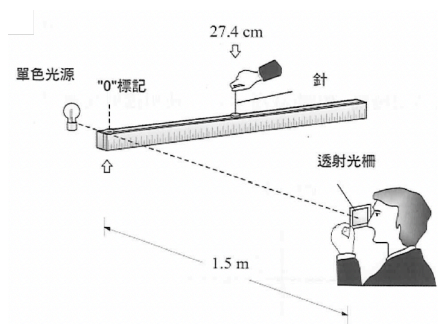
B. 只有 (2)

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. 4×10^{-7} m

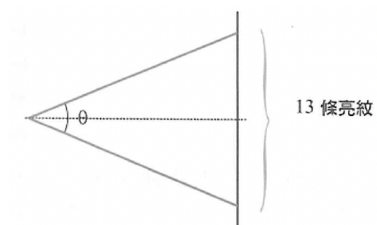
B. 5×10^{-7} m

C. 6×10^{-7} m

D. 7×10^{-7} m

Ans: **C**

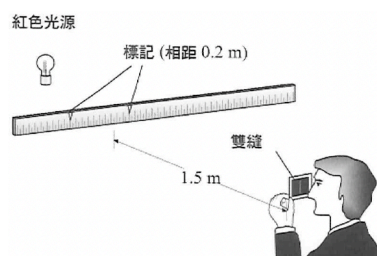
6. 在一個楊氏雙縫實驗中，使用波長為 600 nm 的單色光。縫隙之間的距離為 0.06 mm。若總共觀察到十三條亮紋，這些條紋對向於雙縫中心所成的角 θ 是多少？



- A. 3.4°
 B. 6.9°
 C. 7.5°
 D. 15°

Ans: B

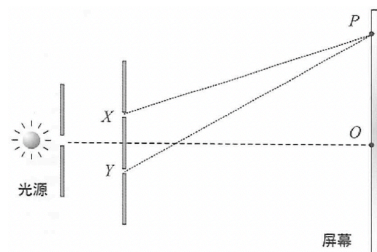
7. 使用一組雙縫及波長為 7.0×10^{-7} m 的紅光，以便產生干涉圖形。米尺放在雙縫外 1.5 m，並垂直於連接雙縫與光源之間的直線。尺子上設有兩個相距 0.20 m 的標記。標記之間共可觀察到十三條亮紋，且每個標記均位於一個亮紋的中央。縫隙的間距是多少？



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

Ans: B

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

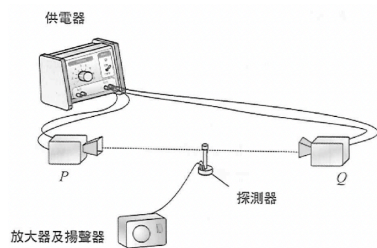


- (1) P 位於一條暗紋之上。
- (2) P 和 O 之間共有六條暗紋，包括 P 和 O 上的條紋。
- (3) 若把光源移近狹縫，屏幕上條紋的間距將會增加。

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

Ans: A

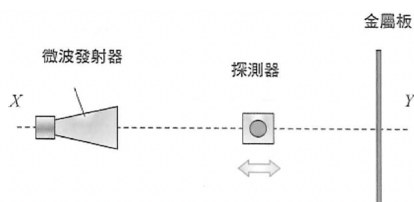
9. 兩個微波發射器 P 和 Q ，面對面相距 1 m ，並同時發出波長為 3 cm 的微波。把一個探測器從 P 移到 Q 時，首個強訊號出現在 A 點，而第三個強訊號則出現在 B 點。 A 和 B 之間相隔多遠？



- A. 1.5 cm
- B. 2 cm
- C. 3 cm
- D. 4.5 cm

Ans: C

10. 金屬板放在一個產生波長為 3 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 cm
 - (2) 3 cm
 - (3) 4 cm
- A. 只有 (2)
 - B. 只有 (1) 和 (2)**
 - C. 只有 (2) 和 (3)
 - D. (1)、(2) 和 (3)

Ans: **B**