第十六章

160302 楊格雙狹縫干涉實驗

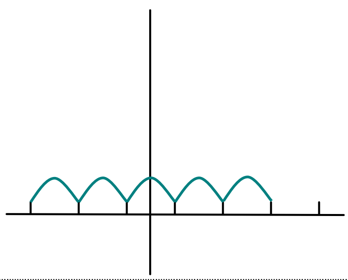
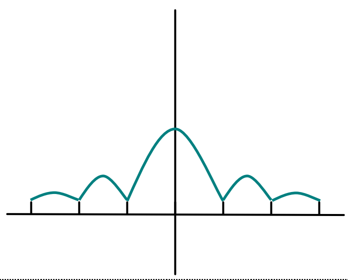
(1)完全相長性干涉（亮紋中線）：

$$\overline{PS_1}-\overline{PS_2}=n\lambda \Rightarrow d\cdot\frac{y}{r}=n\cdot\lambda \Rightarrow y=n\frac{\lambda r}{d}$$

(2) 完全相消性干涉（暗紋中線）：

$$\overline{PS_1}-\overline{PS_2}=\frac{2n-1}{2}\lambda \Rightarrow d\cdot\frac{y}{r}=\frac{2n-1}{2}\cdot\lambda \Rightarrow y=\frac{2n-1}{2}\cdot\frac{\lambda r}{d}$$

160505 雙狹縫干涉與單狹縫繞射總整理

	雙狹縫	單狹縫
亮　紋 (相長性干涉)	$\lvert PS_1-PS_2\rvert=n\lambda$ $n=\boxed{0},1,2,3,\ldots\ldots$	$\lvert PB-PA\rvert=(2n-1)\frac{\lambda}{2}$ $n=\boxed{2},3,\ldots\ldots$ [PB－PA=±0.5λ 包含在中央亮帶] [第一亮紋由 PB－PA=±1.5λ 起算] 及 $\lvert PB-PA\rvert=0$
暗　紋 (相消性干涉)	$\lvert PS_1-PS_2\rvert=(2n-1)\frac{\lambda}{2}$ $n=\boxed{1},2,3,\ldots\ldots$	$\lvert PB-PA\rvert=n\lambda$ $n=\boxed{1},2,3,\ldots\ldots$
圖　示	等量度 等間隔 	
暗紋間隔 /亮紋間隔	$\Delta y=\frac{r\cdot\lambda}{d}$	$\Delta y=\frac{r\cdot\lambda}{b}$
符號	d：兩狹縫間隔	b：單狹縫之寬度
比較	單狹縫與雙狹縫產生亮紋與暗紋的條件相反。	

160504 單狹縫繞射(4)

(1)亮紋中線：$\overline{PA}-\overline{PB}=(2n-1)\cdot\frac{\lambda}{2}\Rightarrow \quad b\frac{y}{r}=(2n-1)\cdot\frac{\lambda}{2} \quad \therefore y=\frac{(2n-1)}{2}\times\frac{r\lambda}{b}$

(2)暗紋中線：$\overline{PA}-\overline{PB}=n\lambda\rightarrow b\cdot\frac{y}{r}=n\cdot\lambda \quad \therefore y=n\frac{r\lambda}{b}$

160514 波與繞射

【挑戰題】(93 參考) 兩座廣播電台的發射台均面向一高速公路長隧道入口，兩電台的發射功率和兩電台到隧道口的距離皆相同，其中一電台爲調頻 (FM) 電台，所發出的電磁波頻率約爲 100M H Z，另一電台爲調幅 (AM) 電台，所發出的電磁波頻率約爲 1000KHz 。若開車進入此長隧道時，使用收音機，則在進入長遂道後何種電台的收訊首先消失？

(A) 調頻 (FM) 電台，因其無線電波波長遠大於隧道入口的尺寸。
(B) 調幅 (AM) 電台，因其無線電波波長遠大於隧道入口的尺寸。
(C) 調頻 (FM) 電台，因其無線電波波長遠小於隧道入口的尺寸。
(D) 調幅 (AM) 電台，因其無線電波波長遠小於隧道入口的尺寸。
(E) 同時消失。

$$\lambda_{FM}=\frac{3\times10^8}{100\times10^6}=3m$$

$$\lambda_{AM}=\frac{3\times10^8}{1\times10^6}=300m$$

AM 會先消失選(B)

第十六章 詳解

範例01：

【解答】：1.__D__　2.__D__

【解析】：

1.

15W 白熾燈泡：15 W×8 Lm/W=120 Lm

LED：120Lm÷ 15 Lm/W=8W

一顆白光 LED=0.07W，故須 8/0.07≒115 顆

2.

100W 白熾燈泡：15Lm/W

2005 年白光 LED：45 Lm/W，故發出 15 Lm 只需$\frac{1}{3}$ W，省電$\frac{2}{3}$

故 6 億度省電 6 億度×$\frac{2}{3}$ =4 億度

範例02：

解題思路

$$I=\frac{E}{A}$$

【解答】：(C)

【解析】：

$$I_{土}=\frac{\text{單位時間能量}(E)}{\text{面積}(A)}\qquad A=4\pi r^2\propto r^2\qquad I_{土}=\frac{E_{太}}{(10AU)^2}\qquad I_{地}=\frac{\mathrm{E}_{太}}{(1\mathrm{AU})^2}$$

$$\frac{I_{土}}{I_{地}}=1\qquad E_{土}=I_{土}A_{土}=\frac{E_{太}}{(10AU^2)}\times(10R)^2\qquad E_{地}=I_{地}A_{地}=\frac{E_{太}}{(1AU^2)}\times(1R)^2$$

範例03：

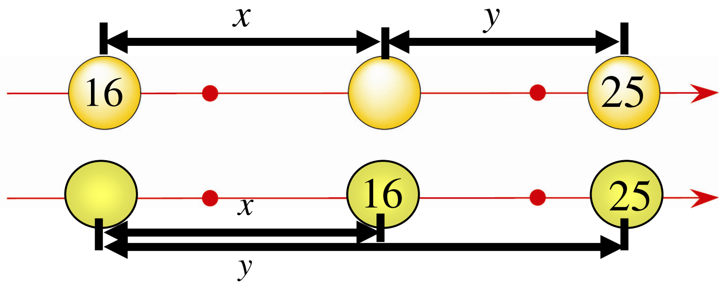
【解答】：在兩點光源連線上，有兩個位置（1）兩點光源間，距16燭光點光源4公尺處（2）兩點光源之外，距16燭光點光源36公尺，距25燭光點光源45公尺處

【解析】：

內分點：$\frac{16}{x^2}=\frac{25}{y^2}\Rightarrow\frac{x}{y}=\frac{4}{5}=\frac{4m}{5m}$

外分點：

$\frac{16}{x^2}=\frac{25}{y^2}\Rightarrow\frac{x}{y}=\frac{4}{5}=\frac{36m}{45m}$



範例 04：

【解答】：32/9

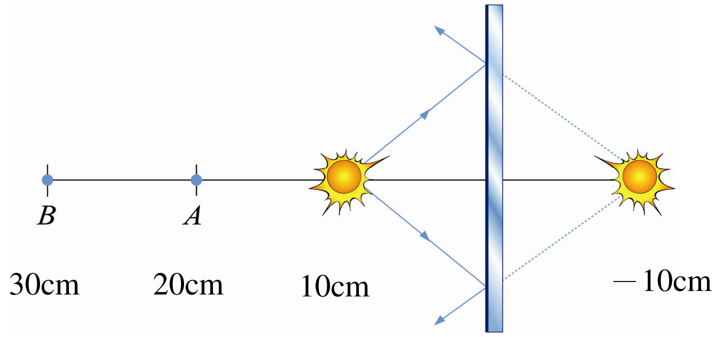
【解析】：$I_A = I_{直} + I_{間}$

$$= \frac{E}{1^2} + \frac{E}{3^2} = \frac{10}{9}E$$

$$I_B = I_{直} + I_{間}$$

$$= \frac{E}{2^2} + \frac{E}{4^2} = \frac{5}{16}E$$

$$\Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = \frac{10/9}{5/16} = \frac{32}{9}$$



範例05：

【解答】：8/5

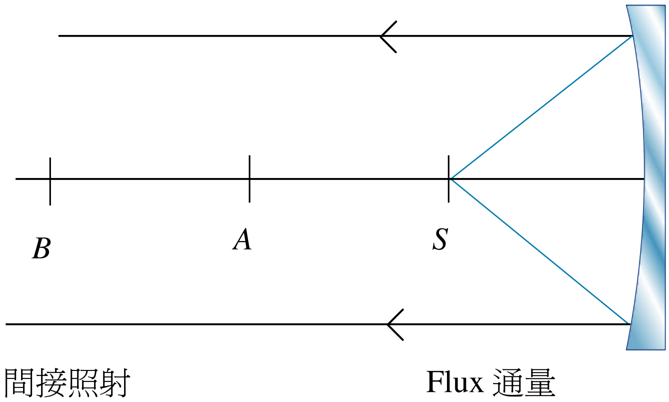
【解析】：

解題思路

$$照度 = \frac{光線數}{m^2}$$

$$電場 = \frac{電力線數}{m^2}$$

$$磁場 = \frac{磁力線數}{m^2}$$



【解析】：間接照射的平行光照度為：$\frac{E}{1^2}$

$$I_A = I_{直} + I_{間} = \frac{E}{1^2} + \frac{E}{1^2} = 2E$$

$$I_B = I_{直} + I_{間} = \frac{E}{2^2} + \frac{E}{1^2} = \frac{5}{4}E \Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = \frac{2}{5/4} = \frac{8}{5}$$

範例06：

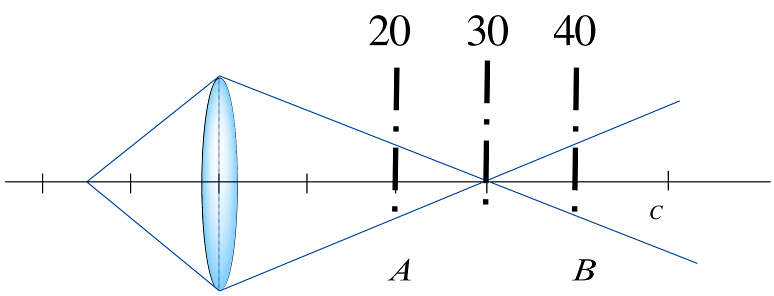
【解答】：4/1

【解析】：

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{q}$$

$$\Rightarrow q = 30$$

$$\therefore \frac{I_A}{I_B} = 1$$



若考慮 A 點與 C 點的照度比：

$$\therefore \frac{I_A}{I_C} = \frac{4}{1}$$

範例 07：

【解答】：20000；200

【解析】：

$$\frac{B面積}{A面積}=\frac{5^2}{1^2}=\frac{25}{1} \qquad I=800\times25=20000$$

$$\frac{B面積}{A面積}=\frac{1^2}{2^2}=\frac{1}{4} \qquad I=\frac{800}{4}=200$$

範例08：

【解答】：1.間隔 0.11 公分；2.間隔 0.22 公分；3.距離0.0825公分

【解析】：

$$1.\ \Delta y=\frac{r\lambda}{d}=\frac{20\left(5500\times10^{-8}\right)}{10^{-2}}=110\times10^{-3}=1.1\times10^{-1}=0.11cm$$

$$2.\ \Delta y'=\frac{\Delta y}{\cos 60^o}=\frac{0.11}{0.5}=0.22cm$$

$$3.\ \Delta y'=0.11\times\frac{3}{4}$$

範例09：

【解答】：12.5 cm

【解析】：

$$\Delta y=\frac{r\lambda}{d}=\frac{\left(50\times10^{-2}\right)\left(550\times10^{-9}\right)}{2.2\times10^{-6}}$$

$$=12.5\times10^{-2}m=12.5cm$$

範例 10：

【解答】：(A)(C)(E)

【解析】：(B)相干=同調=相位差固定=coherence，此題是平行光，相位差=0 度，故為同調光=相干。

(繞口令：同相必同調，但同調未必同相)。

(C)畢氏定理畫圖

(D) $\Delta r\cong d\sin\theta\cong d\tan\theta=d\dfrac{y}{D}$

(E)2.5λ=奇數倍半波長=相消性干涉(兩波源相位差=0)

這題考公式推導，92 年考必歐沙伐定律的意義，所以不能只是背公式，在高中範圍內的公式推導(不牽涉到統計力學或是近代物理的)還是要會。

【老師說老實說】：這一題也是損龜一堆人，多半是沒有知覺得「相干(coherence)」是專有名詞。舊教材課本寫「同調」，一般書也寫同調，能送分嗎？很抱歉，大家都不用功，看看教育部部頒高級中學課程標準怎麼寫：

二、物理光學 (一)光的波動說 (二)楊格干涉實驗 (三)單狹縫繞射	 ・介紹光的波動現象。 ・介紹楊格雙狹縫干涉實驗並簡單說明 $\boxed{\text{相干性}}$的意義。 ・簡單介紹單狹縫的繞射實驗。

會不會考不是你說了算，我說了算，是課程標準說了算，所以講義最前面我才會放一頁大家看起來最沒有用的課程標準。

另一個教訓是講義第十五章第 11 頁，我也寫了也解釋過，不過一般同學主觀上的認爲不重要，也因此忽略。的確，這是一個小細節，但是要考高分，讀書應該是每一個細節都要注意，不要太主觀太自以爲是的認定重不重要。

範例 11：

【解答】：(1) 3.6×10^{-4} rad　(2) 9×10^{-4} rad

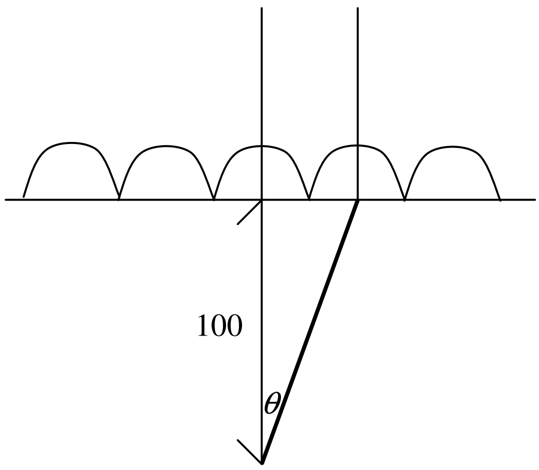
【解析】：$0.5\Delta y=0.018$　$0.25\Delta y=0.09cm$

$\therefore \Delta y=0.036cm$

$$\theta_{3暗}=\frac{0.09}{100}=9\times10^{-4}\ \text{rad}$$

$$\Delta y=0.036=r\cdot\theta_{1亮}$$

$$\theta_{1亮}=\frac{0.036}{100}=3.6\times10^{-4}\ \text{rad}$$



範例 12：

【解答】：0.6公分處第一次相交

【解析】：$\Delta y_1=\dfrac{n\times100\left(4800\times10^{-8}\right)}{4\times10^{-2}}=12n\times10^{-2}$

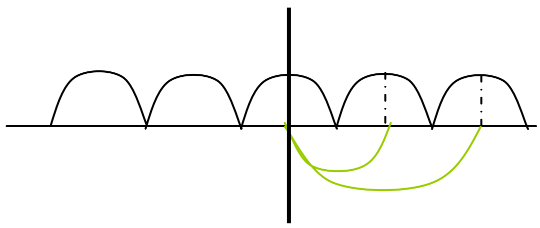
$$\Delta y_2=\frac{m\times100\left(6000\times10^{-8}\right)}{4\times10^{-2}}=15m\times10^{-2}$$

範例 13：

【解答】：$\lambda_2=6000$埃

【解析】：$2\Delta y_1=1.5\Delta y_2$

$$\frac{\Delta y_1}{\Delta y_2}=\frac{3}{4}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{4500}{\lambda_2}$$



範例 14：

【解答】：ABCE

【解析】：(A)Yes, 紅光波長較藍光長　$\Delta y = r\lambda/d \propto \lambda$

(B)Yes, 由上式知亮紋間距與狹縫間距成反比

(C)Yes, 狹縫愈小，通過的光愈少

(D)No, 應該減小狹縫的”間距”

(E)Yes, 因為能量被分散到較大的面積

範例 15：

【解答】：CD

【解析】：(A)No, 黃光波長較小，間距變小

(B)No, 狹縫間距變小，亮紋間距會變大

(C)Yes,

(D)Yes, Δy 與 r 呈正比

(E)No, 折射率大的介質中，波速小，波長與波速呈正比，所以間距變小

$$n\uparrow,\ v\downarrow,\ \lambda' = \frac{\lambda}{n},\quad \Delta y' = \frac{\Delta y}{n}$$

範例 16：

【解答】：(B)

【解析】：『白熾燈光源 S』先經『濾光色片 F』產生單色光，再經『單狹縫片 A』限光，即產生 一束光後，再通過『雙狹縫片 B』至『白屏 C』產生干涉條紋。

※其實『濾光色片 F』不一定要緊接在『白熾燈光源 S』之後，只要在『白屏 C』之前即可，87 日大的(D)選項，即考此觀念。

範例 17：

【解答】：BD

【解析】：(A)No, 變大　(B)Yes,　(C)No, 雙狹縫繞射，見影片解說

(D)Yes,　(E)No

範例 18：

【解答】：0.3mm

【解析】：

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{30}+\frac{1}{q}=\frac{1}{20} \qquad q=60 \qquad M=\frac{q}{p}=\frac{60}{30}=\frac{2}{1}=\frac{0.1}{0.05}$$

$$d=(0.1+0.05)\times 2 = 0.3mm$$

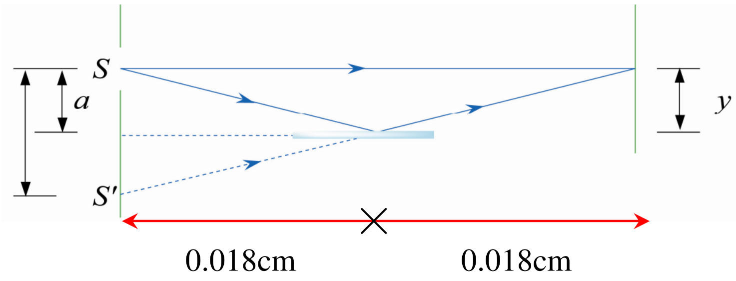
$$\Delta y = \frac{r\lambda}{d} = \frac{150\times(6000\times10^{-8})}{0.03} = 30\times10^{-2} = 0.3cm$$

範例 19：

【解答】：0.09cm

【解析】：$a=0.018cm$

$$\Delta y=\frac{r\lambda}{d}=\frac{5400\times10^{-8}\times60}{0.018\times2}=0.09cm$$



範例 20：

【解答】：(1)0.18cm，0.12cm (2)0.009rad，0.006rad (3)$\frac{a}{\cos30^{o}}$ (4) 0.135cm，0.09cm

【解析】：(1) $\Delta y=\frac{r\lambda}{b}=\frac{6000\times10^{-8}\times20}{0.01}=12\times10^{-2}=0.12cm$

1st亮紋=1.5 $\Delta y=0.18cm$ ；1st暗紋=$\Delta y=0.12cm$

(2) $\theta_{1亮}=\frac{0.18}{20}=0.009$ red $\theta_{1暗}=\frac{0.12}{20}=0.006$ red

(3) $a'=\frac{a}{\cos30^{o}}$

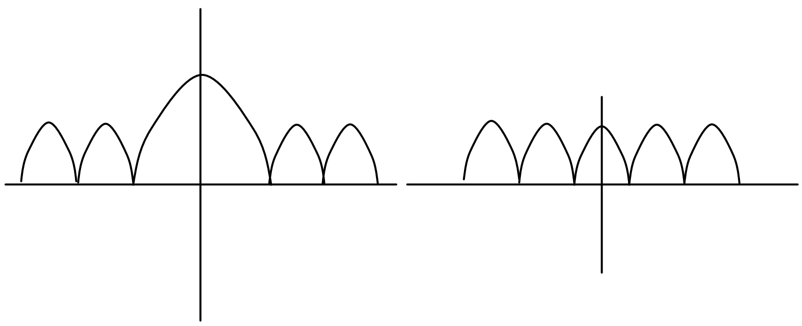
(4) $\Delta y'=\frac{3}{4}\Delta y$

範例 21：

【解答】：（1）3/2 （2）2/1

【解析】：(1) $\Delta y_1=\frac{3}{2}\Delta y_2,\frac{r\lambda_1}{d}=\frac{3}{2}\frac{r\lambda_2}{d}\Rightarrow\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{3}{2}$

(2) $\frac{1}{2}\Delta y_1=\Delta y_2,\frac{1}{2}\frac{r\lambda_1}{d}=\frac{r\lambda_2}{d}\Rightarrow\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{2}{1}$



範例 22：

【解答】：(B)(C)(D)

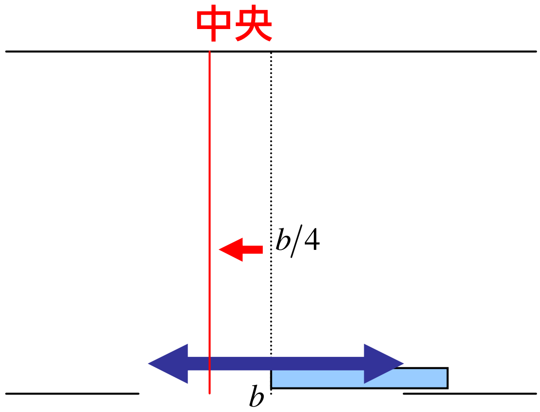
【解析】：(A)No, 會變

$$\text{(B)Yes,}\ \frac{b}{2}-\left(b-\frac{b}{2}\right)\times\frac{1}{2}=\frac{b}{2}-\frac{b}{4}=\frac{b}{4}$$

$$\text{(C)Yes,}\ \therefore \Delta y'=2\Delta y \qquad b\to\frac{b}{2}$$

(D)Yes,

$$\text{(E)No,}\ T\propto\frac{E}{A}\propto\frac{1/2}{2}=\frac{1}{4}$$



範例 23：

【解答】：(C)

【解析】：$1=2\Delta y=2\dfrac{r\lambda}{b}$ $\qquad 1.5=2\Delta y=2\dfrac{(r+20)\lambda}{b}$

$$\therefore\frac{r}{r+20}=\frac{2}{3}\qquad\Rightarrow r=40cm$$

$$1=2\cdot\frac{40\times6\times10^{-5}}{b}\qquad b=4.8\times10^{-3}cm$$

範例 24：

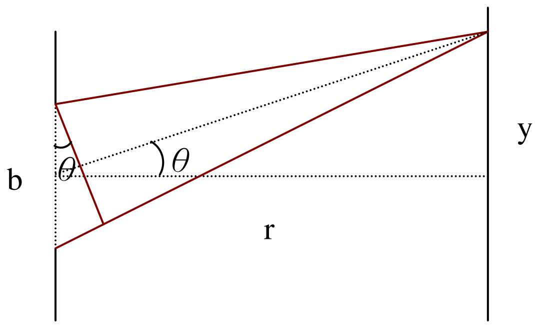
【解答】：1.(A)(C)　　2.(A)(B)

【解析】：（略）

範例 25：

【解答】：C

【解析】：跟 93 年一樣，最難題都出現在物理光學，跟 91 年類似，考公式推導與近似，在大角度的情況下，Δy 的公式不能用，回歸到基本推導：



第一暗紋：b×sinθ=1×λ(這個式子也帶有一點近似，但距離遠，誤差不太大)

位置：tanθ=y/r

因題目 b=2λ(題目狹縫寬度寫 d=2λ，配合習慣的符號改回 b)

代回 b×sinθ=1×λ，故 sinθ=1/2，θ=30°，兩暗紋間視爲中央亮紋(但意義上有點瑕疵，如下圖，中央亮紋的寬度其實取決於曝光時間，2Δy 只是一種『理論值』)。如果按照『理論值』，中央亮紋的夾角=60°，但遮闌只有 45°，故屏上也只能出現 45°。

範例 26：

【解答】：(B)(C)

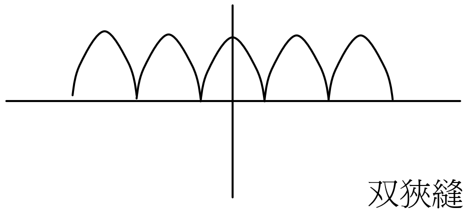
【解析】：(A)No，不均匀

(B)Yes，$\Delta y_{紫}=\dfrac{r\lambda}{d}=\dfrac{4000\times10^{-8}\times100}{0.01}=0.4cm$

$\Delta y_{橙}=\dfrac{r\lambda}{d}=\dfrac{6000\times10^{-8}\times100}{0.01}=0.6cm$

(C)Yes，$1\times\Delta y_{橙}=0.6$

$1.5\times\Delta y_{紫}=1.5\times0.4=0.6$



双狹縫

(D)No，$1.5\times\Delta y_{橙}=1.5\times0.6=0.9$

$3\times\Delta y_{紫}=3\times0.4=1.2$

(E)No

範例 27：

【解答】：(C)

【解析】：（略）

範例 28：

【解答】：(C)

【解析】：（略）

範例 29：

【解答】：1.X－光繞射　2.(D)

【解析】：（略）

範例 30：

【解答】：(B)

【解析】：（略）

範例 31：

【解答】：(E)

【解析】：（略）

範例 32：

【解答】：(D)

【解析】：（略）

範例 33：

【解答】：1.__1.8cm__ 2.__5m__

【解析】：

1. $\dfrac{d}{l}=\dfrac{\Delta y}{r}=\dfrac{r\lambda/b}{r}=\dfrac{\lambda}{b}$ $\quad \dfrac{d}{300}=\dfrac{6000\times10^{-8}}{0.01}$

$\therefore d=1.8cm$

2. $\dfrac{0.5\times10^{-3}}{l}=\dfrac{6000\times10^{-10}}{6\times10^{-3}}$

$\therefore l=5m$

範例 34：

【解答】：(1)0.075mm (2)1.8mm (3)30cm

【解析】：

$\theta_R=1.22\times\dfrac{\lambda}{b}$

$=\dfrac{5500\times10^{-10}}{5\times10^{-3}}\times1.22=3\times10^{-4}\text{ rad}$

(1) $l=r\cdot\theta=25\text{cm}\times3\times10^{-4}\text{rad}$

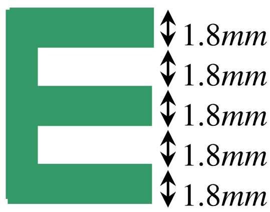
$=0.0075\text{cm}=0.075\text{mm}$

(2) $l=r\cdot\theta=600\text{cm}\times3\times10^{-4}\text{rad}$

$=0.18\text{cm}=1.8\text{mm}$

(3) $l=r\cdot\theta=1000\text{m}\times3\times10^{-4}\text{rad}$

$=0.3\text{m}=30\text{cm}$



範例 35：

【解答】：1m

【解析】：$l=r\cdot\theta=5000\text{m}\times10^{3}\times2\times10^{-7}\text{rad=1m}$