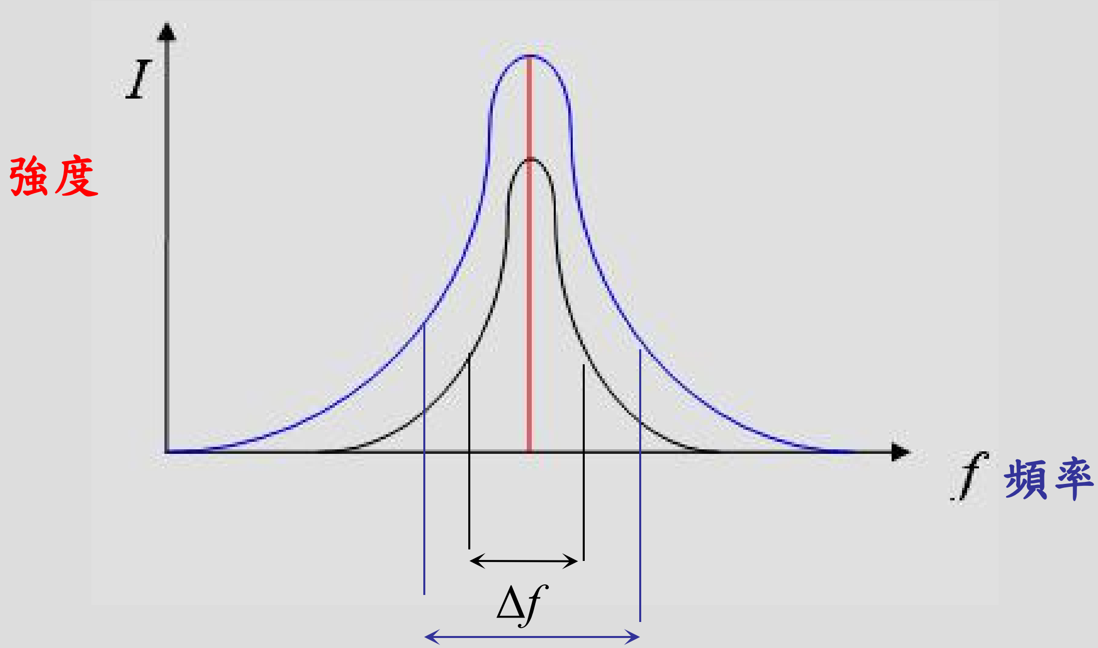
Chapter 10. 光波學 Wave Optics

1. 雷射光（單色光）的波特性



Δf

⟹ 共相性（ Coherence ）

兩波之間的相位關係可被決定於頻率的差異和時間的乘積，
因為兩波會因頻率的差異而導致相位差
（或相位關係不確定性，uncertainty）
所以要精確掌握相位差距的關係，
相位差的變化可決定在一個 cycle範圍之內。

⟹ $(f_0 + \Delta f) \bullet \Delta t$ → 實際波可能完成的波數

$f_0\,\Delta t$ → 單色光所完成的波數

實際波與單色光的相位關係能決定在一個波數之內。

$$(f_0 + \Delta f)\,\Delta t - f_0\,\Delta t = \Delta f\,\Delta t \ll 1$$

$$\Delta t \ll \frac{1}{\Delta f}$$ (共相性條件)

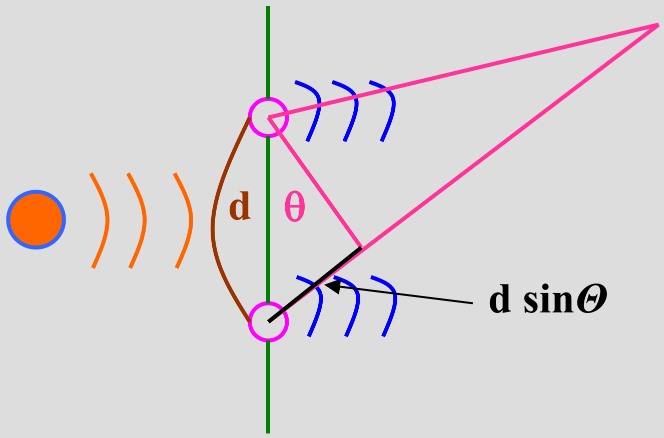
亦可用共相距離 X_c 來決定共相性

$$\Delta t \times C \le \frac{C}{\Delta f}$$

$$X_c \le \frac{C}{\Delta f}$$

2. Young's Double Slit (雙狹縫干涉)

⇨ 干涉如同雙波源的干涉其光程差為 $d\sin\theta$

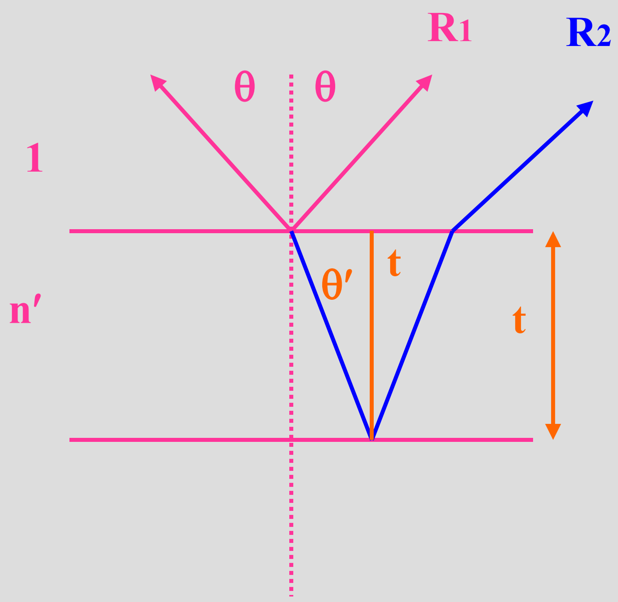


建設性 $d \sin \theta = m\lambda$

破壞性 $d \sin \theta = (m + 0.5)\lambda$

3. 薄膜的干涉 (Thin Films)

⟹ 反射光 R_1 (由低折射率→高折射率)
相位反轉180° $(\frac{\lambda}{2})$



而 R_2 相位仍與 R_0 (入射光)
相位一致。

$$\Rightarrow \frac{2t}{\cos\theta} = m\lambda_{n'}$$

$$\pm\left(m + \tfrac{1}{2}\right)\lambda_{n'}$$

$$\Rightarrow \lambda n' = \frac{\lambda_0}{n'}$$ ＊（在介質中傳遞之波長）

$$\theta' = \sin^{-1}\frac{\sin\theta}{n'}$$

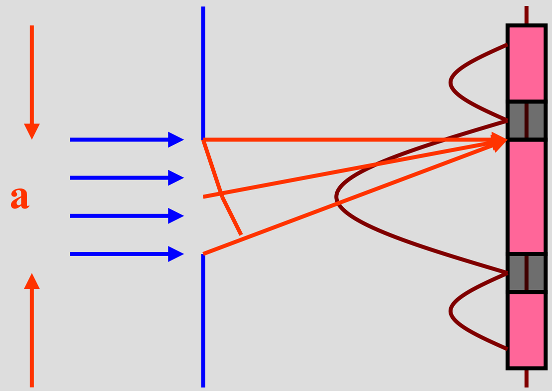
4. 繞射 (Diffraction)

(a) Fraunhofer — (1)平面波 (2)遠屏幕

(b) Fresnel — (1)非平面波(2)近屏幕

⇨ (a) 較為簡單實用

5. 單狹縫繞射 (Single slit)



$$\Rightarrow \theta = 0^{0}$$ 第一亮點

$$\Rightarrow \frac{a}{2}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$$ 第一暗點

$$a\sin\theta = \lambda$$

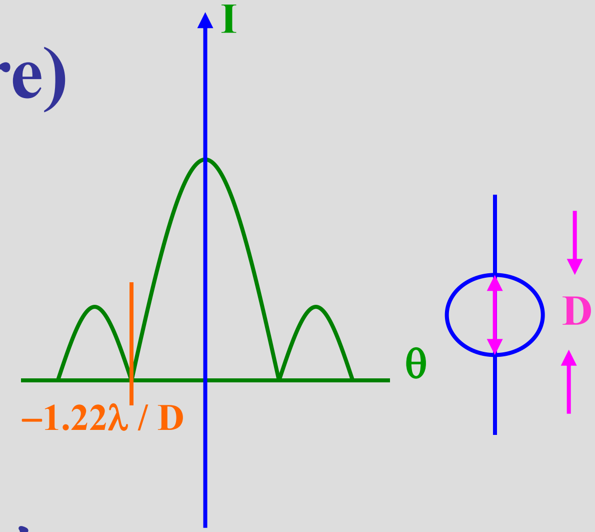
$$\Rightarrow \frac{a}{4}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$$ 第二暗點

$$a\sin\theta = 2\lambda$$

$$\Rightarrow a\sin\theta = m\lambda$$ 第*m*暗點

$$\boxed{\theta = \sin^{-1}\frac{m\lambda}{a}}$$

6. 圓形單狹縫 (Circular Aperture)

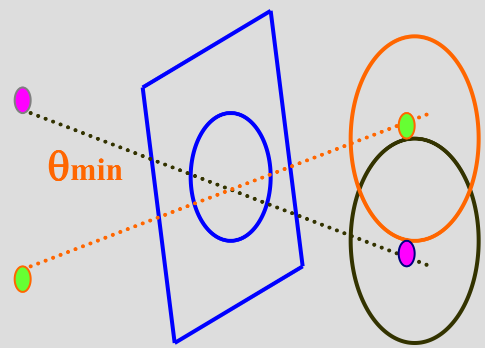


$a \sin\theta = D \sin\theta = 1.22\lambda$ (第一暗點)

Rayleigh Criterion
(解析度之先決判別條件)

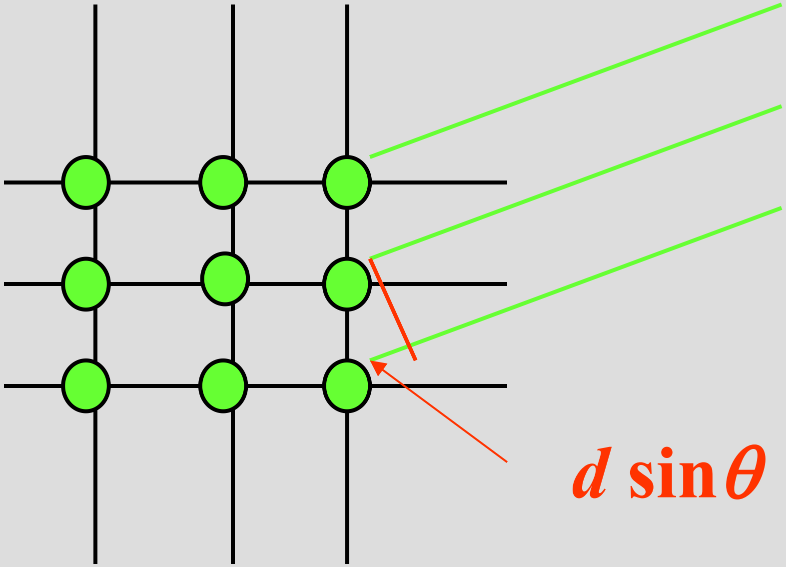
一個圓形的中心正好在另一圓形的邊緣上

$$\theta_{min} = 1.22\frac{\lambda}{D}$$



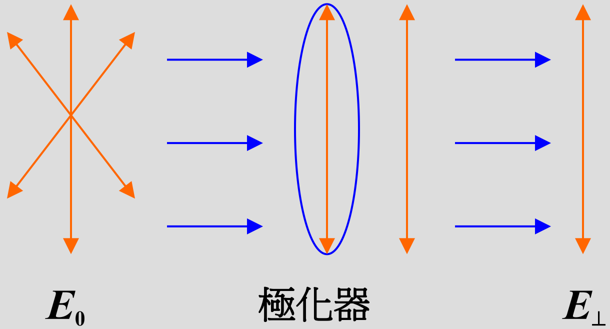
7. 繞射柵 (Diffraction gratings)

⇨ 建設性亮點 $d\sin\theta = m\lambda$



8. 極化 (Polarization)

(a) by absorption (吸收的方式)



$$\bar{I} = \frac{1}{2} I_0$$

$$E_\perp = E_0 \cos\theta$$

$$I \propto \mu_E \propto E_\perp^2$$

$$I = \mu_E C = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_\perp^2 \times C$$

$$= \frac{1}{2}\varepsilon_0 (E_0 \cos\theta)^2 \times C$$

$$= \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 C \times \cos^2\theta$$

$$= I_0 \times \cos^2\theta$$

$$\bar{I} = I_0 \times \overline{\cos^2\theta} = \frac{1}{2} I_0$$

Malus law

(b) by reflection (反射方式)

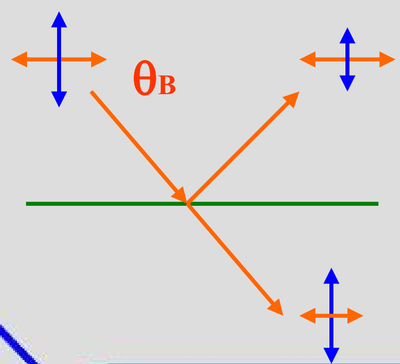
反射波中平行極化電場（↔）多於垂直極化電場（↕）

✦ 極化角 (Brewster's angle) 橫柴難入灶，橫行難得到

⇨ 當入射角等於極化角，
反射波中只有平行極化電場（↔）
而無垂直極化電場（↕）。

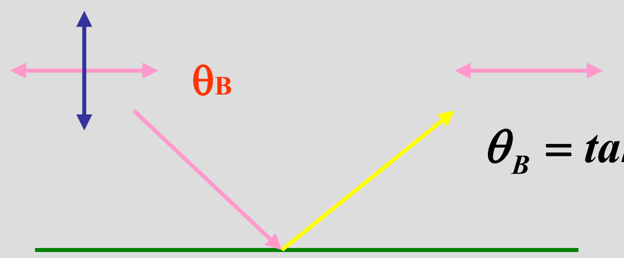
$$n_a \times \sin\theta_B = n_b \times \sin(90-\theta_B)$$
$$= n_b \times \cos\theta_B$$

$$\theta_B = \tan^{-1}\frac{n_b}{n_a}$$



n_a

n_b



$$\theta_B = \tan^{-1}\frac{n_b}{n_a}$$

(c) by scattering (散射方式)

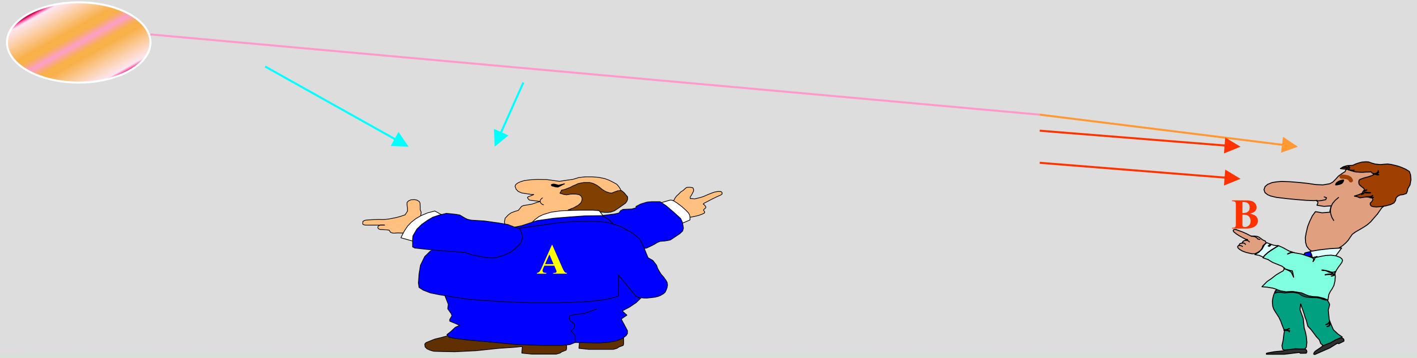
Rayleigh scattering

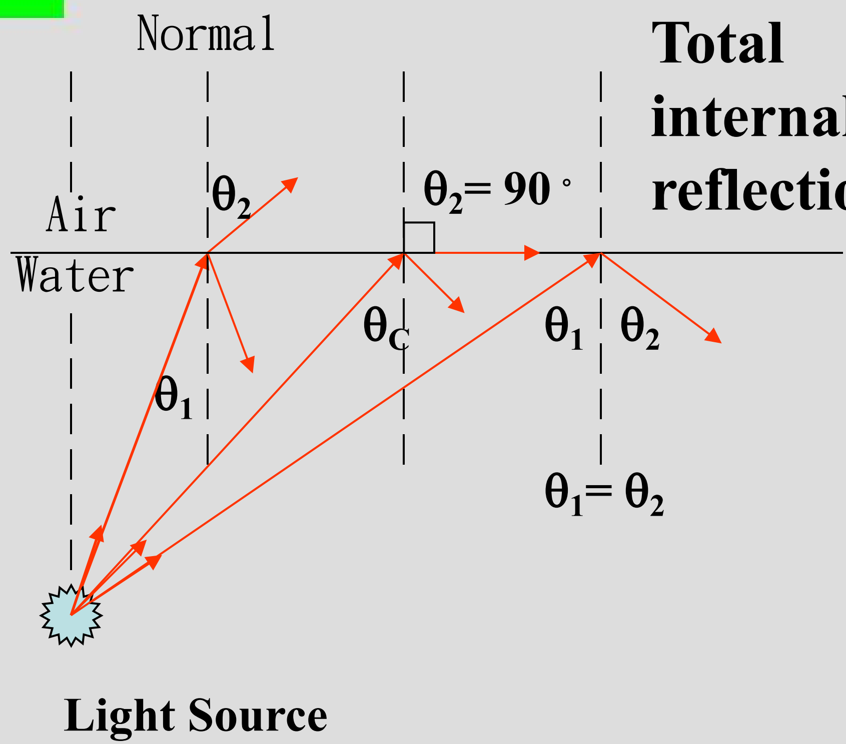
半徑比光的波長小很多的空氣微粒對入射光的散射。

散射光的強度和入射光波長λ的4次方成反比

波長較短的藍光比波長較長的紅光更易散射

日光中藍光(波長短)散射到較近的觀察者A，A看到藍光；
而紅光(波長長)散射到較遠的觀察者B，已無藍光，B看見紅霞。





Total internal reflection

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\sin\theta_C}{\sin 90°} = \frac{n_2}{n_1}$$

Since sin 90 ° =1,

$$\sin\theta_C = \frac{n_2}{n_1}$$ where $n_1 > n_2$

多點觸控 （Multi-touch）

FTIR（Frustrated Total Internal Reflection）

螢幕的夾層中加入LED光線，當用戶按下螢幕時，便會使夾層的光線造成不同的反射效果，感應器接收光線變化而捕捉用戶的施力點，從而作出反應。

光纖 (Optical fiber)

是光在玻璃或塑料製成的纖維中的全反射原理的光傳導工具折射率越大，光線傳播的速度越慢。通常光纖的核心的折射率是 1.48 ，包覆的折射率是 1.46 。光纖傳導訊號的速度大約為 2 億公尺／秒。