

應用光學-課程目標

- 瞭解光學理論和實際應用
- 瞭解光學儀器之設計原理和應用
- 增進學生光學專業方面之英文閱讀能力

應用光學-授課進度

週次	內容 (Subject/Topics)	備註
1	Introduction in nano-optics	
2	Theoretical foundations I	
3	Theoretical foundations II	
4	Propagation and focusing of optical fields	
5	Nano-scale optical microscopy I	
6	Nano-scale optical microscopy II	
7	Near-field optical probes I	
8	Near-field optical probes II	
9	Probe-sample distance control	
10	期中考試週	
11	Quantum emitters	
12	Photonic crystals I	
13	Photonic crystals II	
14	Surface plasmons I	
15	Surface plasmons II	
16	Nano-scale optical instruments I	
17	Nano-scale optical instruments II	
18	期末考試週	

應用光學-參考書籍

- Principles of Nano-Optics, Lukas Novotny, Bert Hecht, Cambridge University Press
- Photonic Crystals, J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, J. N. Winn, Princeton Univ. Press

應用光學-學期成績計算方式

- 平時成績：30%
- 期中考成績：30 %
- 期末考成績：40 %

光學

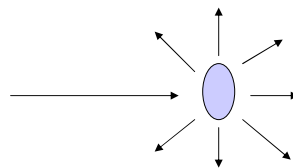
- 研究光的特性，通常可分成三部份：
 1. 幾何光學：以光線的方法來研討
 2. 物理光學：以波動學來研討
 3. 量子光學：以量子力學來研討

光的本質

- 十七世紀，Newton首創光的粒子說。光是由光源射出一種無質量的微粒，以極大的速度像四面八方發射所形成，以達於眼中便產生光的感覺，此種說法僅可解釋光的直進及反射。
- 1678年，Huygen證明反射和折射定律可由波動理論的基礎去解釋，但是對於光電效應卻無法解釋。
- 1873年，Maxwell證明振盪電路會輻射電磁波，此種波的傳遞速度接近 3×10^8 m/s，此數值等於光的傳播速度，因此光是一種非常短的電磁波。
- 1905年，Einstein提出光之傳播是輻射不連續的光量子學說，而光電效應則證明光的粒子說。
- 1930年，經由量子力學的證明，光同時具有波動和粒子的性質。

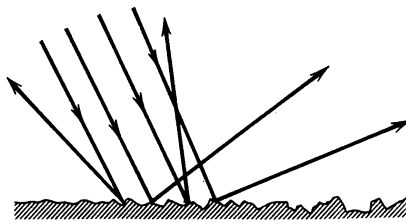
光的散射

- 當太陽光穿越地球的大氣層時，部份的光被大氣分子所吸收，然後將其往其他方向發射的現象稱為散射(scattering)。
- 散射光的強度與其波長的四次方成反比。
- 空氣分子對藍光的散射能力較強，所以天空呈現藍色。



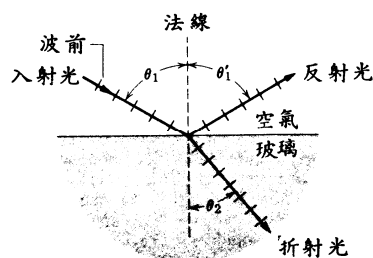
光的反射(reflection)

- 漫射(diffuse reflection)：我們之所以可以看到大部分的物體，乃是因為大部分的物體會將光線反射而進入我們的眼睛。
- 鏡面反射(specular reflection)：將光束朝一個方向反射。



光的折射(refraction)

- 光入射進入可透光材料時，會產生反射光和折射光。
- 入射光、反射光和折射光均與法線在同一平面上。
- 反射角等於入射角。
- 入射光與折射光的關係，Snell定律：



$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

n為折射率

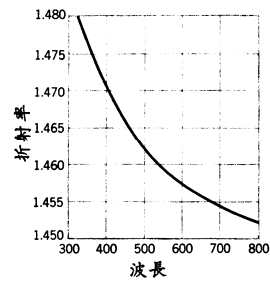
折射率(refractive index)

- 真空中光線行進的速度 / 測試物中光線行進的速度

$$n = \frac{c}{v}$$

黃光(589 nm)的折射率

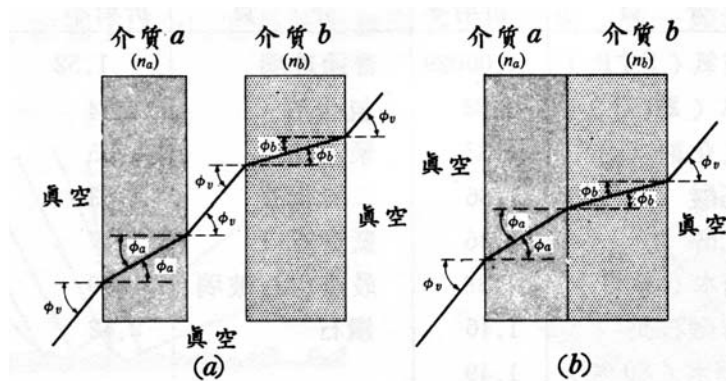
介質	折射率	介質	折射率
空氣 (STP)	1.00029	普通玻璃	1.52
水 (20°C)	1.33	氯化鈉	1.54
氯化鈉	1.33	聚乙烯	1.55
乙酸	1.36	二硫化碳	1.63
乙醇	1.36	藍寶石	1.77
糖水 (30%)	1.38	最重火石玻璃	1.89
熔融石英	1.46	鑽石	2.42
糖水 (80%)	1.49		



石英的折射率

折射角

- 當光線由真空進入折射率大於1的介質時，折射角均小於入射角。

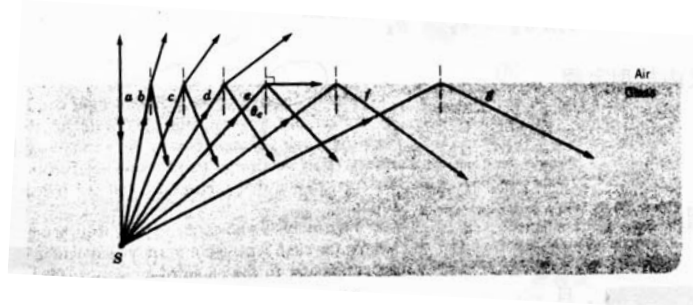


全反射(total internal reflection)

- 若光線在折射率為 n_1 的玻璃內射出經過界面折射至折射率為 n_2 的空氣內，由Snell定律

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 \quad \text{且 } n_1 > n_2 \quad \Rightarrow \quad \sin \theta_2 > \sin \theta_1$$

$$\Rightarrow \sin \theta_2 = 1 \quad \theta_2 = 90^\circ \quad \text{為臨界角 } \theta_c$$



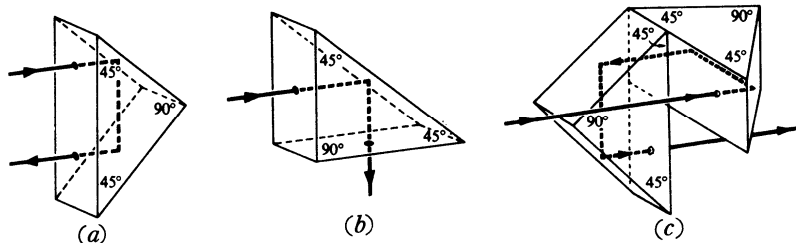
全反射(total internal reflection)

- 全反射只發生在光由折射率較大之介質中發出的情況。

- 臨界角 $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$

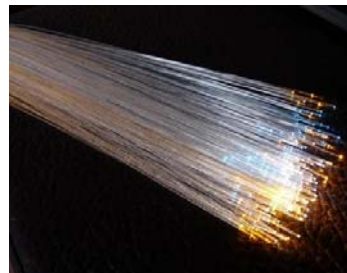
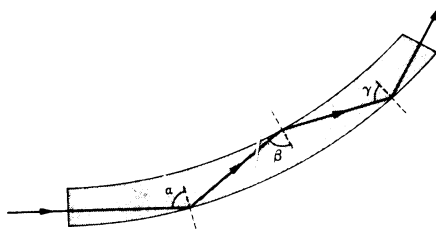
- 玻璃之臨界角，假設其折射率為1.5

$$\sin \theta_c = \frac{1}{1.5} = 0.667 \Rightarrow \theta_c = 41.8^\circ$$



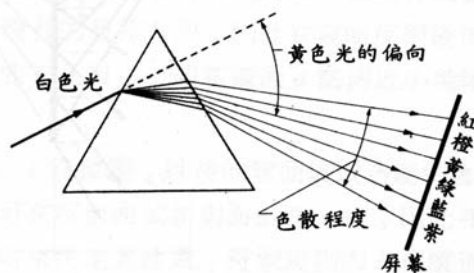
全反射(total internal reflection)

- 使用三菱鏡(45度-90度-45度)來反射光線比金屬好，因為：
 1. 光線可以全部反射
 2. 反射特性不受表面情況影響
- 光纖(fiber)



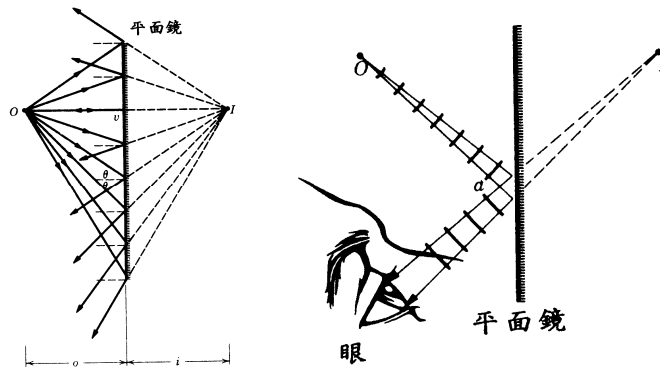
色散(dispersion)

- 大部分的可見光是由一些波長不同的光混合而成。
- 這些光在真空中的傳播速度均相同，但是當其進入某一介質時，其速度隨著波長而有所改變，這種特性稱之為色散。



平面鏡的反射

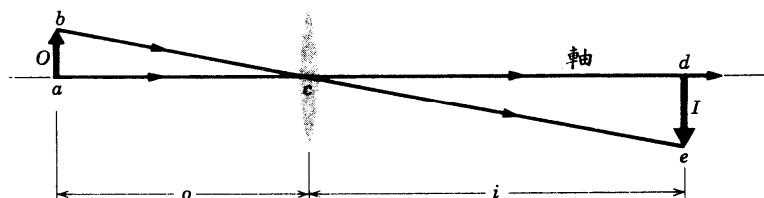
- 不同折射率物質的界面均會有反射現象，只是反射程度不同而已。
- 反射程度高的光滑面稱為鏡面。



薄透鏡

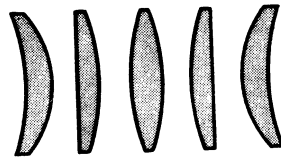
- 高斯的薄透鏡方程式

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

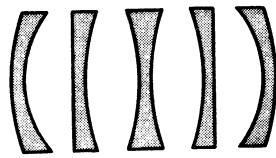


薄透鏡種類

- 會聚透鏡(converging lens)
- 發散透鏡(diverging lens)



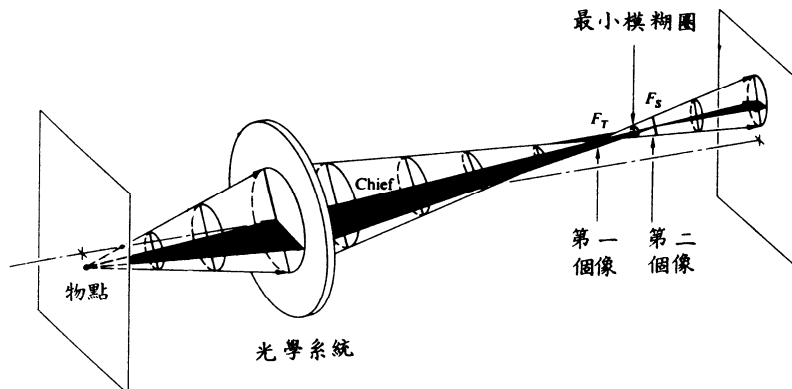
(a)



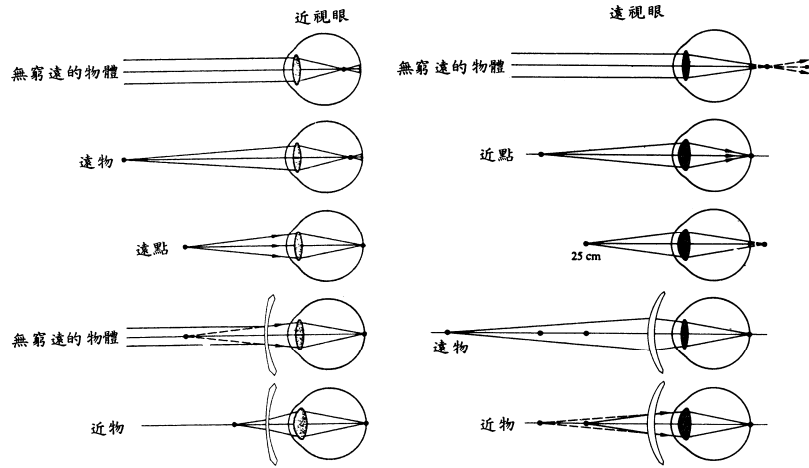
(b)

透鏡像差

- 由物體上發出的光源不同，經過透鏡所形成的像會有不同的色彩，且位置和大小均不相同。

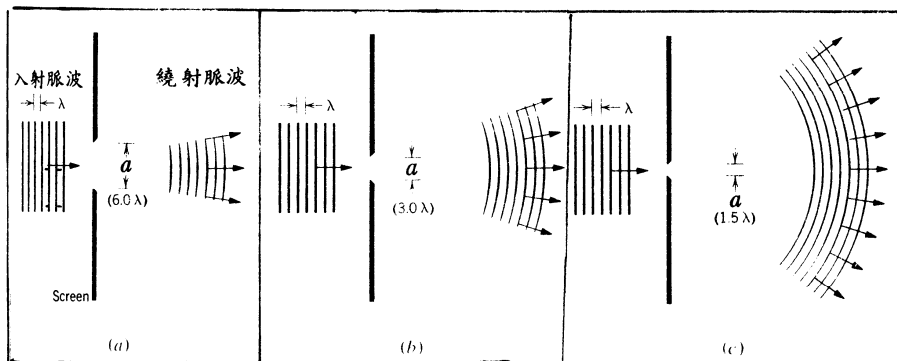


眼睛的矯正



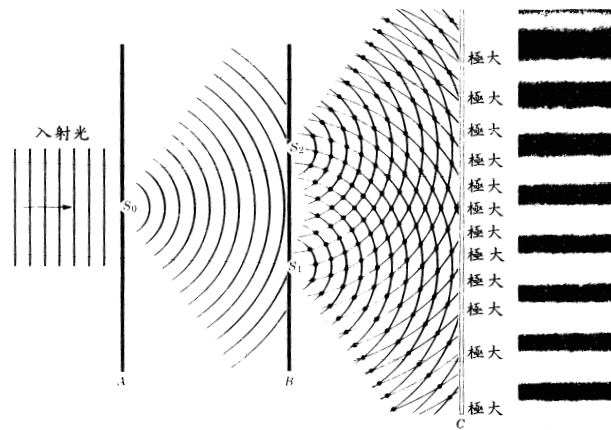
波動光學(wave optics)

● 狹縫繞射(diffraction)



光的干涉(interference)

- 1801年，Young實驗，雙狹縫干涉



相干性(coherent)

- 光波的干涉就是二個以上的光波互相疊加產生的現象
- 光波產生干涉現象則需有三個條件
 - 光波頻率一致
 - 有相互平行的振動分量
 - 光波相位差穩定

薄膜的干涉

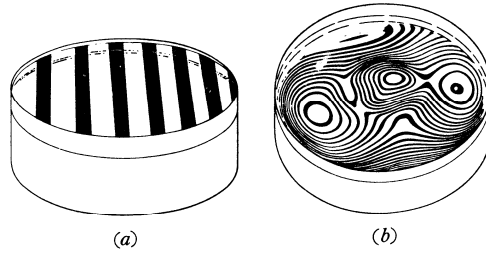
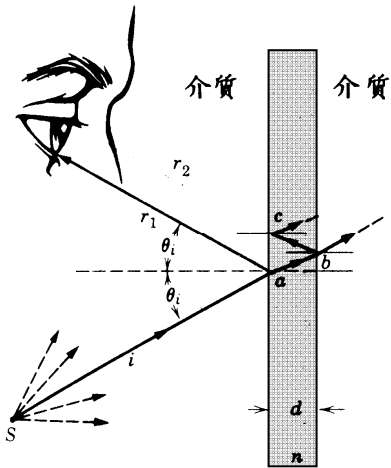
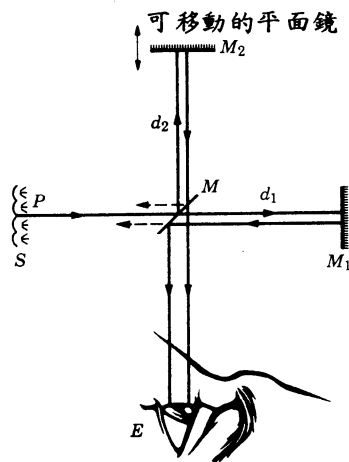


圖 2-11 (a) 薄膜均勻平坦所產生的干涉條紋；(b) 薄膜不均勻且不平坦所產生的干涉條紋

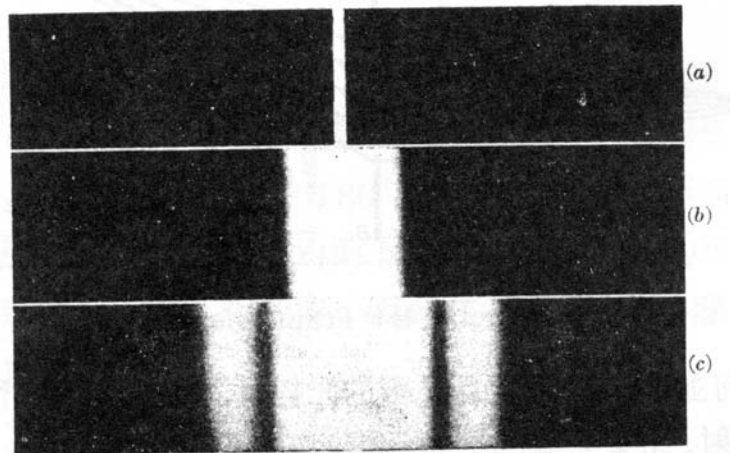
Michelson干涉儀

- 利用干涉條紋來精確量測長度變化



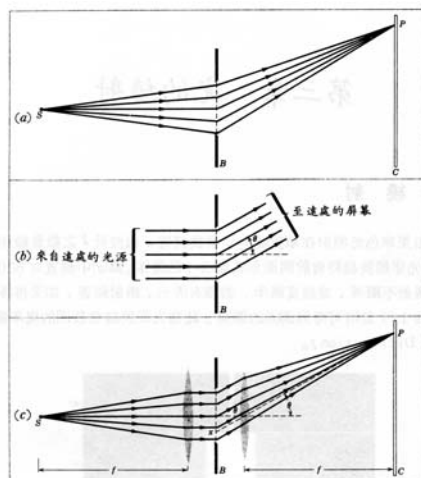
光的繞射(diffraction)

- 單狹縫繞射



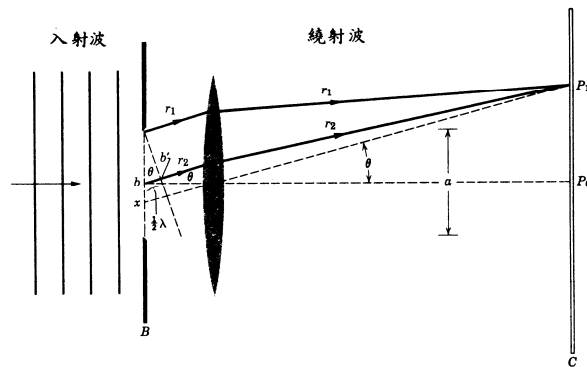
光的繞射(diffraction)

- Fresnel繞射和Fraunhofer繞射



單狹縫繞射

- 產生第一極小的條件： $\frac{1}{2}a \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$
 - 產生第二極小的條件： $\frac{1}{4}a \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$
- 產生極小的條件
 $a \sin \theta = m\lambda, m = 1, 2, 3, \dots$



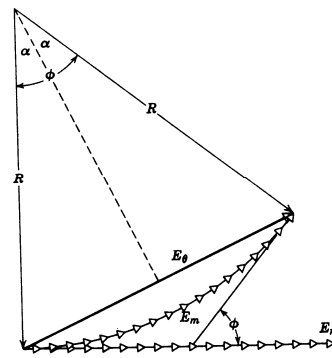
單狹縫繞射公式

$$E_{\theta} = E_m \frac{\sin \alpha}{\alpha}$$

$$I_{\theta} = I_m \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

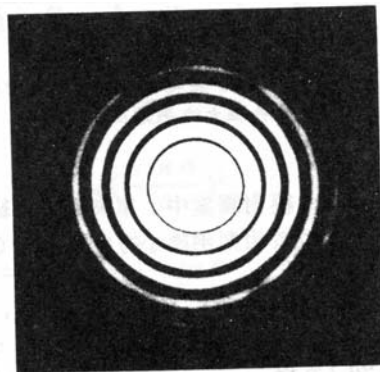
$$\alpha \left(= \frac{1}{2} \phi \right) = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$$

$$a \sin \theta = m\lambda, m = 1, 2, 3, \dots$$



圓孔繞射

- 繞射程度取決為透鏡的直徑 d
- 產生第一極小的條件：
$$\sin \theta = 1.22 \frac{\lambda}{d}$$



圓孔繞射的鑑別率

- 兩光源之一的繞射條紋的中央最亮部份與另一光源的第一暗圈剛接觸時，此兩點光源恰可鑑別。

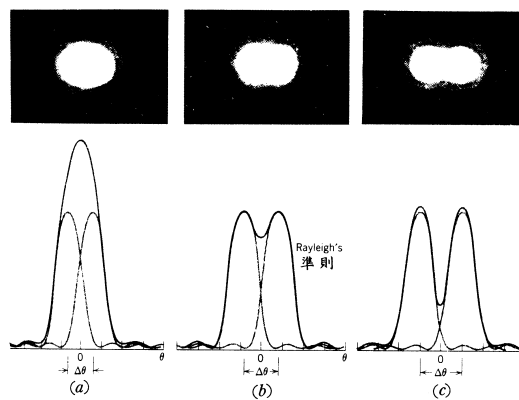
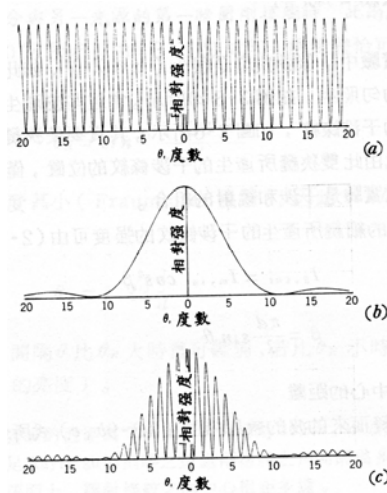


圖 3-10 (a) 不可鑑別 (b) 恰可鑑別 (c) 可鑑別

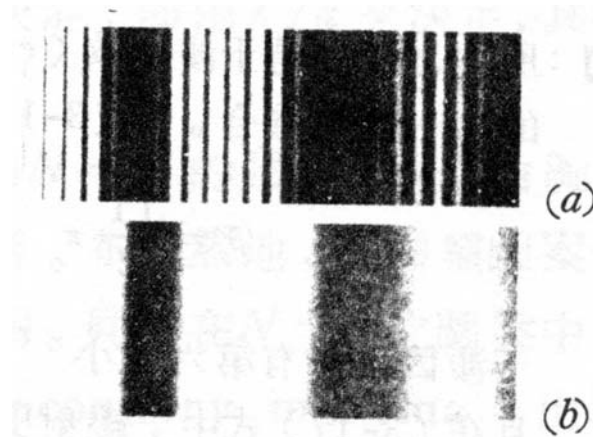
雙狹縫繞射

- 干涉和繞射的組合，僅會改變強度



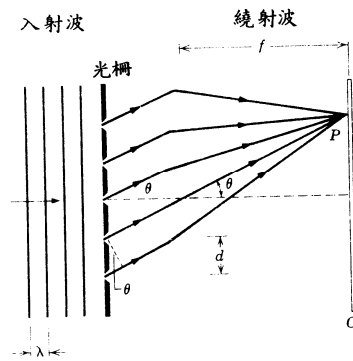
雙狹縫繞射

- (a) 雙狹縫繞射圖案，(b) 蓋上其中一狹縫，干涉條紋消失，只剩單狹縫繞射條紋



多狹縫繞射

- 狹縫數 N
- 干涉條紋間隔由 λ/d 決定
- 條紋強度由繞射圖案決定，即 λ/a



多狹縫繞射

- 繞射條件： $d \sin \theta = m\lambda, m = 0, 1, 2, 3, \dots$



圖3-14a (a) $N=2$ 之干涉條紋 (b) $N=5$ 的干涉條紋

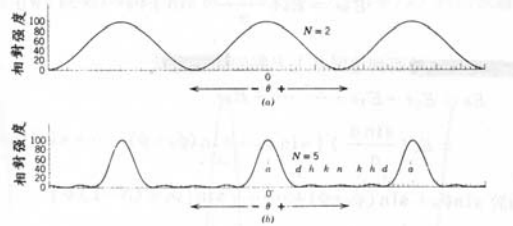
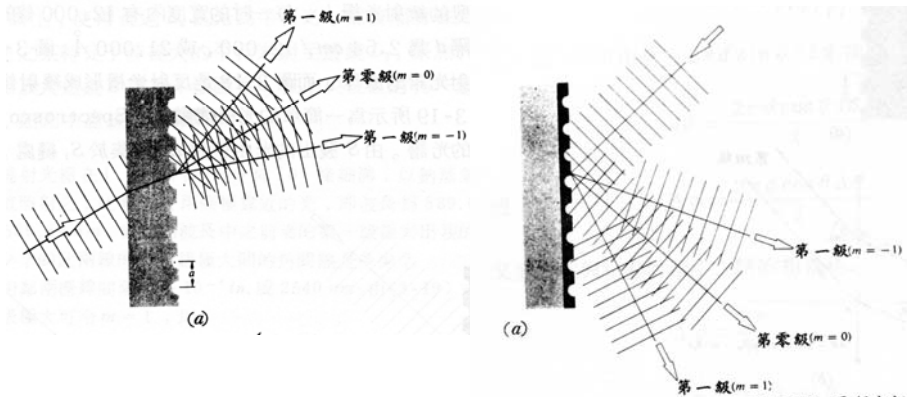


圖3-14b (a) $N=2$ 之干涉條紋強度 (b) $N=5$ 之干涉條紋強度

繞射光柵 (grating)

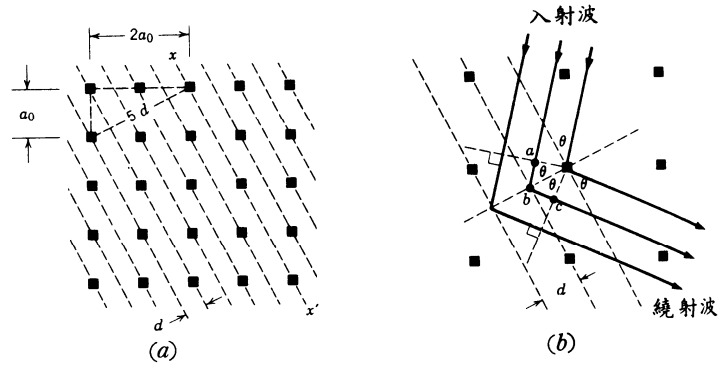
- 透射光柵和反射光柵



X-ray的繞射

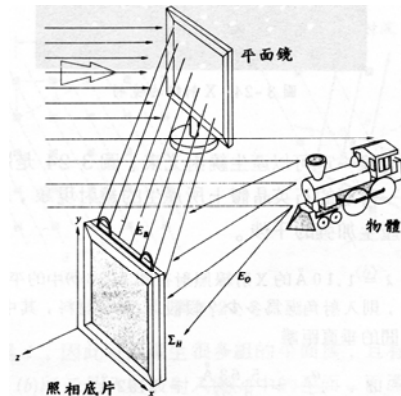
- X-ray的波長為0.1 nm，電磁輻射
- Bragg定律：

$$2d \sin \theta = m\lambda, m = 1, 2, 3, \dots$$



全相學(holography)

- 真正三度空間的像
- 將底片放在由物體散射的光以及直接由光源照射的光可到達之處，直射和散射的光在底片上產生干涉而形成複雜的干涉圖形。



全相學(holography)

- 要產生全相時，僅需將雷射光照射在沖洗過的底片即可得到影像，若以不同角度觀看，會有不同的圖案。

