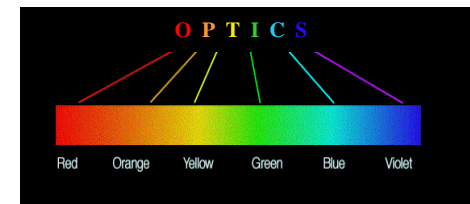


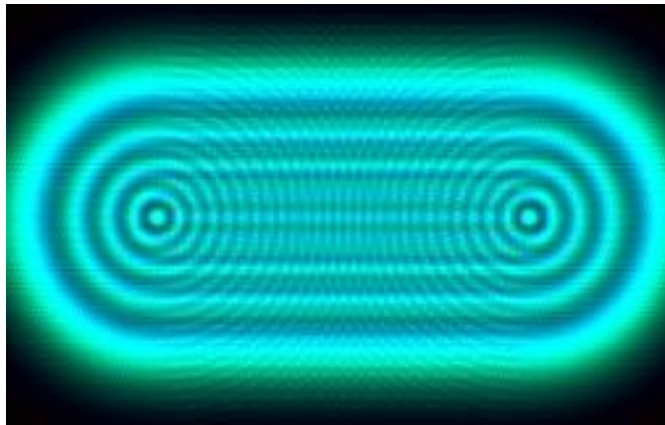
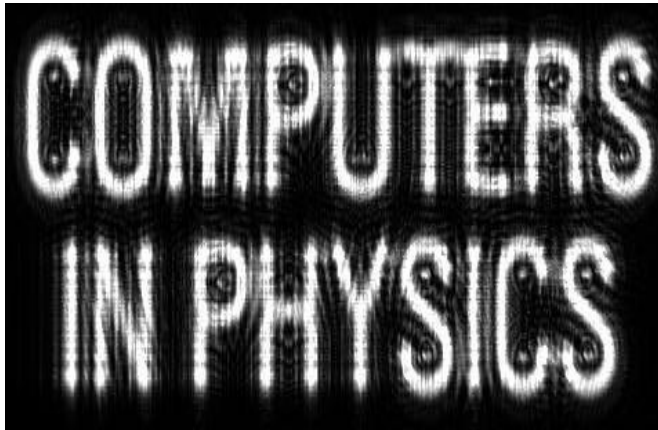
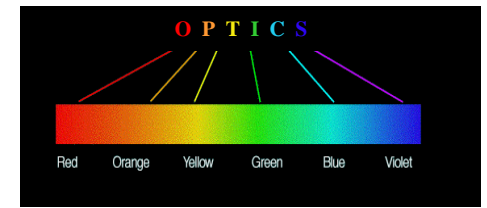
第四章 波动光学-衍射



泰山佛光



第四章 波动光学-衍射



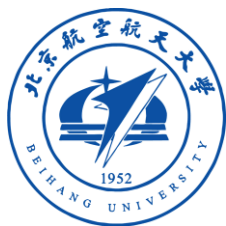
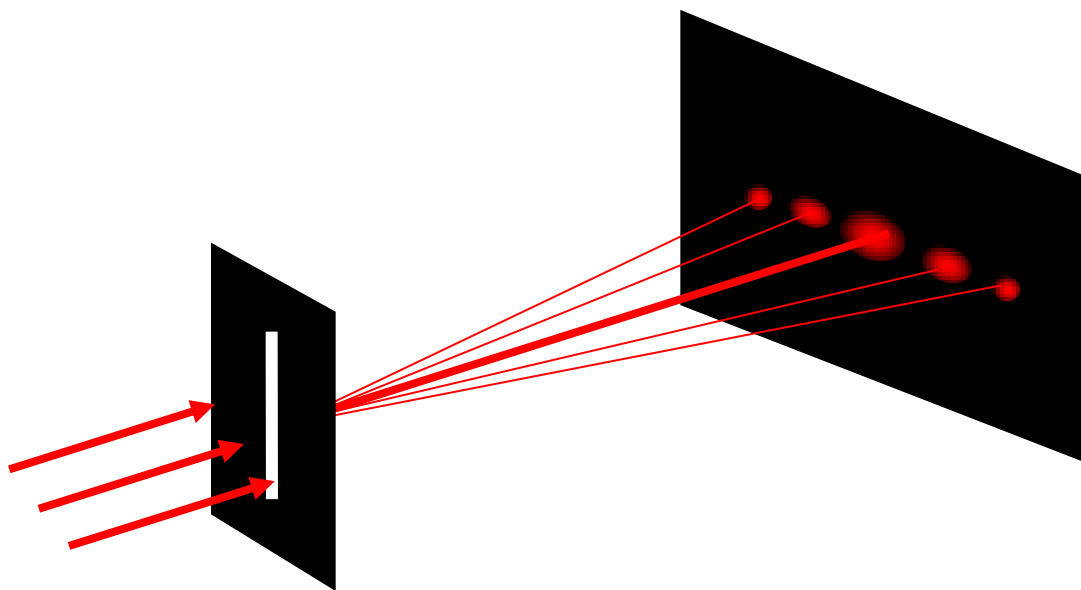
菲涅尔透镜拍摄



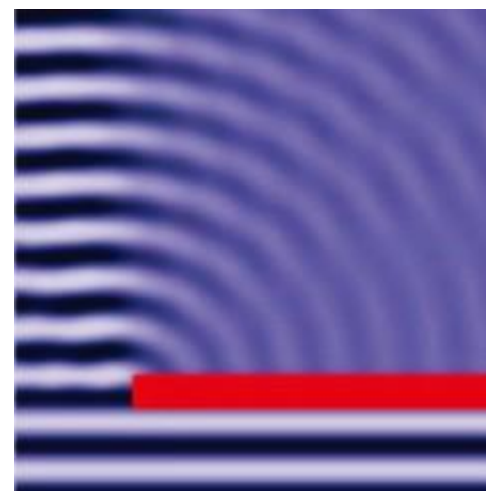
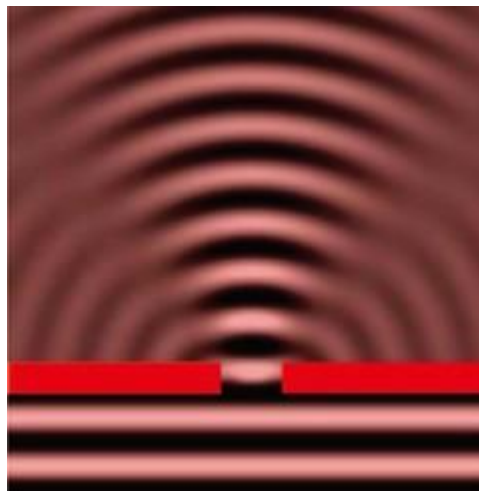
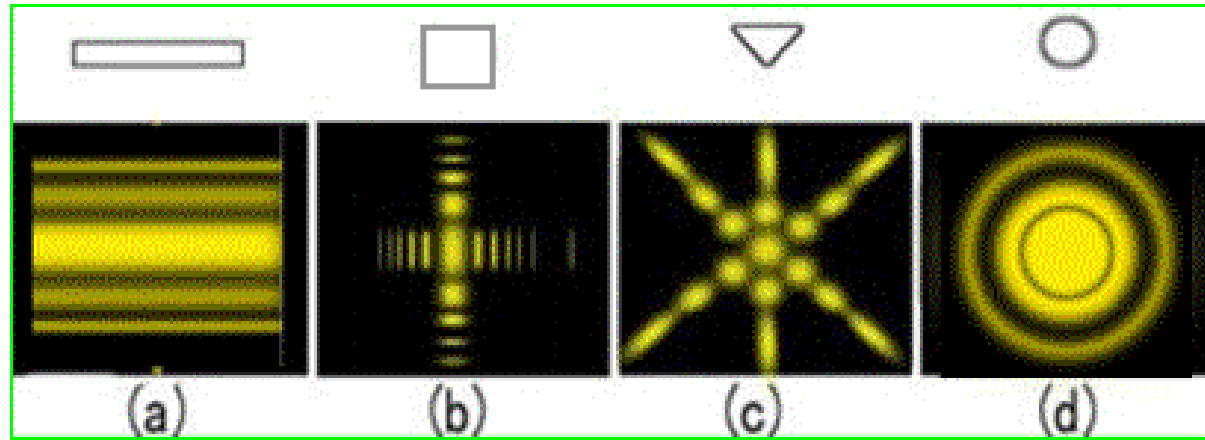
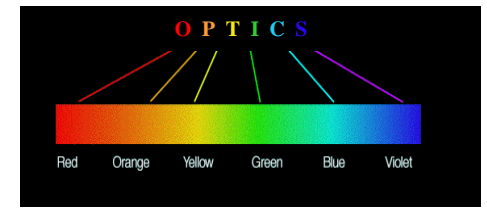
第四章 波动光学-衍射



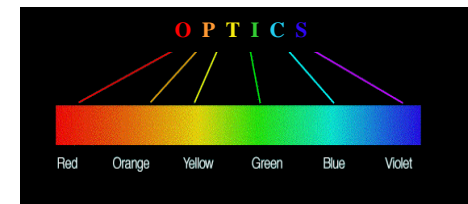
光的衍射（绕射）现象：
光在传播过程中遇到障碍物而发生偏离
直线传播的现象。



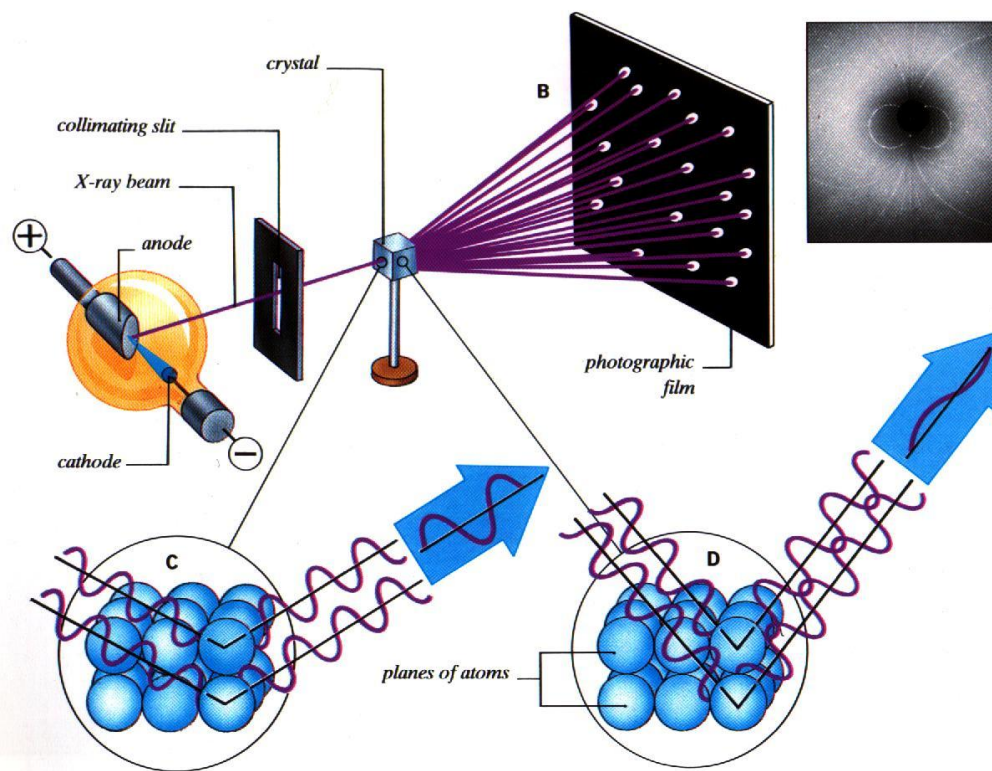
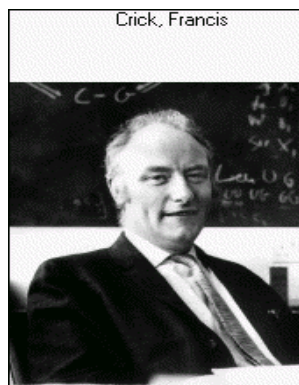
第四章 波动光学-衍射



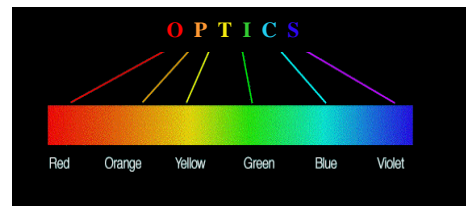
第四章 波动光学-衍射



DNA 结构的发现与X-射线衍射



第四章 波动光学-衍射



4.1 衍射的基本理论

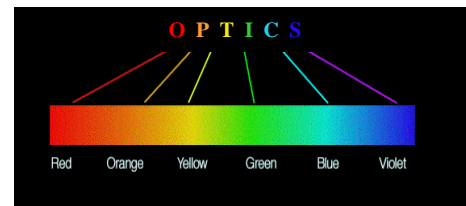
(1) 惠更斯-菲涅尔原理

- 波前上的每一点都可以看成为次波源，它们向周围发射次波；
- 波场中任一点的扰动是所有次级扰动的相干迭加。

数学表达
$$\tilde{U}(P) = \oiint_{\Sigma} d\tilde{U}(P)$$

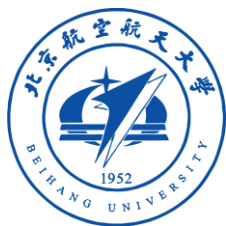
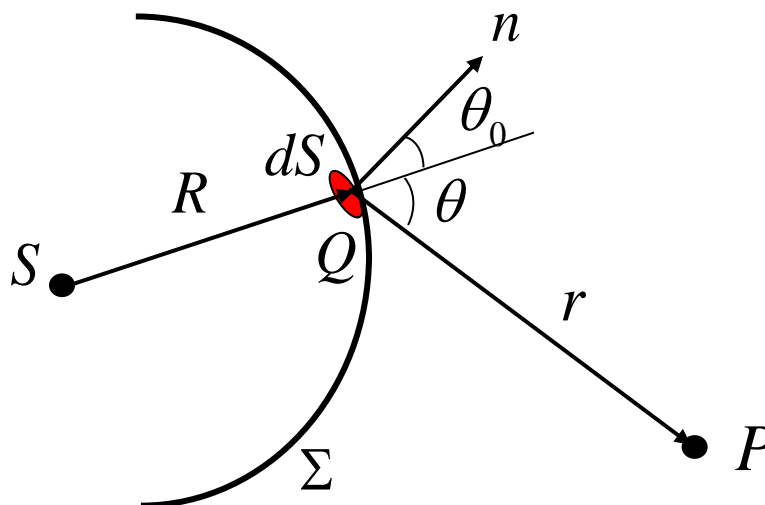


第四章 波动光学-衍射

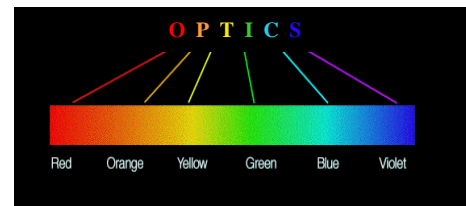


菲涅耳衍射积分公式:

$$\tilde{U}(P) = K \iint_{\Sigma} f(\theta_0, \theta) \tilde{U}_0(Q) \frac{e^{ikr}}{r} dS$$



第四章 波动光学-衍射

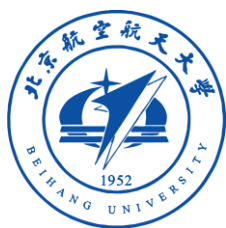


(2) 基尔霍夫 (G.Kirchhoff) 衍射公式

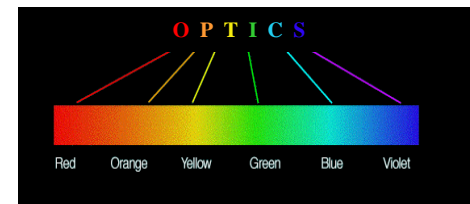
$$\tilde{U}(P) = \frac{-i}{\lambda} \oiint_{\Sigma} \frac{1}{2} (\cos \theta_0 + \cos \theta) \tilde{U}_0(Q) \frac{e^{ikr}}{r} dS$$

适用条件：无源空间， $kr \gg 1$

积分的波面可以是任何封闭曲面。



第四章 波动光学-衍射



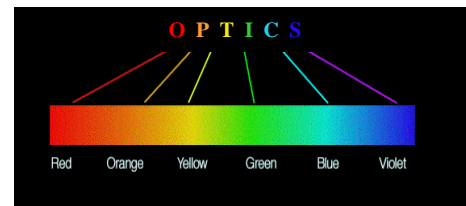
与菲涅耳衍射积分公式比较：

$$(1) \quad f(\theta_0, \theta) = \frac{1}{2} (\cos \theta_0 + \cos \theta)$$

$$(2) \quad K = \frac{-i}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} e^{-i\pi/2}$$

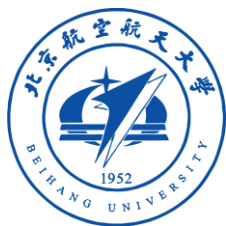
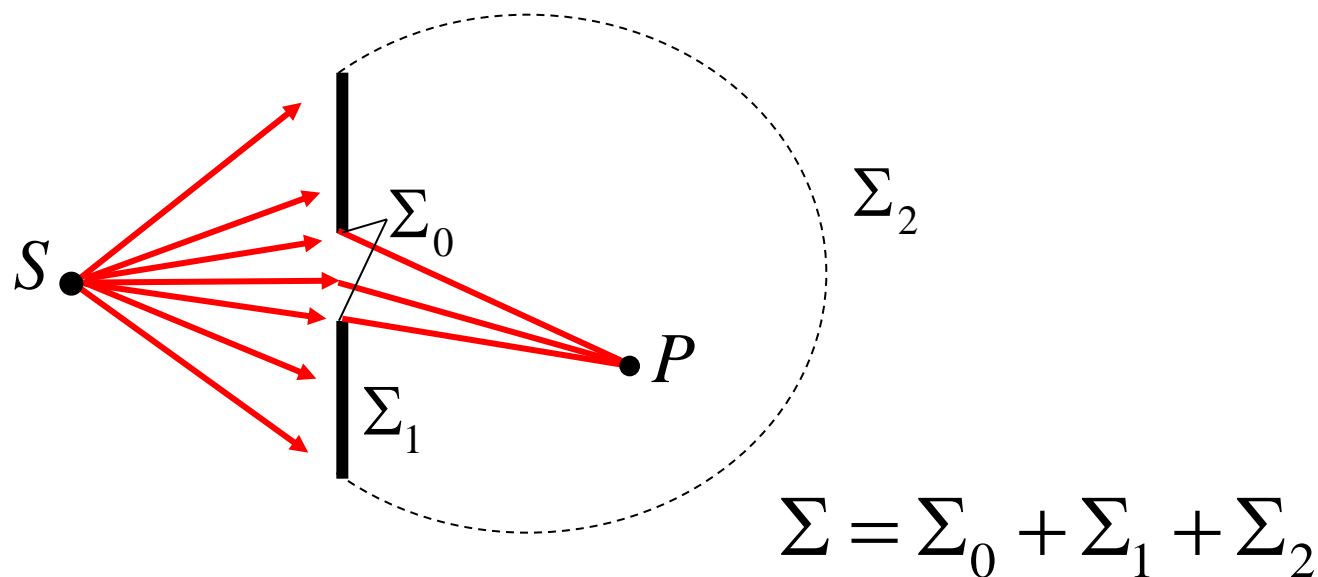


第四章 波动光学-衍射



(3) 边界条件和傍轴衍射公式

有限光孔面的边界条件假设:



第四章 波动光学-衍射



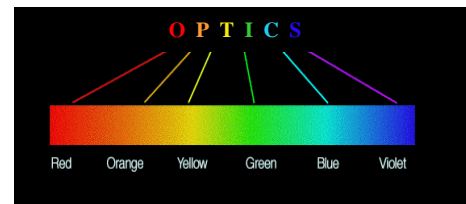
- a. Σ_2 上的波前贡献: $\tilde{U}_2(P) = 0$
- b. Σ_1 上的波前贡献: $\tilde{U}_1(P) = 0$
- c. Σ_0 上的波前: $\tilde{U}'_0(Q) = \tilde{U}_0(Q)$

有限大小光孔面的衍射积分:

$$\tilde{U}(P) = \frac{-i}{\lambda} \iint_{\Sigma_0} f(\theta_0, \theta) \tilde{U}_0(Q) \frac{e^{ikr}}{r} dS$$

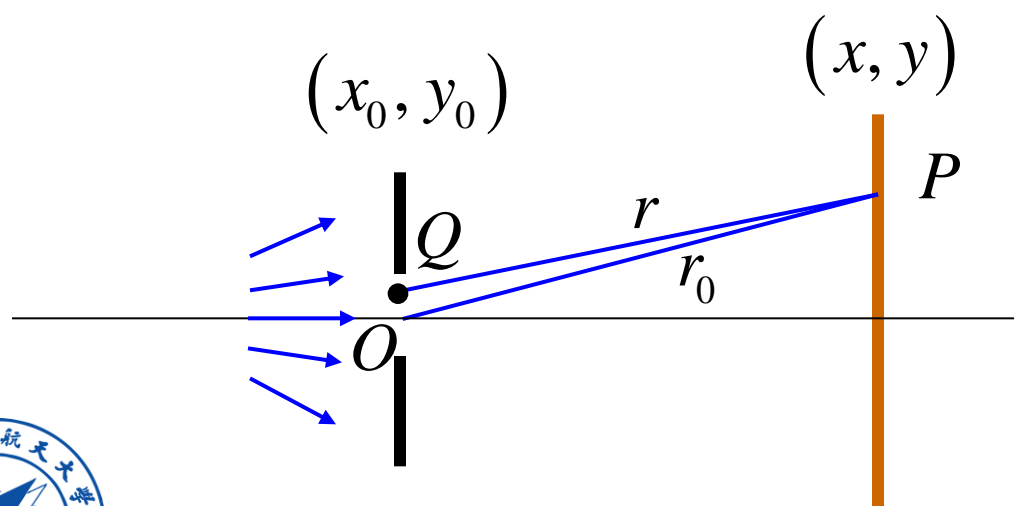


第四章 波动光学-衍射



傍轴衍射积分公式:

$$\tilde{U}(P) = \frac{-i}{\lambda r_0} \iint_{\Sigma_0} \tilde{U}_0(Q) e^{ikr} dS$$



傍轴条件:

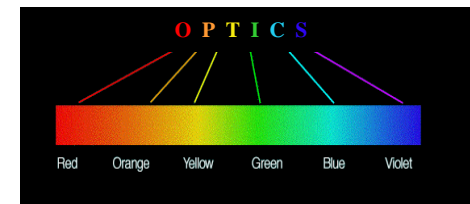
$$\theta_0, \theta \leq 0.5 \text{ rad}$$

$$f(\theta_0, \theta) \approx 1$$

$$\frac{1}{r} e^{ikr} \approx \frac{1}{r_0} e^{ikr}$$

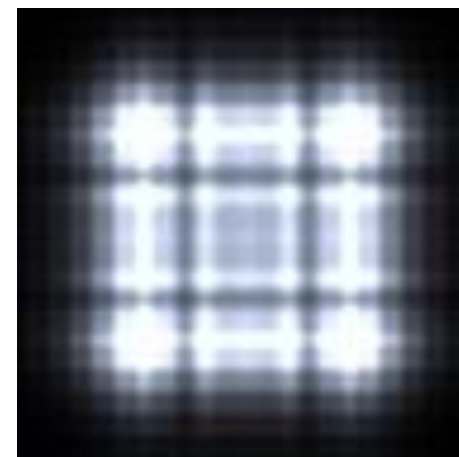
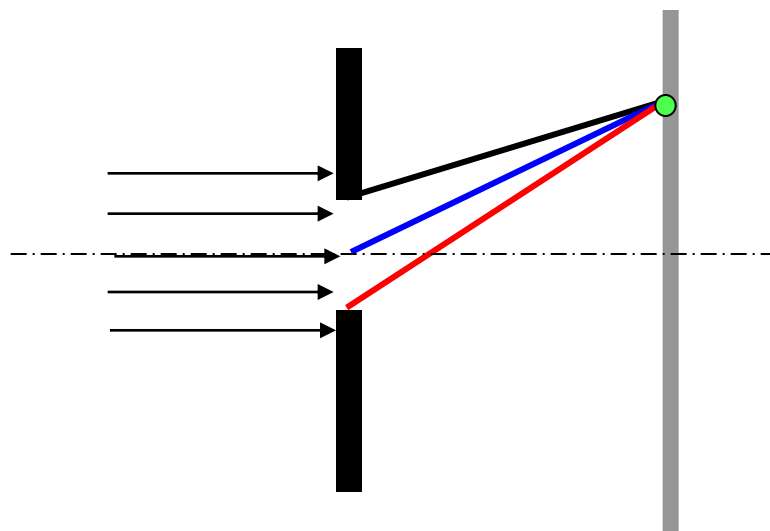


第四章 波动光学-衍射

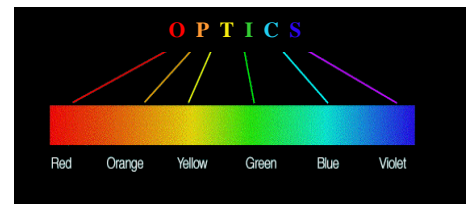


(4) 衍射分类

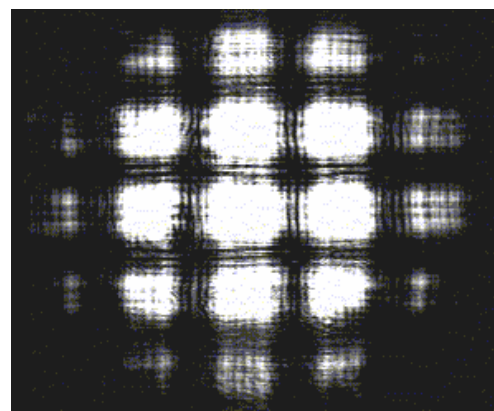
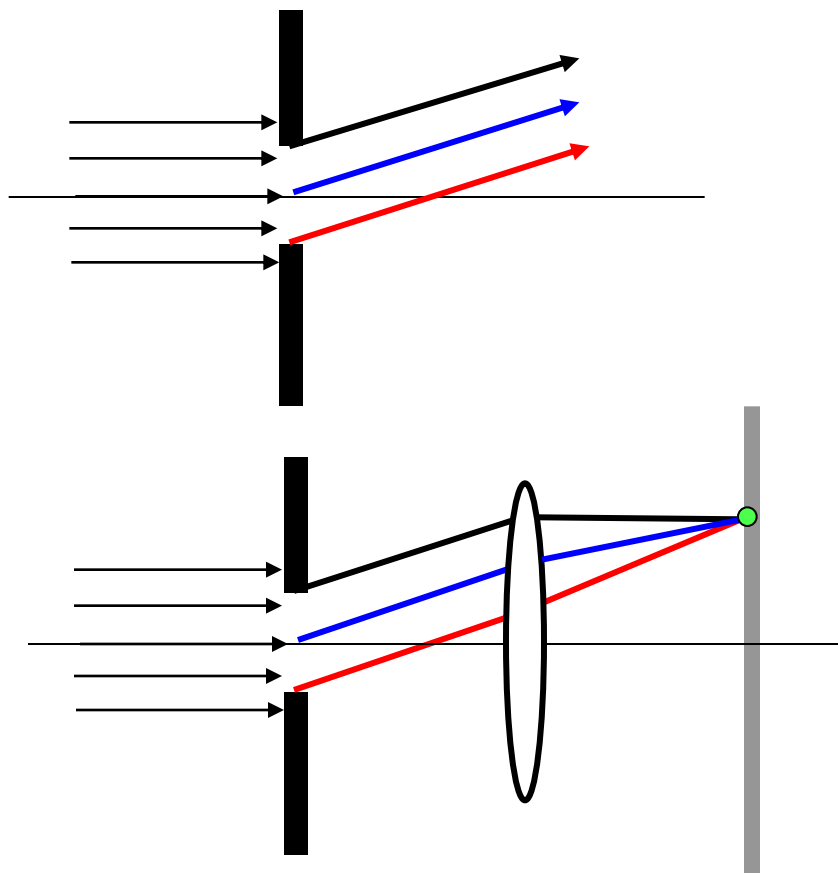
a. 菲涅耳衍射—近场衍射



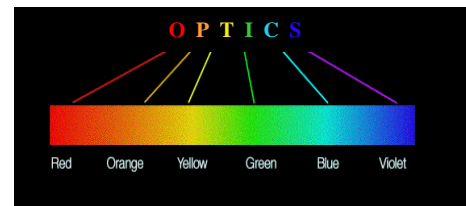
第四章 波动光学-衍射



b. 夫琅和费衍射-远场衍射

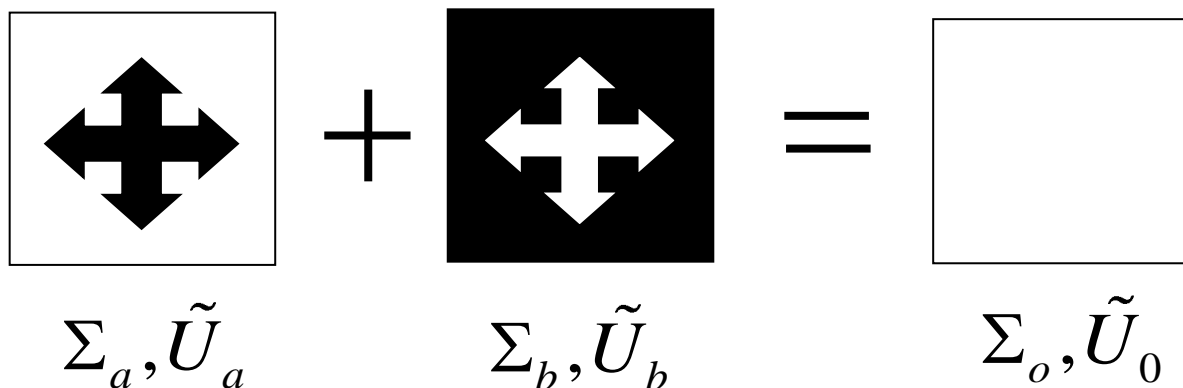


第四章 波动光学-衍射



(5) 衍射巴比涅 (Babinet) 原理

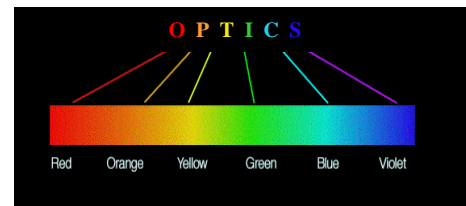
互补屏造成的衍射场中复振幅之和等于自由波场的复振幅。

A diagram illustrating Babinet's principle. It shows three square regions. The first square is white with a black cross-shaped aperture, labeled Σ_a, \tilde{U}_a below it. The second square is black with a white cross-shaped aperture, labeled Σ_b, \tilde{U}_b below it. These are separated by a plus sign and an equals sign, followed by a third square which is entirely white, labeled Σ_o, \tilde{U}_0 below it.

$$\Sigma_a + \Sigma_b = \Sigma_0 \Rightarrow \tilde{U}_a(P) + \tilde{U}_b(P) = \tilde{U}_0(P)$$



第四章 波动光学-衍射



4.2 菲涅耳圆孔和圆屏衍射

圆孔衍射轴上光强变化特点：

- 孔径变化，距离不变，亮暗频繁变化。
- 孔径不变，距离变化，亮暗逐渐变化。

圆屏衍射轴上光强变化特点：

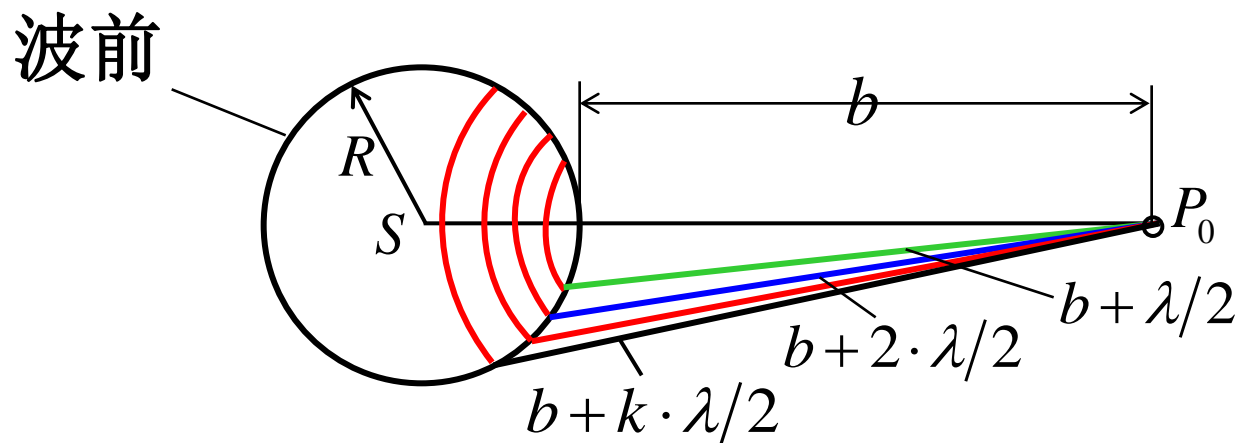
- 始终亮斑，不随圆屏大小和距离改变。



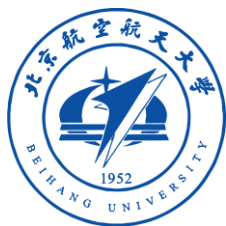
第四章 波动光学-衍射



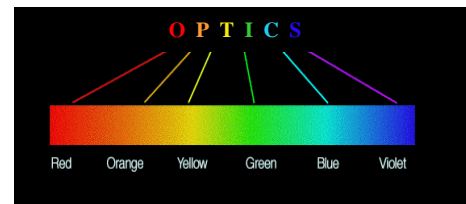
(1) 半波带分析法



相邻环带到 P_0 点的光程差均为 $\lambda/2$



第四章 波动光学-衍射



轴上点 P_0 总扰动:

$$\tilde{U}(P_0) = \sum_k \Delta \tilde{U}_k$$

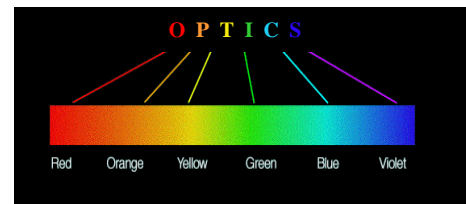
a. 相位关系

各半波带在 P_0 点的次波相位差为 π

$$\tilde{U}(P_0) = A_1 - A_2 + A_3 - \cdots + (-1)^{k+1} A_k$$

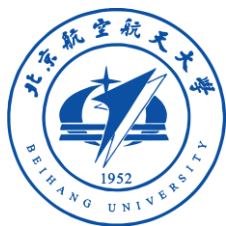
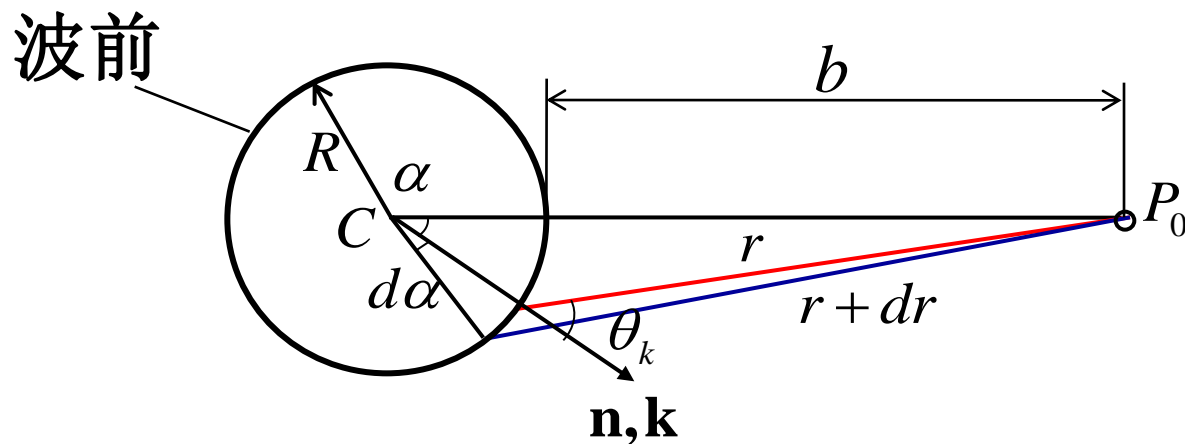


第四章 波动光学-衍射

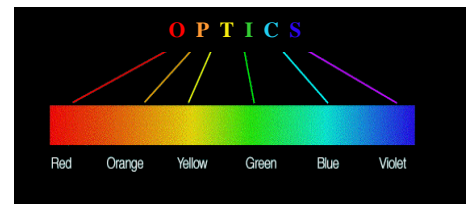


b. 振幅关系

$$A_k \propto f(\theta_k) \cdot \frac{\Delta \Sigma_k}{r_k}$$



第四章 波动光学-衍射



半波带面积:

$$\frac{\Delta \Sigma_k}{r_k} \approx \frac{\pi R \lambda}{R + b}$$

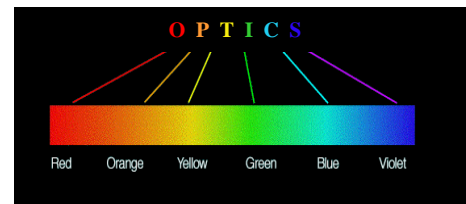
倾斜因子:

$$f(\theta_k) = \frac{1}{2}(1 + \cos \theta_k)$$

——是 k 的慢变降函数



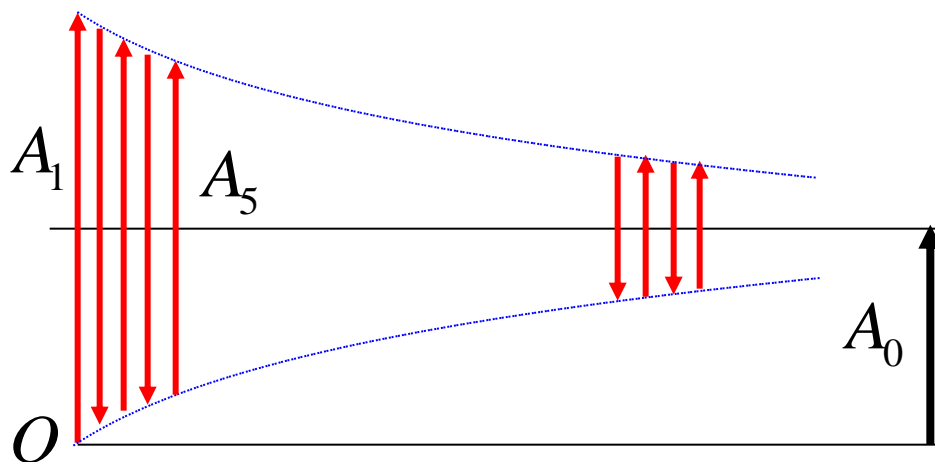
第四章 波动光学-衍射



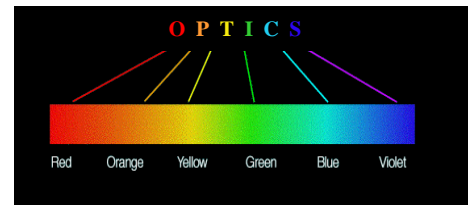
振幅:

$$A_k \propto \frac{\pi R \lambda}{R + b} (1 + \cos \theta_k)$$

矢量迭加:



第四章 波动光学-衍射



自由光场振幅:

$$A_0 = \frac{1}{2} A_1$$

第一半波带在 P_0 点产生的光强:

$$I_1 = 4I_0$$



第四章 波动光学-衍射



(2) 菲涅尔圆孔衍射

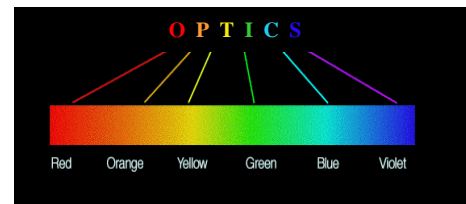
如果圆孔露出偶数个半波带，
中心衍射光强接近于零——暗斑

$$\tilde{U}(P_0) = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \cdots - A_k \approx 0$$

$$I(P_0) \approx 0$$



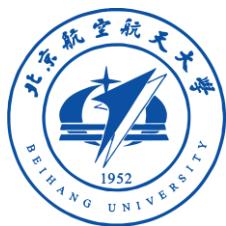
第四章 波动光学-衍射



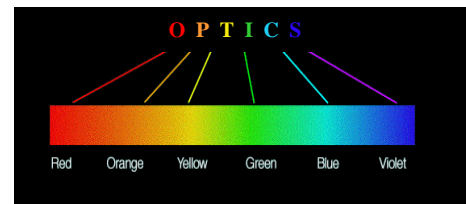
如果圆孔露出奇数个半波带，
中心衍射光强是自由光场光强的4倍
——中心亮斑

$$\tilde{U}(P_0) = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \cdots + A_k \approx A_1$$

$$I(P_0) \approx 4I_0$$



第四章 波动光学-衍射

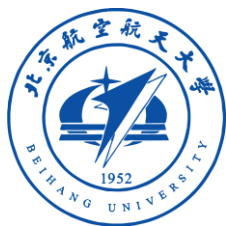


半波带半径公式（*自学）

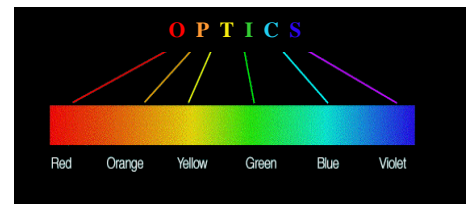
$$\rho_k = \left(k \frac{Rb\lambda}{R+b} \right)^{1/2} = \sqrt{k} \rho_1$$

$$\rho_1 = \left(\frac{Rb\lambda}{R+b} \right)^{1/2}$$

$$k = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{b} \right) \cdot \frac{\rho^2}{\lambda}$$



第四章 波动光学-衍射



菲涅耳圆孔衍射轴上光强计算:

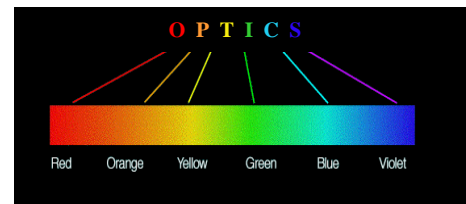
$$\text{复振幅: } \tilde{U}(b) = \frac{-a_1}{R+b} e^{ik(R+b)} (e^{im\pi} - 1)$$

$$\text{光强: } I(b) = 4I_0 \sin^2 \left(m \frac{\pi}{2} \right)$$

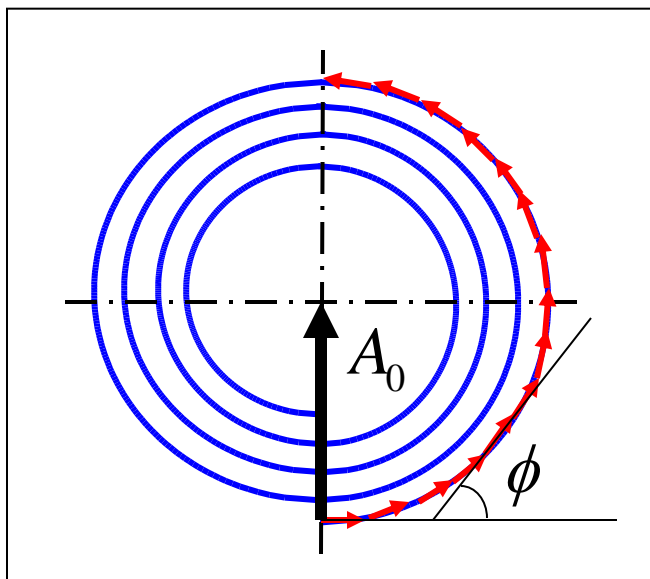
$$m = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{b} \right) \frac{\rho^2}{\lambda} \quad I_0 = \frac{a_1^2}{(R+b)^2}$$



第四章 波动光学-衍射



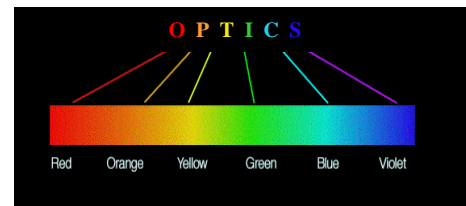
(3) 矢量图解法—螺旋曲线



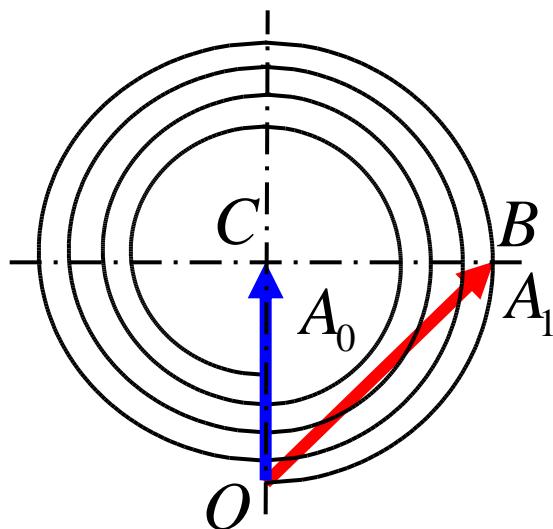
小矢量特性：
长度相等—振幅；
取向渐变—相位差；
半圆是一个环带。



第四章 波动光学-衍射

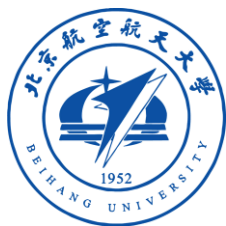


例题：求圆孔包含 $1/2$ 个半波带时轴上的衍射光强



$$A_1 = \sqrt{2}A_0$$

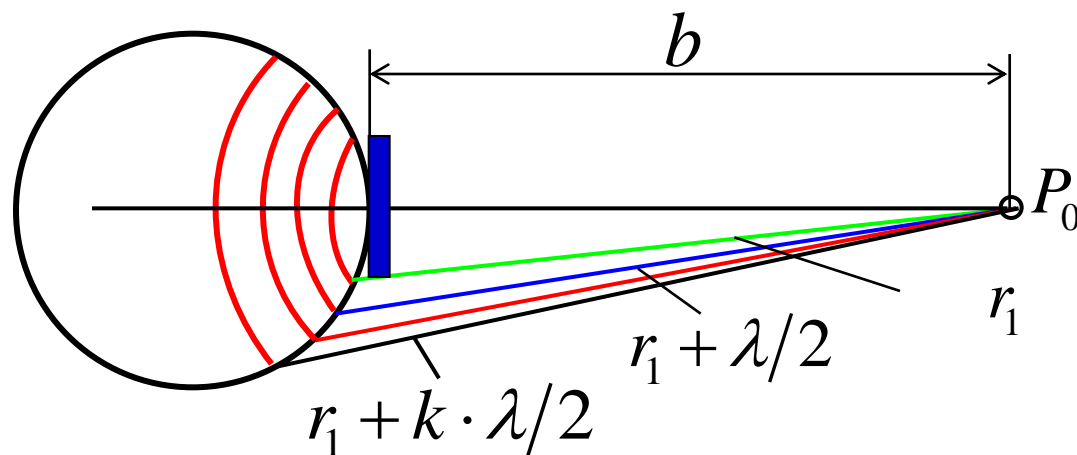
$$I_1 = 2I_0$$



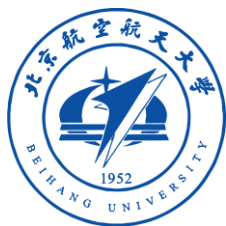
第四章 波动光学-衍射



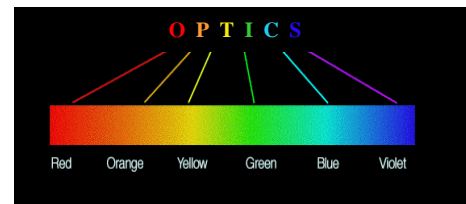
(4) 菲涅尔圆屏衍射



P_0 点总扰动振幅:
$$A(P_0) = \frac{1}{2} A_1$$



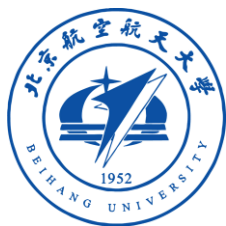
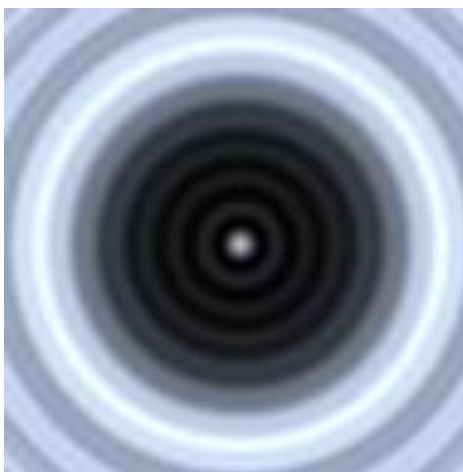
第四章 波动光学-衍射



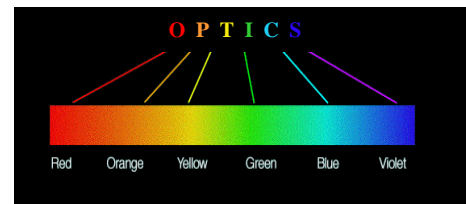
$$\text{轴上光强: } I(P_0) = \frac{1}{4} I_1 = I_0(P_0)$$

结论:

$A_1 \neq 0, A > 0, P_0$ 点总是亮点—泊松斑



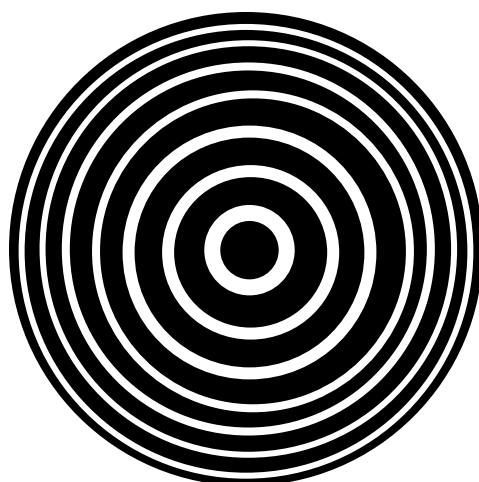
第四章 波动光学-衍射



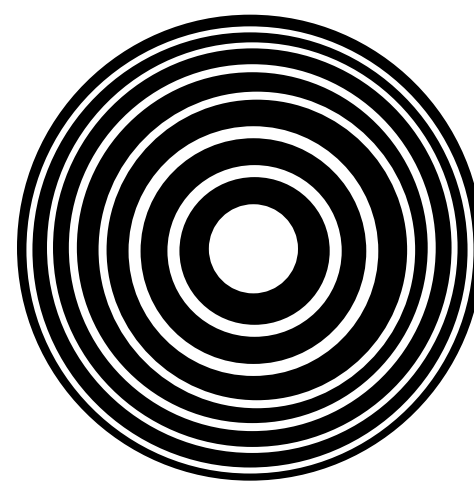
(5) 波带片

菲涅耳波带片—菲涅耳透镜：

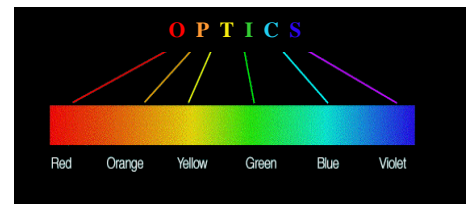
偶数波带片



奇数波带片



第四章 波动光学-衍射



波带片的类透镜特性:

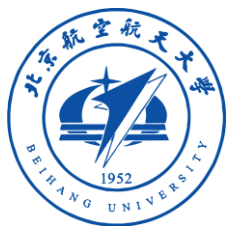
a. 聚光特性:

$$A(P_0) = A_1 + A_3 + A_5 + \cdots + A_k \approx kA_0 \quad \text{K奇数}$$

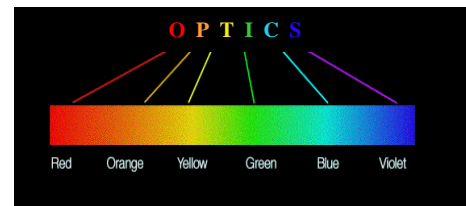
or

$$A(P_0) = A_2 + A_4 + A_6 + \cdots + A_k \approx kA_0 \quad \text{K偶数}$$

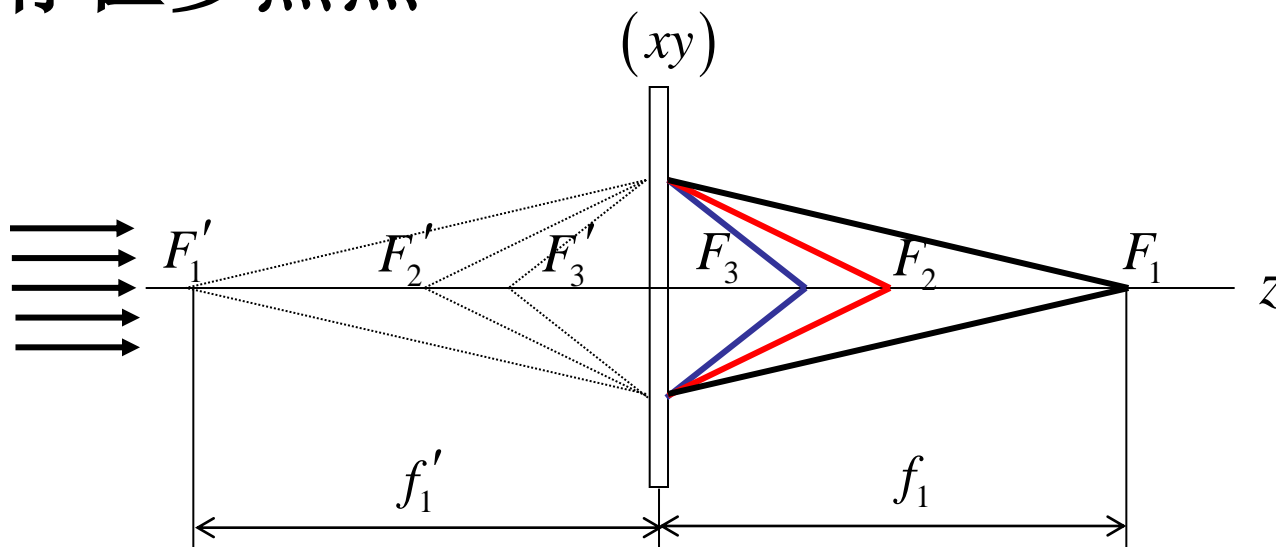
$$\text{轴上点光强: } I(P_0) \approx k^2 I_0$$



第四章 波动光学-衍射

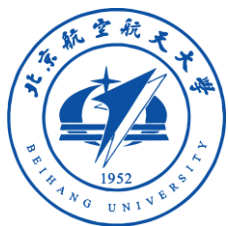


b. 存在多焦点



类透镜成像公式：

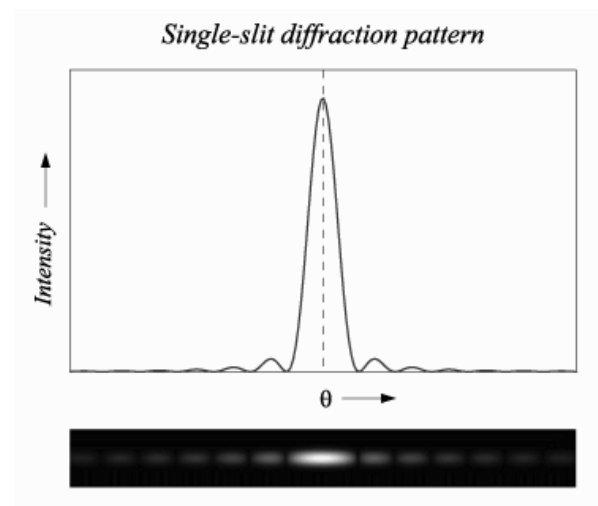
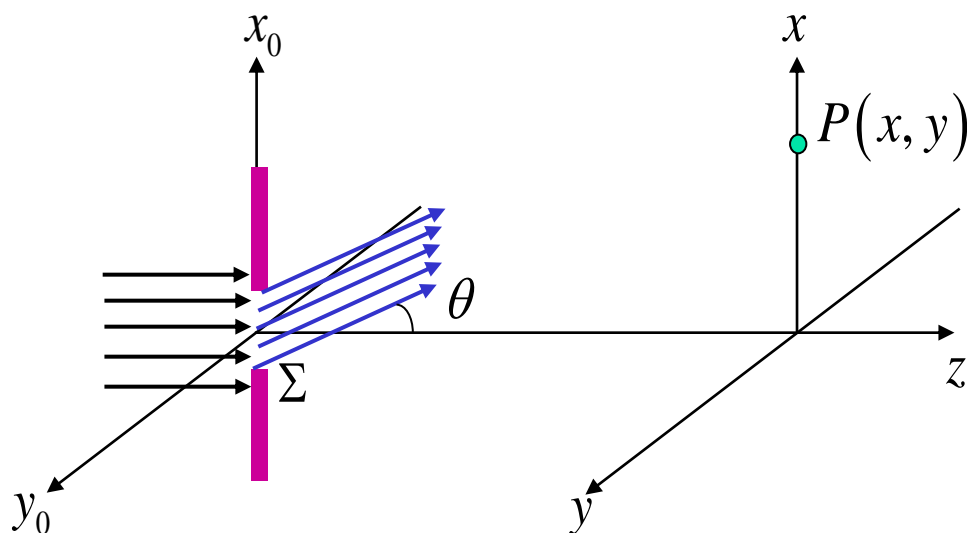
$$\frac{1}{R} + \frac{1}{b} = \frac{1}{\left(\frac{\rho^2}{k\lambda} \right)}$$



第四章 波动光学-衍射



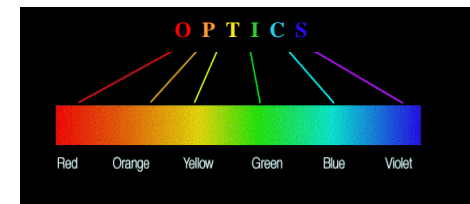
4.3 单缝夫琅和费衍射



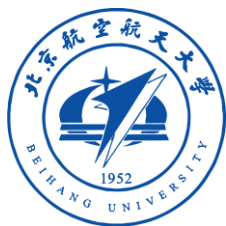
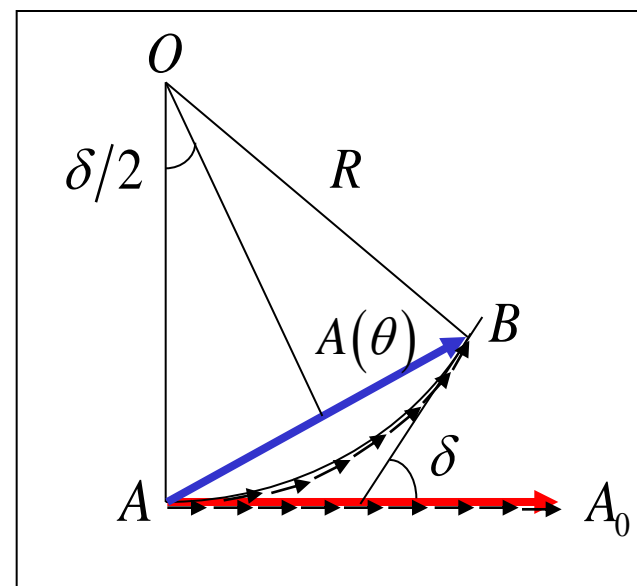
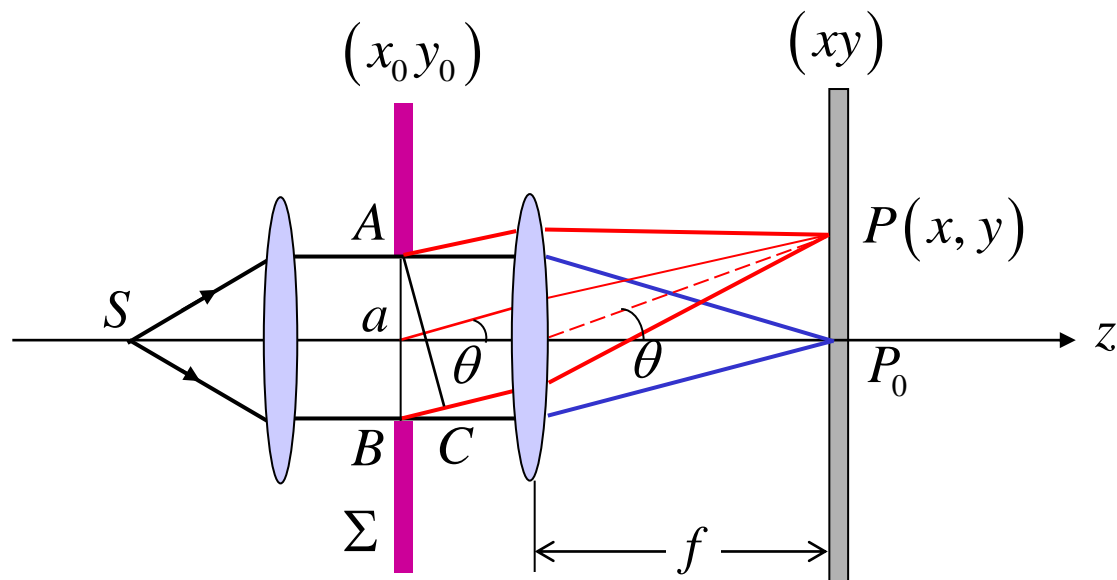
远场衍射：定域无穷远，衍射光强？



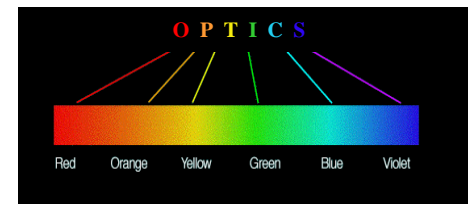
第四章 波动光学-衍射



(1) 矢量图解法求衍射光强



第四章 波动光学-衍射



合成振幅:
$$A(\theta) = A_0 \frac{\sin \frac{\delta}{2}}{\left(\frac{\delta}{2}\right)}$$

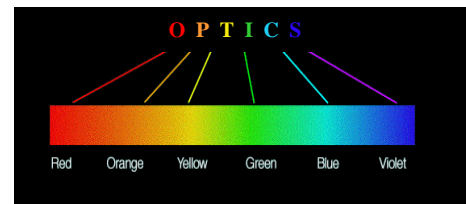
相位差:
$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin \theta$$

衍射光强:
$$I(\theta) = I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

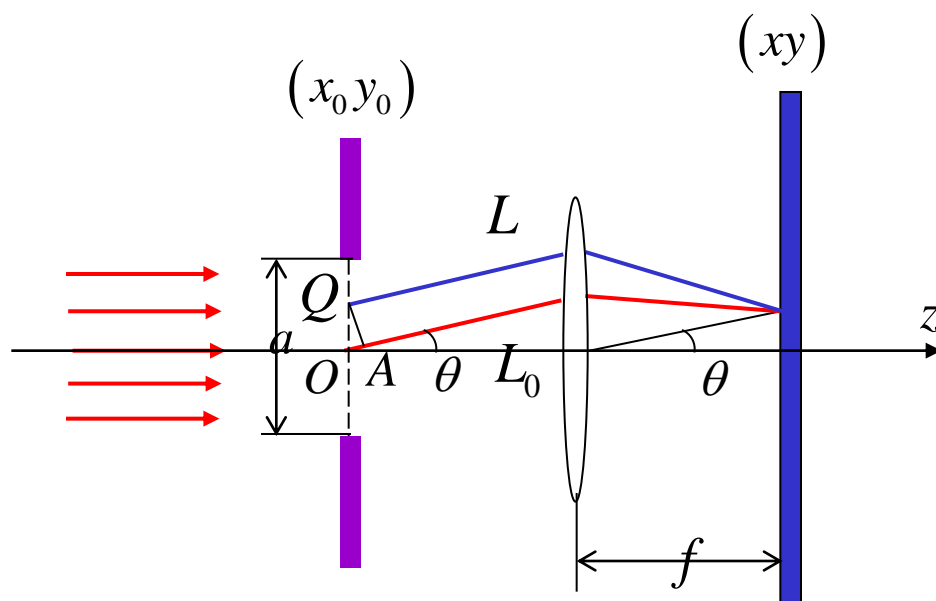
$$\alpha = \frac{\delta}{2} = \frac{\pi}{\lambda} a \sin \theta$$



第四章 波动光学-衍射



(2) 衍射积分法求衍射光强



$$\tilde{U}(\theta) = \tilde{c} e^{ik_0 L_0} \frac{\sin \alpha}{\alpha}$$

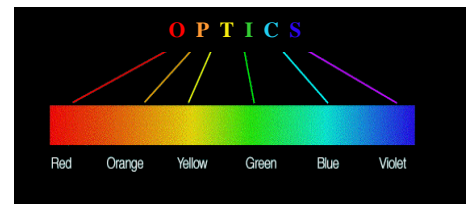
$$I(\theta) = I_0 \frac{\sin \alpha}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{\lambda} a \sin \theta$$

$$I_0 = \left(\frac{ab \cdot A}{\lambda f} \right)^2$$



第四章 波动光学-衍射



(3) 衍射图样的主要特征

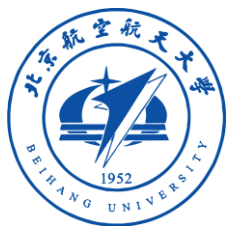
➤ 零级极大条件: $\theta = 0, \alpha = 0, \frac{\sin \alpha}{\alpha} = 1$

零级衍射光功率大于入射光的80%

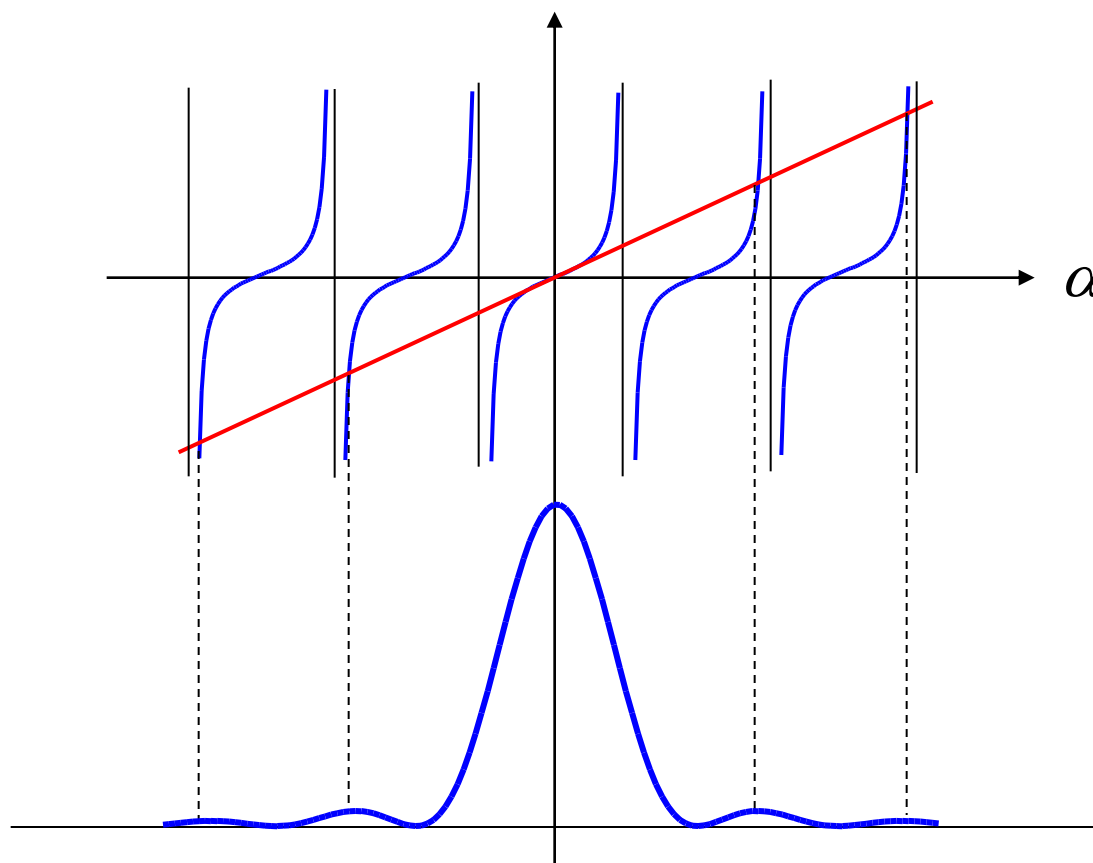
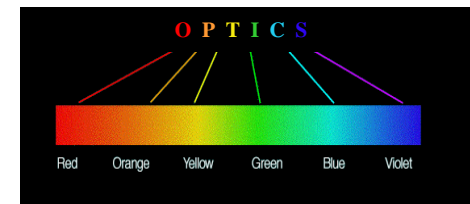
➤ *极小（暗纹）条件:

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

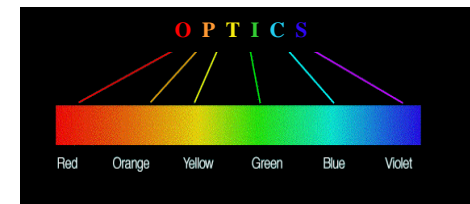
➤ 次极大条件: $\tan \alpha = \alpha$



第四章 波动光学-衍射

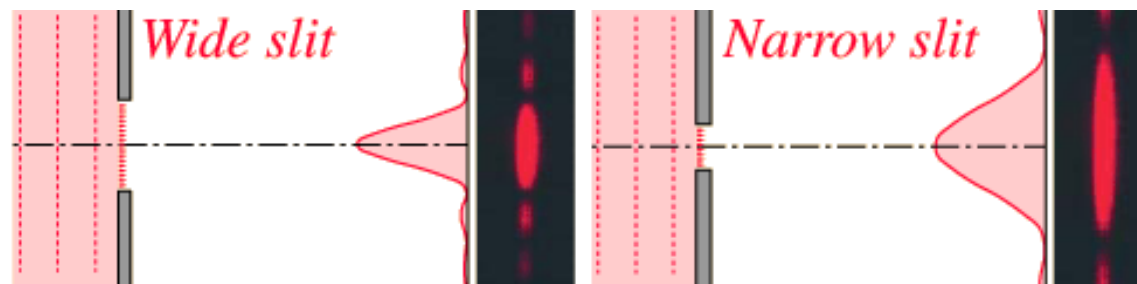


第四章 波动光学-衍射



➤ 半角宽度—衍射发散角

零级衍射斑的半宽度: $\Delta\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$



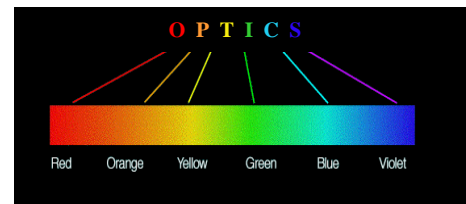
➤ 波长的影响

白光衍射, 产生色散 $a \sin \theta = m\lambda$

零级光的色调改变 $I_0 \propto \frac{1}{\lambda^2}$

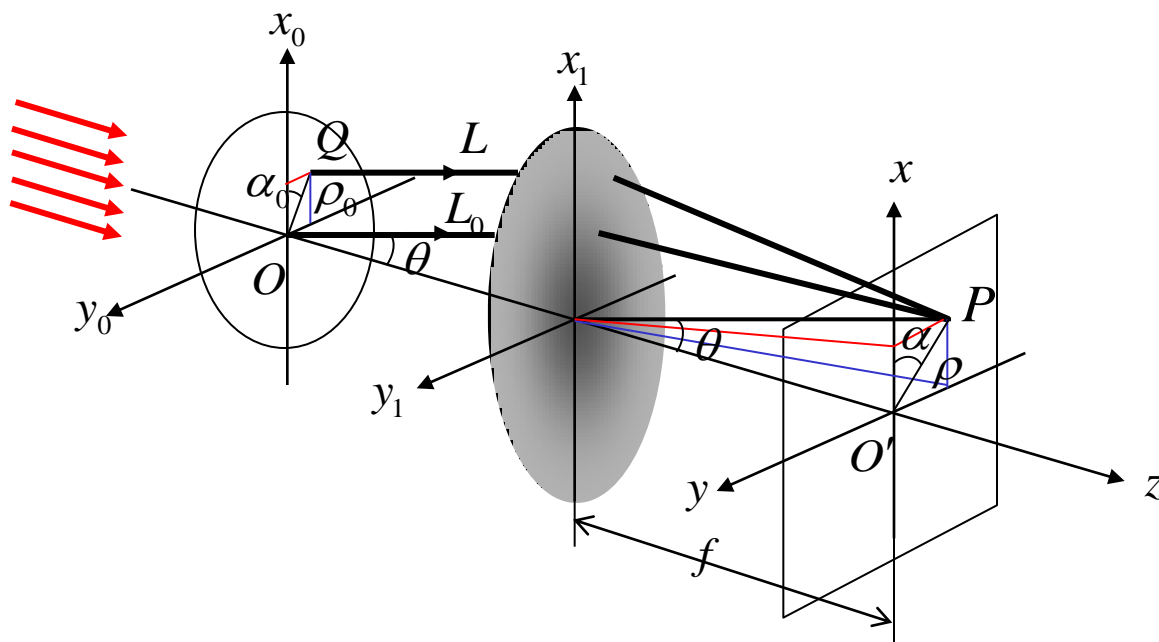


第四章 波动光学-衍射



4.4 光学仪器的像分辨本领

(1) 夫琅和费圆孔衍射



第四章 波动光学-衍射



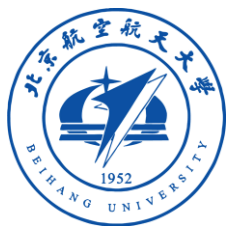
➤衍射光场:

$$\text{复振幅: } \tilde{U}(\theta) = \tilde{c} e^{ik_0 L_0} \cdot 2 \frac{J_1(x)}{x}$$

$$\text{光强: } I(\theta) = I_0 \left(\frac{2J_1(x)}{x} \right)^2$$

$$x = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin \theta \quad I_0 = \left(\frac{\pi a^2}{\lambda f} A \right)^2$$

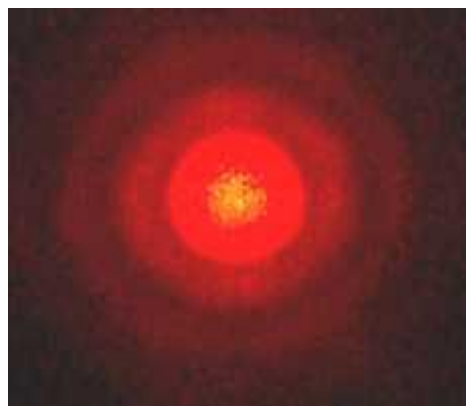
$J_1(x)$: 一阶第一类贝塞尔函数



第四章 波动光学-衍射



➤衍射图样的主要特征:



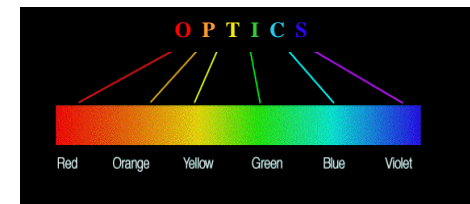
中心亮斑—艾里斑，
强度由 I_0 决定。

第一暗纹角距离=艾里斑半角宽度

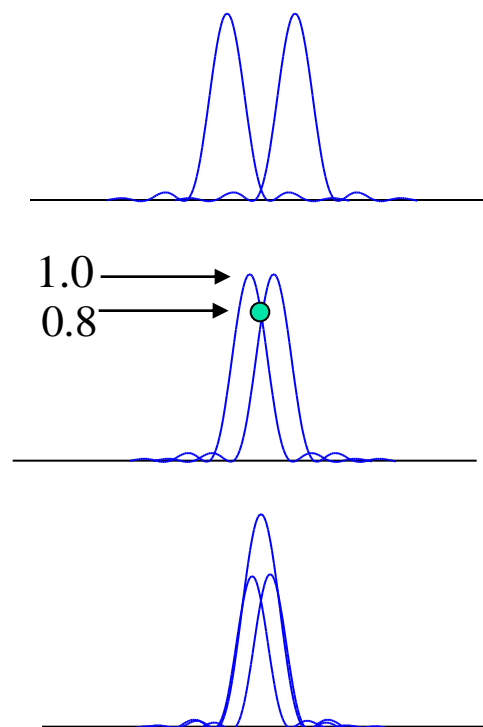
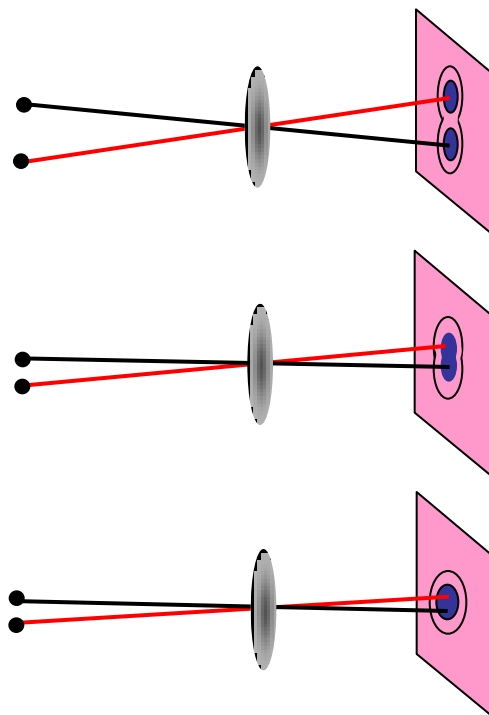
$$\Delta\theta_0 \approx 1.22 \frac{\lambda}{D}$$



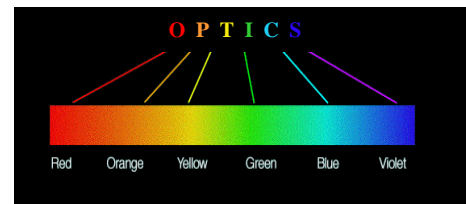
第四章 波动光学-衍射



(2) 瑞利判据



第四章 波动光学-衍射



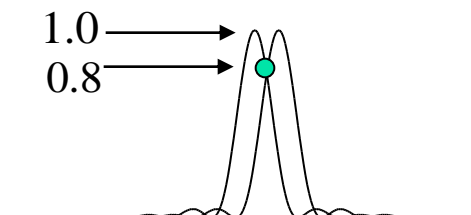
*光学系统的分辨标准—瑞利判据：

当一个像斑的中心恰好与另一个像斑的边缘暗环重合时，两点刚好分辨。

$\delta\theta > \Delta\theta_0$ 可分辨

$\delta\theta < \Delta\theta_0$ 不可分辨

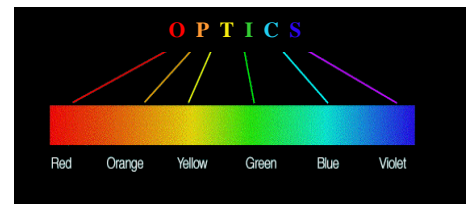
$\delta\theta_m = \Delta\theta_0$ 刚好分辨



重合点光强约为极大值的80%



第四章 波动光学-衍射



(3) 光学仪器分辨本领

a. 人眼分辨本领与瞳孔直径

正常人眼瞳孔直径：2-8mm

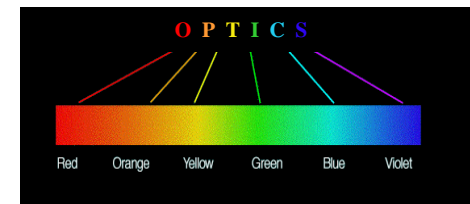
$\lambda=550\text{nm}$ ，人眼敏感波长

正常分辨能力：

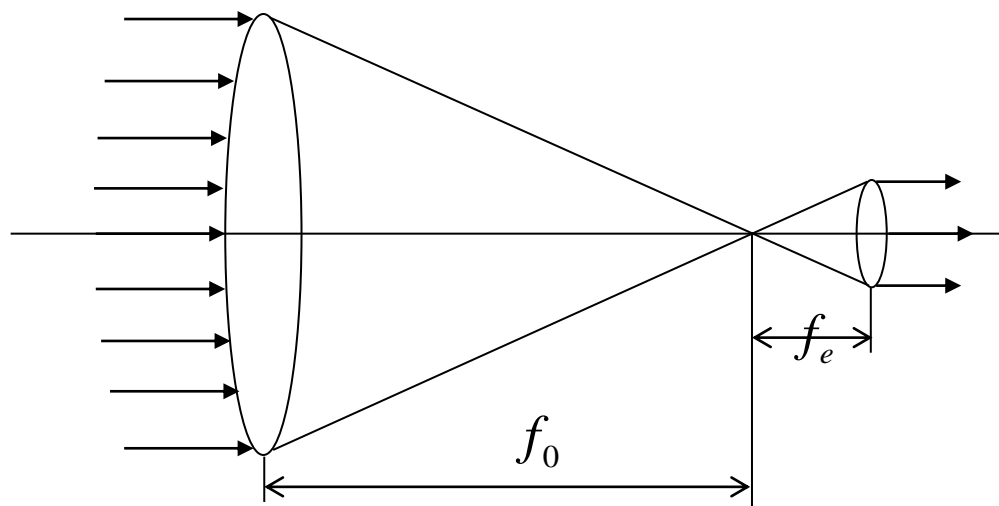
$$\delta\theta_e \approx 1.22 \frac{\lambda}{D_e} \approx 1' \approx 0.08\text{mm} / 25\text{cm}$$



第四章 波动光学-衍射



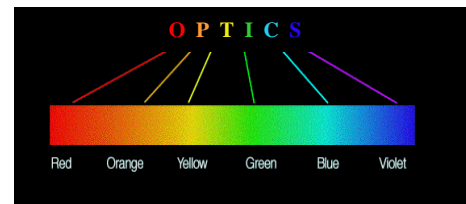
b. 望远镜分辨本领



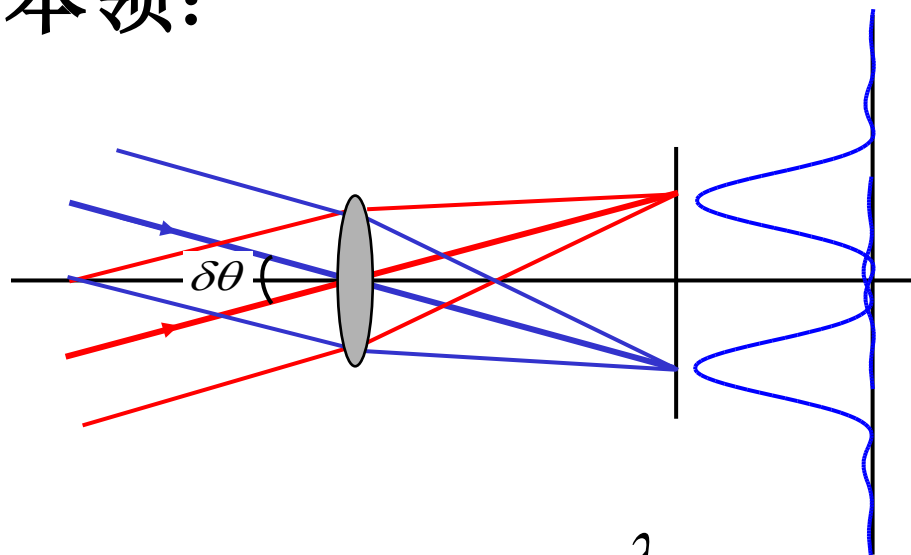
视放大率: $M = \frac{f_0}{f_e}$



第四章 波动光学-衍射



分辨本领:

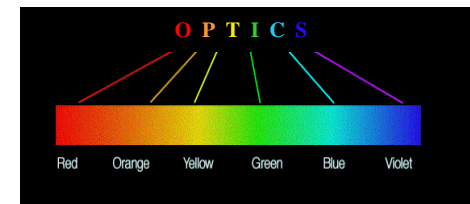


$$\delta\theta_m = 1.22 \frac{\lambda}{D_0}$$

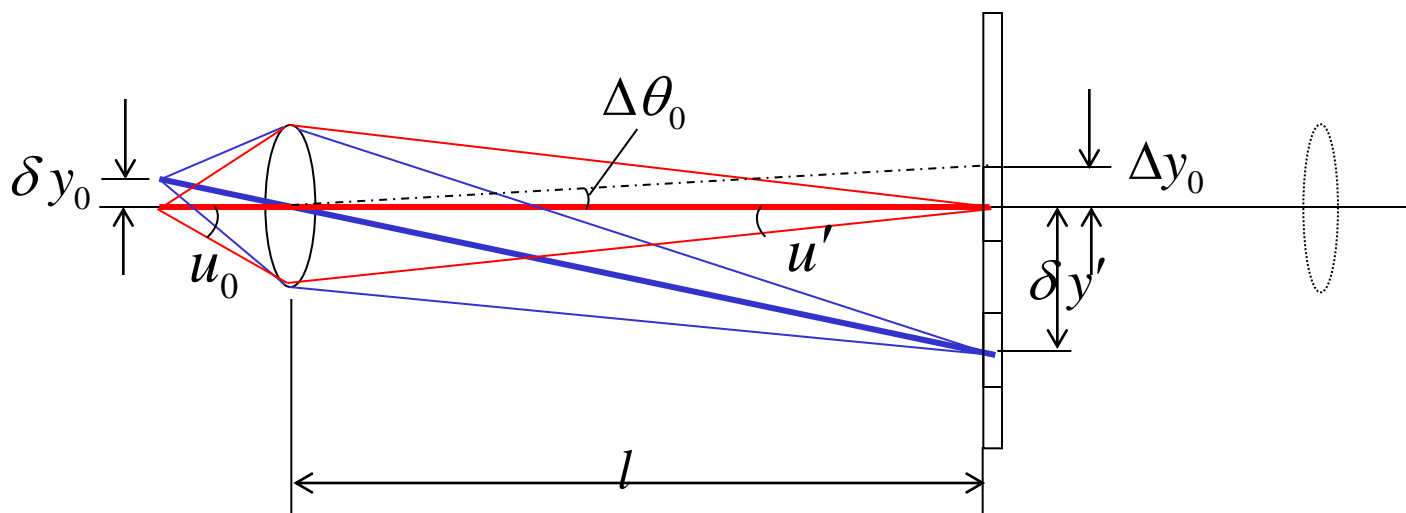
结论：高分辨率—大口径，短波长



第四章 波动光学-衍射



c. 显微镜分辨本领



$$\text{像方空间分辨率: } \delta y'_m = 0.61 \frac{\lambda_0}{n' \sin u'}$$



第四章 波动光学-衍射



阿贝正弦条件: $n_0 \delta y_0 \sin u_0 = n' \delta y' \sin u'$

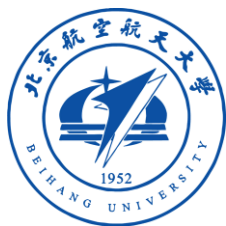
物方空间分辨率:

$$\delta y_m = 0.61 \frac{\lambda_0}{n_0 \sin u_0} = 0.61 \frac{\lambda_0}{N.A.}$$

$N.A. = n_0 \sin u_0$ —— 数值孔径

提高分辨率:

增大数值孔径或短波长照明。



第四章 波动光学-衍射



d. 像记录介质 的空间分辨率

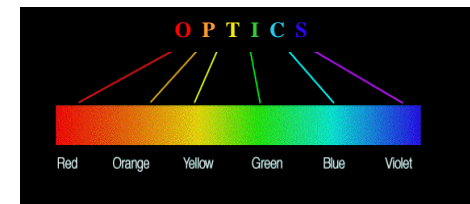
$$N \geq \frac{1}{\delta y'_m} \quad (\text{线对/mm})$$

照相机的分辨本领：物镜最小分辨角

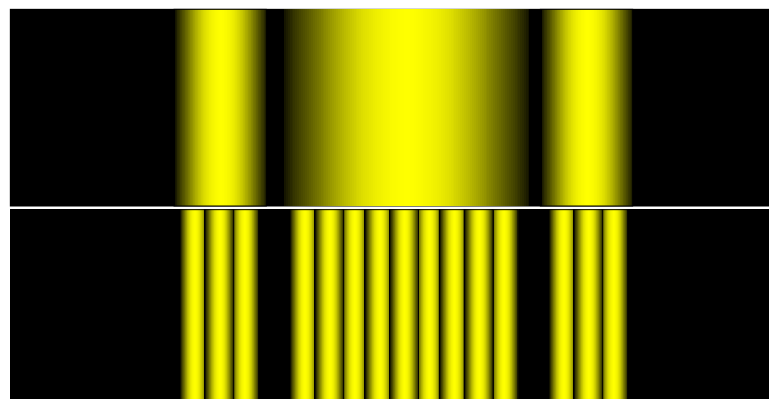
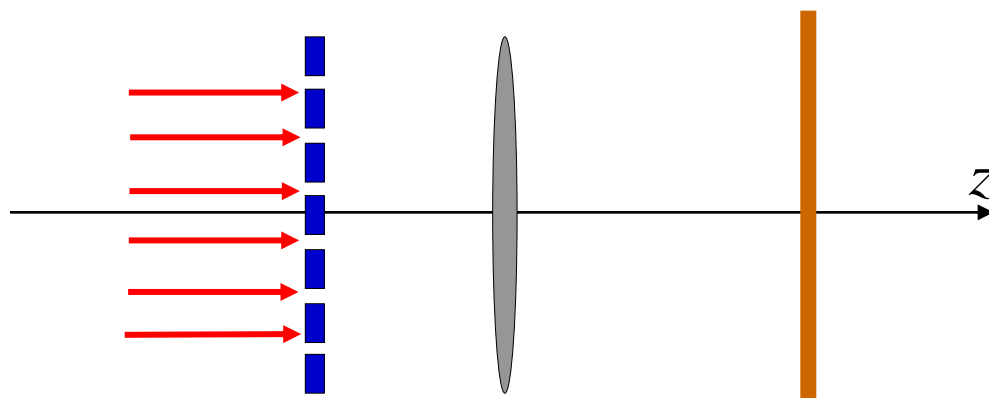
$$\frac{1}{\delta y'_m} = \frac{1}{1.22\lambda} \left(\frac{D}{f} \right)$$



第四章 波动光学-衍射



4.5 多缝夫琅和费衍射和光栅

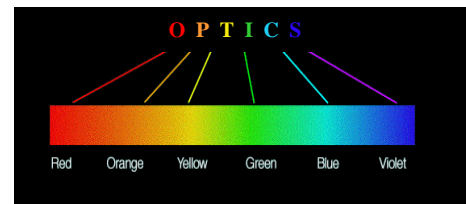


单缝

多缝



第四章 波动光学-衍射



衍射光栅（一维光栅）

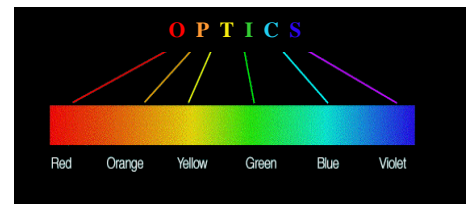
由 N 个平行等距的相同单缝构成的光学元件。

相邻单缝间的距离 d ：光栅常数。

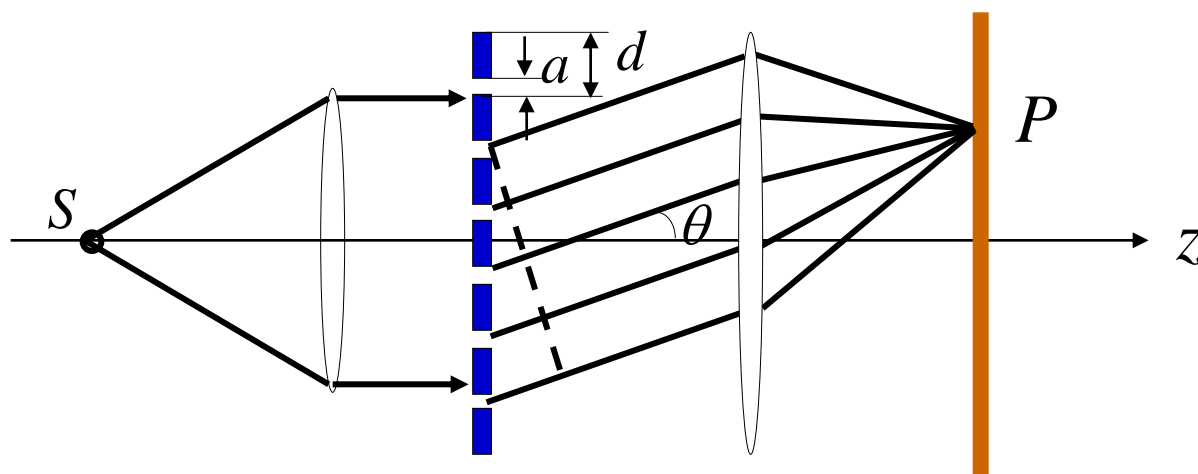
刻缝密度：光栅常数的倒数 $1/d$ ，
单位（ $1/\text{mm}$ ）。



第四章 波动光学-衍射



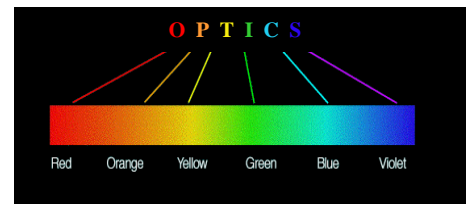
(1) 衍射光强



$$\text{复振幅: } \tilde{U}(P) = \tilde{c}' \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right) \left(\frac{\sin N\beta}{\sin \beta} \right) \cdot e^{i(N-1)\delta}$$

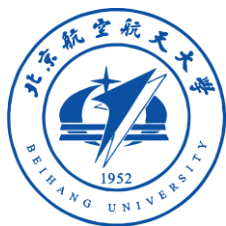
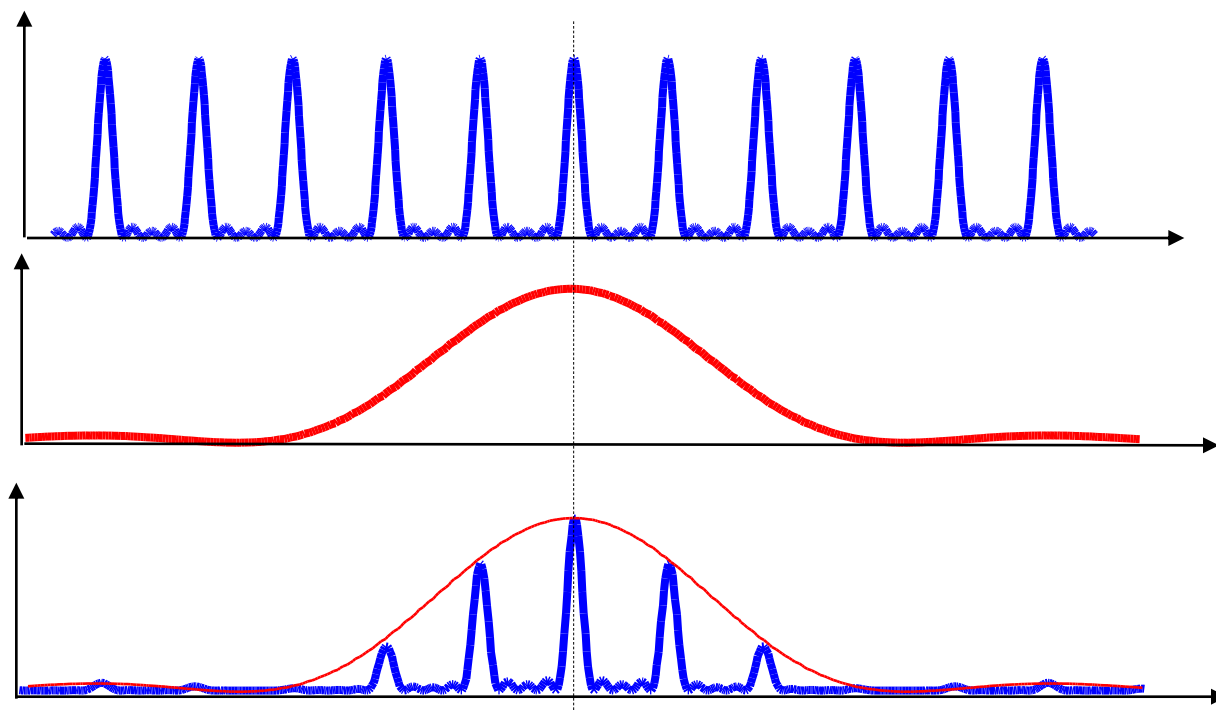


第四章 波动光学-衍射

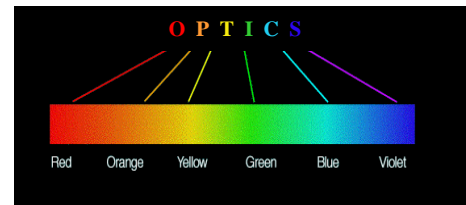


$$\text{光强: } I(P) = \tilde{U} \cdot \tilde{U}' = I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \left(\frac{\sin N\beta}{\sin \beta} \right)^2$$

I_0 单缝衍射零级中心光强。



第四章 波动光学-衍射

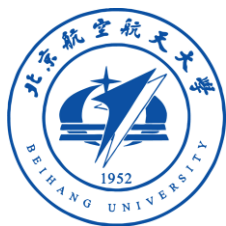


(2) 衍射图样特征

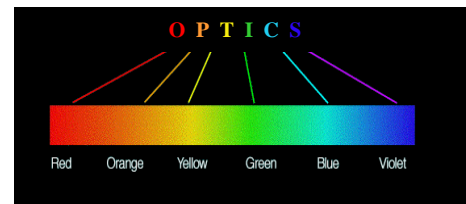
- a. 缝数 N 增加，亮纹变细，明锐度增加；
- b. 相邻主极大之间出现次极大，但强度很低；
- c. 干涉主极大方向：

$$d \sin \theta = \pm k\lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3 \dots$$

$$\left(\frac{\sin N\beta}{\sin \beta} \right)^2 = N^2$$



第四章 波动光学-衍射



d. 衍射极小方向:

$$a \sin \theta = \pm k' \lambda, \quad k' = 1, 2, 3 \dots$$

e. 干涉极小方向

$$d \sin \theta = \left(k + \frac{m}{N} \right) \lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3 \dots;$$

$$m = 1, 2, 3, \dots, N - 1$$

相邻主极大之间有 $N-1$ 个零值, 即有 $N-2$ 个次极大。



第四章 波动光学-衍射



f. 衍射光栅缺级现象:

某一干涉极大级与衍射极小级重合而不出现的现象—缺级现象。

发生缺级的条件: $\frac{d}{a} = \frac{k}{k'}$

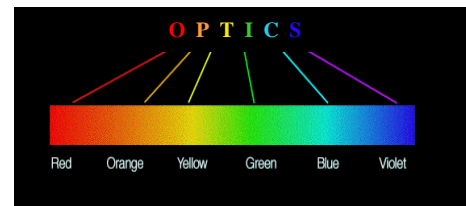
g. 主极大的半角宽度

第 k 级主极大半角宽度:

$$\Delta\theta = \frac{\lambda}{Nd \cos \theta_k}$$



第四章 波动光学-衍射



(3) 光栅光谱仪

a. 光栅方程:

决定光栅衍射主极大方向的公式

$$d \sin \theta = k\lambda$$

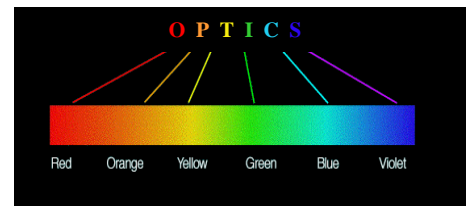
光栅方程的普遍形式:

$$d(\sin i \pm \sin \theta) = k\lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

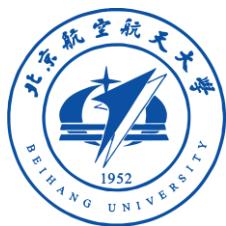
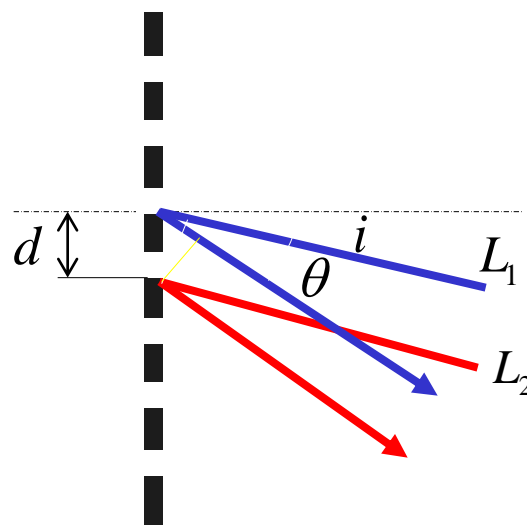
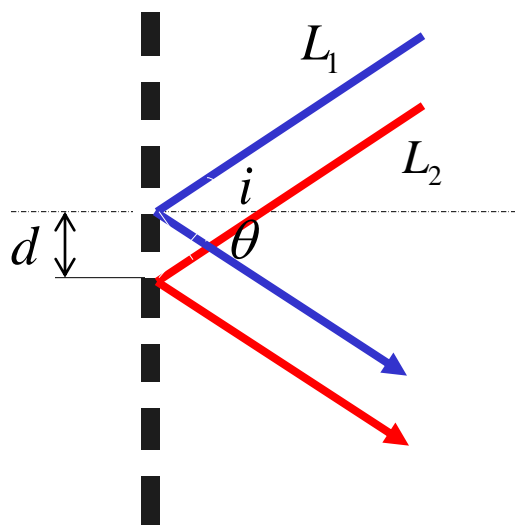
θ : 衍射角; i : 入射角



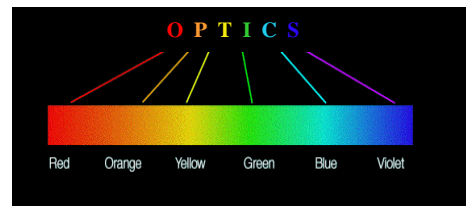
第四章 波动光学-衍射



“+” 入射光与衍射光在光栅法线同侧；
“-” 入射光与衍射光在光栅法线两侧。



第四章 波动光学-衍射



b. 光栅光谱与色散

➤ 光栅光谱线:

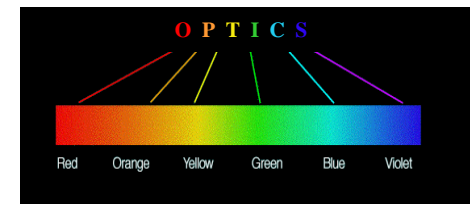
除零级外，不同波长的其它各级主极大因不重合而产生色散所形成的不同波长的亮线。

➤ 角色散—谱线角间距

$$D_{\theta} = \frac{\delta\theta}{\delta\lambda} \quad (^{\circ}/nm) \quad \rightarrow \quad D_{\theta} = \frac{k}{d \cos \theta_k}$$



第四章 波动光学-衍射

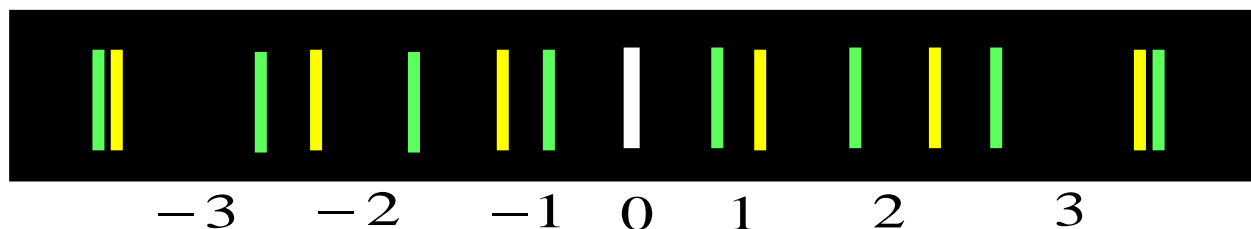


➤ 线色散—谱线分开的距离

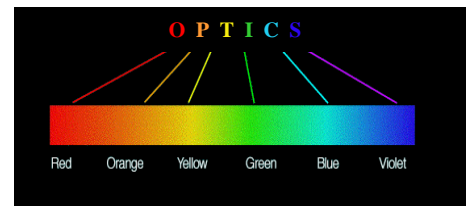
$$D_l = \frac{\delta l}{\delta \lambda} \text{ (mm/nm)} \rightarrow D_l = f \cdot \frac{\delta \theta}{\delta \lambda} = \frac{kf}{d \cos \theta_k}$$

c. 自由光谱区

自由光谱范围: $\Delta \lambda = \frac{\lambda}{k}$



第四章 波动光学-衍射



d. 光栅的分辨本领

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = kN$$

最小可分辨的谱线间距 $\delta\lambda$ 由瑞利判据决定。

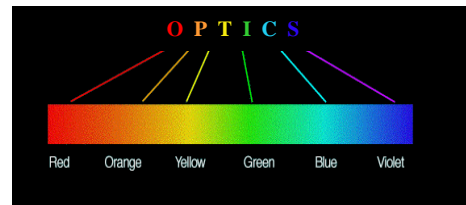
与F-P干涉仪的区别：

光栅的高分辨率由缝数 N 决定；

F-P干涉仪的高分辨率由干涉级数 k 决定。



第四章 波动光学-衍射



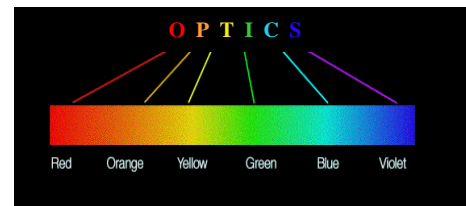
(4) 平面定向光栅（闪耀光栅）

普通光栅—振幅光栅

- 只对入射光振幅或光强调制，改变入射光波的振幅透过率或反射率分布。
- 刻槽部分发生漫反射或散射；未刻化部分产生规则反射或透射。
- 光强最大方向——入射方向或满足反射定律的方向。



第四章 波动光学-衍射

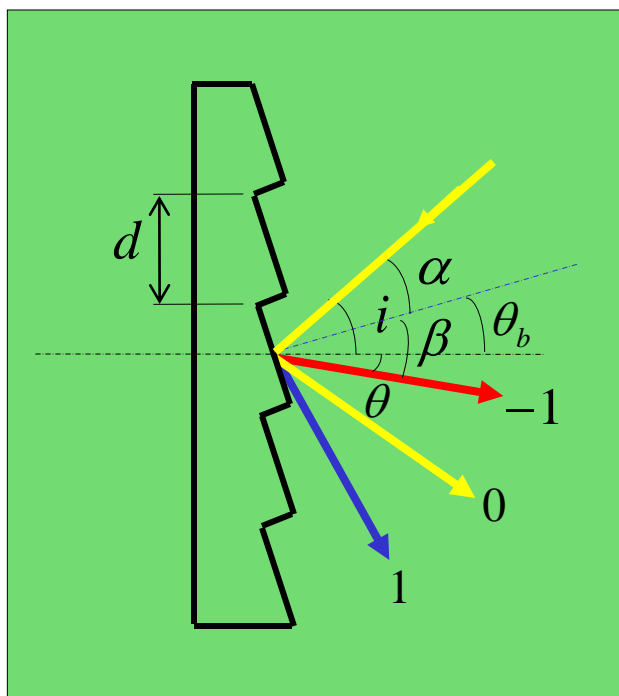


定向光栅—相位光栅（闪耀光栅）

- 整个光栅面具有同样反射率，可以忽略对振幅的调制；光程的规则变化对相位产生调制。
- 通过改变刻槽形状来改变各级光谱的相对强度分布，使光强主要集中在所要求的光谱级上。
- 光强最大方向——刻划面上满足反射定律的方向。

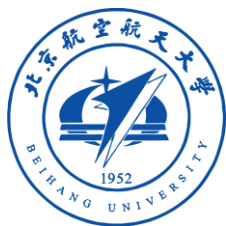


第四章 波动光学-衍射



闪耀方向：
光强最大的光谱级次
方向。

闪耀角：
刻划面与光栅平面的
夹角 θ_b



第四章 波动光学-衍射



光栅方程:

$$2d \sin \theta_b \cos(i - \theta_b) = k\lambda$$

入射光垂直于刻划面入射: $\theta = i = \theta_b$

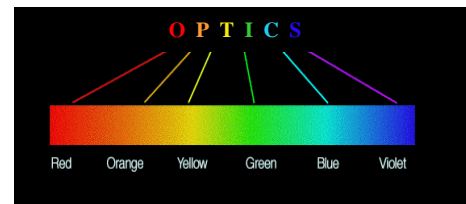


光栅方程: $2d \sin \theta_b = k\lambda$

——李特洛 (Littrow) 自准直系统。



第四章 波动光学-衍射

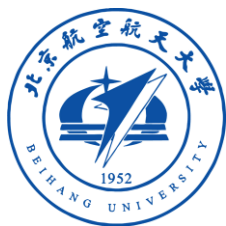


(5) 棱镜光谱仪

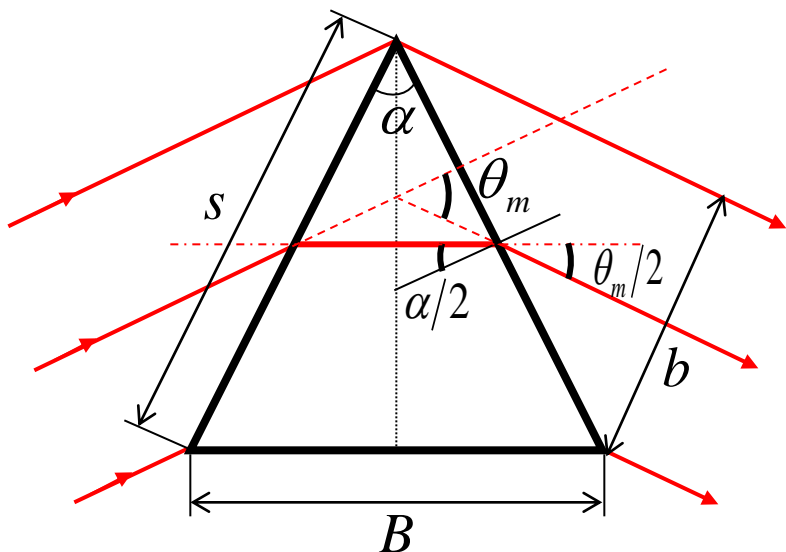
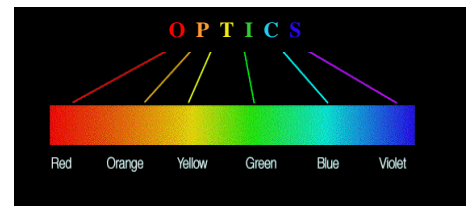
由棱镜作为色散元件构成的光谱仪
——棱镜光谱仪

a. 棱镜的角色散和分辨本领

$$\text{角色散: } \frac{d\theta_m}{d\lambda} = \frac{d\theta_m}{dn} \cdot \frac{dn}{d\lambda}$$



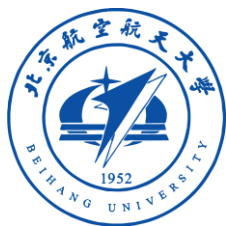
第四章 波动光学-衍射



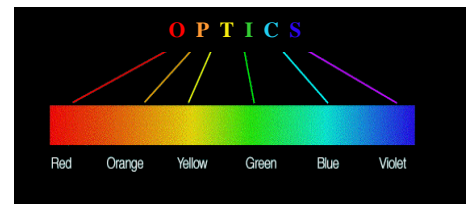
$$\frac{d\theta_m}{d\lambda} = \frac{2 \sin \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{1}{2}(\theta_m + \alpha)} \cdot \frac{dn}{d\lambda}$$

$$\frac{d\theta_m}{d\lambda} = \frac{B}{b} \cdot \frac{dn}{d\lambda}$$

B : 入射光束决定的棱镜底边有效长度



第四章 波动光学-衍射



光束衍射发散角： $\Delta\theta \approx \frac{\lambda}{b}$

不同波长光波经棱镜后存在重叠现象
——色分辨问题。

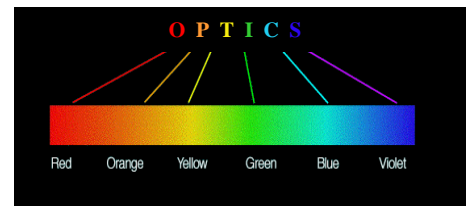
色分辨本领：

依据瑞利判据： $\Delta\theta = \delta\theta$

$\delta\theta = \frac{B}{b} \cdot \frac{dn}{d\lambda} \cdot \delta\lambda$ 可分辨波长的角间距



第四章 波动光学-衍射



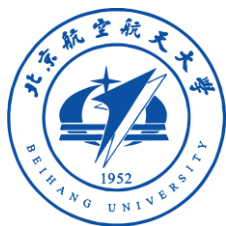
棱镜分辨本领：

$$R_p \equiv \frac{\lambda}{\delta\lambda_m} = B \frac{dn}{d\lambda}$$

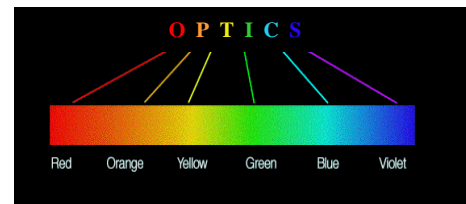
与F-P光谱仪和光栅光谱仪比较：

棱镜光谱仪的角色散和分辨本领低于F-P光谱仪和光栅光谱仪；

优点：只有一序光谱，自由光谱范围无限制。



第四章 波动光学-衍射



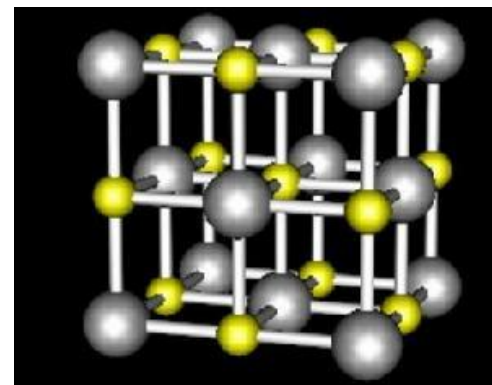
4.6 X射线晶体衍射与布拉格条件

(1) 晶体点阵与X射线

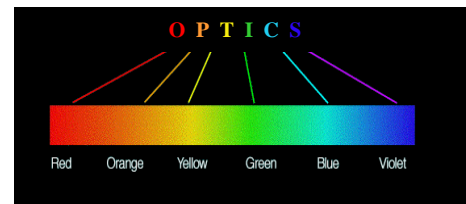
晶体中离子或原子严格的周期性排列结构——晶格。

相邻格点间隔——晶格常数， \AA 的数量级。

X射线——伦琴射线，
波长 10^{-2} — 10\AA 的电磁波。



第四章 波动光学-衍射



(2) 晶体衍射与布拉格条件

a. 晶体衍射

晶体格点上的原子或离子其内部电子在X射线作用下受迫振动，成为次波源并发出次波。这些散射次波频率相同，满足相干条件，因此在空间发生干涉。每一格点可以看成是一个衍射单元，整个晶体点阵形成三维光栅。



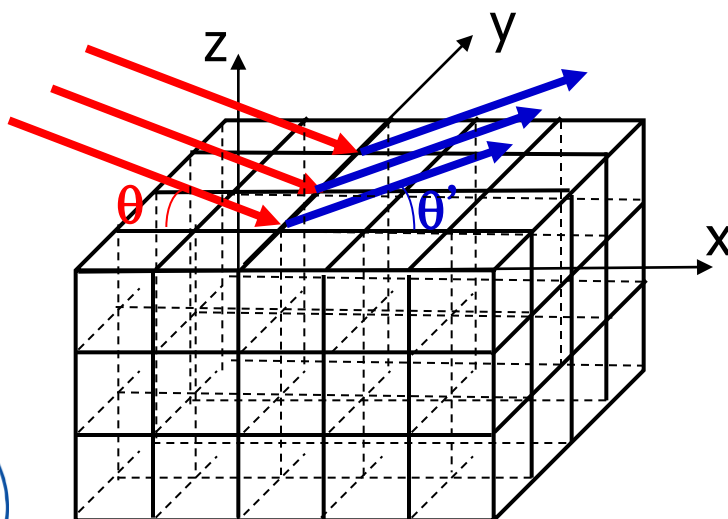
第四章 波动光学-衍射



b. 布拉格条件

衍射极大值问题。

➤ 晶面格点间干涉（y方向）

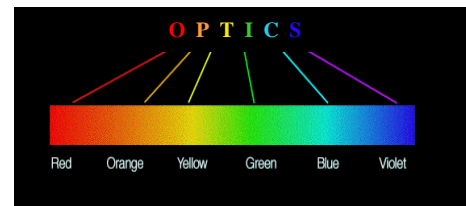


入射光垂直y轴，沿y向排列的格点衍射零级主极大条件：

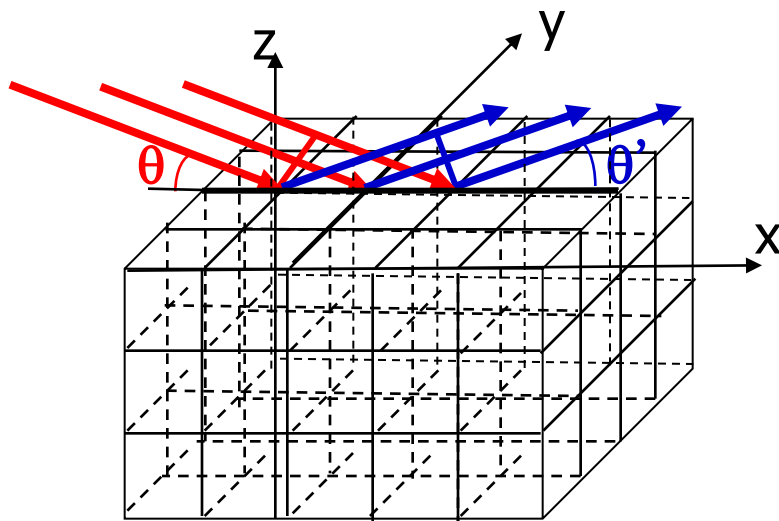
衍射线相互平行并与y轴垂直（ $\Delta L=0$ ）



第四章 波动光学-衍射



➤ 晶面格点间干涉（x方向）



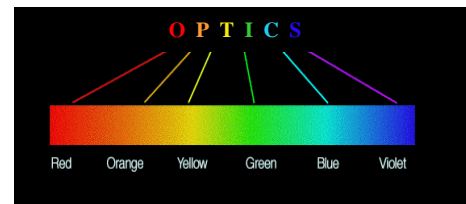
入射光垂直y轴，沿x向排列的格点衍射
零级主极大条件：

衍射角=入射角

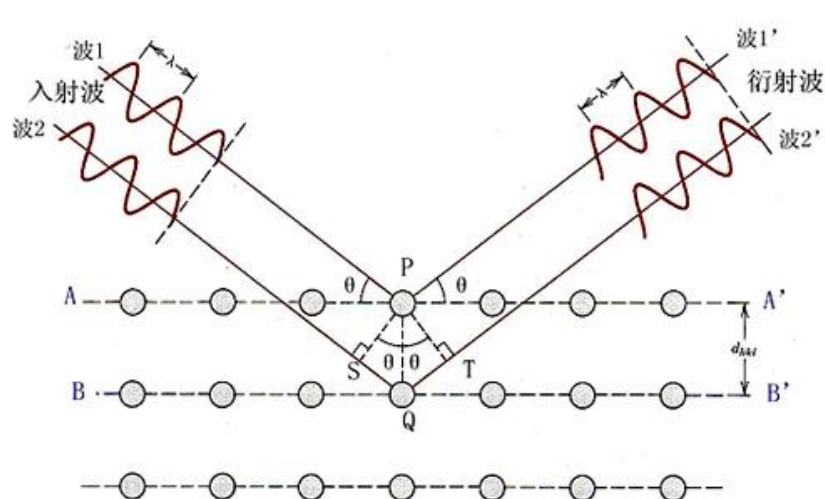
晶面二维点阵衍射零级主极大方向
是以晶面为镜面的反射线方向。



第四章 波动光学-衍射



➤ 晶面之间干涉



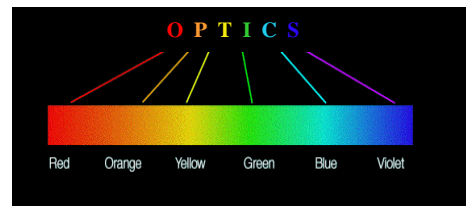
衍射主极大方向：

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

——晶体衍射的布拉格条件



第四章 波动光学-衍射

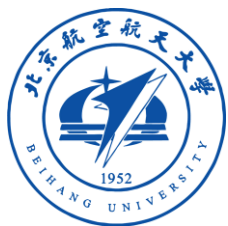


(3) X射线衍射的劳埃法和德拜法

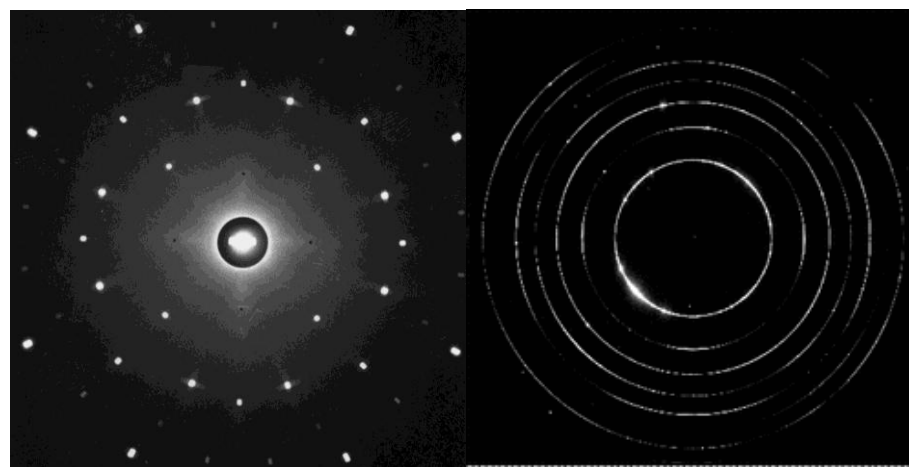
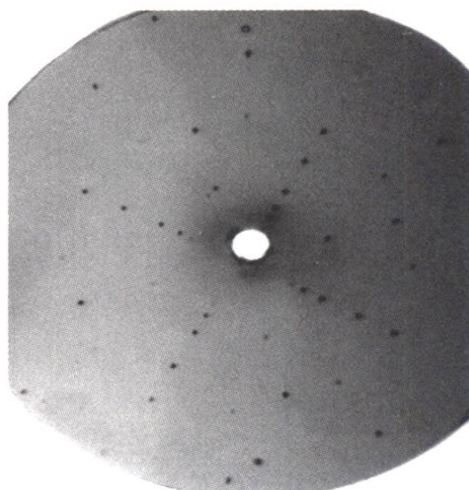
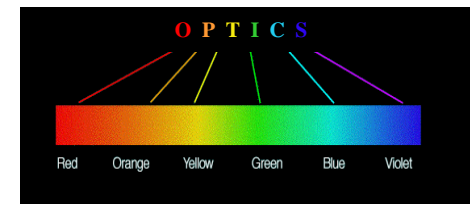
要获得x射线衍射图样，单色光和固定方向很难满足布拉格条件，因此，必须放宽对射线波长和入射方向的限制。

a. 劳埃法—宽光谱 $\Delta\lambda$

采用多色连续谱x射线→单晶体
衍射图样—劳埃斑



第四章 波动光学-衍射



b. 德拜法—宽角度 $\Delta\theta$

采用单色x射线→多晶粉末
衍射图样—德拜环



第四章 波动光学-衍射

