

波动光学

第一章：光的干涉

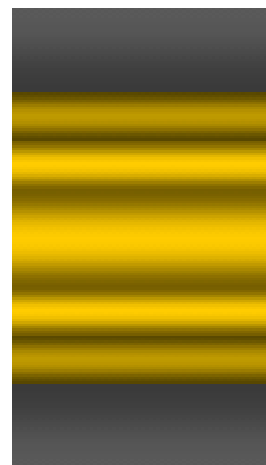
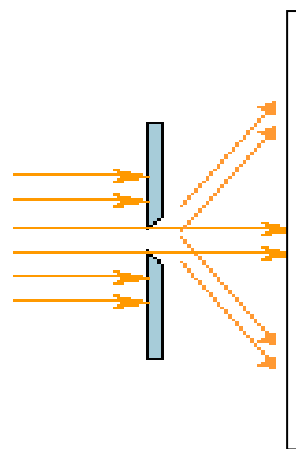
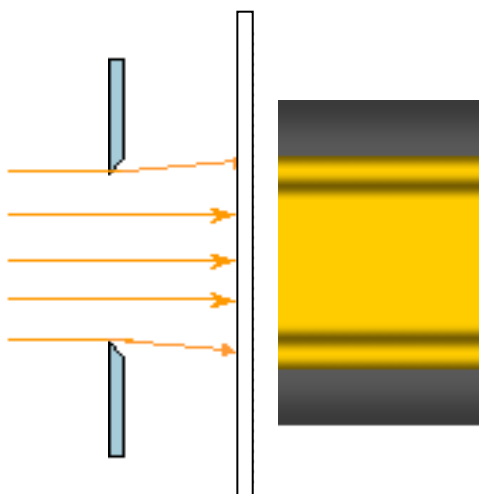
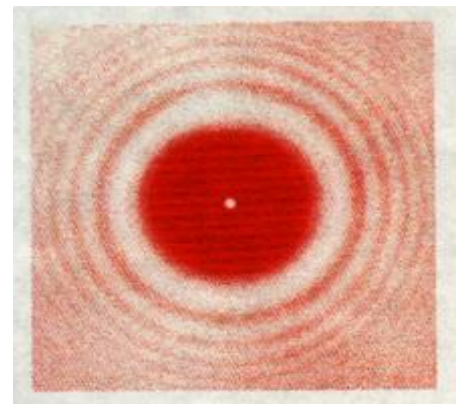
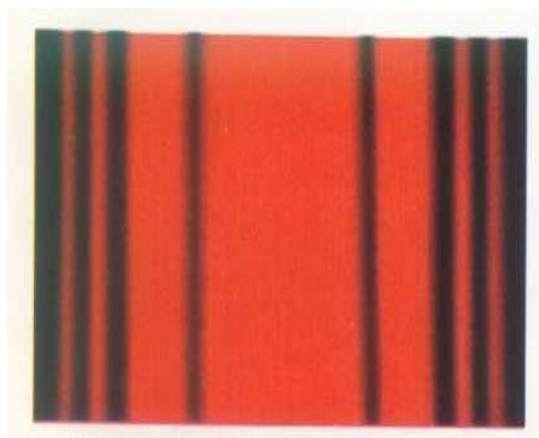
第二章：光的衍射

第三章：光的偏振

§ 3 光的单缝衍射

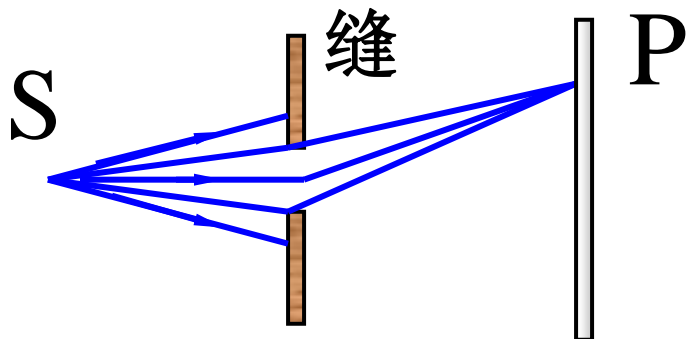
一、光的衍射

光波传播过程中遇到障碍物时，能够绕过障碍物的边缘继续传播的现象。



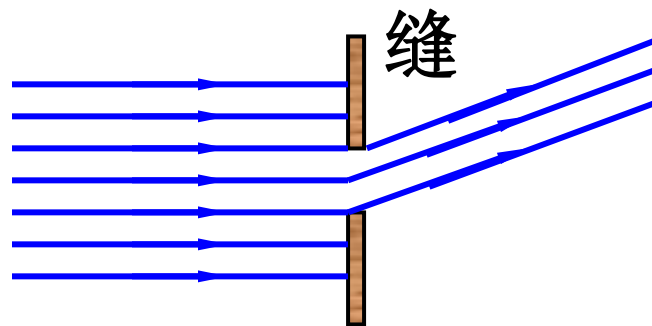
➤ 衍射的分类

菲涅尔衍射



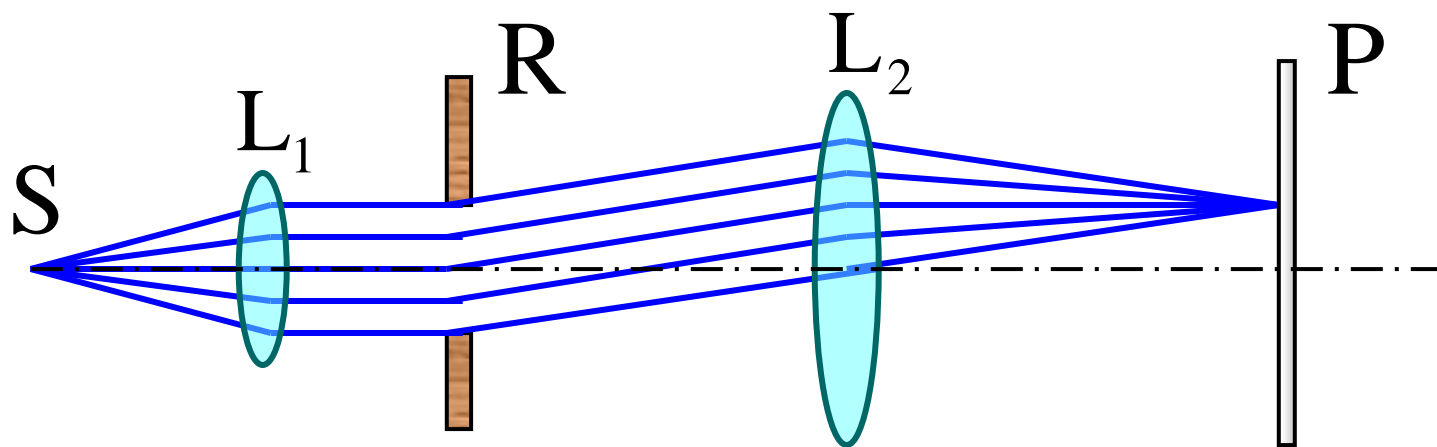
光源、屏与缝相距有限远

夫琅禾费衍射



光源、屏与缝相距无限远

夫琅禾费衍射
在实验中实现



**二、惠更斯—菲涅耳原理

波前 S 上的每个面元 dS 都可以看成是发出球面子波的新波源，空间任意一点 P 的振动是所有这些子波在该点的相干叠加。

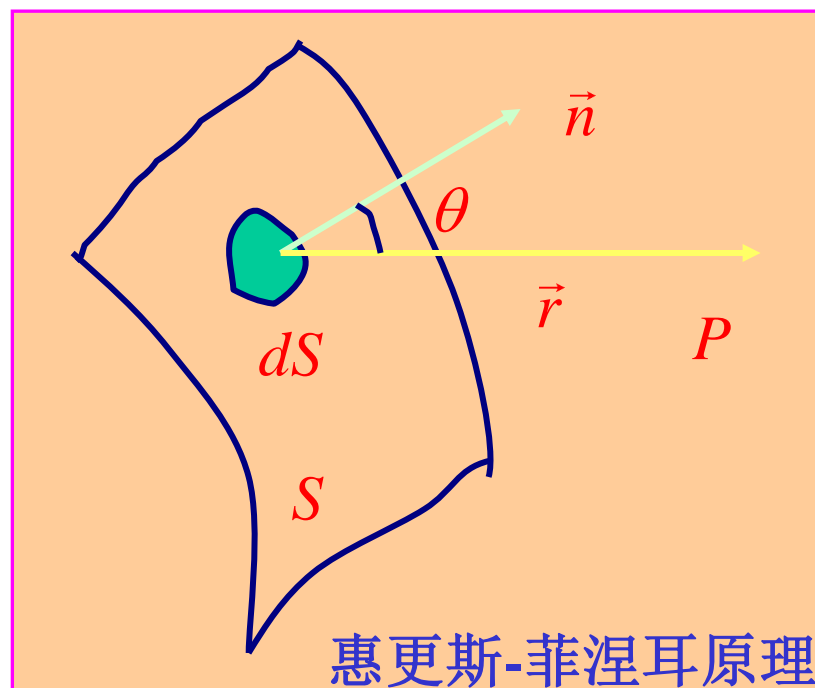
核心——子波相干叠加

➤ 各子波在 P 点的相位

$$\omega t + \varphi_0 - (2\pi r / \lambda)$$

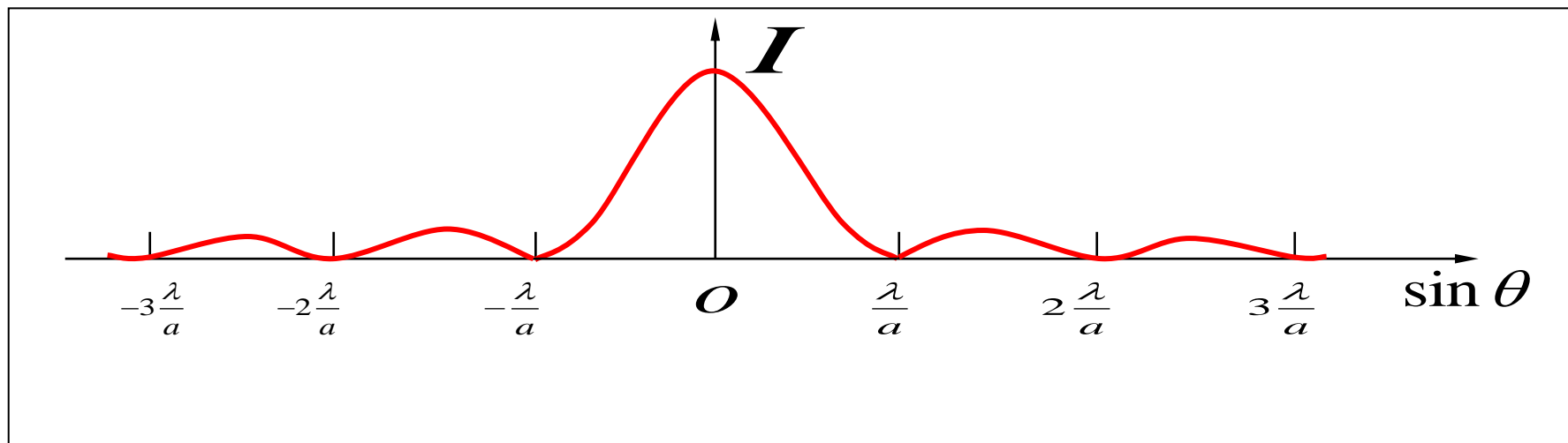
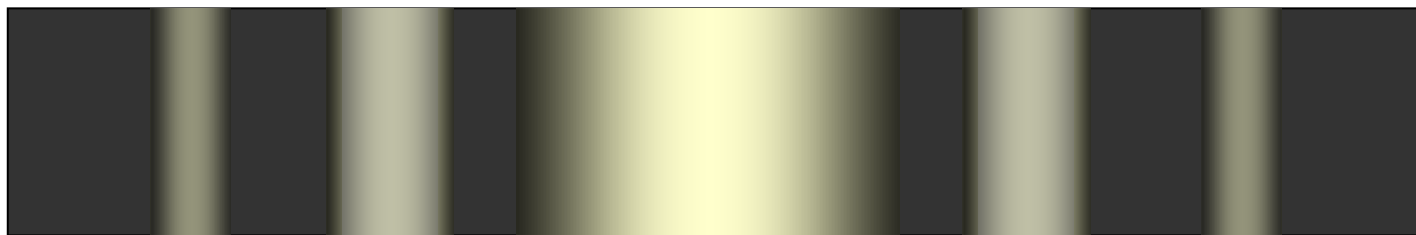
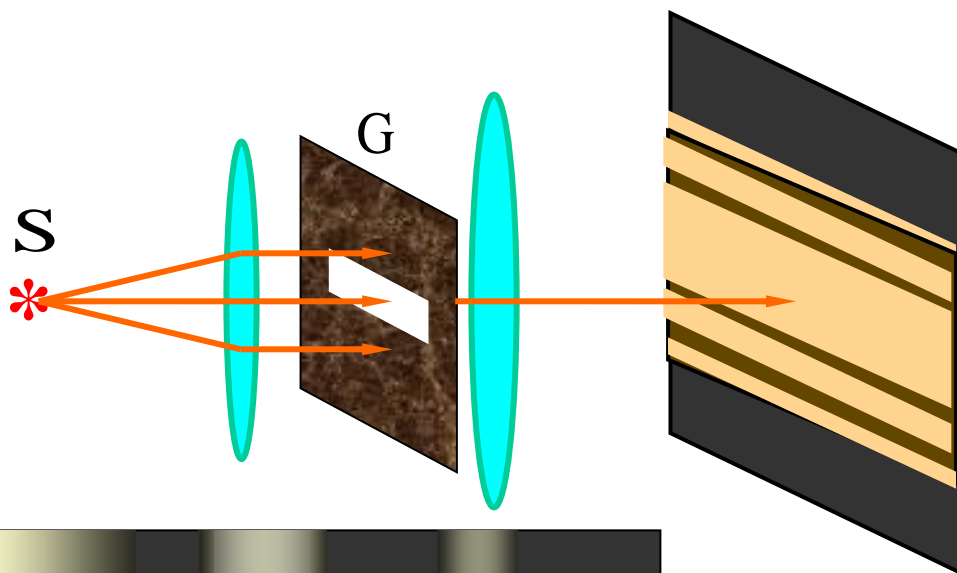
➤ P 点的振动方程

$$\Psi = C \int_S \frac{dS}{r} f(\theta) \cos\left(\omega t + \varphi_0 - \frac{2\pi r}{\lambda}\right)$$



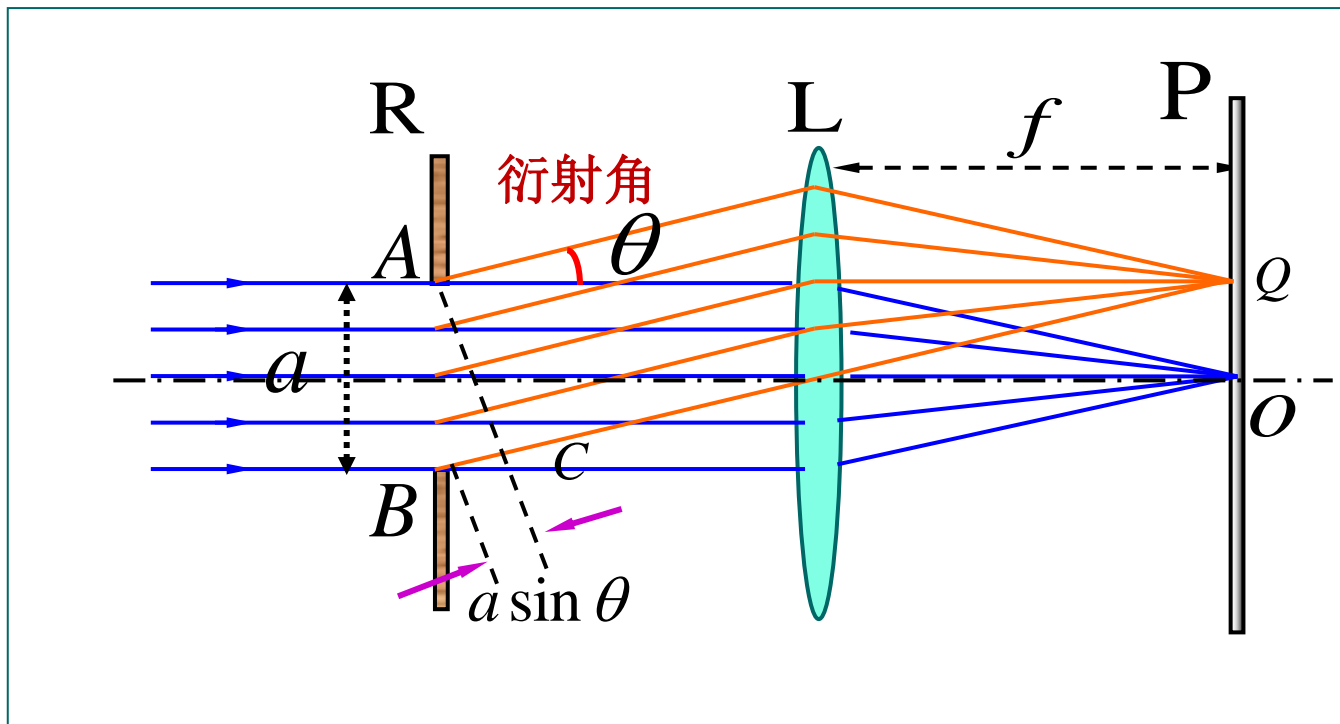
三、夫琅禾费单缝衍射

明暗相间的平行直条纹
条纹的宽度和亮度不同



单缝的夫琅禾费衍射的理论分析——

菲涅耳半波带法



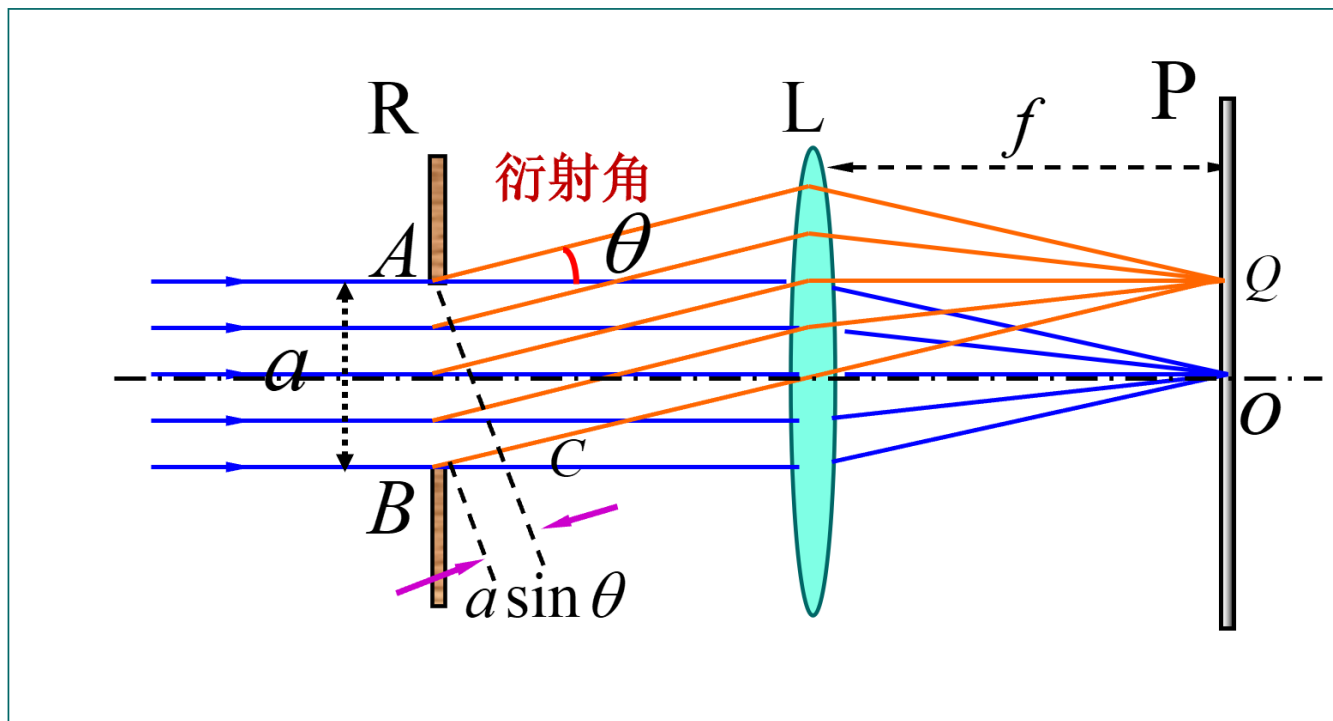
衍射角 θ (衍射角 θ 向上为正, 向下为负)

两条边缘衍射线之间的光程差 $BC = a \sin \theta$

Q 点条纹的明暗取决于光程差 BC 的大小

单缝的夫琅禾费衍射的理论分析——

菲涅耳半波带法



将 BC 分成 N 等份, 每份长度为 $\lambda/2$, 即把波面 AB 切割成 N 个波带, 使得相邻两个波带所发出的次波到达 P 点处的光程差均为 $\lambda/2$ 。

半波带法

光程差均是 $\lambda/2$

→ 半波带

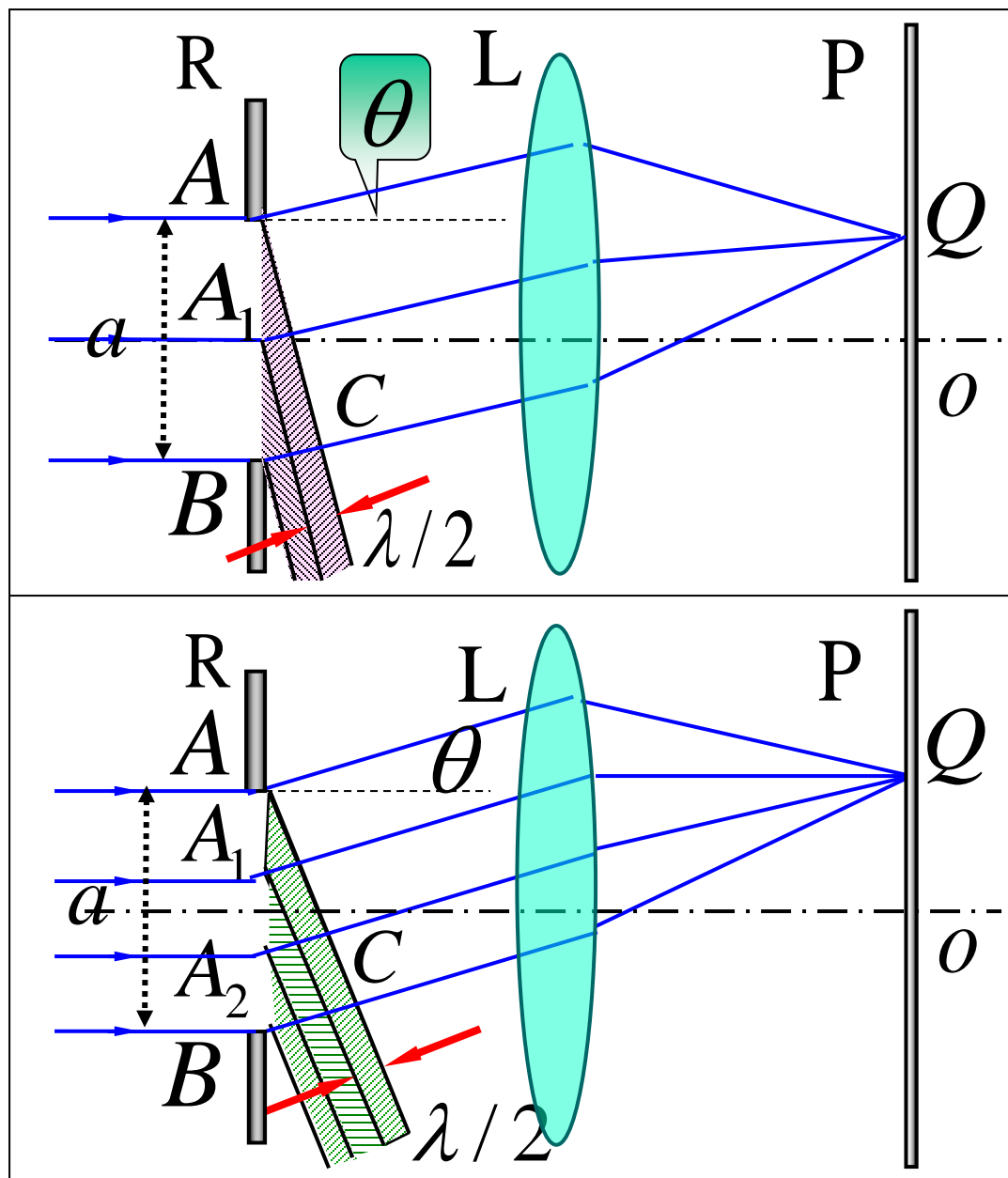
$$a \sin \theta = \pm 2k \frac{\lambda}{2}$$

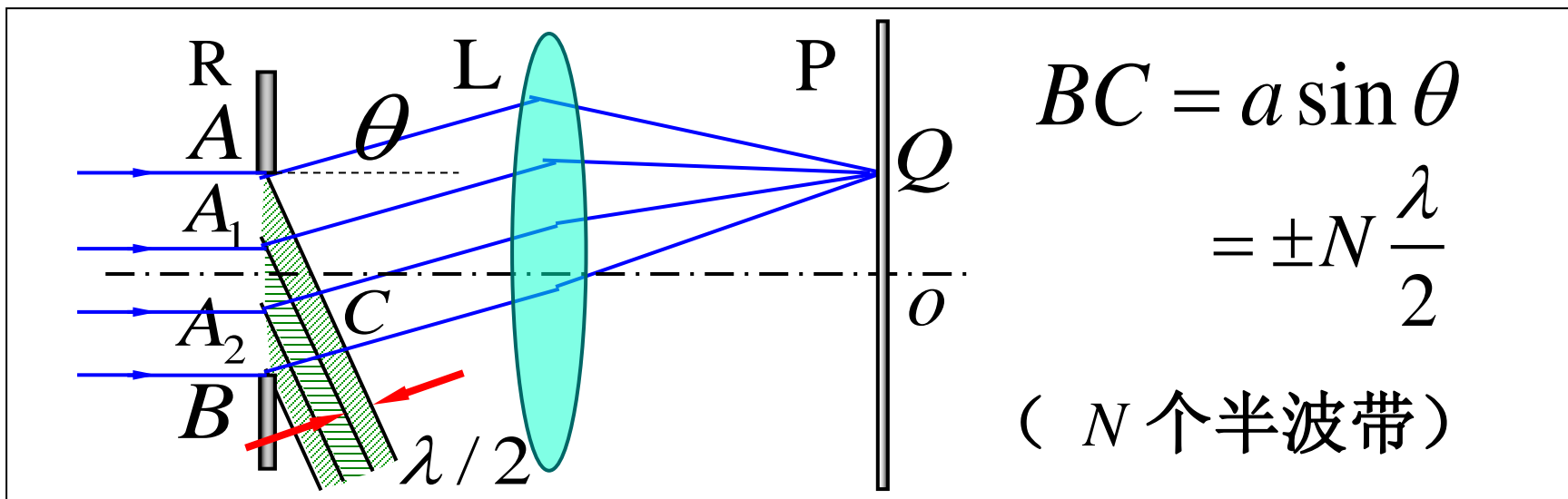
$$k = 1, 2, 3, \dots$$

——暗条纹

$$a \sin \theta = \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

——明条纹





{	$a \sin \theta = 0$	中央明纹中心	
{	$a \sin \theta = \pm 2k \frac{\lambda}{2} = \pm k \lambda$	干涉相消 (暗纹)	2k 个半波带
{	$a \sin \theta = \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$	干涉加强 (明纹)	2k + 1 个半波带
{	$a \sin \theta \neq \pm k \frac{\lambda}{2}$	介于明暗之间	

$k = 1, 2, 3, \dots$ 称为衍射级次

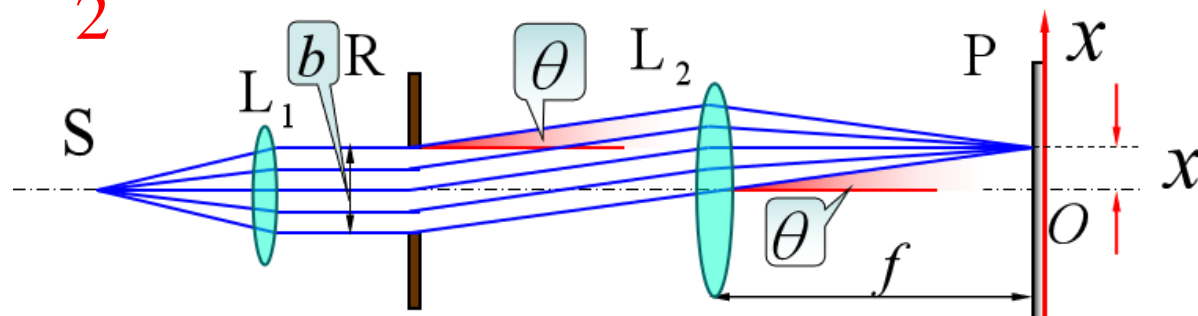
$$a \sin \theta = \begin{cases} \pm 2k \cdot \frac{\lambda}{2} \\ \pm (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2} \end{cases}$$

暗纹

$$(k = 1, 2, 3, \dots)$$

明纹

近似公式——



➤ 中央明纹的角宽度

中央明纹介于两侧第一级暗纹之间，即 $-\lambda < a \sin \theta < \lambda$

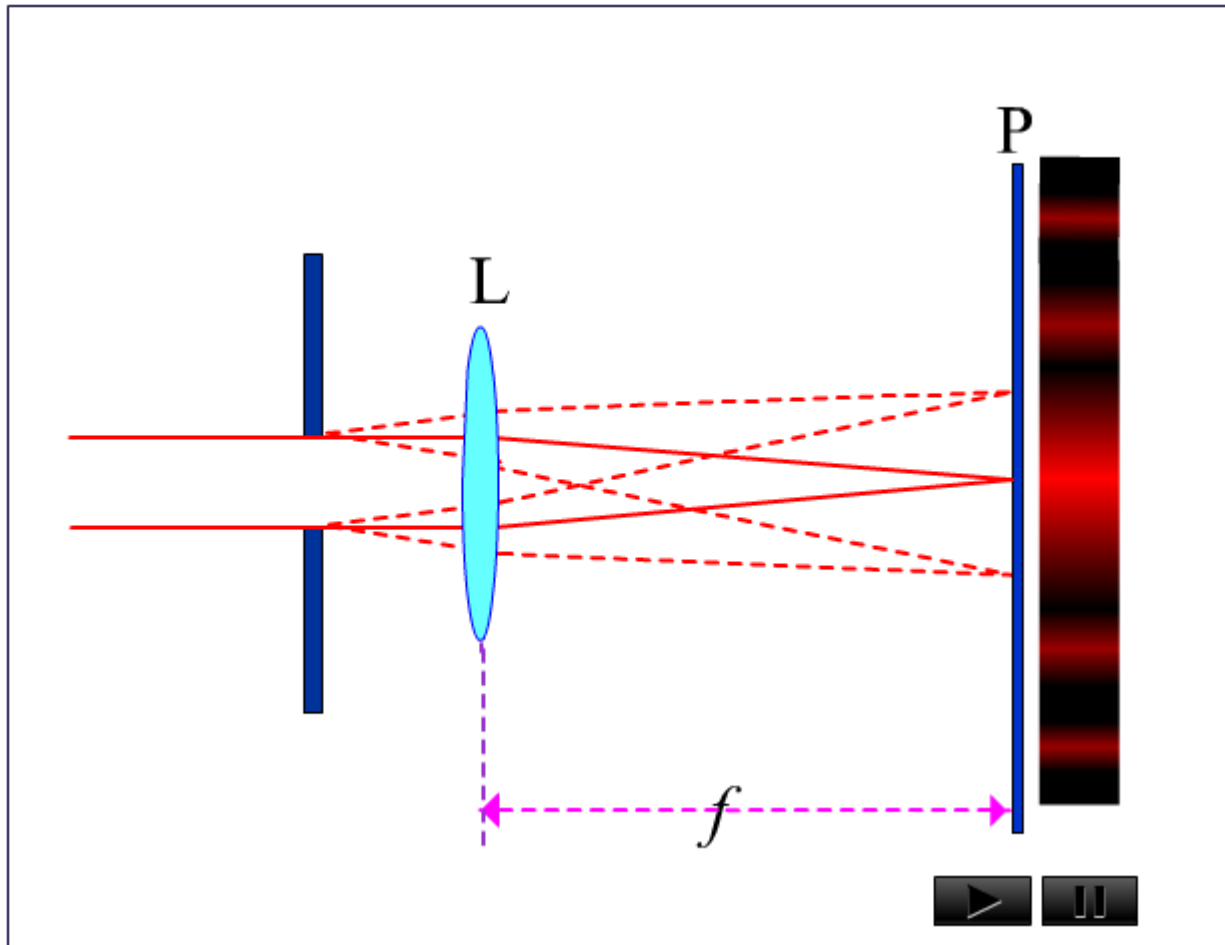
$$\because \sin \theta \approx \theta \quad \therefore \Delta \theta_{\text{中}} = \theta_{+1\text{暗}} - \theta_{-1\text{暗}} = \frac{2\lambda}{a}$$

➤ 中央明纹的线宽度 $\Delta x \approx \Delta \theta_{\text{中}} \cdot f = \frac{2\lambda}{a} f$

➤ 其它级次明纹的角宽度 $\Delta \theta = |\theta_1| \approx \frac{\lambda}{a} \quad \Delta x \approx \frac{\lambda}{a} f$

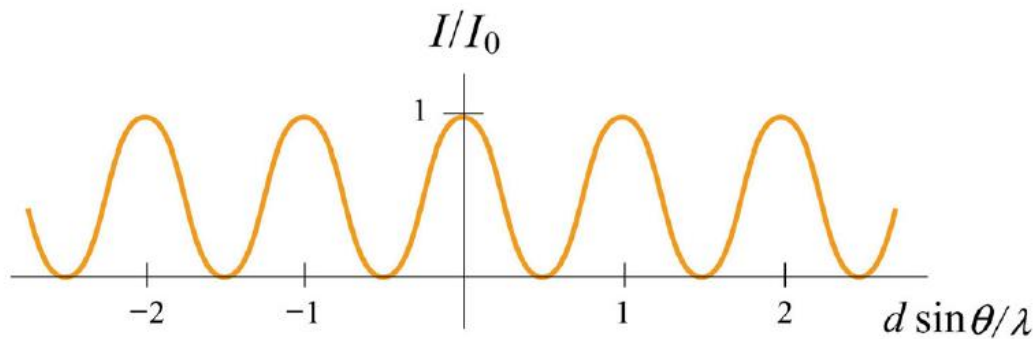
$$\Delta x \approx \Delta \theta_{\text{中}} \cdot f = \frac{2\lambda}{a} f$$

单缝宽度变化，中央明纹宽度如何变化？

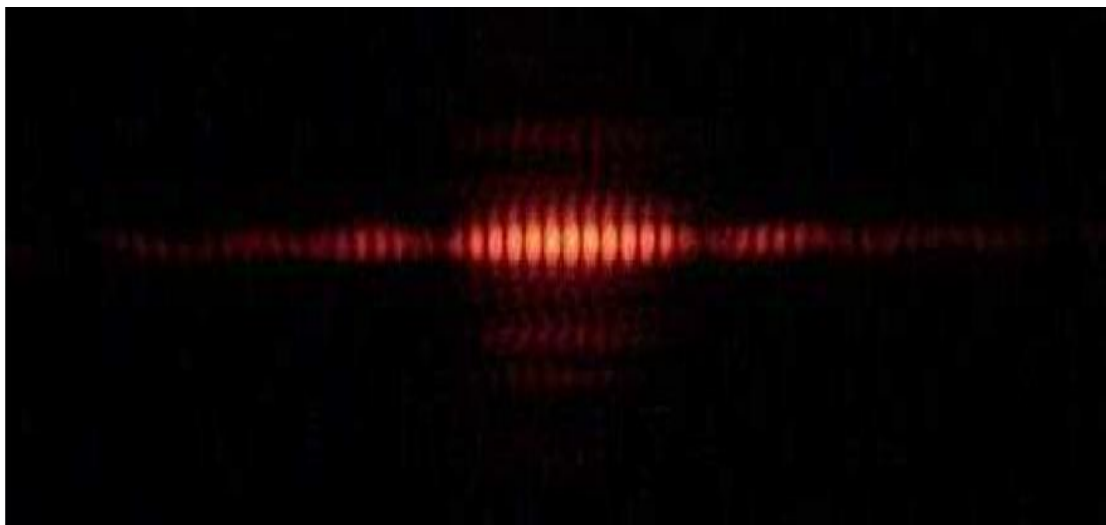


双缝干涉的光强分布：

理想情况下的双缝干涉（宽度无限小，间隔均匀，非常细的缝）：光强极大极小交替出现，形成明暗相间、等亮度、等间距的条纹。



实际情况（有宽度的缝）：干涉条纹是单缝和双缝衍射的共同结果：



例： 波长为 600nm 的单色光垂直照射宽 $a=0.30\text{ mm}$ 的单缝，在缝后透镜的焦平面处的屏幕上，中央明纹上下两侧第二条暗纹之间相距 2.0 mm，求透镜焦距。

解： 由第二暗纹 $k=2$ 得： $a \sin \theta = 2\lambda$

且距中央亮纹中心的距离为

$$x = \frac{1}{2} \times 2.0 = 1.0\text{ mm}$$

$$x = f \tan \theta \approx f \sin \theta$$

$$f = \frac{x}{\sin \theta} = \frac{ax}{2\lambda} = 25\text{ cm}$$

