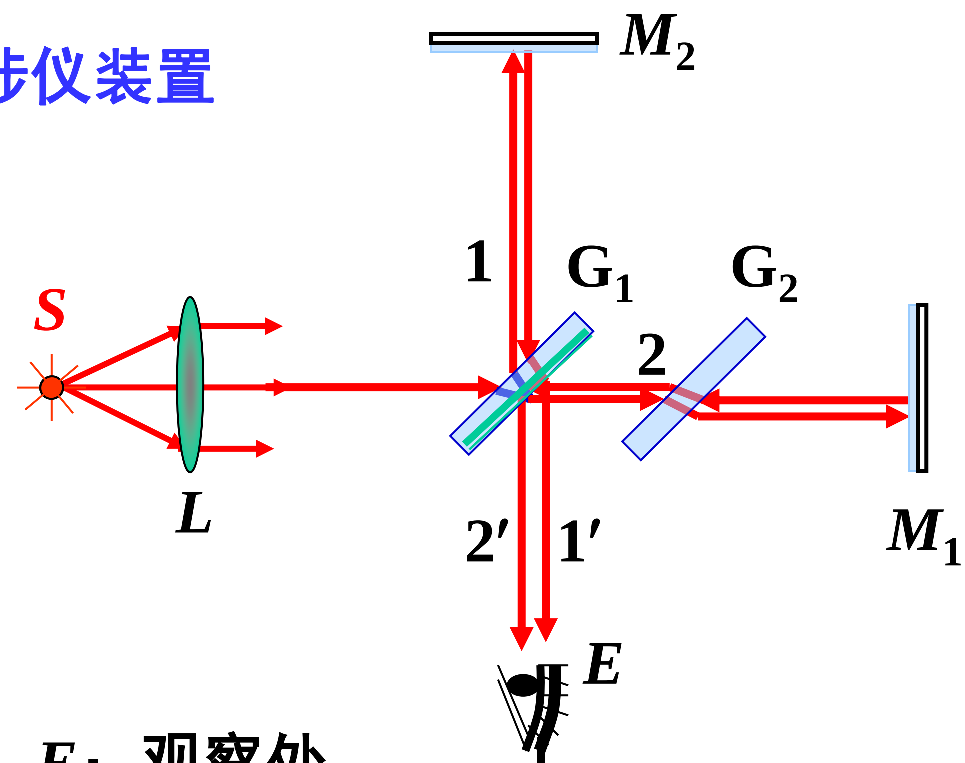
17.5 迈克耳孙干涉仪

迈克耳孙
（1852－1931）

一、迈克耳孙干涉仪装置

L：透镜

M_1、M_2：反射镜



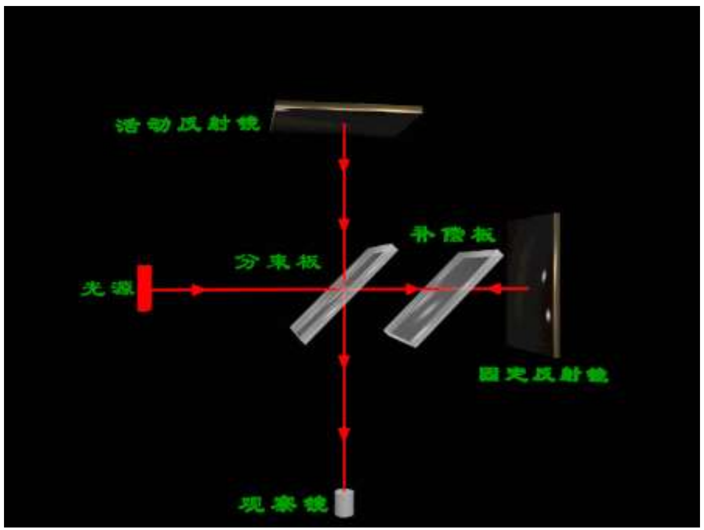
G_1：分光板

G_2：补偿板　　E：观察处

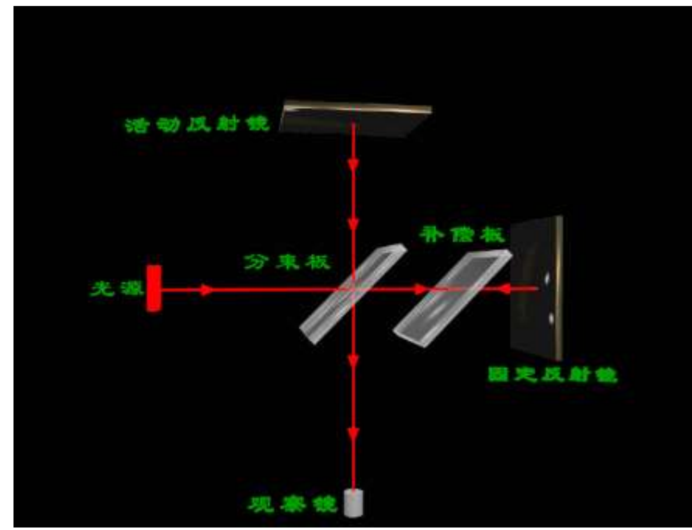
思考：补偿板的作用是什么？

二、迈克耳孙干涉仪图样分析

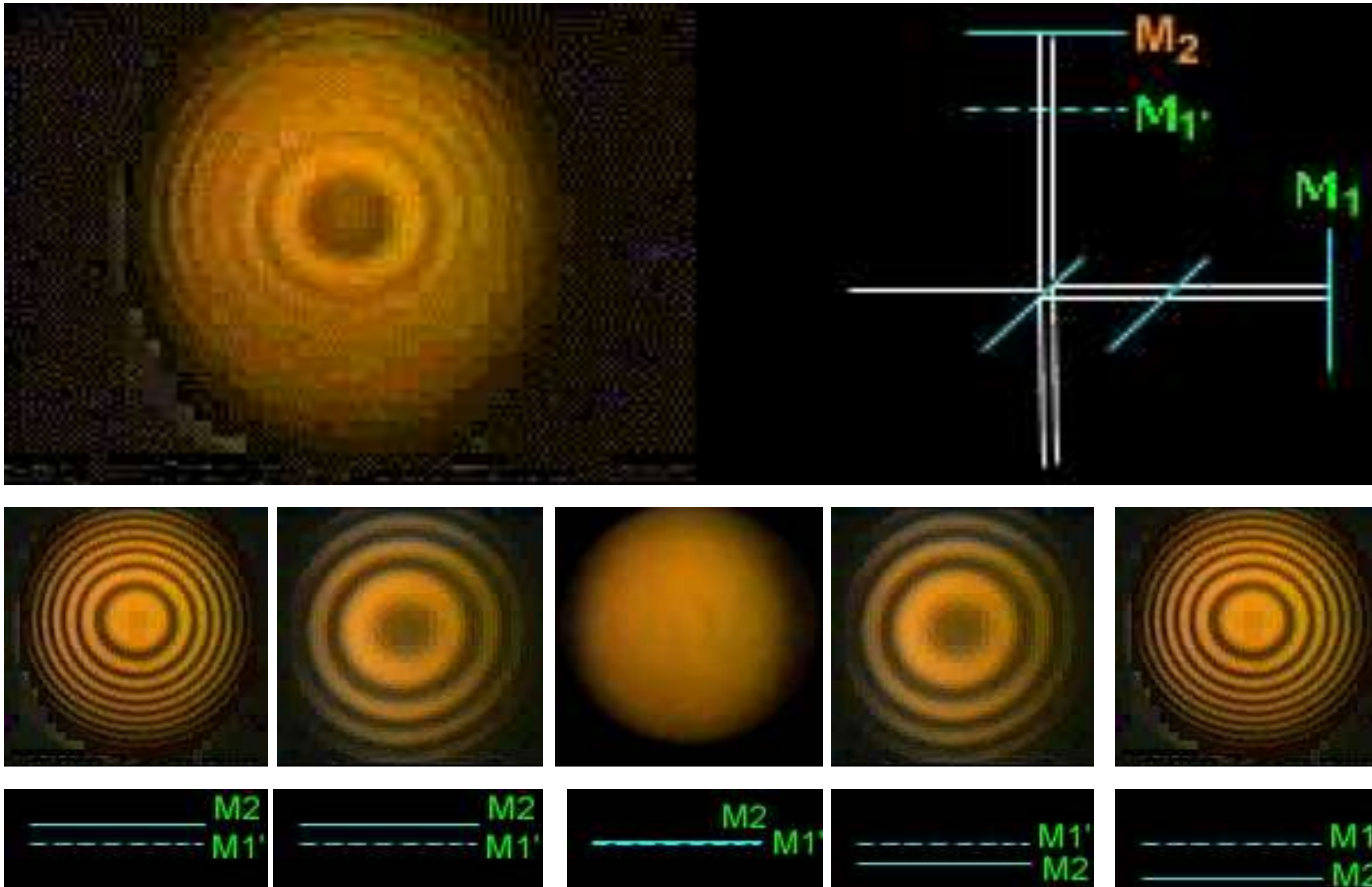
M_1与M_2垂直：等倾干涉



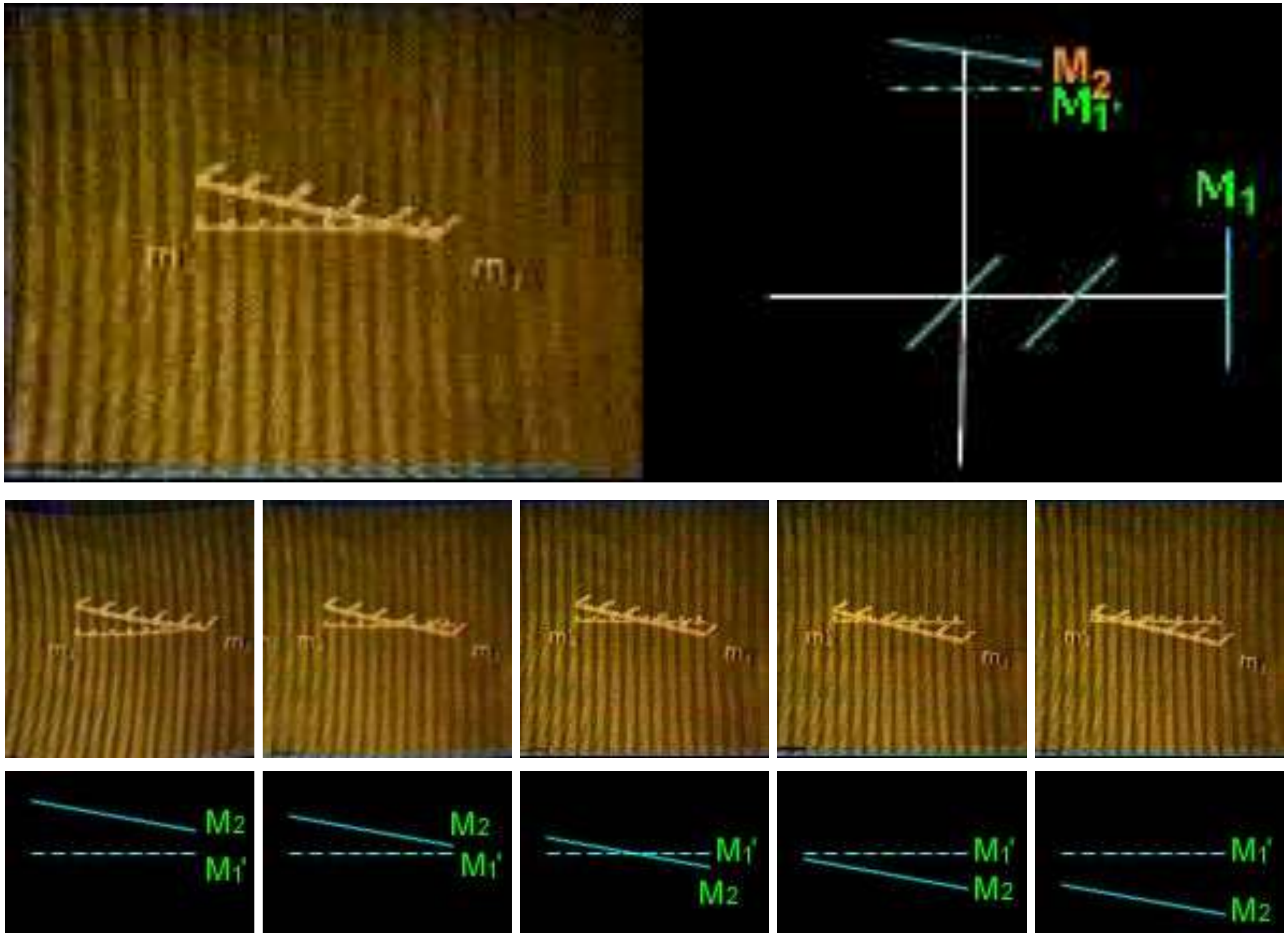
M_1与M_2不垂直：等厚干涉



迈克耳孙等倾干涉



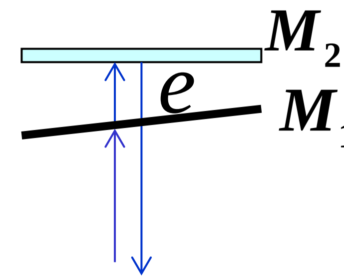
迈克耳孙等厚干涉



讨论

条纹移动的数目与镜平移距离的关系是什么？

视场中心光程差　空气时n=1



$$\delta = 2ne = 2e = k\lambda \qquad \Delta e = \frac{\lambda}{2n} = \frac{\lambda}{2}$$

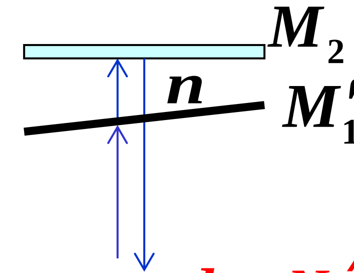
镜每移动$\lambda/2$ 距离，变化一个条纹

即视场中心就冒出一个条纹或缩进一个条纹

条纹移动的数目N与镜平移的距离关系：$d = N\dfrac{\lambda}{2}$

三、迈克尔孙干涉仪的应用

应用：测微小位移



$$d = N\frac{\lambda}{2}$$

用迈克耳孙干涉仪测微小的位移。若入射光波波长λ＝628.9 nm，当动臂反射镜移动时，干涉条纹移动了2048条，反射镜移动的距离d约为(　　)

(A) 0.758mm　　(B) 1.288mm

(C) 0.322mm　　 0.644mm

应用：测光波波长

在迈克耳孙干涉仪中，反射镜移动0.2334mm的距离时，可以数出移动了792条条纹，求所用光波长。

解： 由条纹移动的数目N与M_2镜平移的距离关系

$$d = N\frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{2d}{N} = \frac{2\times 0.2334\times 10^{-3}}{792} = 5.894\times 10^{-7}\,m$$

应用：测物质折射率

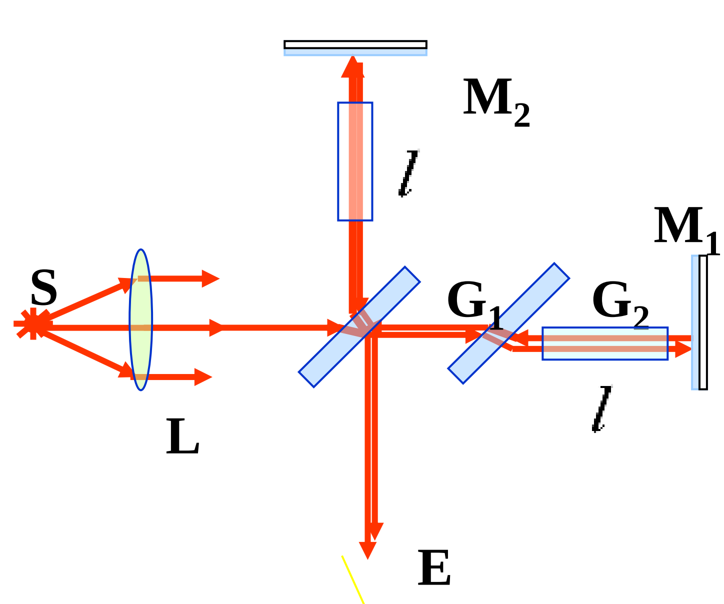
迈克耳孙干涉仪两臂中分别加入20cm长的玻璃管，一个抽成真空，一个充以一个大气压的氩气，今以汞光线（$\lambda=546nm$）入射干涉仪，如将氩气抽出，发现干涉仪中条纹移动了205条，求氩气的折射率。

解：$(n-1)l=N\dfrac{\lambda}{2}$

$$n=\frac{N\lambda}{2l}+1$$

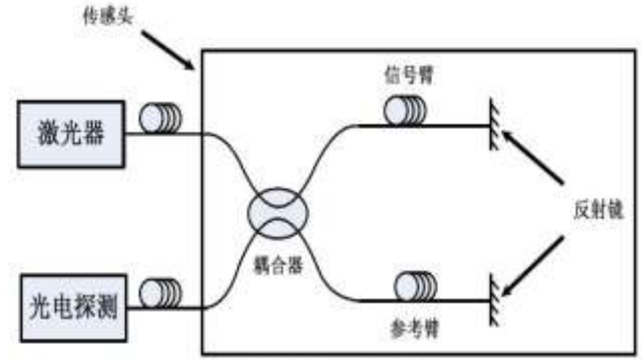
$$=\frac{205\times5.46\times10^{-7}}{2\times0.20}+1$$

$$=1.00028$$



干涉型光纤水听器

光纤水听器（光纤声呐）

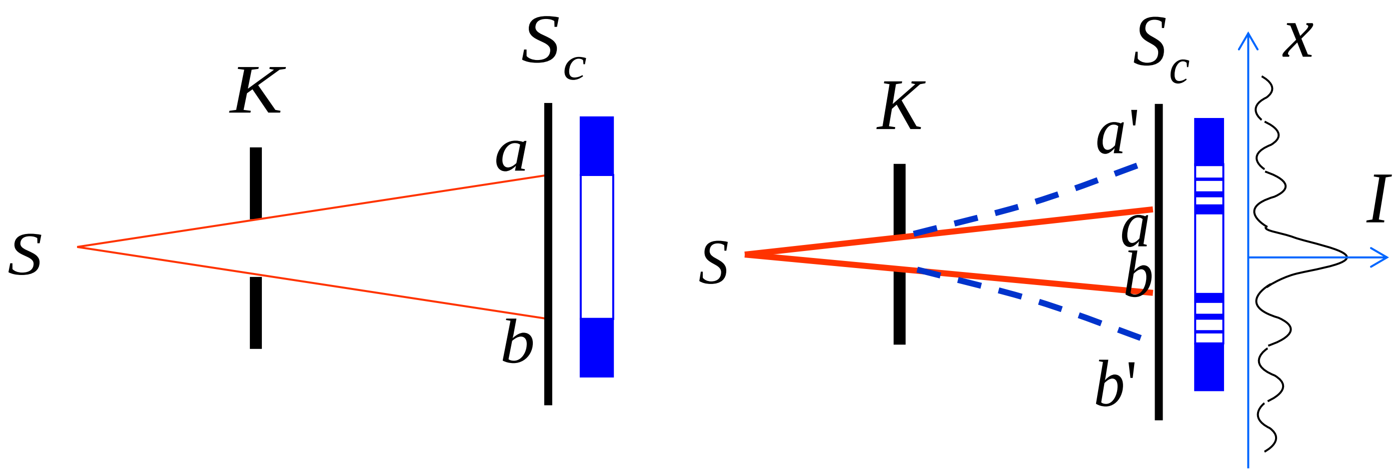


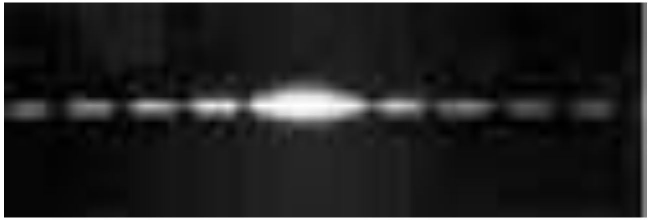
光纤水听器基本结构

第18章 光的衍射

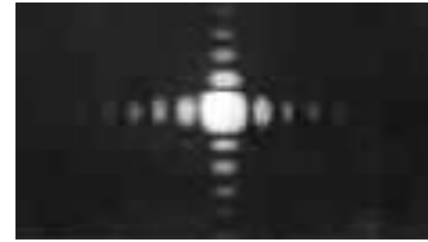
18.1 光的衍射现象　惠更斯-菲涅耳原理

一、光的衍射现象



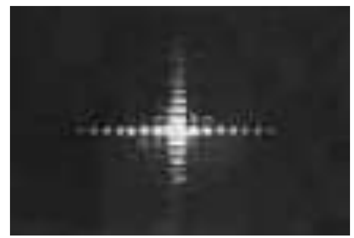


单缝衍射

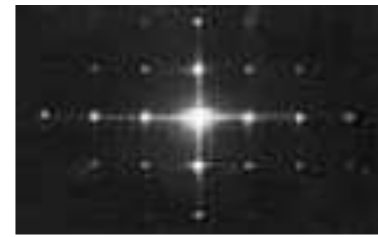


方形孔衍射

三角孔衍射

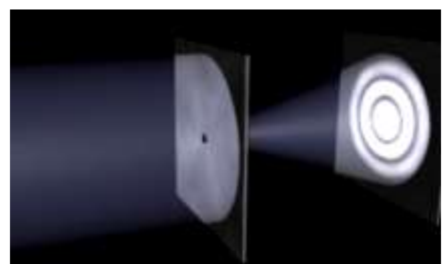


矩形孔衍射



网格衍射

正多边形孔衍射



圆形孔衍射

针和细线的衍射

二、惠更斯—菲涅耳原理

1、惠更斯原理：

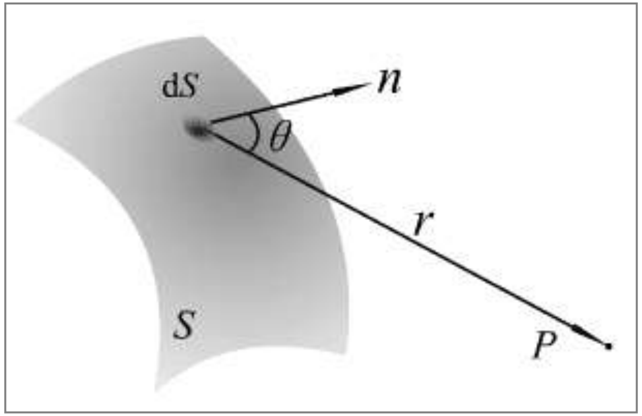
媒质中波动传到的各点都可以看作发射子波的波源，在其后任一时刻，这些子波的包迹就决定了新的波阵面。

惠更斯 (1629-1695)

2、菲涅耳原理:

波阵面前方空间某点处的光振动取决于到达该点的所有子波的相干叠加。也称惠更斯-菲涅耳原理。

菲涅耳(1788-1827)



S:t 时刻波阵面

dS:波阵面上面元
（子波波源）

$$\mathrm{d}E = C\cdot\frac{\mathrm{d}S\,K(\theta)}{r}\cos(\omega t-\frac{2\pi r}{\lambda})$$

$$E = \iint_S C\frac{\mathrm{d}S\,K(\theta)}{r}\cos(\omega t-\frac{2\pi r}{\lambda})$$

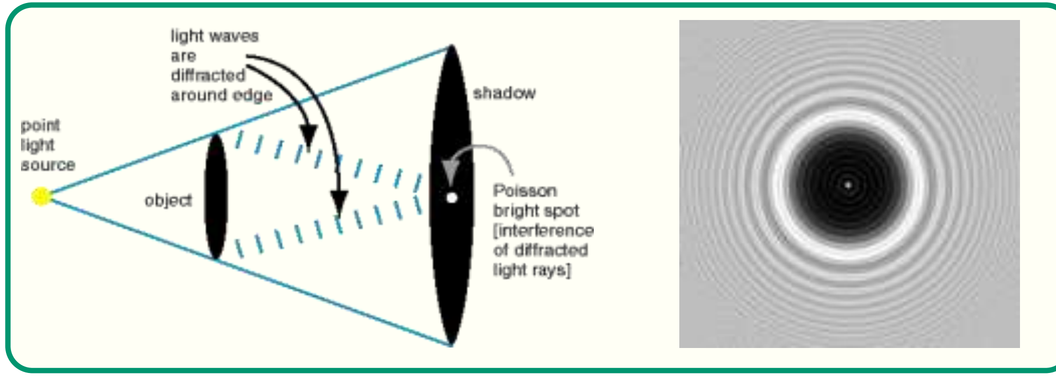
$$\theta\uparrow\Rightarrow K(\theta)\downarrow$$

$$\theta\geq\frac{\pi}{2},K(\theta)=0$$

子波相干叠加思想

P点光强： $I = E_0^{\;2}$

泊松(1781-1840)

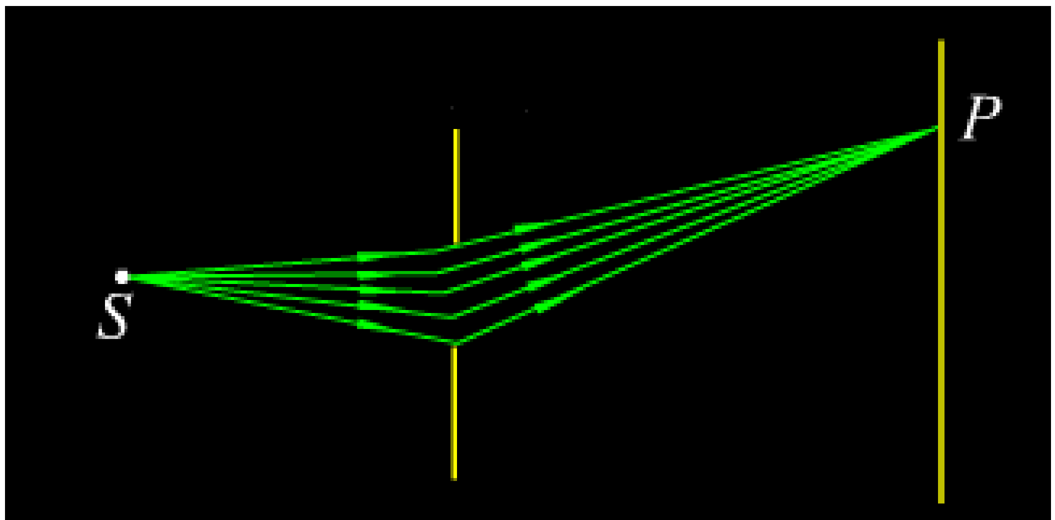


- 泊松亮斑
- 阿拉果的实验
- 该实验与托马斯·杨的双缝实验反驳了牛顿主导的光微粒说。

三、衍射的分类

1、菲涅耳衍射

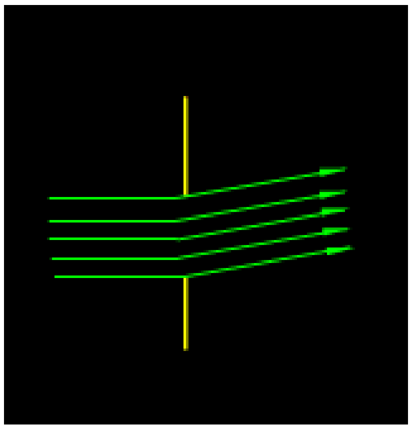
光源——障碍物——接收屏之间为有限远

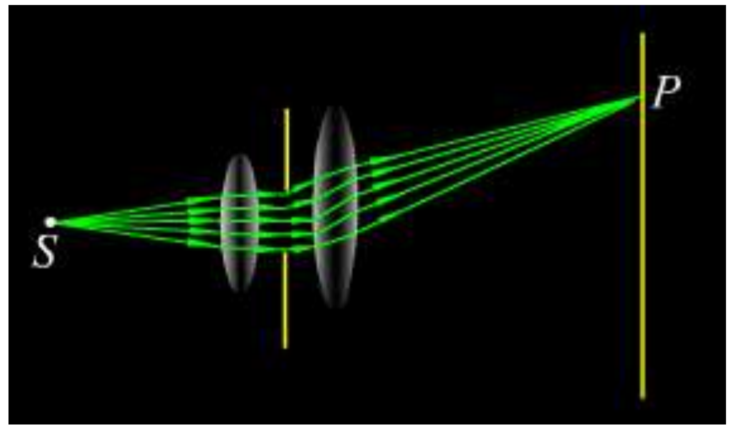


2、夫琅和费衍射

狄克海威(1787-1826)

光源——障碍物——接收屏之间为无限远



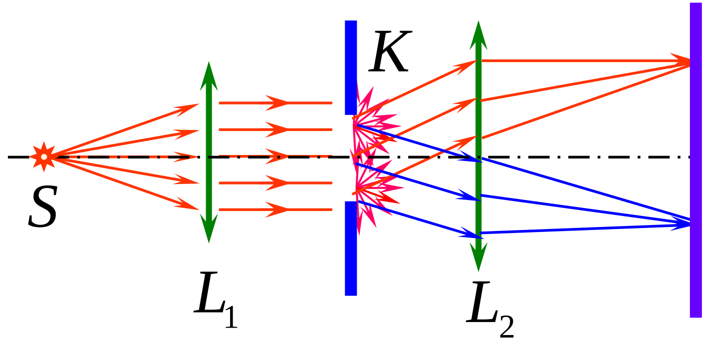


光线为平行光

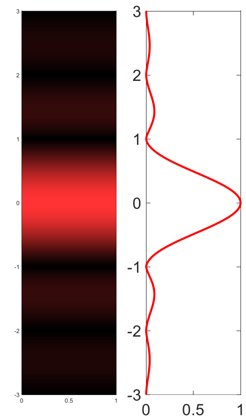
透镜作用——压缩空间距离

18.2 单缝衍射

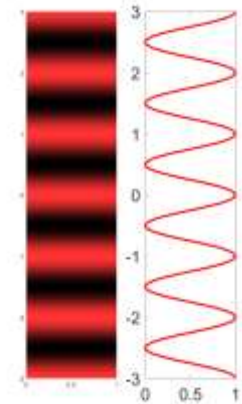
一、实验装置



图样 光强



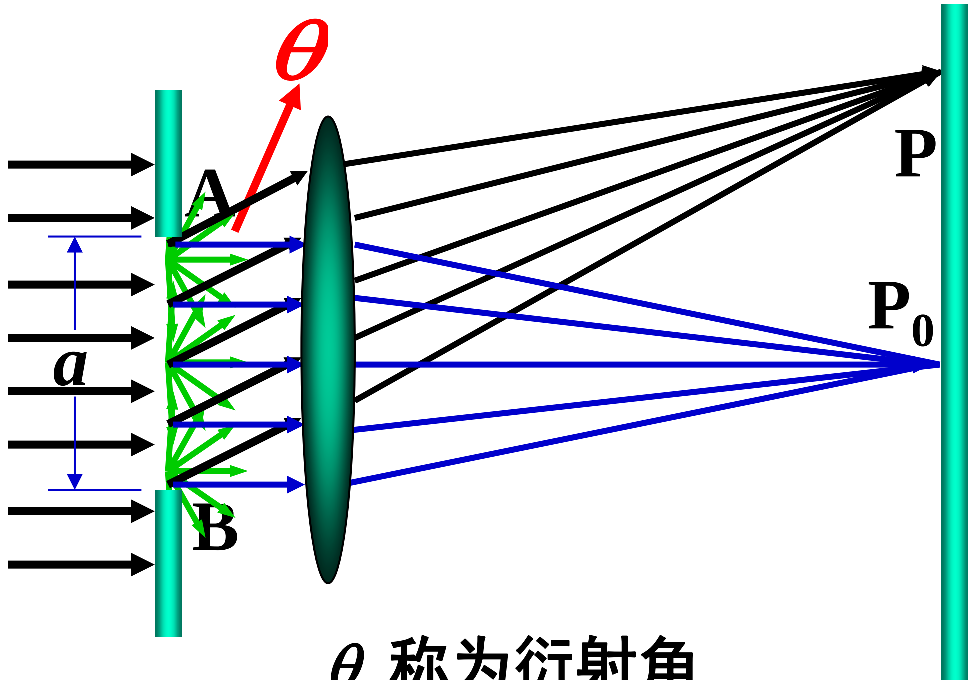
双缝干涉



缝宽$a \sim 10\lambda$

- 强度：中央明纹最宽最亮，两侧条纹依次减弱
- 位置：中央明纹两侧条纹对称分布

二、衍射条件

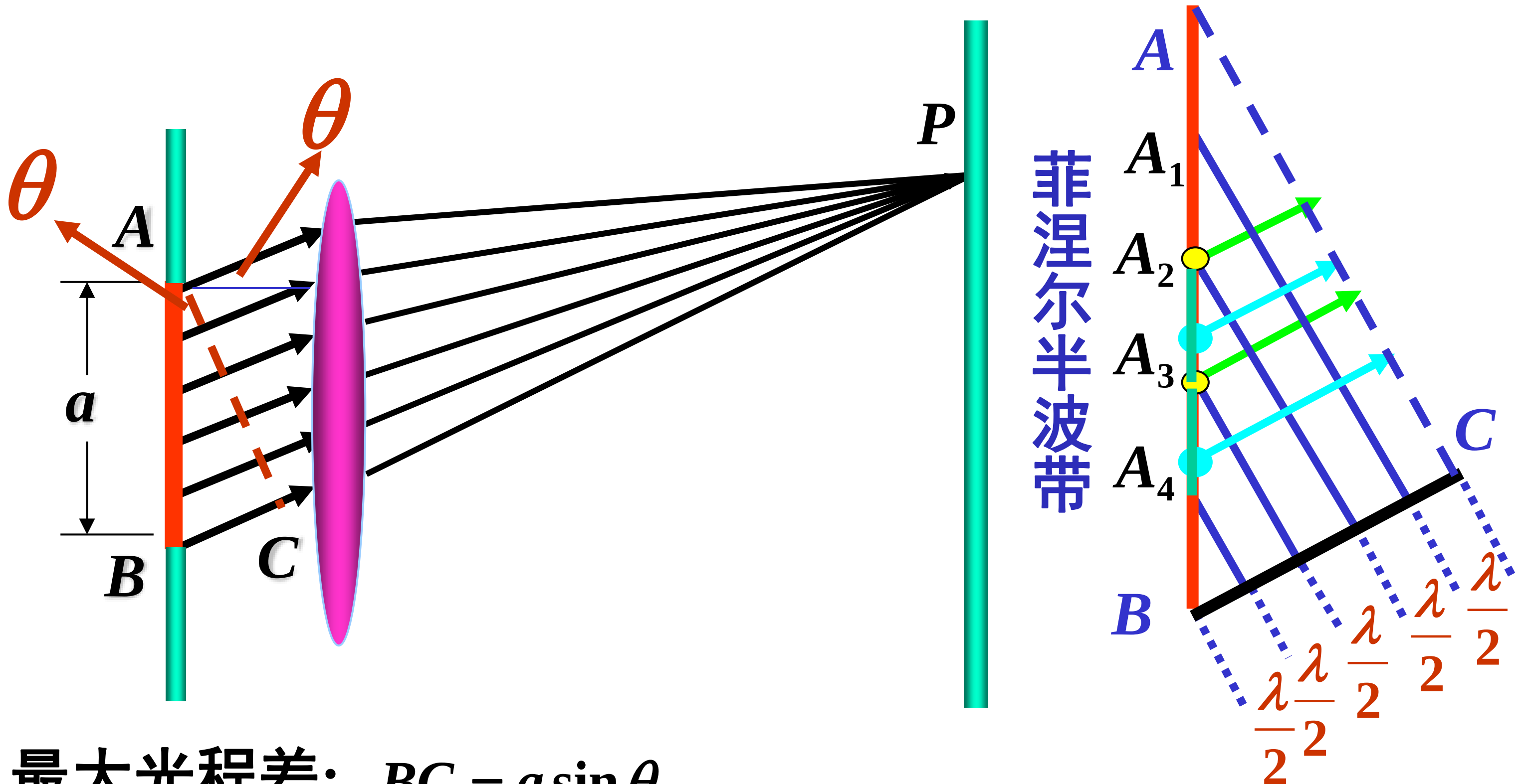


θ 称为衍射角

1. $\theta = 0$

P_0干涉加强　形成中央明纹

2. $\theta \neq 0$

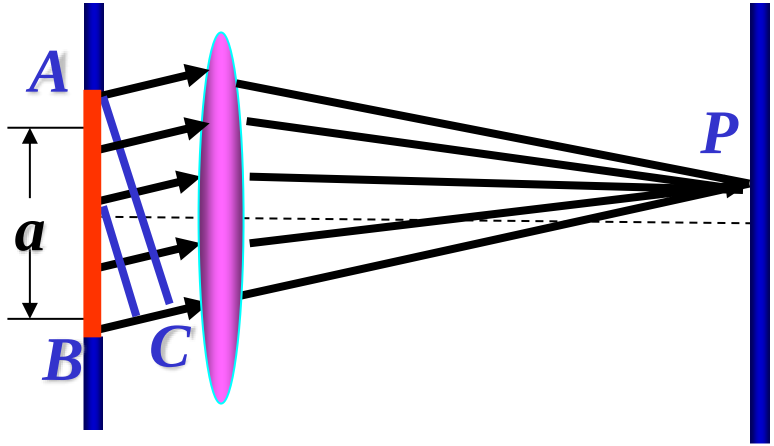


最大光程差： $BC = a\sin\theta$

相邻两半波带发出的衍射光在P点干涉相消

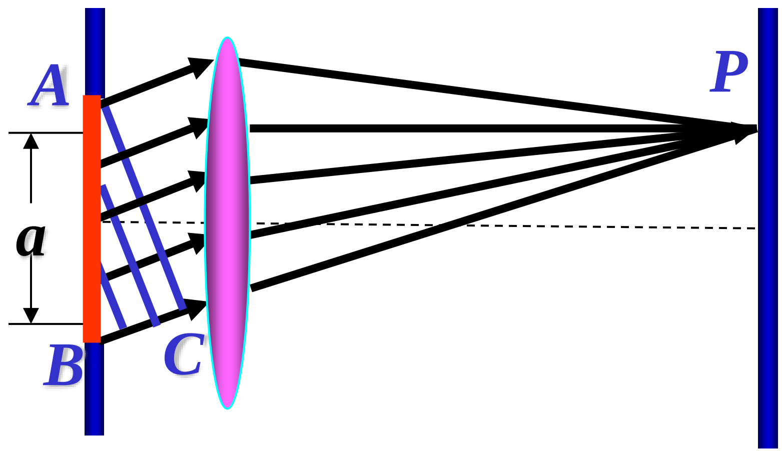
$$BC = a\sin\theta = 2\frac{\lambda}{2}$$

P点出现暗纹



$$BC = a\sin\theta = 3\frac{\lambda}{2}$$

P点出现明纹



P点形成明纹还是暗纹，取决于BC等于半波长的奇数倍还是偶数倍。

3、衍射条件

$$a\sin\theta=\begin{cases}0 & \text{中央明纹}\\(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & k=\pm1,\pm2,\pm3\ldots\ \text{明纹}\\2k\dfrac{\lambda}{2}=k\lambda & k=\pm1,\pm2,\pm3\ldots\ \text{暗纹}\end{cases}$$

- $a\sin\theta$是最大光程差， k是衍射级次
- $2k$ 和$2k+1$是单缝面上可以分成的半波带的数目
- $a\sin\theta$不等于$\lambda/2$的整数倍时, 光强介于最明与最暗之间

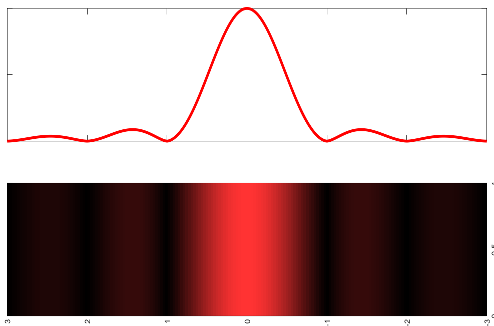
讨论

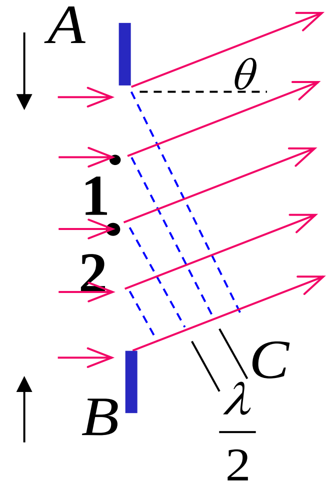
平行单色光垂直入射到单缝上，观察单缝夫朗和费衍射。若屏上*P*点处为第2级明条纹，则单缝处波面相应地可划分为几个半波带（   ）

(A) 2　　　　(B) 4

(C) 3　　　　 5

讨论 为什么θ角增加时，光强的极大值迅速衰减？





当θ角增加时，半波带数增加，未被抵消的半波带面积减少，所以光强变小。

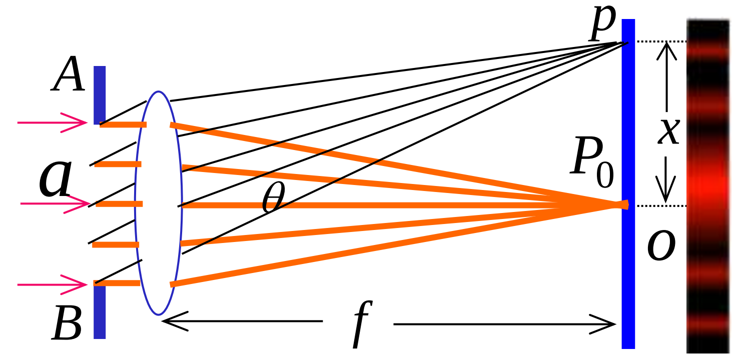
三、衍射图样的分析

1、单缝衍射条纹位置

$$\because \quad x = f \cdot \tan\theta$$

通常**衍射角很小**，

$$\boxed{\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{x}{f}}$$



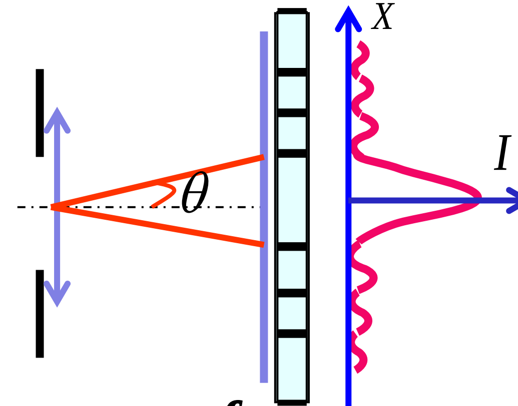
暗纹 $a\sin\theta = k\lambda$ $\quad a\dfrac{x}{f} = k\lambda$ $\quad x = k\dfrac{f}{a}\lambda$

明纹（次级） $a\sin\theta = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ $\quad a\dfrac{x}{f} = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ $\quad x = (2k+1)\dfrac{f}{a}\dfrac{\lambda}{2}$

$$k = \pm 1, \pm 2 \cdots$$

2、条纹宽度

- 中央明纹宽度



中央两侧**第一暗条纹**之间的区域

$$a\sin\theta = k\lambda \quad k = 1$$

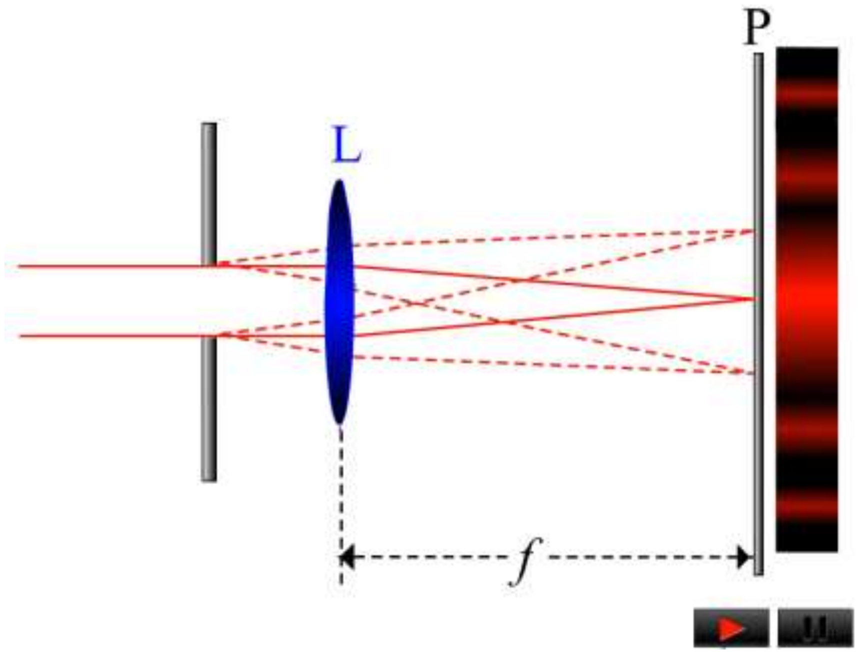
$$x = f\cdot\tan\theta \approx f\cdot\sin\theta \qquad x_1 = \frac{f}{a}\lambda \quad x_{-1} = -\frac{f}{a}\lambda$$

$$\Delta x_0 = 2\frac{f}{a}\lambda$$

中央明纹半角宽度 $\theta = \arcsin\dfrac{\lambda}{a}$

- 次级明纹宽度 $\Delta x = x_{k+1} - x_k = \dfrac{f}{a}\lambda$

$$\Delta x_0 = 2\frac{f}{a}\lambda$$

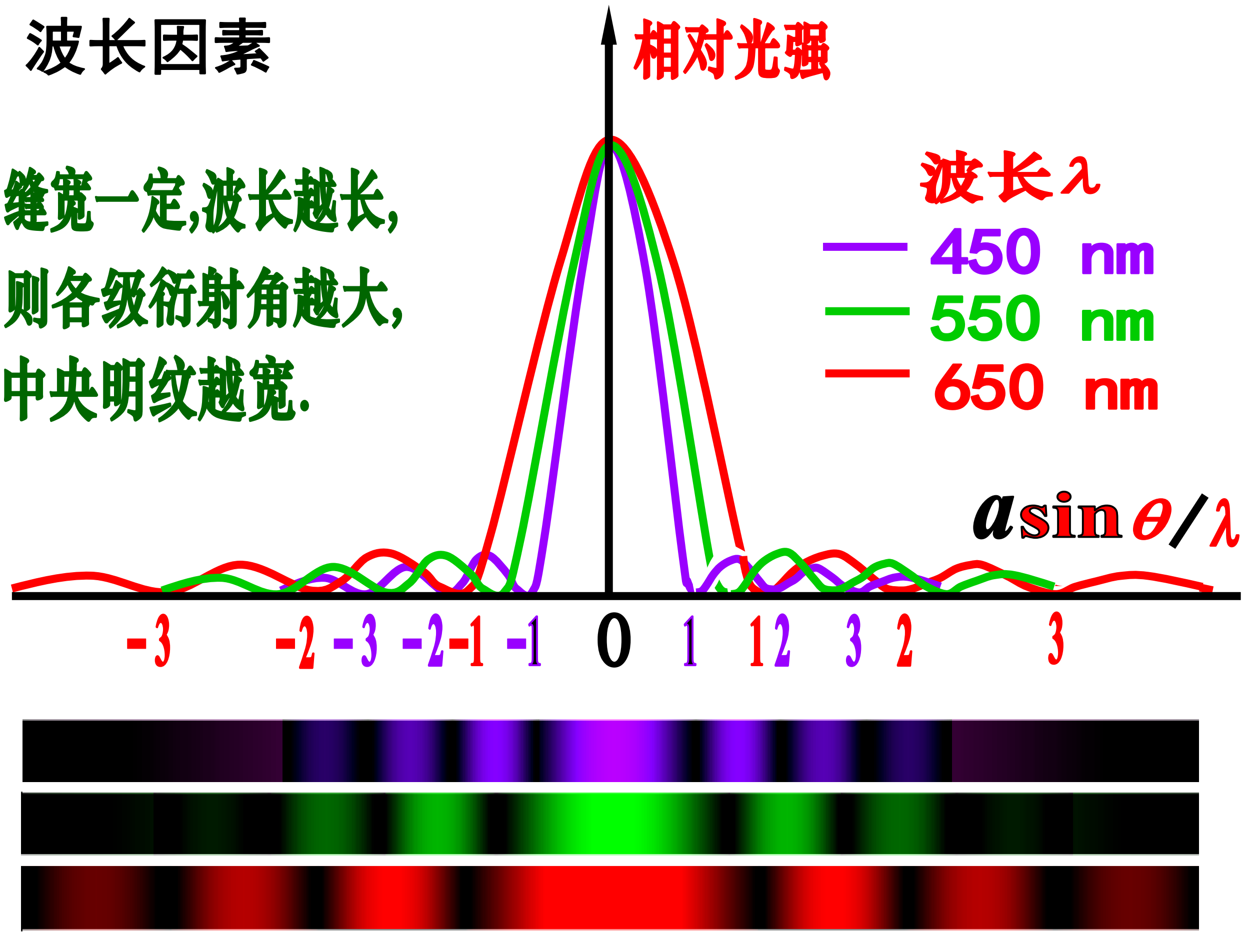


单缝宽度越小，中央明纹宽度越大

若 $a >> \lambda$ ，则$\Delta x \to 0$，无衍射，光直线传播

波长因素

缝宽一定,波长越长,
则各级衍射角越大,
中央明纹越宽.



作业： P104：一.10三.11

P126：一.1二.1, 3 三.1