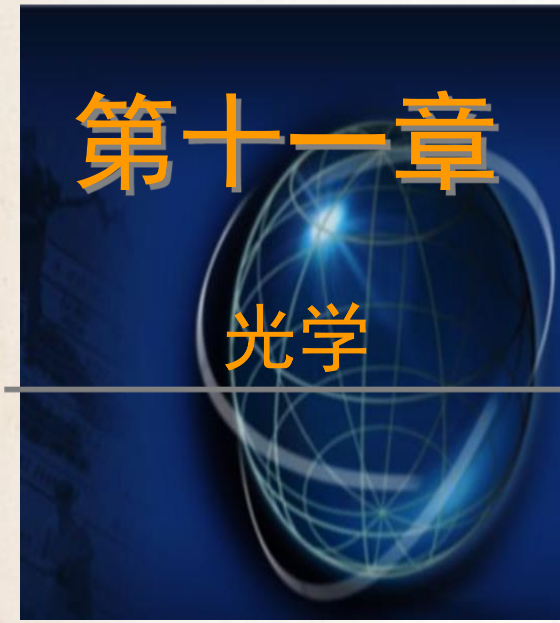
11-2 杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜



第2节《杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜》

一 理解杨氏双缝干涉实验的原理。

二 理解杨氏双缝干涉明暗纹特征。

11-2 杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜

11-2 杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜

一 杨氏双缝干涉实验

托马斯·杨（Thomas Young）1773-1829

英国物理学家、医生和考古学家，光的波动说的奠基人之一

波动光学：杨氏双缝干涉实验

生理光学：三原色原理

材料力学：杨氏弹性模量

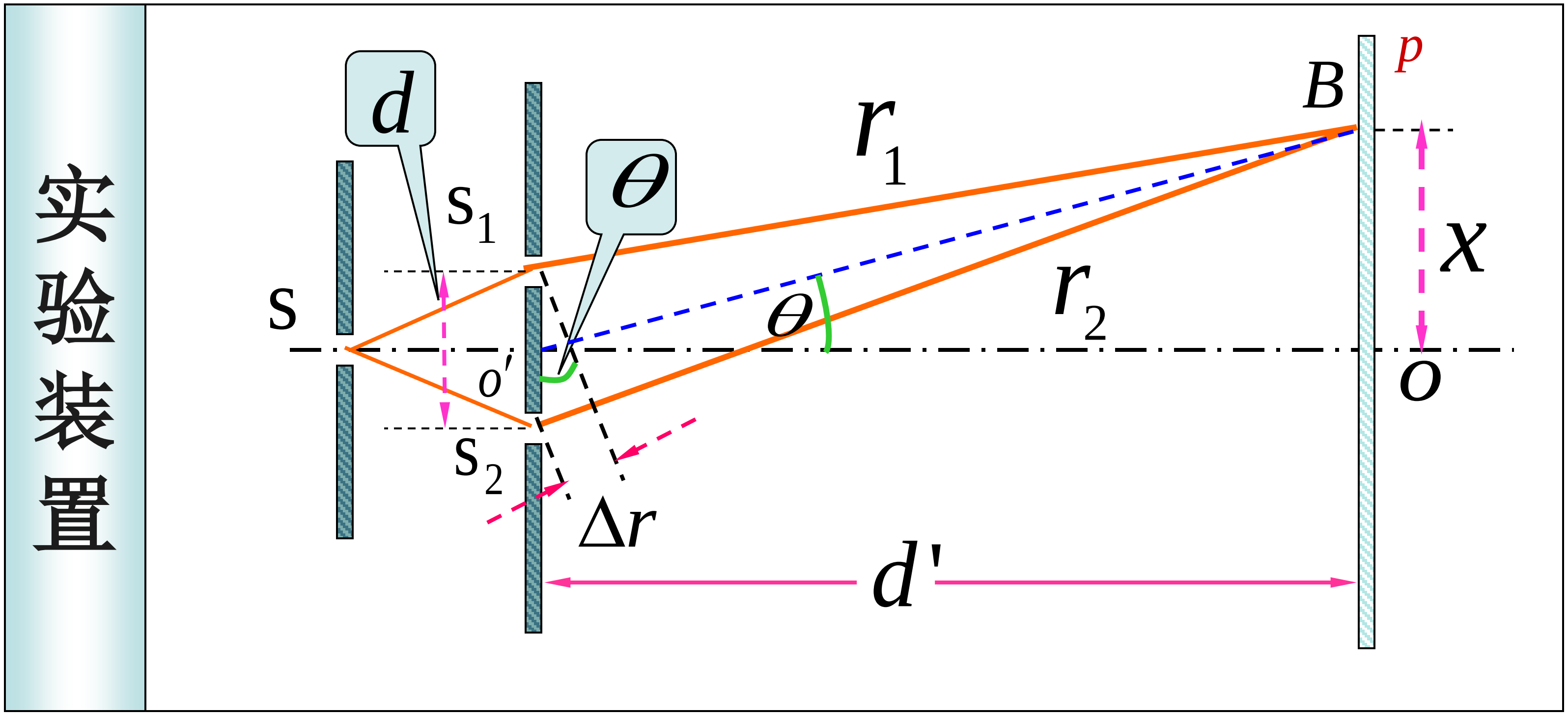
考古学：破译古埃及石碑上的文字

杨氏双缝实验

- 1800年，杨在论文《在声和光方面的实验和问题》中，提出了反对微粒理论的新论据：①在解释由强光和弱光源所发出的光粒子有同样的速度方面碰到的困难，②在解释射线从一种介质进入另一种介质时，一部分不断地被反射，而另一部分不断地发生折射的困难。
- 首次提出干涉这个术语。

2. 杨氏双缝实验

一 杨氏双缝干涉实验



设 $d' \gg d$，P 为屏上任一点，S_1、S_2 发出的光到 P 点的波程差：$\delta = r_2 - r_1$

θ 很小，有 $\sin\theta \approx \tan\theta = \dfrac{x}{d'}$

故 $\delta = r_2 - r_1 \approx d\sin\theta = \dfrac{d}{d'}x$

相位差 $\Delta\varphi = 2\pi\dfrac{\delta}{\lambda} = 2\pi\dfrac{d}{d'\lambda}x$

当 $\Delta\varphi = 2\pi\dfrac{d}{d'\lambda}x = \pm 2k\pi$

或 $x = \pm 2k\dfrac{d'\lambda}{2d}$，$k = 0, 1, 2, \cdots$

产生干涉加强。

当 $\Delta\varphi = 2\pi \frac{d}{d'\lambda} x = \pm(2k+1)\pi$

或 $x = \pm(2k+1)\frac{d'\lambda}{2d}$ ， $k = 0, 1, 2, \cdots$

产生干涉相消。

用波程差表示干涉加强和干涉相消时，有

干涉加强 $\delta = \pm 2k\frac{\lambda}{2}$

干涉相消 $\delta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$

讨论

1. O 点处：$\theta=0,\delta=0,k=0$ ，是一明纹中心，称为中央明纹。

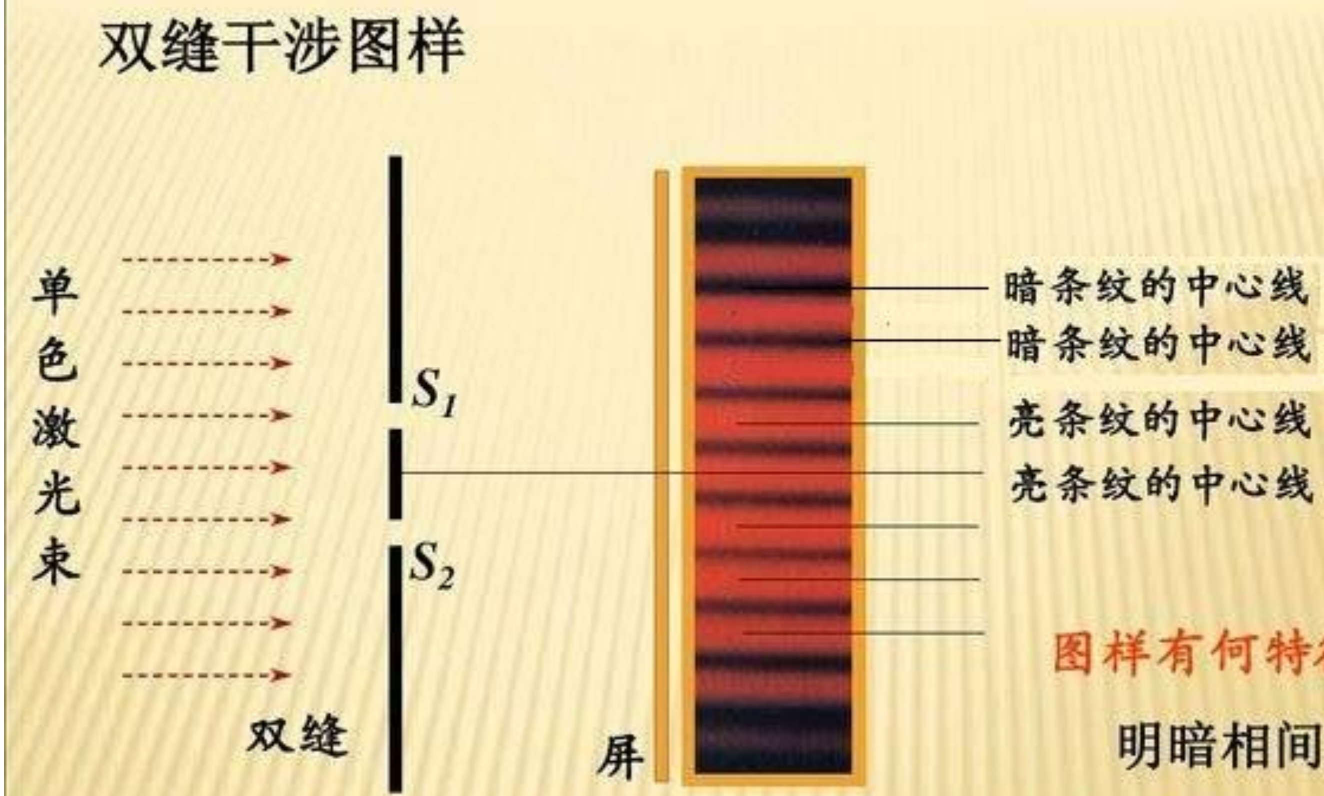
在中央明纹两侧，$k=1$，2，… 的 x_{k} 处，δ 分别为 $\pm\lambda,\pm 2\lambda,\cdots,$ 称为第一级、第二级、…明纹。

2.相邻两明纹（或暗纹）之间的距离：

$$\Delta x = x_{\mathrm{k}+1} - x_{\mathrm{k}} = \frac{d'}{d}\lambda$$

杨氏双缝干涉的明、暗条纹是等间距分布的。

11-2 杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜



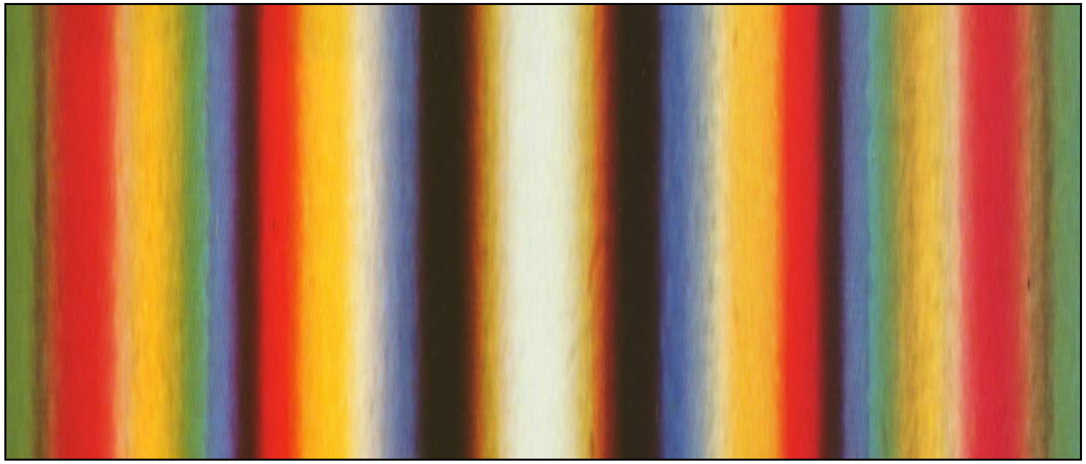
图样有何特征?

明暗相间

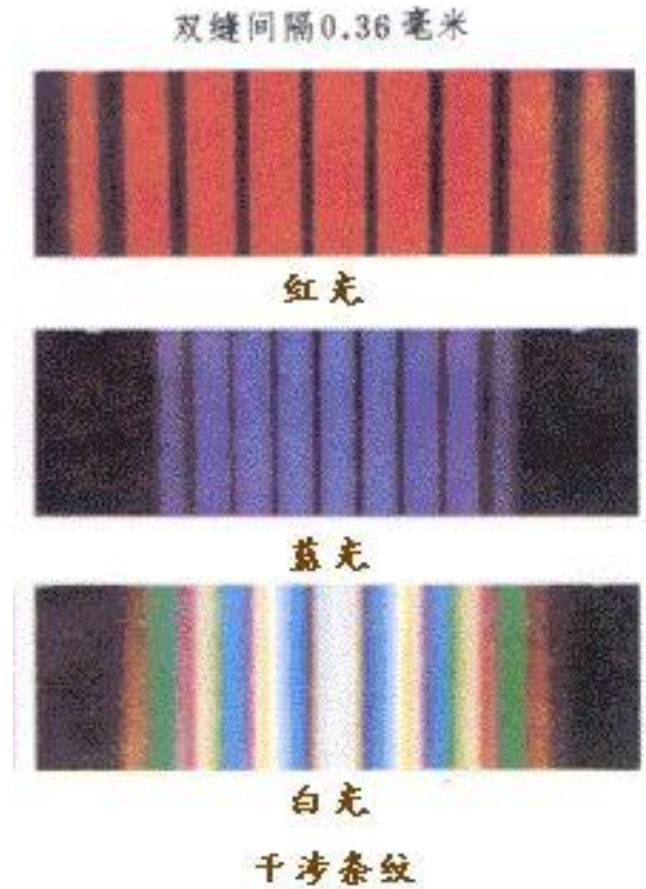
等间距

中央亮条纹

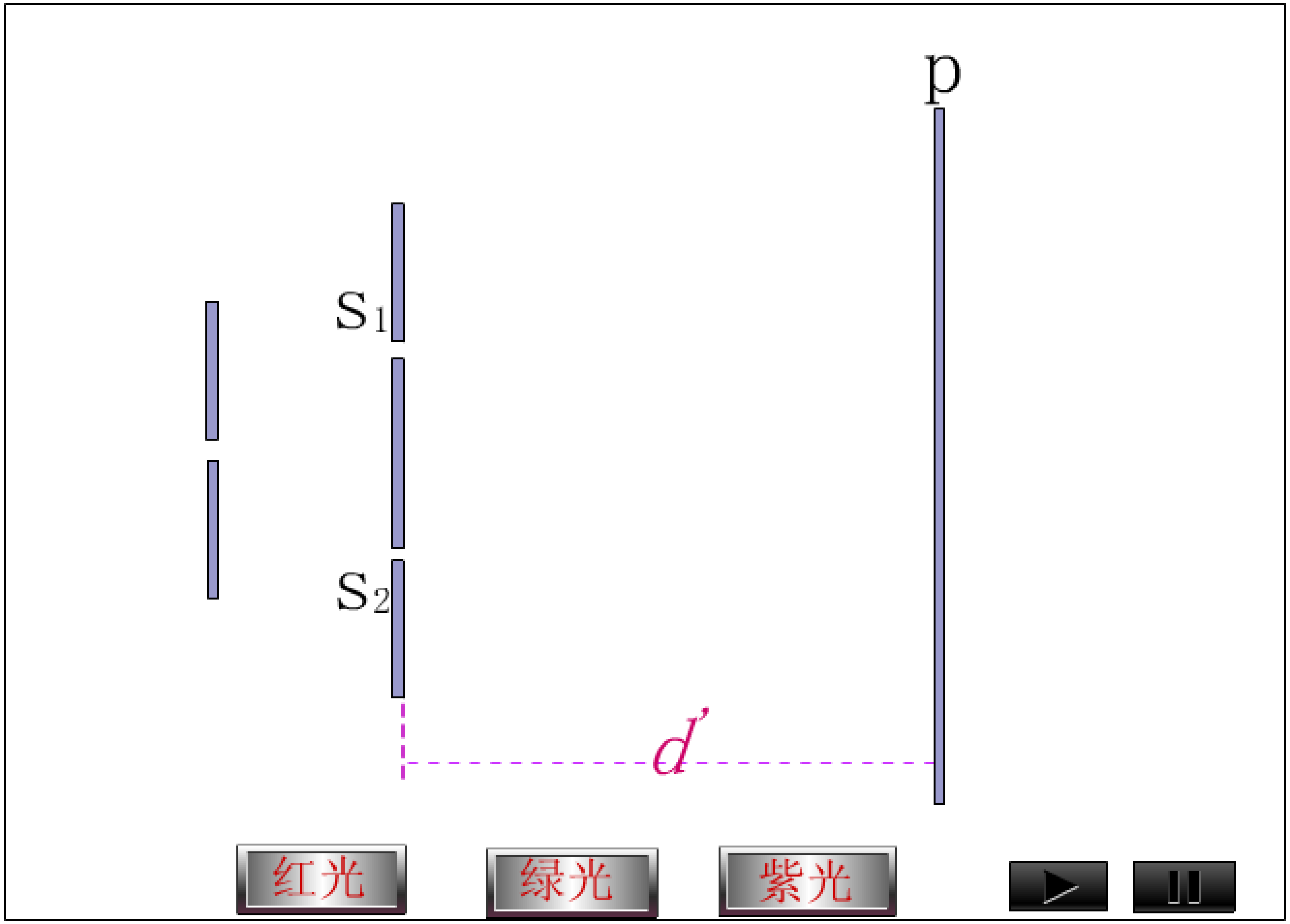
3.当用白光作为光源时，在零级白色中央条纹两边对称地排列着几条彩色条纹。



2级明纹 1级明纹 中央级明纹

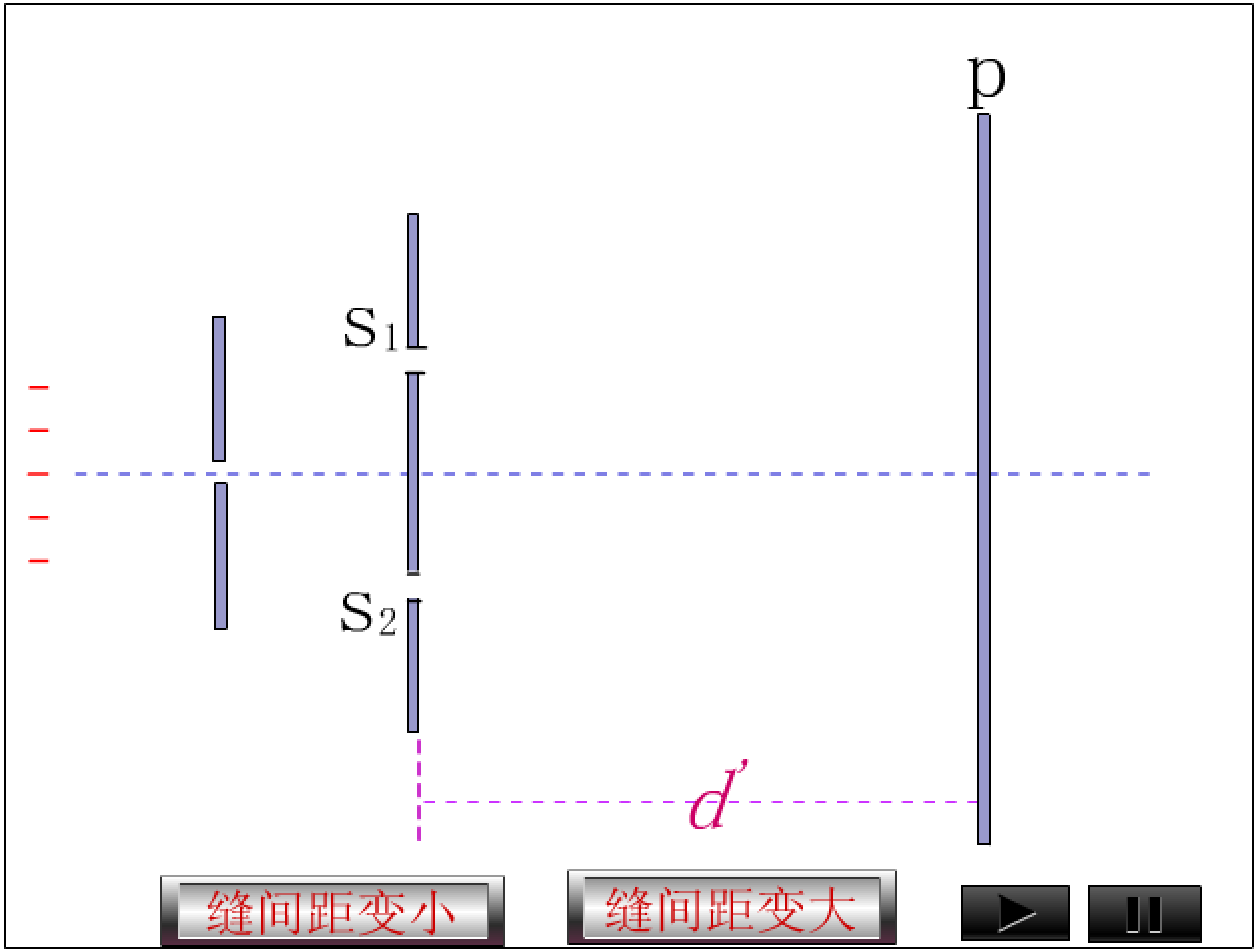


(1) d、d' 一定时，若 λ变化，则 Δx 将怎样变化？



11-2 杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜

(2) λ、d' 一定时，条纹间距 d 与 Δx 的关系如何？



例1 在杨氏双缝干涉实验中，用波长λ=589.3 nm的纳灯作光源，屏幕距双缝的距离d'=800 nm，问：

(1) 当双缝间距 1 mm时，两相邻明条纹中心间距是多少？

(2) 假设双缝间距10 mm，两相邻明条纹中心间距又是多少？

11-2 杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜

已知 λ=589.3 nm　d'=800 nm

求 （1） d=1 mm时 $\Delta x = ?$

（2） d=10 mm时 $\Delta x = ?$

解 （1） d=1 mm时

$$\Delta x = \frac{d'}{d}\lambda = 0.47\ \text{mm}$$

（2） d=10 mm时

$$\Delta x = \frac{d'}{d}\lambda = 0.047\ \text{mm}$$

例2 以单色光照射到相距为0.2 mm的双缝上，双缝与屏幕的垂直距离为1 m.

(1) 从第一级明纹到同侧的第四级明纹间的距离为7.5 mm，求单色光的波长；

(2) 若入射光的波长为600 nm, 中央明纹中心距离最邻近的暗纹中心的距离是多少？

11-2 杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜

已知 $d = 0.2\ \mathbf{mm} \qquad d' = 1\ \mathbf{m}$

求 (1) $\Delta x_{14} = 7.5\ \mathbf{nm} \qquad \lambda = ?$

(2) $\lambda = 600\ \mathbf{nm} \quad \Delta x' = ?$

解 (1)

$$x_k = \pm \frac{d'}{d} k\lambda, \quad k = 0, \quad 1, \quad 2, \cdots$$

$$\Delta x_{14} = x_4 - x_1 = \frac{d'}{d}(k_4 - k_1)\lambda$$

$$\lambda = \frac{d}{d'} \frac{\Delta x_{14}}{(k_4 - k_1)} = 500\ \mathbf{nm}$$

(2)

$$\Delta x' = \frac{1}{2} \frac{d'}{d} \lambda = 1.5\ \mathbf{mm}$$

例 双缝干涉实验中，用钠光灯作单色光源，其波长为589.3 nm，屏与双缝的距离 d'=600 mm。求 (1) d =1.0 mm 和 d =10 mm，两种情况相邻明条纹间距分别为多大？(2) 若相邻条纹的最小分辨距离为 0.065 mm，能分清干涉条纹的双缝间距 d 最大是多少？

解 (1) 明纹间距分别为

$$\Delta x = \frac{d'\lambda}{d} = \frac{600\times 5.893\times 10^{-4}}{1.0} = 0.35 \quad \text{mm}$$

$$\Delta x' = \frac{d'\lambda}{d} = \frac{600\times 5.893\times 10^{-4}}{10.0} = 0.035 \quad \text{mm}$$

(2) 双缝间距 d 为

$$d = \frac{d'\lambda}{\Delta x} = \frac{600\times 5.893\times 10^{-4}}{0.065} = 5.4 \quad \text{mm}$$

例2 用白光作光源观察杨氏双缝干涉。设缝间距为d，缝面与屏距离为d'。求能观察到的清晰可见光谱的级次。

解 白光波长范围 400～760nm

明纹条件 $\delta = \dfrac{xd}{d'} = \pm k\lambda$

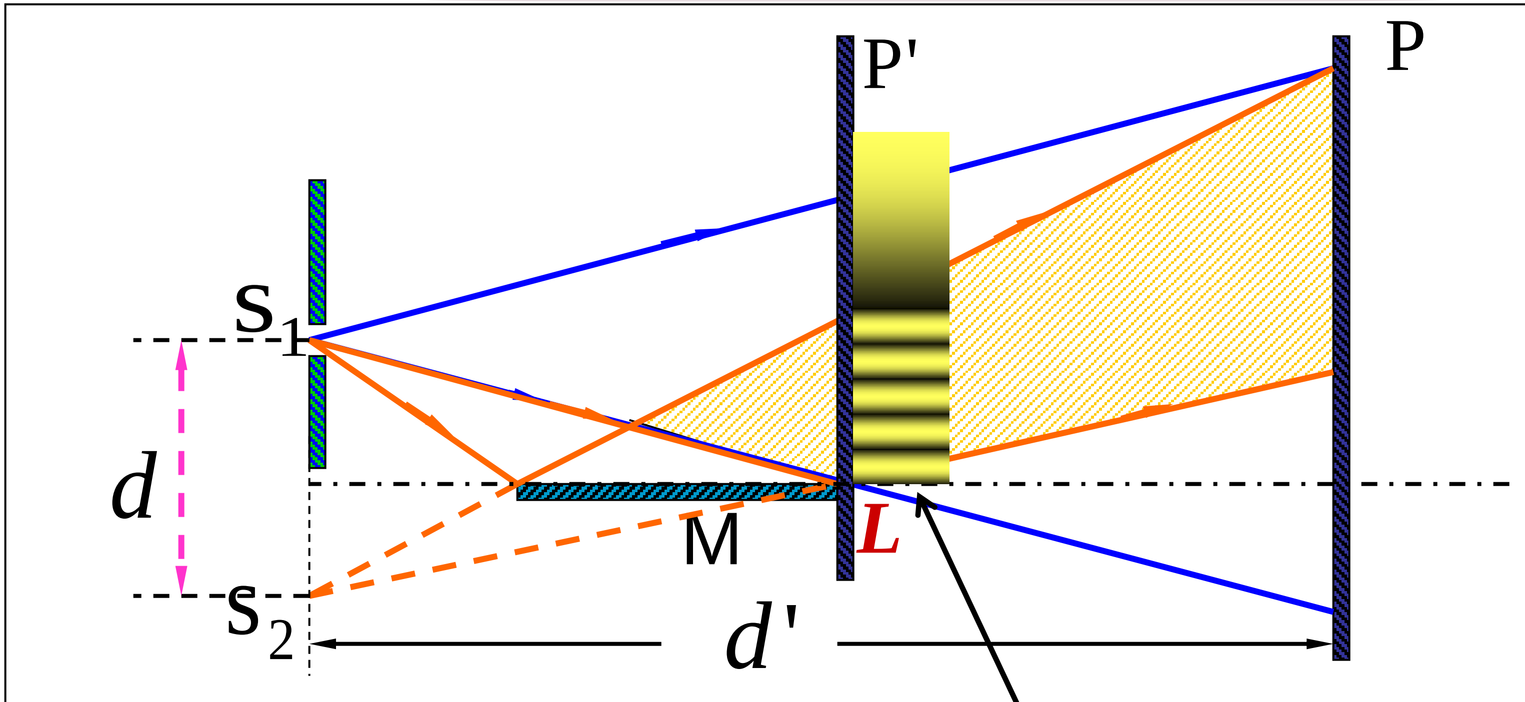
由中央向外，由紫到红产生不同级次条纹重叠。

$$k\lambda_{红} = (k+1)\lambda_{紫}$$

$$k = \frac{\lambda_{紫}}{\lambda_{红} - \lambda_{紫}} = \frac{400}{760-400} = 1.1$$ 一级光谱。

11-2 杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜

二 劳埃德镜



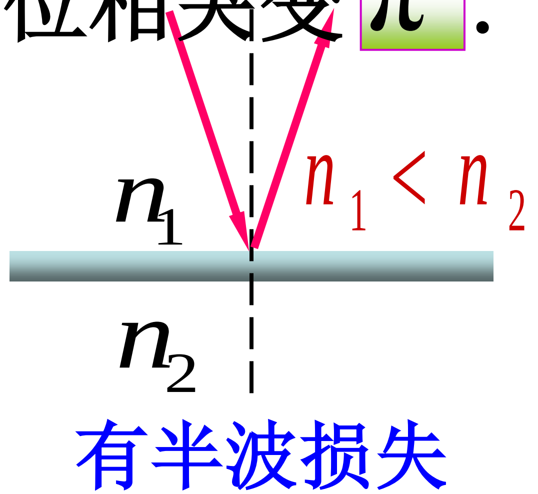
劳埃德镜实验结果与杨氏双缝干涉相似。

屏与反射镜接触处，屏上O 点出现暗条纹。？

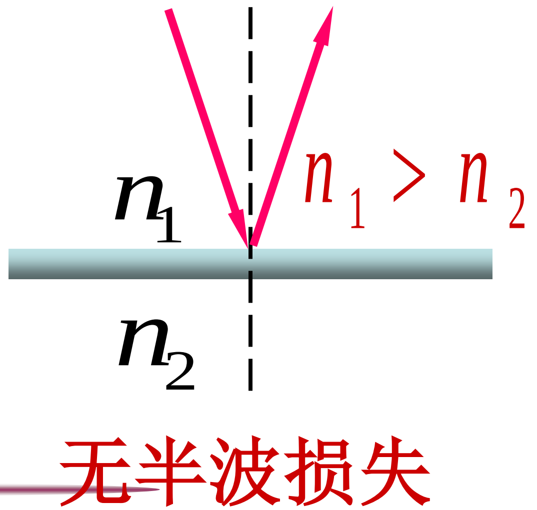
相当于入射波与反射波之间附加了一个半波长的波程差 — **半波损失**。

半波损失：光由光速较大的介质射向光速较小的介质时，反射光位相突变 $\boxed{\pi}$.

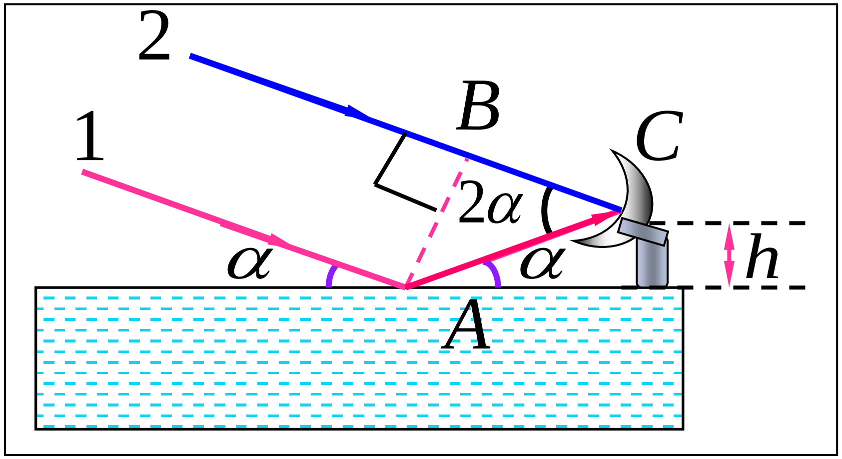
当光从折射率小的光疏介质，正入射或掠入射于折射率大的光密介质时，反射光有半波损失。

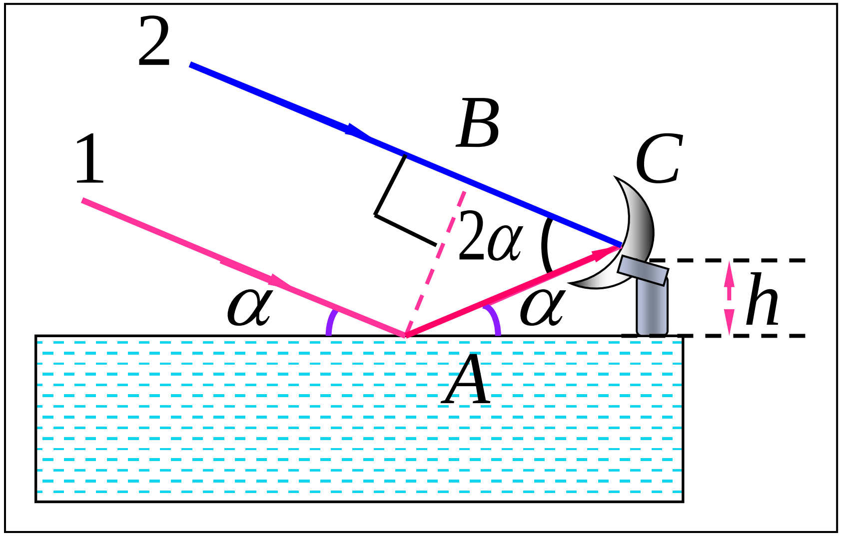


当光从折射率大的光密介质，正入射于折射率小的光疏介质时，反射光没有半波损失。



例2 如图 离湖面 h=0.5 m处有一电磁波接收器位于 C，当一射电星从地平面渐渐升起时，接收器断续地检测到一系列极大值．已知射电星所发射的电磁波的波长为20.0 cm, 求第一次测到极大值时，射电星的方位与湖面所成的角度.





解 计算波程差

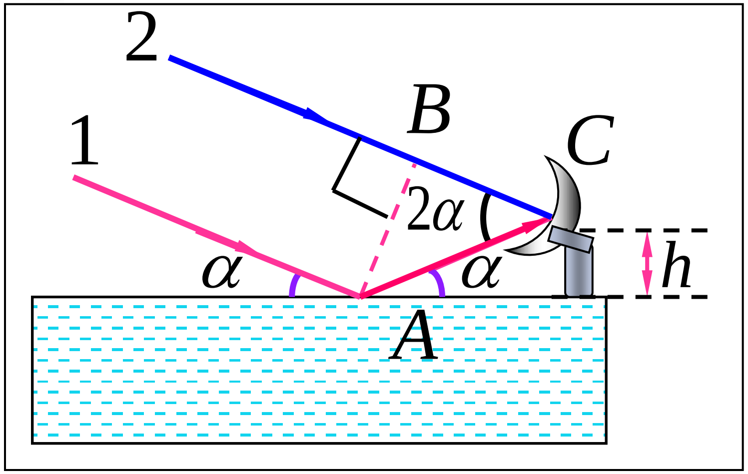
$$\Delta r = AC - BC \boxed{+\frac{\lambda}{2}}$$

$$= AC(1-\cos 2\alpha) + \frac{\lambda}{2}$$

$$AC = h/\sin\alpha$$

$$\Delta r = \frac{h}{\sin\alpha}(1-\cos 2\alpha) + \frac{\lambda}{2}$$

极大时 $\Delta r = k\lambda$



$$\sin\alpha = \frac{(2k-1)\lambda}{4h}$$

取 $k=1$ $\alpha_1 = \arcsin\frac{\lambda}{4h}$

$$\alpha_1 = \arcsin\frac{20.0\times10^{-2}\ \mathbf{m}}{4\times0.5\ \mathbf{m}} = 5.74^\circ$$

注意 考虑半波损失时，附加波程差取 $\boxed{\pm\lambda/2}$ 均可，符号不同，k 取值不同，对问题实质无影响.

END