



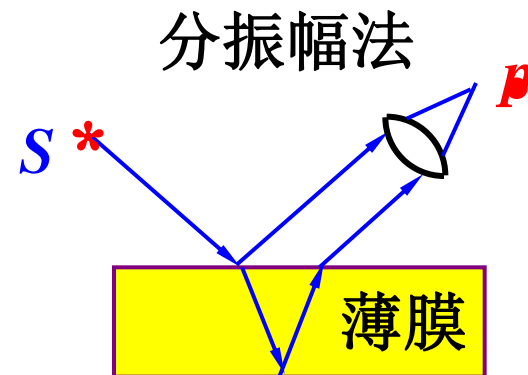
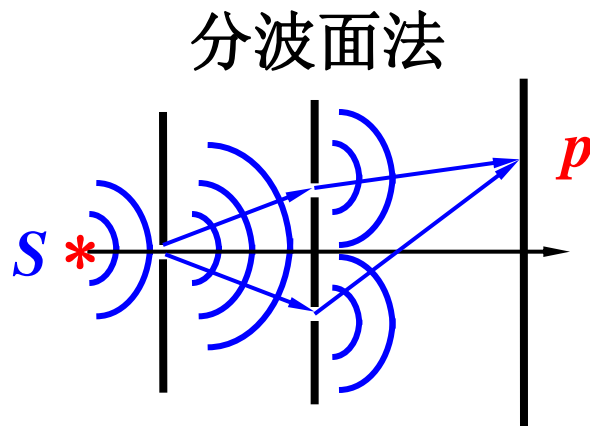
§ 3.2 分波前干涉 (教材3.2)

- 我们将会学到
 - 干涉条件
 - 杨氏实验
 - 各种分波前干涉装置



一、产生干涉的两种方法

- 普通光源和相干光源(P110)
 - 由于两个普通光源，即使频率相同也不会产生干涉，其原因在于它们没有固定的相位差。
- 干涉条件：同频、固定相位差、同振动方向
- 获得干涉的方法：将相干光源发出的光分成两部分，再使它们叠加。

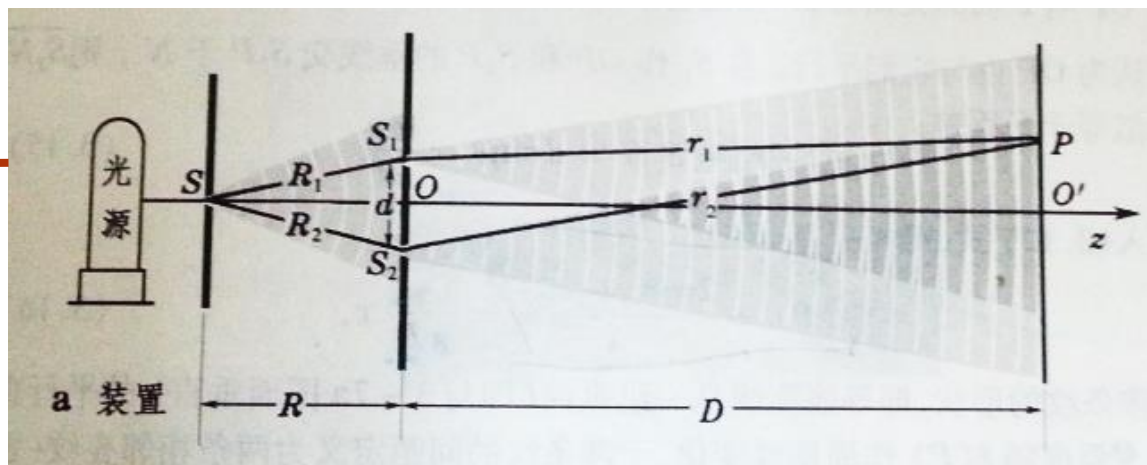
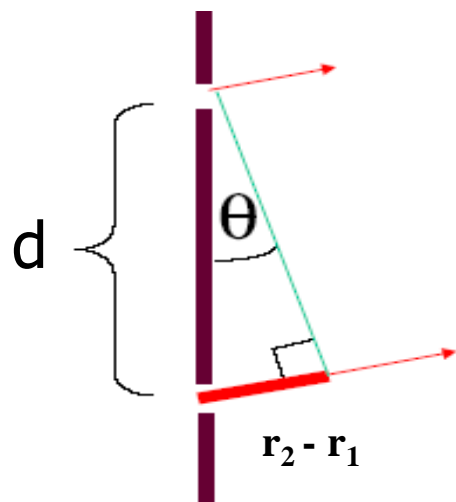




二、杨氏双缝实验

1. 双缝实验的强度分布

远场近似，经双缝出射后的光线近似平行



屏幕远离光源： $D \gg d$

$$I = 2I_0 \left\{ 1 + \cos \left[k(r_1 - r_2) \right] \right\}, k = 2\pi / \lambda$$

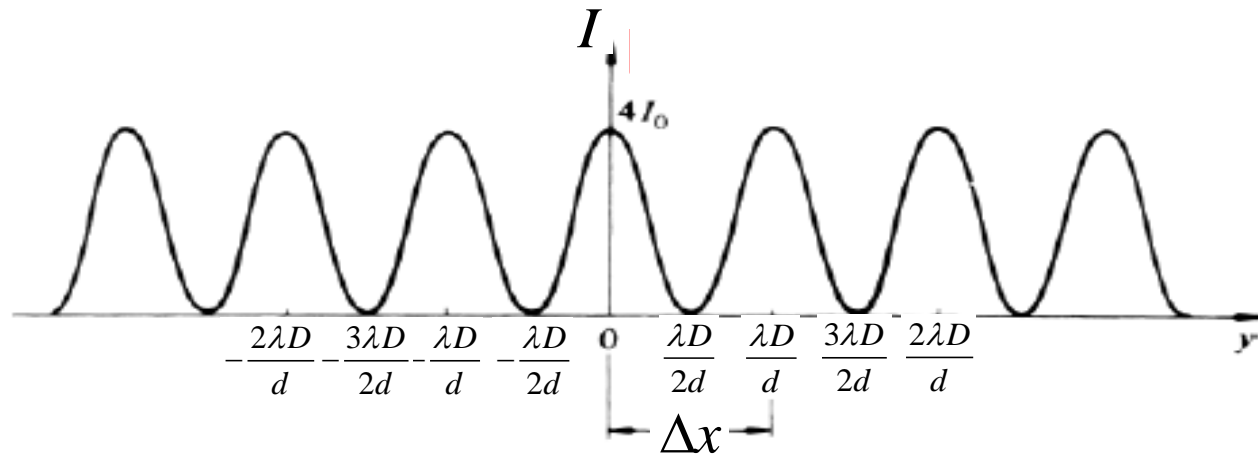
$$\Delta L = r_1 - r_2 = d \sin \theta \sim d \tan \theta \sim dx / D$$

$$I = 2I_0 (1 + \cos \delta) = 4I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2}, \delta = \frac{kd}{D} x = \frac{2\pi d}{\lambda D} x$$



二、杨氏双缝实验

$$I = 2I_0(1 + \cos \delta) = 4I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2}, \delta = \frac{kd}{D}x = \frac{2\pi d}{\lambda D}x$$



红光入射的杨氏双缝干涉照片



2. 条纹位置

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2\pi}{\lambda_0}(r_1 - r_2), \Delta L = \frac{d}{D}x$$

(1) 亮纹（相干相长）：

$$x = \pm m\lambda \frac{D}{d}, (m = 0, 1, 2, \dots), \text{称为干涉级次}$$

$$\left(\because \delta = \pm 2m\pi \quad \text{即} \quad \Delta L = r_2 - r_1 = d \frac{x}{D} = \pm m\lambda \right)$$

亮纹中心位置&级次

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 0, x_0 = 0 \dots\dots\dots \text{称0级中央亮纹} \\ m = 1, x_{\pm 1} = \pm \frac{D\lambda}{d} \dots \text{称} \pm 1 \text{级亮纹} \\ m = 2, x_{\pm 2} = \pm \frac{2D\lambda}{d} \dots \text{称} \pm 2 \text{级亮纹} \end{array} \right\}$$

**x 越大，光程差
越大，级次 m 也
越大**



2. 条纹位置

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2\pi}{\lambda_0} (r_1 - r_2), \Delta L = \frac{d}{D} x$$

(2) 暗纹（相干相消）：

$$x = \pm(2m-1)\frac{\lambda}{2} \frac{D}{d}$$

$$\left(\because \Delta L = r_2 - r_1 = d \frac{x}{D} = \pm(2m-1)\frac{\lambda}{2} \right)$$

暗纹中心位置&级次

$$\left\{ \begin{array}{l} m=1, \quad x_{\pm 1} = \pm \frac{D\lambda}{2d} \dots \text{称} \pm 1 \text{级暗纹} \\ m=2, \quad x_{\pm 2} = \pm \frac{3D\lambda}{2d} \dots \text{称} \pm 2 \text{级暗纹} \end{array} \right\}$$

3. 条纹间距

$$\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$$

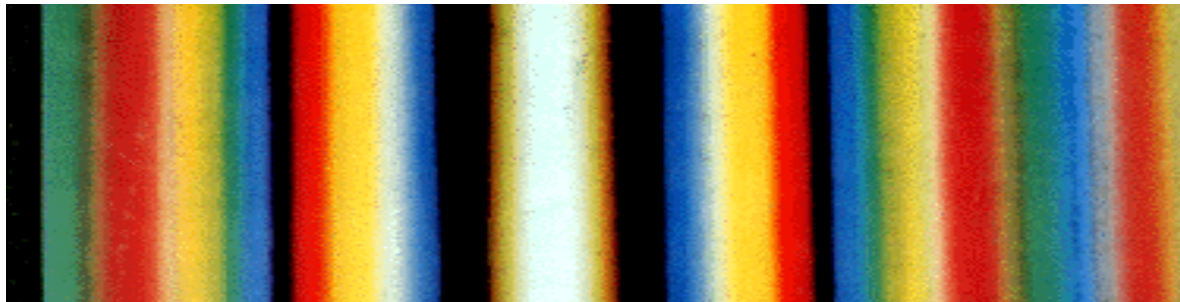
- ◆可以测光波的波长
- ◆对非单色光源，有色散现象：白光入射时，0级亮纹为白色（可用来定0级位置）；其余级亮纹，构成彩带。



二、杨氏双缝实验

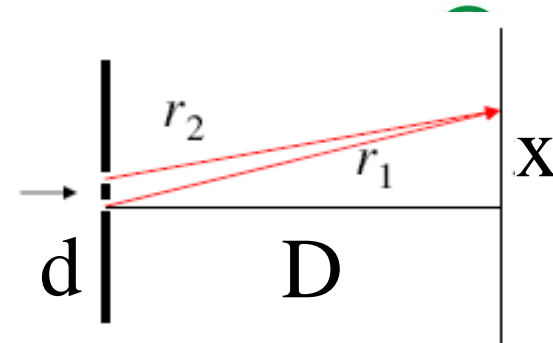


红光入射的杨氏双缝干涉照片



白光入射的杨氏双缝干涉照片

二、杨氏双缝实验



1. 干涉条纹只与 **D** 、 **d** 、 **λ** 有关。即 **D** 、 **d** 、 **λ** 一定时，条纹位置 **x** 一定， **Δx** 也一定。
2. 条纹是**等距平行**条纹。当 **D** 、 **λ** 一定时， **Δx** 与 **d** 成反比。所以 **d** 不宜过大，否则条纹过密而无法观察。
3. 同一干涉装置对不同的 **λ** 光， **Δx** 亦不同，相互交错重叠

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{\pi d}{\lambda D} x$$

$$x = \pm m \frac{D\lambda}{d}$$

$$\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$$



复习

例：汞弧灯发出的光通过一滤色片后照射在二相距为 0.60mm 的双缝上，在 2.5m 远处的屏幕上显现干涉条纹，现测得相邻两明条纹中心的距离为 2.27mm ，试计算入射光的波长。

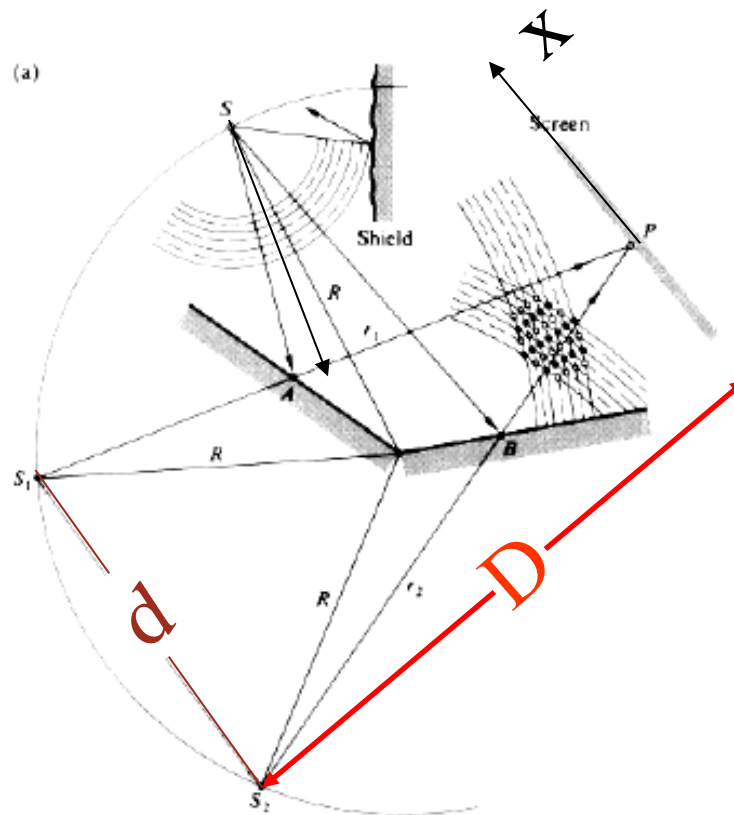
解： $\because \Delta x = \frac{D\lambda}{d}$

$$\therefore \lambda = \frac{d\Delta x}{D} = \frac{0.60 \times 2.27}{2500} = 5.45 \times 10^{-4} \text{ mm} = 545 \text{ nm}$$

三、其他分波前干涉装置 P107



- 菲涅耳双面镜



明条纹中心的位置

$$x = m\lambda \frac{D}{d}$$

暗条纹中心的位置

$$x = \frac{2m+1}{2} \lambda \frac{D}{d}$$

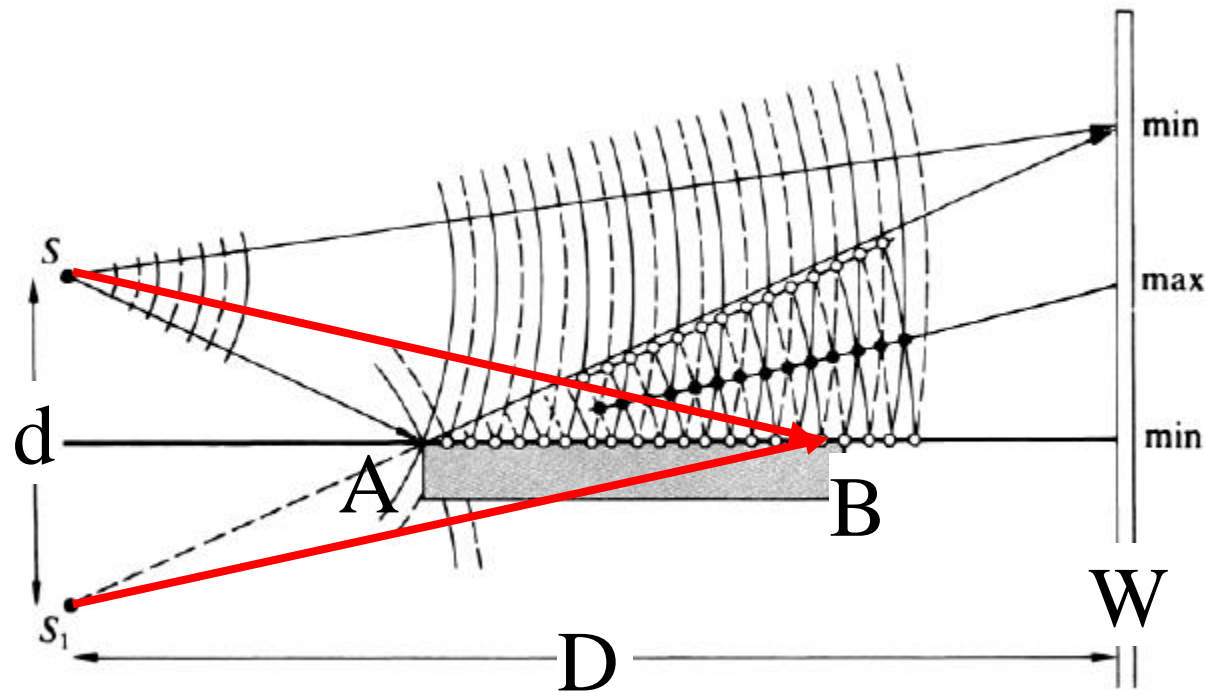
条纹间距

$$\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$$

三、其他分波前干涉装置 P108



■ 劳埃德镜



注意：当屏幕W移至B处，从S和S'到B点的光程差为零，但是观察到暗条纹，验证了反射时有半波损失存在。



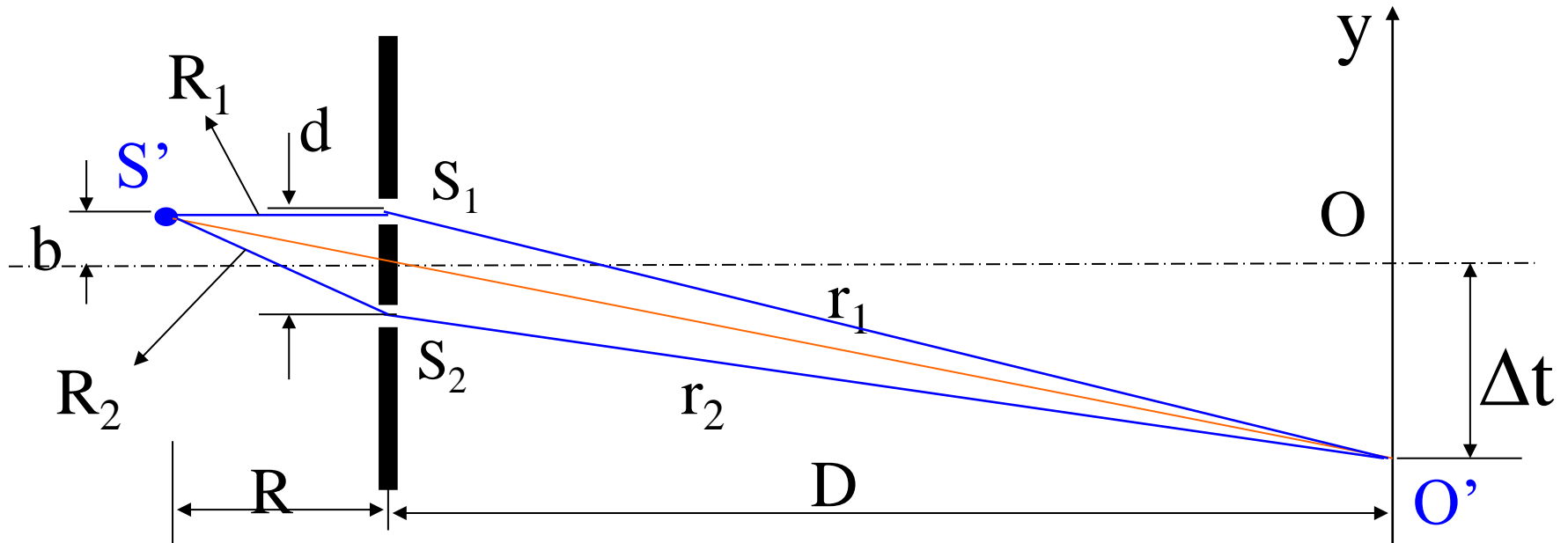
四、关于杨氏双缝实验的若干讨论

光源的移动引起条纹的变化 (P109)

只需研究**特定条纹**（如程差为零的点）**的去向**

设光程差为零的O点现移至O'，其位置由零程差的条件决定：

$$0 = \Delta L_{O'} = (R_1 + r_1) - (R_2 + r_2) \quad \longrightarrow \quad R_1 - R_2 = r_2 - r_1$$





三、关于杨氏双缝实验的若干讨论

当点源向上移动时， $R_1 < R_2$ ，则要求 $r_1 > r_2$ ，即条纹下移；

当点源向下移动时， $R_1 > R_2$ ，则要求 $r_1 < r_2$ ，即条纹上移。

定量地，在傍轴近似下，有 $r_2 - r_1 = -d \frac{\Delta t}{D}$, $R_1 - R_2 = d \frac{b}{R}$

$$\therefore \Delta t = -\frac{D}{R} b$$

即：光源移动与条纹移动方向相反。
物理上是因为改变了光源到屏幕的光程差

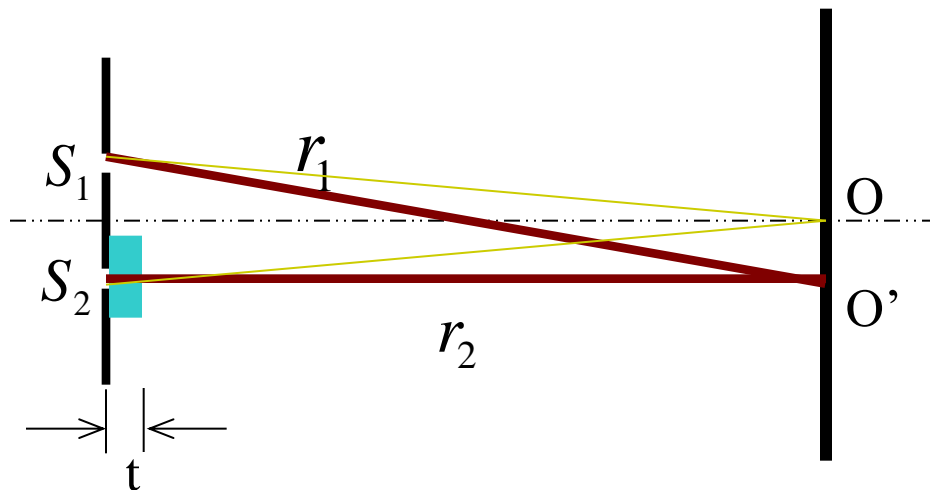


课堂练习

物质厚度的测量

例：云母， $n=1.58$, 550nm 的条纹向下移动了7条，问厚？

解：零级极大条纹从O下移到O'。此时O点的光程差不再为0，而应为： $nt-t$ (原因： S_2O 比 S_1O 多走了厚度为 t 的“玻璃光程”，少走了厚度为 t 的“空气光程”)



假设这时O点变为第 m 级极大，则：

$$m\lambda = (n-1)t \longrightarrow t = m\lambda / (n-1) = 7 \times 550 / (1.58-1) = 6.64\mu\text{m}$$



Homework week 7 (due date April 13)

- 教材P155 思考题3-1
- 教材 P158 习题3-1, 3-9