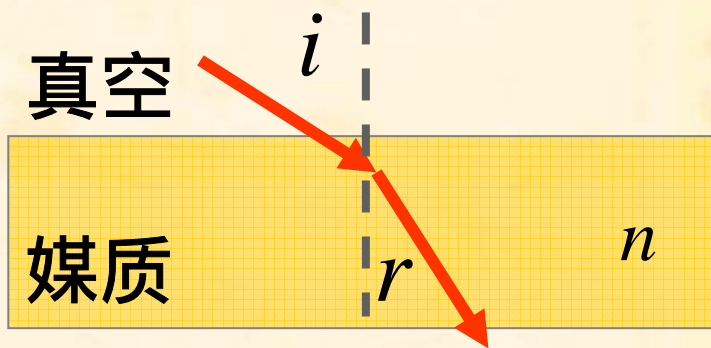


§ 7-3 光程、光程差

(Optical Path and Optical Path Difference)

一、媒质中的光速与波长



$$\therefore \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{v} = n$$

光在媒质中的速度：

$$v = \frac{c}{n}$$

光在媒质中的波长

$$\lambda_n = \frac{v}{\nu} = \frac{1}{\nu} \left(\frac{c}{n} \right) = \frac{\lambda}{n}$$

光的频率不会因媒质而改变

光在媒质中传播时波长变短了，为真空中波长的 $1/n$.

在 P 点两相干光的相位差

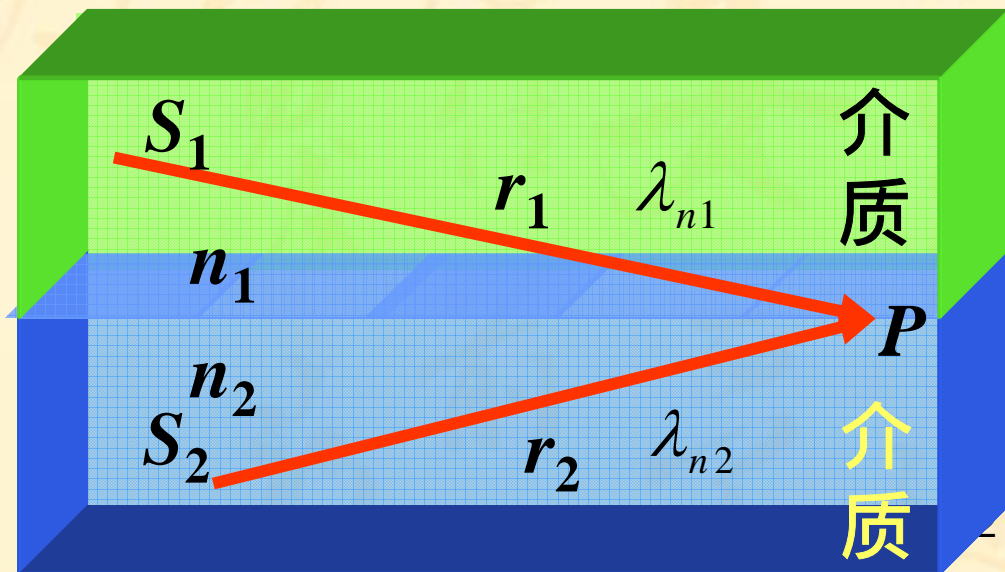
$$\lambda_n = \lambda / n$$

$$\Delta\varphi = \left(\varphi_{S_2} - \frac{2\pi}{\lambda_{n_2}} r_2\right) - \left(\varphi_{S_1} - \frac{2\pi}{\lambda_{n_1}} r_1\right)$$

设 $\varphi_{S_1} = \varphi_{S_2}$

$$\Delta\varphi = 2\pi\left(\frac{r_1}{\lambda_{n_1}} - \frac{r_2}{\lambda_{n_2}}\right) = 2\pi\left(\frac{n_1 r_1}{\lambda} - \frac{n_2 r_2}{\lambda}\right)$$

在媒质中光传播所形成的相位差与媒质的折射率有关.



二、光程

真空中光传播 r 路程，相位改变 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} r$

介质中光传播 r 路程，相位改变

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_n} r = \frac{2\pi}{\lambda} nr$$

光在介质中传播距离 r 所引起的相差与光在真空中传播几何路程 nr 所引起的相差相同。

定义

光程 $L = nr$

光程 nr 表示光在介质中传播几何路径 r 的相等时间内，光在真空中所走过的路程。

借助光程的概念，可将光在介质中传播的路径折算到光在真空中走过的路程，以便于比较。

三、光程差与相位差

设两相干光： $\varphi_1 = \varphi_2$ ，则

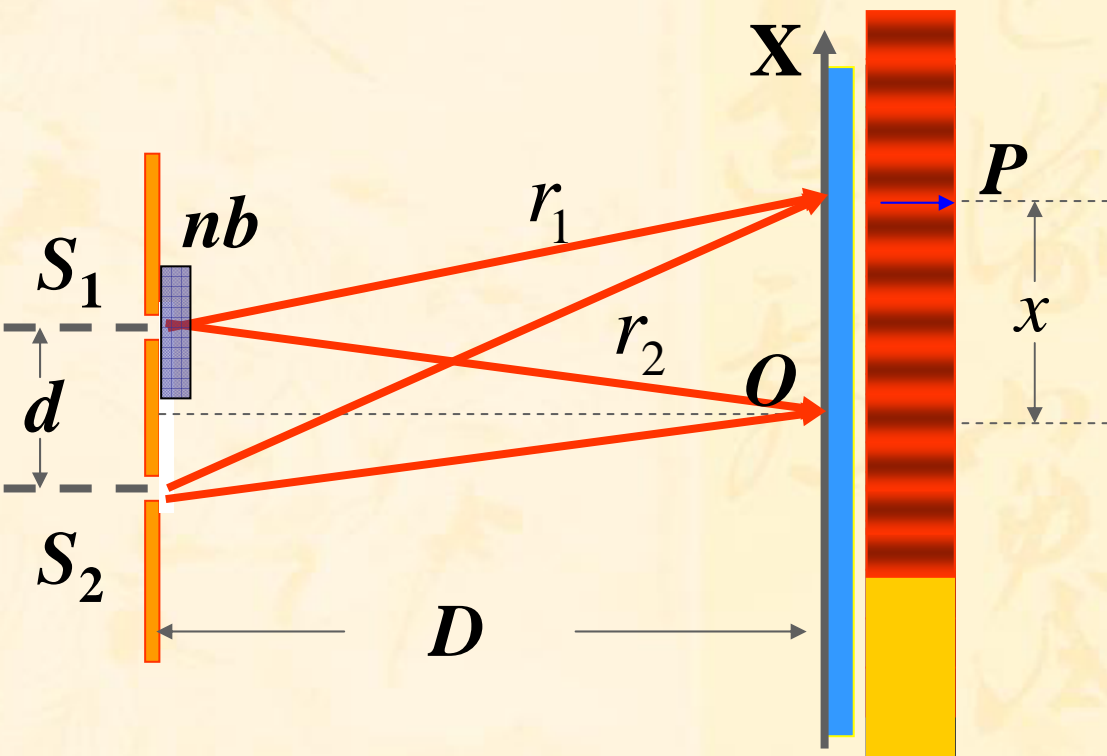
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_2r_2 - n_1r_1) = \frac{2\pi}{\lambda}(L_2 - L_1) = \frac{2\pi}{\lambda}\delta$$

$$\delta = L_2 - L_1 = n_2r_2 - n_1r_1$$

两光的光程差

相干光通过不同介质时，决定干涉图样的不是两光的几何路程差，而是其光程差。

例：双缝干涉中，入射光波长 λ ，双缝至屏的距离 D ，在一缝后放一厚为 b 的透明薄膜，此时中央处仍为一明纹，求该明纹的干涉级次及条纹移动的距离 x 。



解 $\delta = nb - b$

$$= (n - 1)b$$

$$= k\lambda$$

$$k = \frac{(n - 1)b}{\lambda}$$

$$x = k \left(\frac{D\lambda}{d} \right) = \frac{(n - 1)b}{\lambda} \left(\frac{D\lambda}{d} \right) = (n - 1)b \frac{D}{d}$$

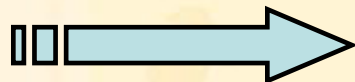
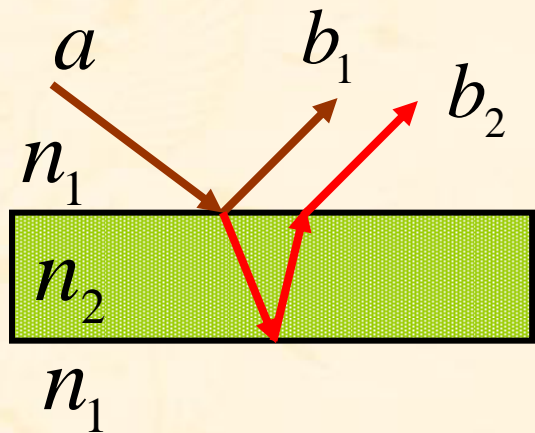
五、反射光的相位突变和额外光程差

半波损失---光在两种介质的介面反射时发生相位 π 的改变。

在下列情况下半波损失一定会发生：

光是正入射($i = 0$)，或掠入射($i = 90^\circ$)时，且光从光疏媒质进入光密媒质，则反射波有半波损失；其它入射角时情况较复杂。

光从置于另一种均匀介质中的薄膜的上下表面反射时，两光之间一定有附加程差 $\lambda/2$ 。



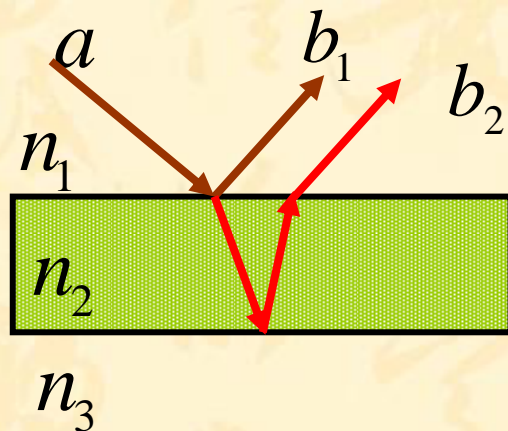
薄膜浸入另一种介质中，有半波损失。

$n_1 < n_2, n_2 > n_3$ ，则上表面的反射有半波损失；若 $n_1 > n_2, n_2 < n_3$ ，则下表面的反射有半波损失。

$n_1 < n_2 < n_3$ ，

或 $n_1 > n_2 > n_3$

最终无额外光程差。



例：杨氏双缝实验，用透明片遮住上缝，发现中央明纹向上移动了3个条纹，已知该片折射率为1.4，求该片厚度。 $(\lambda = 0.55 \times 10^{-6} \mu\text{m})$

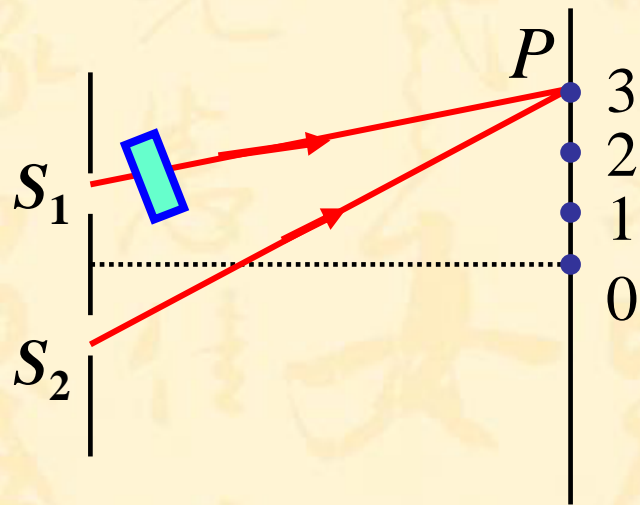
解：未加透明片时 $S_2P - S_1P = 3\lambda$

加透明片后 $S_2P - S_1P = 0$

说明加透明片后， S_1P 光路上增加了光程 3λ 。

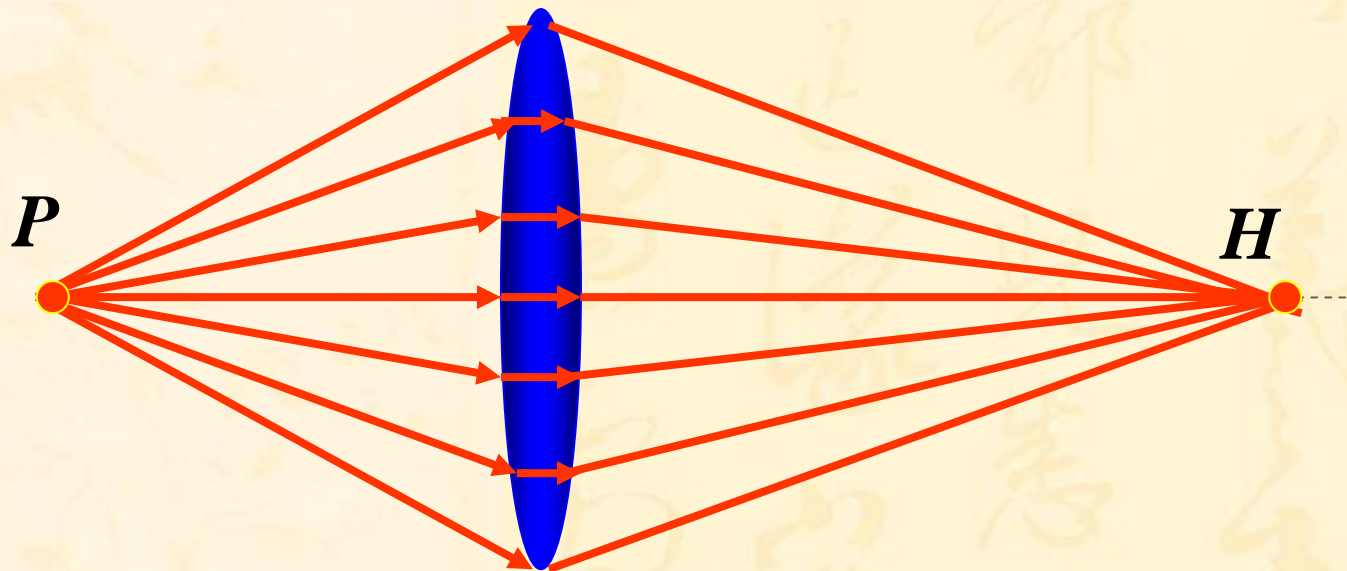
设薄片厚度为 e ，则

$$\delta = (n - 1)e = 3\lambda \quad e = \frac{3\lambda}{n - 1} = 4.86 \times 10^{-6} \text{ m}$$



六、关于薄透镜近轴光线的等光程性

对透镜聚焦的解释：等光程点形成焦点。



(几何路径不相等)

在薄透镜的光路中，由 P 点发出的光线经透镜聚焦于 H 点，则这些光线的光程是相等的。

传播相等的光程所用时间相同