

第7章 光的干涉

(一) 选择题

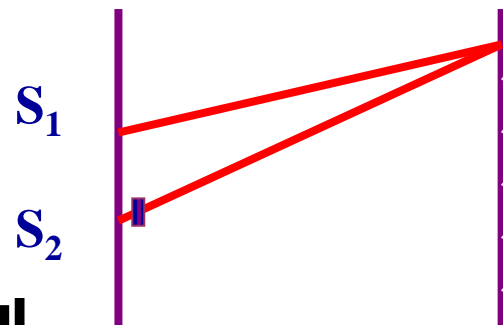
ADBAB

BBDAB

(二) 填空题

1. 真空中的波长 λ 为的单色光在折射率为 n 的媒质中由A点传到B点时，相位改变量为 3π ，则光程的改变量为 $3\lambda/2$ ，光从A传到B所走过的几何路程为 $3\lambda/2n$ 。

2. 如图所示，在杨氏双缝实验中，若用红光做实验，则相邻干涉条纹间距比用紫光做实验时相邻干涉条纹间距大，若在光源 S_2 右侧光路上放置一薄玻璃片，则中央明纹将向下移动。



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

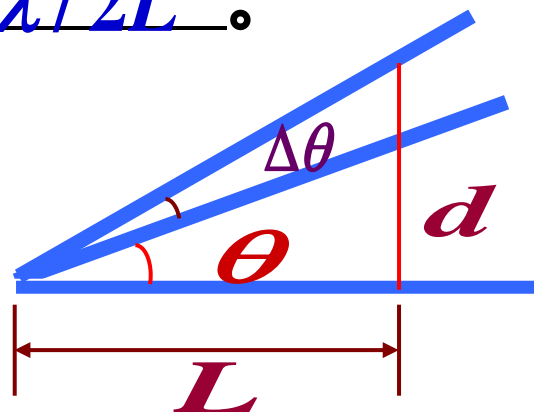
3. 波长为 λ 的平行单色光垂直照射到劈尖薄膜上，劈尖角薄膜的折射率为 n ，第二条明文与第五条明文所对应的薄膜的厚度只差是 $3\lambda/2n$ 。

4. 光强为 I_0 的两束相干光相遇而发生干涉时，在相遇区域内有可能出现的最大光强是 $4I_0$ 。

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{\Delta\varphi}{2}$$

5. 用单色光垂直照射空气劈尖上，观察反射光的干涉，则棱边处是 **暗** 纹，照射置于空气中的玻璃劈尖时，棱边处是 **暗**。

6. 用波长为 λ 的单色光垂直照射到空气劈尖上，从反射光中观察干涉条纹，距顶点 L 处是暗条纹，使劈尖角 θ 连续变大，直到该点处再次出现暗条纹为止，劈尖角的改变量 $\Delta\theta$ 是 $\lambda/2L$ 。



注
$$\begin{cases} \theta + \Delta\theta = \frac{d + \lambda/2}{L} \\ \theta = \frac{d}{L} \end{cases}$$

7. 在杨氏双缝实验中，双缝间距 $a=0.20\text{mm}$ ，缝屏间距 $D=1.0\text{m}$ ，若第二级明条纹离屏中心的距离为 6.0mm ，此单色光的波长 600nm ，相邻两明条纹间的距离为 3mm

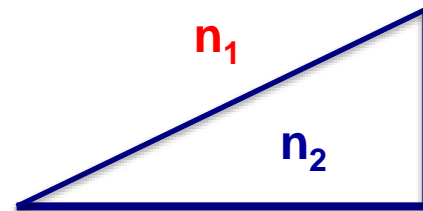
$$x = k \frac{D}{d} \lambda$$

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

8. 用波长为 λ 的单色光垂直照射如图所示的折射率为 n_2 的劈尖膜（ $n_1 > n_2, n_3 > n_2$ ），观察反射光干涉。从劈形膜顶开始，第2条明条纹对应的膜厚度 $e = \frac{3\lambda}{4n_2}$

$$n_1 > n_2 < n_3$$

$$2n_2 e + \frac{\lambda}{2} = 2\lambda$$



9. 两光相干除了满足干涉的三个必要条件，即频率相同、振动方向相同、相位相等或相位差恒定之外，还必须满足两个附加条件两相干光的振幅不可相差太大、两相干光的光程差不能太大。

10. 在杨氏双缝干涉实验中，今若用折射率为 $n_1=1.5$ ，厚度为 e_1 的透明薄膜覆盖双缝之一，干涉条纹将发生移动。今若在另一缝上用折射率为 $n_2=1.3$ ，厚度为 e_2 的透明薄膜覆盖，恰好可以使干涉条纹移回原位，则 e_1/e_2 等于
3/5。

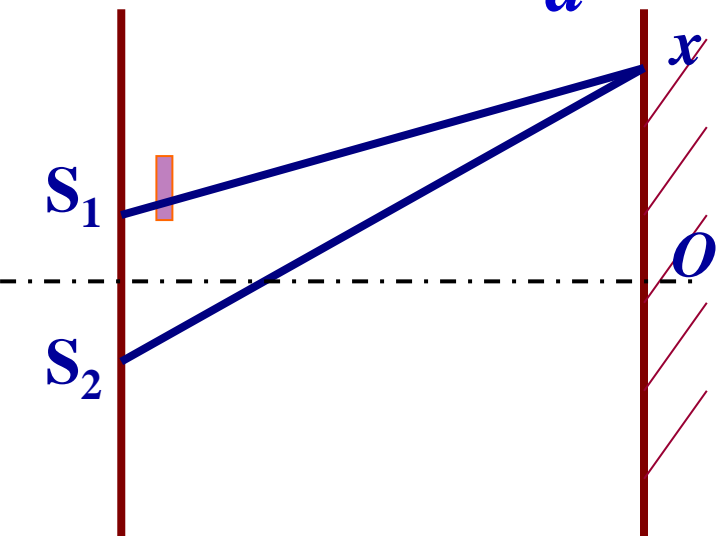
$$r_2 + (n_2 - 1)e_2 - [r_1 + (n_1 - 1)e_1] = r_2 - r_1$$

$$(n_2 - 1)e_2 = (n_1 - 1)e_1$$

(三) 计算题

1. 在杨氏双缝干涉实验装置中，双缝与屏之间的距离 $D=120\text{cm}$ ，两缝之间的距离 $d=0.50\text{mm}$ ，用波长 $\lambda=500\text{nm}$ 的单色光垂直照射双缝。(1)求原点 O (零级明条纹所在处) 上方的第五级明条纹的坐标 x ;(2)如用厚度 $l=1.0\times 10^{-2}\text{mm}$ ，折射率 $n=1.58$ 的透明薄膜覆盖在图中的 S_1 缝后面，求上述第五级明条纹的坐标 x' 。

解： (1) $x = k \frac{D}{d} \lambda = 6.0\text{mm}$



$$(2) \quad \delta = r_2 - (r_1 - l + nl)$$

$$= d \frac{x'}{D} - (n-1)l = 5\lambda$$

$$\Rightarrow x' = 19.9\text{mm}$$

$$\text{或 } \Delta\delta = \frac{a}{D} \Delta x = (n-1)l \rightarrow \Delta x$$

$$x' = x + \Delta x$$

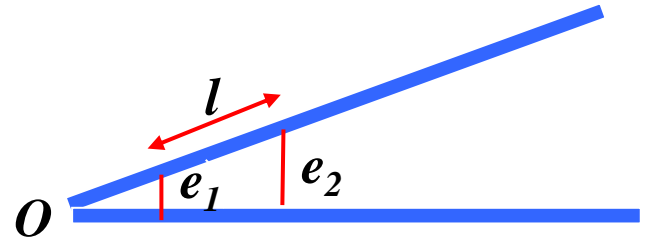
2. 波长为 $\lambda = 6.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的红光垂直照射到劈尖形的液膜上，膜的折射率为1.33，液面两侧是同一种媒质，观察反射光的干涉条纹。

(1) 离开劈尖棱边的第一条明条纹中心所对应的膜厚度是多少？

(2) 若相邻的明条纹间距 $l = 6 \text{ mm}$ ，上述第一明纹中心到劈尖棱边的距离 x 是多少？

解：(1) $2ne + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad (k=1) \Rightarrow e = \frac{\lambda}{4n} = 1.22 \times 10^{-7} \text{ m}$

(2) $x = \frac{l}{2} = 3 \text{ mm}$



3.利用空气劈尖干涉测细丝直径。如图所示，已知入射光波长 $5.894 \times 10^{-7} \text{m}$ ，细丝与劈尖距离 $L = 0.1 \text{m}$ ，现测得10条明纹间距为 0.02m 。求：

(1) 细丝直径 D ？

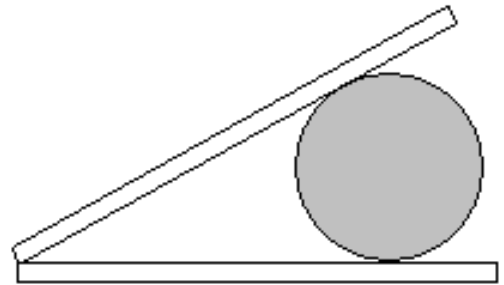
(2) 若在劈尖中滴入折射率 $n=1.52$ 的油，那么在 L 上呈现几条明纹？

解： (1) 相邻条纹间距 $l=0.02/9$

$$l = \frac{\lambda}{2\theta} \quad \theta = \frac{D}{L}$$

$$l = \frac{\lambda}{2\theta} = \frac{\lambda L}{2D}$$

$$D = \frac{\lambda L}{2l} = 1.326 \times 10^{-5} \text{m}$$



法二 10条条纹的厚度差为 $\frac{\lambda}{2} \cdot 9 = 4.5\lambda$

$$\theta = \frac{4.5\lambda}{0.02} = 1.326 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$D = L\theta = 1.326 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$(2) \quad 2ne + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \rightarrow 2nD + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$k = 68.89, \quad k = 68$ 明条纹的68条
暗条纹的69条

4. 用波长500nm单色光垂直照射由两块光学平玻璃构成的空气劈尖上，观察反射光的干涉现象，距劈尖棱边 $l=1.56\text{cm}$ 的A处是从棱边算起的第四个暗条纹中心。

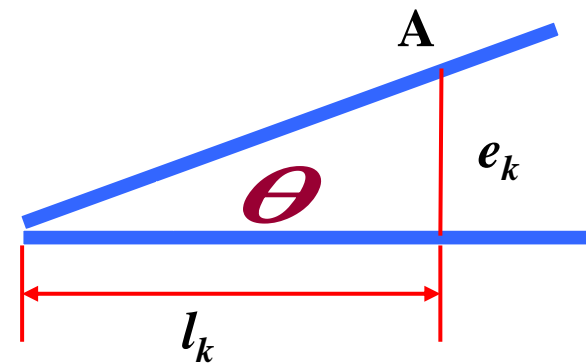
(1) 此空气劈尖的劈尖角；

(2) 改用600nm的单色光垂直照射到此劈尖上仍然观察反射光的干涉条纹，A处明条纹还是暗条纹？

(3) 在第(2)问的情形从棱边到A处的范围内共有几条明纹？几条暗纹？

$$(1) \quad \delta = 2e_k + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$k=3, e_k = 1.5\lambda, \theta = \frac{e_k}{l_k} = 4.8 \times 10^{-5}$$



$$(2) \quad \delta = 2e_{1.56} + \frac{\lambda'}{2} = 3\lambda' \quad \text{A处是明条纹}$$

(3) $\delta = 3\lambda' \Rightarrow$ 有3条明纹, 3条暗纹
以暗纹开始明纹结束

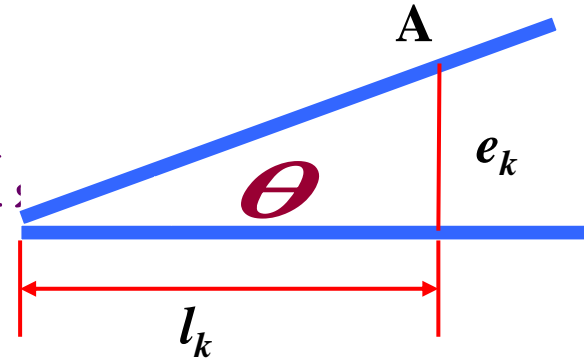
4. 用波长500nm($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)单色光垂直照射由两块光学平玻璃构成的空气劈尖上, 观察反射光的干涉现象, 距劈尖棱边 $l=1.56\text{cm}$ 的A处是从棱边算起的第四个暗条纹中心。

(1) 此空气劈尖的劈尖角;

(2) 改用600nm的单色光垂直照射到此劈尖上仍然观察反射光的干涉条纹, A处明条纹还是暗条纹?

(3) 在第(2)问的情形从棱边到A处的范围内共有几条明纹? 几条暗纹?

$$(2) \quad N = \frac{e_k}{\lambda'/2} = 2.5 \quad \text{A处是明条纹}$$



(3) 因棱边是暗纹, 可看到三暗三暗条纹。

5 用波长为 λ 的单色光垂直照射由两块平玻璃板构成的空气劈尖，已知劈尖角为 θ 。如果劈尖角变为 θ' ，从劈棱数起的第四条明条纹位移值 Δx 是多少？

解： $2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad (k=4) \quad e_4 = \frac{7\lambda}{4}$

$$x_4 = \frac{7\lambda}{4\theta} \quad x'_4 = \frac{7\lambda}{4\theta'}$$

$$\Delta x = \frac{7}{4}(x'_4 - x_4) = \frac{7}{4}\lambda\left(\frac{\theta - \theta'}{\theta\theta'}\right)$$

6. 在棱镜 ($n_1=1.52$) 表面镀一层增透膜 ($n_2=1.30$), 为使此增透膜适用于波长为 $5.50 \times 10^{-7} \text{m}$ 的单色光, 求:

(1) 膜的最小厚度 e_1 ;

(2) 膜的次最小厚度 e_2 ;

(3) 若用白光入射, 膜厚 e_2 时, 反射光是什么颜色?

解: $\delta = 2n_2e = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$

(1) $k = 0 \Rightarrow e_1 = 1.06 \times 10^{-7} \text{m}$

(2) $k = 1 \Rightarrow e_2 = 3.18 \times 10^{-7} \text{m}$

(3) $2n_2e_2 = k\lambda' \quad \begin{cases} k = 1 & \lambda' = 8.25 \times 10^{-7} \text{m} \\ k = 2 & \lambda' = 4.13 \times 10^{-7} \text{m} \end{cases}$

取 $k=2$, 紫光

7. 由两块玻璃片构成一空气劈尖，用波长 $\lambda=600\text{nm}$ 的单色光垂直照射，观察干涉条纹。求：（1）第二条明纹与第五条明纹所对应的空气膜厚度之差；（2）假如在劈尖内充满折射率 $n=1.4$ 的液体时，相邻明纹间距比劈尖内是空气时的间距缩小 $\Delta l=0.5\text{mm}$ ，劈尖角 θ 是多少？

解：(1)
$$\begin{cases} 2e_2 + \frac{\lambda}{2} = 2\lambda \\ 2e_5 + \frac{\lambda}{2} = 5\lambda \end{cases} \Rightarrow \Delta e_{52} = \frac{3\lambda}{2} = 9 \times 10^{-7} \text{m}$$

(2)
$$\Delta l_{\text{空气}} - \Delta l_{\text{液体}} = \frac{\lambda}{2\theta} - \frac{\lambda}{2n\theta} = \Delta l$$
$$\Rightarrow \theta = 1.71 \times 10^{-4} \text{rad}$$

8. 在双缝干涉实验中, 单色光源 S_0 到两缝 S_1 和 S_2 的距离分别为 l_1 和 l_2 , 并且 $l_1 - l_2, l_1 - l_2 = 3\lambda, \lambda$ 为入射光波长, 双缝之间的距离为 a , 双缝到屏幕的距离为 D ($D \gg a$). 求

(1) 零级明纹到屏幕中央 O 点的距离;

(2) 相邻明条纹间的距离。

解: (1)

$$\delta = 3\lambda - a \frac{x}{D} = k\lambda; \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots)$$

明纹

中央明纹位置 $x_0 = 3 \frac{\lambda D}{a}$

(2) 相邻明纹间距

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

