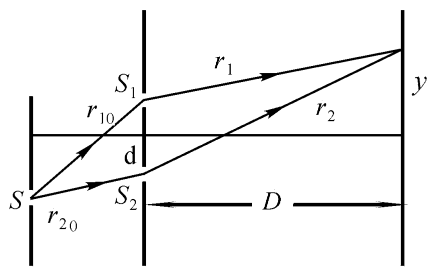
第十章 光的干涉

10-1 答: 不能. 因为两个细灯丝无法形成相干光源.

10-2 答: 条纹间距 $\Delta y=\dfrac{D}{d}\lambda$

(1) 当 d 减小时 Δy 增大,即条纹间距,条纹宽度均变

(2) 当 D 减小时 Δy 减小,即条纹间距,条纹宽度减小.



10-3 解: $\delta=k\left(r_2-r_1\right)+\left(\varphi_2-\varphi_{10}\right)$

$$=\frac{2\pi}{\lambda}\left[\Delta L+\left(r_{20}-r_{10}\right)\right]$$

$$=\frac{2\pi}{\lambda}\left[\frac{d}{D}y+\left(r_{20}-r_{10}\right)\right]$$

当 $\delta=2k\pi$

即 $\dfrac{2\pi}{\lambda}\left[\dfrac{d}{D}y+\left(r_{20}-r_{10}\right)\right]=2k\pi$,

$\left(k=0,\pm1,\pm2,...\right)$ 时

出现明条纹

$$y=\frac{D}{d}\left[k\lambda+\left(r_{20}-r_{10}\right)\right]$$

当 s_1 , s_2 对称分布在两侧时

明条纹 $y=\dfrac{D}{d}k\lambda$

∵ $\left(r_{20}-r_{10}\right)>0$

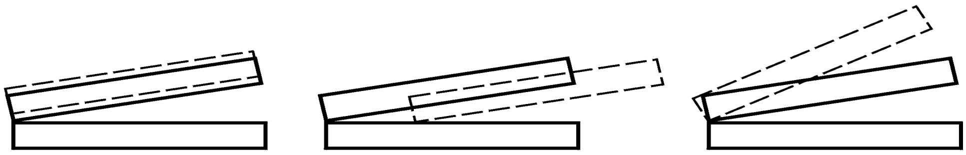
∴ 条纹上移

10-4 解: $\Delta y=\dfrac{D}{d}\lambda$

在水中 $\lambda' = \lambda / n$ 变小

∴ Δy 变小 即干涉条纹间距变小

10-6 解: (1)



(a) (b) (c)

图10.6

$\Delta L = 2n_2 d\cos r + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda$ 形成明条纹

在某点处 $d\uparrow$ $k\uparrow$, 即级数大的条纹移到此处

∴ 条纹左移

(2) $\Delta L = 2n_2 d\cos r + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda$ 形成明条纹

在某点处 $d\downarrow$ $k\downarrow$, 即级数小的条纹移到此处

∴ 条纹右移

(3) 条纹间隔 Δx 与楔的顶角 α 之间的关系为

$\Delta x = \dfrac{\lambda}{2\alpha}$ $\alpha\uparrow$ $\Delta x\downarrow$

∴ 条纹间隔减小

10-7 答: 牛顿环是薄膜等厚干涉装置,干涉条纹形状与膜的等厚线相同,是中央疏边缘密的同心圆.牛顿环左半侧,空气膜上,下表面反射光都有半波损失,所以光程差 $\Delta L = 2d$,中央处 $d = 0$ ∴ $\Delta L = 0$ 形成半个0级亮圆斑.牛顿环右半侧,仅空气膜的上表面上的反射光有半波损失,所以光程差 $\Delta L = 2d + \dfrac{\lambda}{2}$,中央处 $d = 0$, $\Delta L = \dfrac{\lambda}{2}$ 形成半个暗圆环.

10-8 解: 在白光照射下,肥皂泡的膜形成等倾干涉条纹,当肥皂泡逐

图10.7

渐扩大时,肥皂泡的膜也逐渐变薄,在即将破裂前.肥皂泡的膜有的地方薄得小于等于 $\frac{\lambda}{2}$,则显 现出黑色斑纹

刚吹起的肥皂液膜厚度较大,前后表面反射光的光程差超过了相干长度,因而不能干涉.随着泡张大,膜厚减小.光程差小于相干长度后产生干涉,白光中反射加强的成分显色,显色波长随膜厚减小而改变.当膜厚趋于零时,光程差只有半波损失引起的 $\frac{\lambda}{2}$,各种颜色前后表面反射光的相干差都是 π,反射相消,因此膜呈黑色,此时泡将破裂.

10-9 解: $y_{max} = k\frac{D}{d}\lambda \qquad k = 0, \pm 1, \pm 2$

$$y_{+5} = 5\frac{D}{d}\lambda$$

$$y_{-5} = -5\frac{D}{d}\lambda$$

$$\Delta y_5 = y_{+5} - y_{-5} = 10\frac{D}{d}\lambda$$

$$d = \frac{10D\lambda}{\Delta y_5}$$

$$= \frac{10\times 4\times 600\times 10^{-10}}{4\times 10^{-2}}$$

$$= 6\times 10^{-4}\ \mathrm{m}$$

$$= 0.6\ \mathrm{mm}$$

10-10 解: $y_{max} = k\frac{D}{d}\lambda$

其中 $d = 0.2\ \ \mathrm{mm} \qquad D = 1\ \ \mathrm{m}$

$$\lambda = 400\ \mathrm{nm} \sim 800\ \mathrm{nm} = 4\times 10^{-7}\ \mathrm{m} \sim 8\times 10^{-7}\ \mathrm{m}$$

(1) 当 $y_{max} = 10\ \mathrm{mm} = 10^{-2}\ \mathrm{m}$ 时

$$\lambda = \frac{d\,y_{max}}{kD} = \frac{2\times10^{-4}\times10^{-2}}{k} = \frac{2\times10^{-6}}{k}$$

当 $k=3$ 时 $\lambda = 6.667\times10^{-7}\ \text{m} = 666.7\ \text{nm}$

$k=4$ 时 $\lambda = 5\times10^{-7}\ \text{m} = 500\ \text{nm}$

$k=5$ 时 $\lambda = 4\times10^{-7}\ \text{m} = 400\ \text{nm}$

(2) 当 $y_{max} = 20\ \text{mm} = 2\times10^{-2}\ \text{m}$ 时

$$\lambda = \frac{d\,y_{max}}{kD} = \frac{2\times10^{-4}\times10^{-2}\times2}{k} = \frac{4\times10^{-6}}{k}$$

当 $k=5$ 时 $\lambda = 8\times10^{-7}\ \text{m} = 800\ \text{nm}$

$k=6$ 时 $\lambda = 6.667\times10^{-7}\ \text{m} = 666.7\ \text{nm}$

$k=7$ 时 $\lambda = 5.714\times10^{-7}\ \text{m} = 571.4\ \text{nm}$

$k=8$ 时 $\lambda = 5\times10^{-7}\ \text{m} = 500\ \text{nm}$

$k=9$ 时 $\lambda = 4.444\times10^{-7}\ \text{m} = 444.4\ \text{nm}$

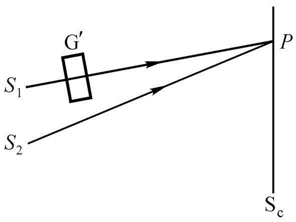


图10.11

10-11 解：已知 S, P 与 G 的表面是垂直的

$$\Delta L = nd - d = \frac{\lambda}{2}$$

$$d = \frac{\lambda}{2(n-1)}$$

$$= \frac{5000}{2\times(2.35-1)}$$

$$= 185.2\ \text{nm} = 1.852\times10^{-4}\ \text{mm}$$

10-12 解: $\Delta L = 2nd + \dfrac{\lambda}{2}$

$\Delta L = k\lambda \qquad (k = 0, \pm1, \pm2)$ 时,

干涉极大

图10.12

两亮条纹的亮度差为

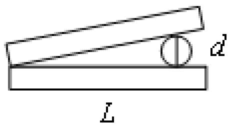
$$\Delta d=\frac{\lambda}{2n} \qquad \frac{\Delta d}{\Delta x}=\mathrm{tg}\theta$$

$$\Delta x=\frac{\Delta d}{\mathrm{tg}\theta}=\frac{\lambda}{2n\theta} \qquad \theta \text{很小}$$

$$\therefore \quad \lambda=2n\theta\Delta x=2\times1.5\times5\times10^{-5}\times3.64\times10^{-3}$$

$$=5.46\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

$$=546\ \mathrm{nm}$$



10-13 解: $d=0.05\ \mathrm{mm} \quad L=20\ \mathrm{cm}$

$$\lambda=589\ \mathrm{nm}=5.89\times10^{-4}\ \mathrm{mm}$$

$$n=1$$

$$\Delta x=\frac{\lambda}{2n\theta}=\frac{\lambda L}{2nd}$$

$$=\frac{5.89\times10^{-4}\times200}{2\times0.05}$$

$$=1.178\ \mathrm{mm}$$

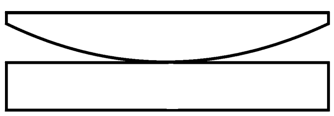


图10.14

10-14 解: $\Delta L=\frac{r^2}{R}-\frac{\lambda}{2}$

第一级暗纹 $\frac{r_1^2}{R}-\frac{\lambda_1}{2}=\frac{3\lambda_1}{2}$

第四级暗纹 $\frac{r_4^2}{R}-\frac{\lambda_1}{2}=\frac{9\lambda_1}{2}$

$$\Delta_1=r_4-r_1=\sqrt{5\lambda_1 R}-\sqrt{2\lambda_1 R}$$

$$\Delta_2=r_4'-r_1'=\sqrt{5\lambda_2 R}-\sqrt{2\lambda_2 R}$$

$$\sqrt{5R}-\sqrt{2R}=\frac{\Delta_1}{\sqrt{\lambda_1}}$$

$$\sqrt{\lambda_2}=\frac{\Delta_2}{\sqrt{5R}-\sqrt{2R}}=\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\sqrt{\lambda_1}$$

$$\therefore\ \lambda_2=\frac{\Delta_2^{\ 2}}{\Delta_1^{\ 2}}\lambda_1=\left(\frac{3.85\times10^{-3}}{4\times10^{-3}}\right)^2\times5893$$

$$=545.9\ \text{nm}$$

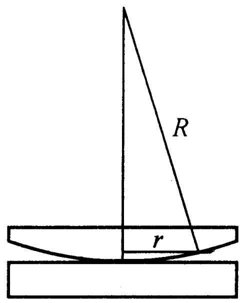


图10.15

10-15 解: $\Delta L=\dfrac{r^2}{R}-\dfrac{\lambda}{2}$

$\Delta L=k\lambda$ 时,干涉较大

其外第四明环 $\Delta L=(k+4)\lambda$

$$\frac{r_k^{\ 2}}{R}-\frac{\lambda}{2}=k\lambda$$

$$\frac{r_{k+4}^{\ 2}}{R}-\frac{\lambda}{2}=(k+4)\lambda$$

$$\frac{r_{k+4}^{\ 2}}{R}-\frac{r_k^{\ 2}}{R}=4\lambda$$

$$R=\frac{r_{k+4}^{\ 2}-r_4^{\ 2}}{4\lambda}$$

$$=\frac{3^2-1^2}{4\times5.893\times10^{-4}}$$

$$=3.39\times10^3\ \text{mm}$$

$$=3.39\ \text{m}$$

10-16 解: θ 处仍为暗点,说明依然存在额外程差

$$\therefore\ \Delta L=\frac{nr^2}{R}-\frac{\lambda}{2}$$

$$\frac{nr_k^{\ 2}}{R}-\frac{\lambda}{2}=k\lambda$$

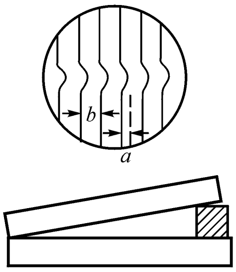
$$\frac{n r_k'^2}{R} = \frac{r_k^2}{R}$$

$$n = \left(\frac{r_k}{r_k'}\right)^2 = \left(\frac{1.40}{1.27}\right)^2 = 1.22$$

10-17 解: $d = 1 \cdot \frac{\lambda}{2}$

$$\lambda = \frac{2d}{N} = \frac{2 \times 0.273}{1000} = 546\ \text{nm}$$

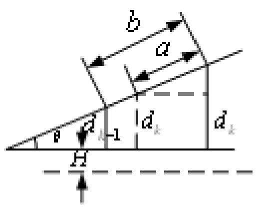
是绿光



10-18 解: 工件表面的纹路是凹的,因为工件表面有凹纹,所以各级等厚线的相应部分背离劈尖棱移动

两相邻的暗条纹间距为 b ,对应的高度差为 $\frac{\lambda}{2}$

则有 $b\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$



当条纹移动距离为 a 时,相应的高度差 H (即纹路深度)

$$H = a\sin\theta = \frac{a}{b}\frac{\lambda}{2}$$

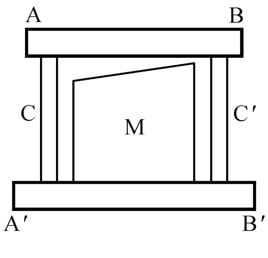


图10.19

10-19 解: 该装置中 AB 平板玻璃与样品 W 表面中间所夹空气层相当于一劈尖.在劈尖等厚干涉条纹中,设温度为 t_0 时,某一刻线所在位置对应于第 k 级暗条纹,该处楔形空气层厚度为 d_k ,满足 $d_k = k\frac{\lambda}{2}$

温度升高到 t 时,由于样品 M 的长度发生膨胀,有 N 条干涉条纹通过此刻线.对应该刻线处干涉条纹级数变化为 $k-N$,于是楔形空气层的厚度变为

$$d_{k-N}=(k-N)\lambda/2$$

依照题意,忽略石英环的膨胀,则该处空气层厚度的减少等于 $\Delta L=l-l_0=d_k-d_{k-N}=N\dfrac{\lambda}{2}$

由膨胀系数的定义得 $\alpha=\dfrac{l-l_0}{l_0}\dfrac{1}{t-t_0}=\dfrac{N\lambda}{2L_0(t-t_0)}$