

14 章 光的干涉

一、选择题

1. A 2. A 3. C 4. B 5. A
6. A 7. B 8. C 9. A 10. A
11. B 12. B 13. B 14. C 15. A
16. B 17. A 18. C 19. D 20. A
21. B 22. A 23. B 24. A

二、计算题

1. 解：根据双缝干涉实验中相邻明（暗）条纹间距的公式 $\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$ ，
代入 $d = 1.2 \text{ mm}$, $\lambda = 6.0 \times 10^{-4} \text{ mm}$, $D = 500 \text{ mm}$
可得 $\Delta x = 0.25 \text{ mm}$ 。

2. 解：根据双缝干涉实验中相邻明（暗）条纹间距公式 $\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$ ，
可得 $\lambda = \frac{d \Delta x}{D}$
代入 $d = 0.45 \text{ mm}$, $\Delta x = 1.5 \text{ mm}$, $D = 1200 \text{ mm}$
可得 $\lambda = \frac{d \Delta x}{D} = \frac{0.45 \times 1.5}{1200} = 562.5 \text{ nm}$ 。

3. 解：根据题意，在未放入玻璃片时， P 点为第 5 级条纹中心位置，对应的光程差为

$$\delta = r_2 - r_1 = 5\lambda \quad (1)$$

如图所示，在加入玻璃片后， P 点对应的光程差

$$\delta = r_2 - [nd_0 + (r_1 - d_0)] = 0\lambda \quad (2)$$

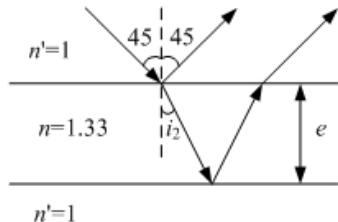
由(2)式可得

$$-(n-1)d_0 + r_2 - r_1 = 0$$

所以，玻璃板的厚度为

$$d_0 = \frac{5\lambda}{n-1} = \frac{5 \times 6.0 \times 10^{-7}}{1.5-1} = 6.0 \times 10^{-6} \text{ m}$$

4. 解：根据题意，做图



入射到肥皂水薄膜表面光线的入射角是 45° ，可以求出光在薄膜内的折射角 i_2 为：

$$1.0 \times \sin 45^\circ = 1.33 \times \sin i_2$$

解出 $i_2 = 32.12^\circ$, $\cos i_2 = 0.8470$ 。

由于光在空气中的肥皂膜上表面反射时有 π 相位变化, 而在其下表面反射时无 π 相位的变化, 因此光程差中要计入半波损失, 对于相干加强的 500 nm 的绿光, 应满足

$$2ne \cos i_2 + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

根据题意, 最薄厚度应取 $k=1$, 将题中各值代入上式, 得肥皂膜的厚度为

$$e = \frac{\lambda}{2} \frac{1}{2n \cos i_2} = \frac{500 \times 10^{-6}}{2} \frac{1}{2 \times 1.33 \times 0.8470} = 1.11 \times 10^4 \text{ mm}$$

当垂直注视该肥皂水薄膜时, $\cos i_2 = 1$, 故此时看到的相干加强的波长 λ' 应满足

$$2ne + \frac{\lambda'}{2} = k' \lambda'$$

代入数据

当 $k'=1$ 时, 可得光波的波长为 $\lambda' = 590.3 \text{ nm}$, 此为黄绿光。

当 $k'=2$ 时, 可得光波的波长为 $\lambda' = 196.8 \text{ nm}$, 此为紫外光, 眼睛看不到。

因此, 当垂直注视该肥皂水薄膜时, 可看到黄绿光。

5. 解: 当上下两表面反射光的光程差为半波长的奇数倍, 即

$$\delta = (2k+1) \frac{\lambda}{2}, \quad (k=0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

时, 产生干涉相消, 此时透射光最强。

因为 $n_1 < n < n_2$, 反射光无附加光程差, 所以在垂直入射情况下, 上下表面反射光光程差可以表示为:

$$\delta = 2dn \quad (2)$$

联立 (1)、(2) 两式, 有:

$$2dn = (2k+1) \frac{\lambda}{2}, \quad (k=0, 1, 2, \dots)$$

依题意可知, $i_2 = 0$, $k = 0$, 所以有

$$d = (2k+1) \frac{\lambda}{4n_2} = (2 \times 0 + 1) \frac{550 \times 10^{-9}}{4 \times 1.38} \approx 10^{-5} \text{ cm}$$

6. 解: 垂直入射时, 薄膜干涉的光程差为

$$\delta = \delta_0 + \delta'$$

其中 δ_0 为传播光程差, δ' 为附加光程差。

因玻璃的折射率为 1.5, 依题意, 传播光程差 δ_0 为

$$\delta_0 = 2n_2 d$$

因玻璃膜放置在空气中, 所以, 属于反射条件不同的情况, 因此, 附加光程差为 $\frac{\lambda}{2}$, 故

$$\delta = \delta_0 + \delta' = 2n_2 d - \frac{\lambda}{2}$$

依题意可知，当 δ 为半波长的偶数倍时，出现干涉相长现象，即

$$\delta = 2dn_2 - \frac{\lambda}{2} = 2j\frac{\lambda}{2} \quad (j=0, 1, 2, \dots)$$

时，反射光干涉相长（加强）。

代入数据，有

$$2n_2d = (2j+1)\frac{\lambda}{2}, \quad \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = \frac{4 \times 1.5 \times 1.2 \times 10^{-6}}{2j+1} = \frac{7.2 \times 10^{-6}}{2j+1}$$

$$\text{当 } j=0 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 72000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{当 } j=1 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 24000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{当 } j=2 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 14400 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{当 } j=3 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 1285.7 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{当 } j=4 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 8000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{当 } j=5 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 6545.5 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{当 } j=6 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 5538.5 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{当 } j=7 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 4800 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{当 } j=8 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 4235.3 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{当 } j=9 \text{ 时, } \lambda = \frac{4n_2d}{2j+1} = 3789.8 \times 10^{-10} \text{ m}$$

所以在可见光中， $j=5, 6, 7, 8$ ，对应的波长为 654.55、553.85、480.00、423.55 nm，从玻璃片反射的光最强。

$$7. \text{ 解: (1) 每条明纹宽度为 } \Delta x = \frac{D\lambda}{d}$$

代入数据，有

$$\Delta x = \frac{2 \times 500 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-4}} \text{ m} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

(2) 中央明纹两侧的两条第 10 级明纹间距应为 $20\Delta x$ ，根据题意，代入数据得

$$20\Delta x = 0.1 \text{ m}$$

(3) 根据题意，有：

$$e(n-1) = 7\lambda$$

所以有

$$n = 1 + \frac{7\lambda}{e} = 1.53$$

8. 解：在双缝干涉实验中，条纹间的间距为

$$\Delta x = \frac{D}{d} \lambda \quad (1)$$

根据题意，屏上 20 条明纹之间的距离为 9.84×10^{-2} m，即

$$20\Delta x = 9.84 \times 10^{-2} \text{ m}$$

故条纹间距 Δx

$$\Delta x = \frac{9.84 \times 10^{-2}}{20} \text{ m} = 4.92 \times 10^{-3} \text{ m}$$

将缝间距为 $d = 2.2 \times 10^{-4}$ m、屏到双缝的距离为 $D = 1.8$ m 和条纹间距 Δx 代入 (1) 式，可得

$$\lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{D} = \frac{4.92 \times 10^{-3} \times 2.2 \times 10^{-4}}{1.8} \text{ m} = 6.01 \times 10^{-7} \text{ m} = 601.3 \text{ nm}$$

三、问答题

1. 答：光的干涉的基本条件包括以下三个方面：

- (1) 频率相同； (2) 振动方向一致； (3) 相位差恒定，但不能过大。

根据光的干涉条件，玻璃窗户厚度太大，造成相位差太大，导致观察不到干涉条纹，或者条纹的级别过大。

但是将两块玻璃叠在一起，有些地方形成空气薄膜，形成等厚干涉。

2. 答：光波发生半波损失需要具备以下两个基本条件：

- (1) 反射光才有半波损失。
- (2) 从光疏物质向光密物质入射时的反射光才有。

3. 答：将入射光从牛顿环的下方入射，从牛顿环的上方观察。由于是透射光，空气薄膜无半波损失，中心厚度为零，故光程差为 0，为明斑。

4. 答：两个独立光源发出光波的初相位瞬息万变，光叠加区域任一点相位差的不稳定程度远超出人眼和普通检测器的检测能力。