

量子物理作业 2

傅申 PB20000051

2022 年 3 月 13 日

问题 4.

设云母片的厚度为 l , 则光程差为

$$\delta = \frac{xd}{D} + (n-1)l \quad (1)$$

条纹移动了 9 个条纹间距, 说明 $x=0$ 处为第 9 级明纹, 即

$$\delta_{x=0} = (n-1)l = 9\lambda \quad (2)$$

由式 2 得到

$$l = \frac{9\lambda}{n-1} = \frac{9 \times 550\text{nm}}{1.58-1} = 8.53\mu\text{m} \quad (3)$$

问题 5.

要使麦克风处消音, 则三个扬声器发出的声波要在麦克风处干涉相消, 那么三个声波之间的相位互成 $\frac{2}{3}\pi$ 角, 即 (上中下三个扬声器分别为 1, 2, 3)

$$\Delta\varphi_{12} = k(r_2 - r_1) + \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2}{3}\pi \quad (4)$$

$$\Delta\varphi_{23} = k(r_3 - r_2) + \varphi_3 - \varphi_2 = \frac{2}{3}\pi \quad (5)$$

其中 (Taylor 展开到 1 阶, 并忽略高阶小量)

$$r_2 - r_1 = \sqrt{x^2 + D^2} - \sqrt{(x-d)^2 + D^2} \approx \frac{xd}{D} - \frac{d^2}{2D^2} \approx d \sin \theta \quad (6)$$

$$r_3 - r_2 = \sqrt{(x+d)^2 + D^2} - \sqrt{x^2 + D^2} \approx \frac{xd}{D} + \frac{d^2}{2D^2} \approx d \sin \theta \quad (7)$$

记 $\Delta\varphi_0 = \varphi_2 - \varphi_1 = \varphi_3 - \varphi_2$, 就有

$$\frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta + \Delta\varphi = \frac{2}{3}\pi \quad (8)$$

所以 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ 需要满足条件

$$\varphi_3 - \varphi_2 = \varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \left(\frac{1}{3} - \frac{d \sin \theta}{\lambda} \right) \quad (9)$$

其中 λ 为声波波长.

问题 6.

设细丝直径为 d , 我们有

$$\theta = \frac{d}{L} \approx \frac{\lambda}{2n\Delta x} \quad (10)$$

在题设条件下, 我们有 $n = 1, \Delta x = 1.50\text{mm}, L = 12.5\text{cm}, \lambda = 546\text{nm}$, 带入至式 10 得到

$$d = \frac{\lambda L}{2n\Delta x} = \frac{546 \times 10^{-9} \times 12.5 \times 10^{-2}}{2 \times 1 \times 1.50 \times 10^{-3}} \text{m} = 2.275 \times 10^{-5} \text{m} = 22.75 \mu\text{m} \quad (11)$$

问题 7.

7.1) 牛顿环第 m 暗环的半径为 $r_m = \sqrt{mR\lambda}$, 其中 λ 为介质中的波长, 在空气中为 589nm . 那么曲率半径 R 为

$$R = \frac{r_{15}^2 - r_5^2}{(15 - 5)\lambda} = \frac{(0.85^2 - 0.35^2) \times 10^{-6}}{10 \times 589 \times 10^{-9}} = 0.102\text{m} \quad (12)$$

7.2) 更换介质后, 波长由 λ 变为 $\lambda' = \lambda/1.33$, 那么直径 (半径) 会变成 $d' = d/\sqrt{1.33}$, 即

$$d_5 = \frac{0.70}{\sqrt{1.33}} \text{mm} = 0.61\text{mm} \quad d_{15} = \frac{1.70}{\sqrt{1.33}} \text{mm} = 1.47\text{mm} \quad (13)$$

问题 8.

设膜厚为 d , 两侧反射都有半波损失, 所以要使反射光干涉相消, 有

$$\Delta L = 2d = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n_{\text{膜}}} \quad k = 0, 1, \dots \quad (14)$$

所以

$$d = \left(\frac{k}{2} + \frac{1}{4}\right) \frac{\lambda}{n_{\text{膜}}} = \left(\frac{k}{2} + \frac{1}{4}\right) \times 423\text{nm} = (212k + 106) \text{nm} \quad k = 0, 1, \dots \quad (15)$$

膜最薄为 106nm .