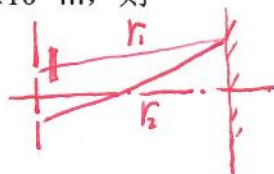


第十二章 光学

1 在双缝干涉实验中, 若用一很薄的云母片覆盖其中的一条缝, 这时屏幕上的第四级明纹位置恰好是原来中央明纹的位置。如果入射光的波长为 $6.8 \times 10^{-7} \text{ m}$, 则云母片 ($n=1.58$) 的厚度为多少?

解: 设云母片厚度为 d . $\therefore r_2 - r_1 = (n-1)d = 4\lambda$.

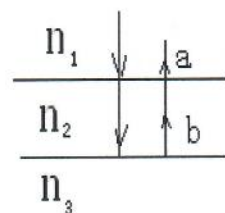
$$\begin{cases} r_2 - r_1 = 4\lambda \\ r_2 = r_1 - d + nd \end{cases} \quad d = \frac{4\lambda}{n-1} = \frac{4 \times 6.8 \times 10^{-7}}{1.58-1} = 4.7 \times 10^{-6} \text{ m}$$



2 在杨氏双缝干涉实验中, 若双缝间距为 0.4 mm , 在距双缝 100 cm 的光屏上出现干涉条纹。现测得相邻两条明纹中心的间距为 1.5 mm , 则入射光的波长为 600 nm 。

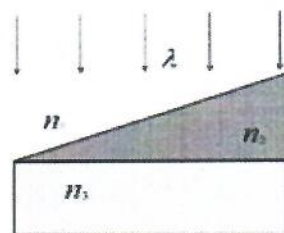
$$\Delta x = \frac{D}{d} \lambda, \quad \lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{D} = \frac{1.5 \times 0.4}{1000} \text{ mm} = 0.6 \mu\text{m} = 600 \text{ nm}$$

3 一折射率为 n_2 、厚度为 e 的薄膜处于折射率分别为 n_1 和 n_3 的介质中, 现用一束波长为 λ 的平行光垂直照射该薄膜, 如图, 若 $n_1 < n_2 > n_3$, 则反射光 a 、 b 的光程差为 $2n_2e + \frac{\lambda}{2}$ 。 注意半波损失



用波长为 λ 的单色光垂直照射如图的劈尖膜 ($n_1 > n_2 > n_3$), 观察反射光干涉。则第二级明条纹中心所对应的膜厚度 $e =$ $\frac{\lambda}{n_2}$ 。

$$2n_2e = 2\lambda \quad e = \frac{\lambda}{n_2}$$



4 在折射率 $n_1=1.52$ 的镜头表面涂有一层折射率 $n_2=1.38$ 的 MgF_2 增透膜, 如果此膜适用于波长 $\lambda=550 \text{ nm}$ 的光, 问膜的最小厚度应取何值?

增透膜, 反射光干涉相消。

方法二: 透射光干涉加强。

$$\Delta = 2n_2e = (k + \frac{1}{2})\lambda$$

$$\Delta = 2n_2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$$\text{当 } k=0, \quad e_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2} = \frac{550}{4 \times 1.38} = 99.6 \text{ nm}$$

$$k=1, \quad e_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2} = 99.6 \text{ nm}$$

5 在迈克尔孙干涉仪的一条光路中, 放入一折射率为 n , 厚度为 d 的透明薄片, 放入后这条光路的光程改变了 $2d \cdot (n-1)$ 。

6 小明想测量一张纸的厚度，他在实验室找到了以下装置：钠光灯、几片平板玻璃、牛顿环、三棱镜、分光计、读数显微镜、双面反射镜、放大镜。请利用以上装置，帮他设计一个实验实现纸的厚度测量。要求写清楚选择的装置、实验的原理、实验的操作方法。

解：利用劈尖干涉。

7 张师傅需要加工一个材料表面，使其尽可能平整。为检测加工的效果，张师傅找到了以下装置：钠光灯、平板玻璃、牛顿环、三棱镜、分光计、读数显微镜、双面反射镜、放大镜、一张纸。请利用以上装置，帮他设计一个实验实现表面平整度的检测。要求写清楚选择的装置、检测的原理、检测的操作方法。

解：利用劈尖干涉。

8 用钠光灯发出的波长为 $5.893 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的光做牛顿环实验，测得某一 k 级暗纹半径为 $4.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ ，测得 $k+5$ 级暗纹半径为 $6.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ ，求凸透镜的曲率半径 R 和 k 的值。

解：暗纹半径 $r_k = \sqrt{kR\lambda}$, $r_{k+5} = \sqrt{(k+5)R\lambda}$

$$\begin{cases} 5R\lambda = r_{k+5}^2 - r_k^2 \\ \frac{r_{k+5}^2}{r_k^2} = \frac{k+5}{k} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R = \frac{r_{k+5}^2 - r_k^2}{5\lambda} = \frac{(6.0 \times 10^{-3})^2 - (4.0 \times 10^{-3})^2}{5 \times 5.893 \times 10^{-7}} \approx 6.79 \text{ m} \\ k = \frac{5r_k^2}{r_{k+5}^2 - r_k^2} = \frac{5 \times (4.0 \times 10^{-3})^2}{(6.0 \times 10^{-3})^2 - (4.0 \times 10^{-3})^2} = 4 \end{cases}$$

9 用波长范围 $400 \text{ nm} \sim 760 \text{ nm}$ 的白光垂直照射到每厘米刻有 5000 条缝的光栅上，

求：(1) 第二级光谱的张角 (2) 能看到几级完整光谱。

解：(1) 光栅方程 $d \sin \varphi = k\lambda$

当 $\lambda = 400 \text{ nm}$ 时：
 $d = \frac{1}{5000} \text{ cm} = 0.2 \times 10^{-3} \text{ cm} = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$
 $\sin \varphi_1 = \frac{2 \times 400 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-6}} = 0.4$
 $\varphi_1 = 23.6^\circ$

当 $\lambda = 760 \text{ nm}$ 时：
 $\sin \varphi_2 = \frac{2 \times 760 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-6}} = 0.76$
 $\varphi_2 = 49.5^\circ$

(2) $\sin \varphi = 1$ 时：
 $k_{\text{max}} = \left[\frac{d}{\lambda} \right] = \left[\frac{2 \times 10^{-6}}{400 \times 10^{-9}} \right] = 5$
 能看到第 2 级完整光谱。

10 波长 $\lambda = 550 \text{ nm}$ 单色光垂直入射于光栅常数 $d = 2 \times 10^{-4} \text{ cm}$ 的平面衍射光栅上，

可能观察到的光谱线的最大级次为 3。

光栅方程： $d \sin \varphi = k\lambda$

$$\begin{aligned} \sin \varphi &= 1, k_{\text{max}} = \left[\frac{d}{\lambda} \right] \\ &= \left[\frac{2 \times 10^{-4} \times 10^{-2}}{550 \times 10^{-9}} \right] \\ &= 3 \end{aligned}$$

11 波长为 400 nm 的单色光垂直入射到一透射光栅上, 接收屏上 2 个相邻主极大条纹分别出现在 $\sin\phi = 0.2$ 和 $\sin\phi = 0.3$ 处, 并且第四级缺级。试求: (1) 光栅常数; (2) 光栅狭缝的最小宽度; (3) 按上述选定的缝宽和光栅常数, 写出光屏上实际呈现的全部级数。

解: 光栅方程, $d\sin\phi = k\lambda$

$$(1) d = \frac{k\lambda}{\sin\phi} = \frac{2 \times 400}{0.2} = 4000\text{ nm} = 4\text{ }\mu\text{m}$$

$$(2) \text{由第4级缺级, 可得:}$$

$$k' = 4k \text{ 缺级.}$$

$$= \frac{d}{a} k.$$

$$a = \frac{1}{4} d = 1000\text{ nm} = 1\text{ }\mu\text{m}$$

$$(3) \text{当 } \sin\phi = 1 \text{ 时.}$$

$$k_{\text{max}} = \left[\frac{d}{\lambda} \right] = \left[\frac{4000}{400} \right] = 10.$$

$$k' = 4k \text{ 缺级.}$$

能呈现的级数 $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 5, \pm 6, \pm 7, \pm 9.$

12 小明想设计一个魔术鱼缸, 能达到让鱼缸里的鱼显现、消失的效果, 请你设计一种光学的方法帮其实现魔术效果。要求写出明确的设计原理、操作方法。

解: 利用光的偏振, 根据马吕斯定律 $I = I_0 \cos^2\alpha$

当两个偏振片的透振方向互相垂直时, 透射光强 $I = \frac{1}{2} I_0 \cdot \cos^2 90^\circ = 0.$

方法: 鱼缸之一侧平行贴上两块偏振片: 当透振方向平行时, 能看见鱼; 当透振方向垂直时, 不能看见鱼。

13 一束自然光和线偏振光的混合光, 垂直通过某一偏振片。当偏振片以光线为轴旋转一周时, 发现出射光的最大光强为最小光强的 4 倍, 则入射光中自然光与偏振光的光强之比为 2:3。

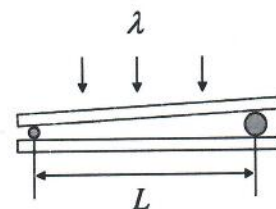
14 光强为 I_0 的自然光垂直通过两个偏振化方向夹角为 30° 的偏振片, 则透射光的强度为 $\frac{3}{8} I_0$ 。

15 自然光从空气射到折射率为 $\sqrt{3}$ 的玻璃上, 欲使反射光成为偏振光, 则起偏角应为 60° 。

16 一束平行的自然光, 以 60° 角入射到平玻璃表面上, 若反射光束是完全偏振的, 则透射光束的折射角为 30° ; 玻璃的折射率为 $\sqrt{3}$ 。

16 如图所示, 两个直径有微小差别的彼此平行的滚柱之间的距离为 L , 夹在两块平面晶体的中间, 形成空气劈形膜, 当单色光垂直入射时, 产生等厚干涉条纹, 如果滚柱之间的距离 L 变小, 则在 L 范围内干涉条纹的 () C

- (A) 数目减小, 间距变大 (B) 数目减小, 间距不变
(C) 数目不变, 间距变小 (D) 数目增加, 间距变小



17 将三块偏振片叠放在一起, 第二个与第三个的偏振化方向分别与第一个的偏振化方向成 45° 和 90° 角。(1) 光强为 I_0 的自然光垂直射到这一堆偏振片上, 求经每一偏振片后的光强和偏振状态; (2) 如果将第二个偏振片抽走, 情况又如何?

$$(1) I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 45^\circ \cdot \cos^2 45^\circ = \frac{1}{8} I_0$$

$$(2) I = \frac{1}{2} I_0 \cdot \cos^2 90^\circ = 0$$