



《 光 学 》



课时一 双缝干涉

考点	重要程度	占分	常见题型
1. 相干光	★★	0 ~ 2	选择、填空
2. 光程差	★★★★★	2 ~ 5	填空
3. 杨氏双缝干涉	必考	5 ~ 10	大题

1. 相干光

题 1. 获得相干光的两种方法为_____，_____。

解：分波阵面法，分振幅法

2. 光程差

题 1. 如图所示，两光源 S_1 ， S_2 发出波长为 λ 的单色光，分别通过两种介质（折射率分别为 n_1 和 n_2 ）射到介质的分界面上的 P 点，已知 $S_1P = S_2P = r$ ，则这两条光的几何路程 Δr ，光程差 δ 和相位差 $\Delta\varphi$ 分别是：()

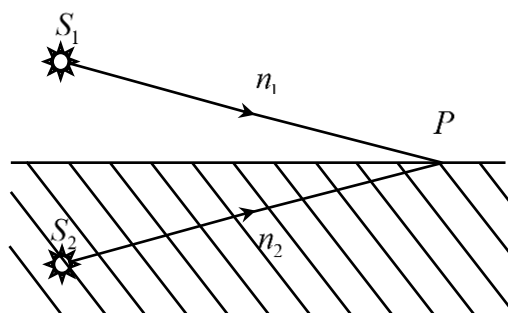
δ 和相位差 $\Delta\varphi$ 分别是：()

A. $\Delta r = 0$, $\delta = 0$, $\Delta\varphi = 0$

B. $\Delta r = (n_2 - n_1)r$, $\delta = (n_2 - n_1)r$, $\Delta\varphi = \frac{2\pi(n_2 - n_1)}{\lambda}$

C. $\Delta r = 0$, $\delta = (n_2 - n_1)r$, $\Delta\varphi = 2\pi(n_2 - n_1)r$

D. $\Delta r = 0$, $\delta = (n_2 - n_1)r$, $\Delta\varphi = \frac{2\pi(n_2 - n_1)r}{\lambda}$



答案：D

$S_1P = S_2P = r$ ，所以几何路程 $\Delta r = 0$

光程差 $\delta = n_2r - n_1r = (n_2 - n_1)r$

相位差 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta = \frac{2\pi(n_2 - n_1)r}{\lambda}$

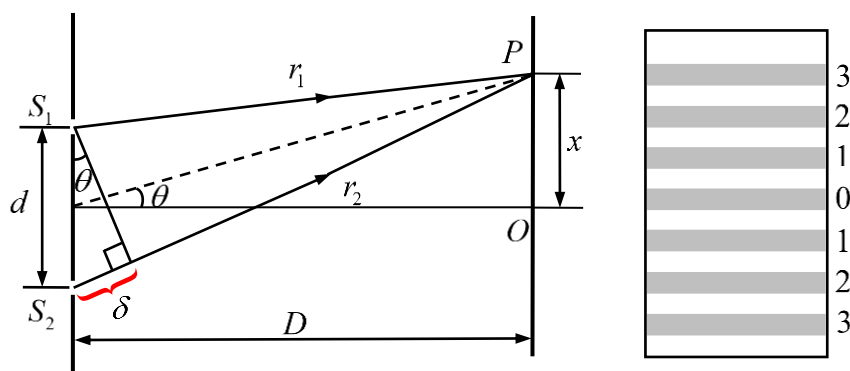
光程： nr （真空中 $n=1$ ）

光程差： $\delta = n_2r_2 - n_1r_1$

相位差： $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta$



3. 杨氏双缝干涉



① 光程差: $\delta = r_2 - r_1 \approx d \sin \theta = \frac{dx}{D}$

② $\delta = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{明纹 } (k=0, 1, 2, \dots) \\ \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗纹 } (k=0, 1, 2, \dots) \end{cases}$

③ 明(暗)条纹间距: $\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$

④ 明纹位置: $x = \pm k \frac{D\lambda}{d}$ 暗纹位置: $x = \pm \frac{2k+1}{2} \frac{D\lambda}{d}$

⑤ 可见明条纹最大级数: $k_{\max} = \frac{d}{\lambda}$ (取整)

题 1. 在双缝干涉实验中, 所用单色光波长 $\lambda = 562.5\text{nm}$, 双缝与观察屏的距离 $D = 1.2\text{m}$, 若测得屏上相邻明条纹间距 $\Delta x = 1.5\text{mm}$, 则双缝的间距为 ()。

- A. 3.1mm B. 0.9mm C. 0.45mm D. 1.2mm

答案: C

由 $\Delta x = \frac{D\lambda}{d} \Rightarrow d = \frac{D\lambda}{\Delta x} = \frac{1.2 \times 562.5 \times 10^{-9}}{1.5 \times 10^{-3}} = 4.5 \times 10^{-4} \text{m} = 0.45\text{mm}$

题 2. 在双缝干涉实验中, 为使屏上的干涉条纹间距变大, 可以采取的办法是 ()。

- A. 使屏靠近双缝 B. 使双缝的间距变小
C. 把两个缝的宽度稍微调窄 D. 改用波长较小的单色光源

答案: B

由 $\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$ 可得 $\Delta x \nearrow \Rightarrow D \nearrow \text{ 或 } \lambda \nearrow \text{ 或 } d \searrow$



题 3. 在双缝干涉实验中, 单色光波长 $\lambda = 480\text{nm}$ 垂直入射到间距 $d = 2.0 \times 10^{-4}\text{m}$ 的双缝上, 屏到双缝的距离 $D = 2\text{m}$, 求:

(1) 两相邻明纹的间距;

(2) 中央明纹上方第 5 级明纹的位置, 以及下方第 3 级暗纹的位置。

解: (1) $\Delta x = \frac{D\lambda}{d} = \frac{2 \times 480 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-4}} = 4.8 \times 10^{-3}\text{m}$

(2) 上方明纹: $x_5 = k \frac{D\lambda}{d} = 5 \times 4.8 \times 10^{-3} = 2.4 \times 10^{-2}\text{m}$

下方暗纹: $x_3 = -\frac{(2k+1)}{2} \frac{D\lambda}{d} = -\frac{2 \times 3 + 1}{2} \times 4.8 \times 10^{-3} = -1.68 \times 10^{-2}\text{m}$

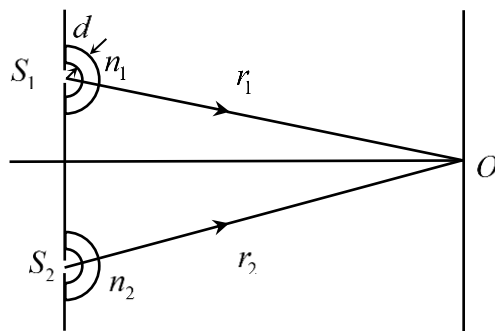
题 4. 在图示的双缝干涉实验中, 若用半圆筒形的薄玻璃片 (折射率 $n_1 = 1.4$) 覆盖缝 S_1 , 用同样厚度的玻璃片 (折射率 $n_2 = 1.7$) 覆盖缝 S_2 , 将使屏上原来未放玻璃时的中央明纹所在处 O 变为第五级明纹, 设单色光波长 $\lambda = 480\text{nm}$, 求玻璃片的厚度 d 。

解: 未覆盖 $r_2 - r_1 = 0$

覆盖后 $(r_2 - d + n_2 d) - (r_1 - d + n_1 d) = 5\lambda$

整理得 $r_2 - r_1 + (n_2 - n_1)d = 5\lambda$

联立可得 $d = \frac{5\lambda}{n_2 - n_1} = \frac{5 \times 480 \times 10^{-9}}{1.7 - 1.4} = 8 \times 10^{-6}\text{m}$



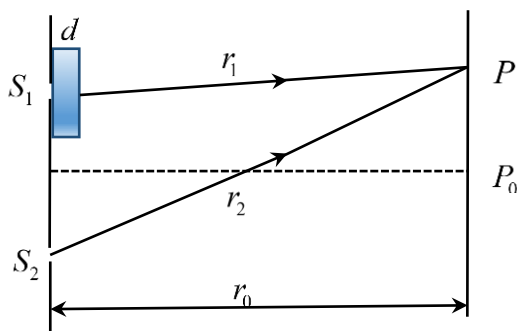
题 5. 如图所示, 把折射率 $n = 1.5$ 的玻璃插入杨氏双缝干涉实验的一束光路中, 光屏原来是 5 级亮纹所在的位置变为中央亮纹, 已知光波长 $\lambda = 6.0 \times 10^{-7}\text{m}$, 求插入玻璃片的厚度。

解: 未覆盖前 $r_2 - r_1 = 5\lambda$

覆盖后 $r_2 - (r_1 - d + nd) = 0$

整理得 $r_2 - r_1 + (1 - n)d = 0$

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



课时一 练习题

1. 若一束光在折射率为 n 的介质中传播 $3r$ 的距离。另一束光则在真空中传播 $3r$ 的距离，那么这两束光的光程差为_____。

2. 若两点 A, B 相位差为 4π ，则此路径 AB 的光程为（ ）。

- A. 2λ B. $2\lambda/n$ C. $2n\lambda$ D. 4λ

3. 在相同时间内，一束波长为 λ 的单色光在空气中和玻璃中（ ）。

- A. 传播的路程相等，光程相等 B. 传播的路程相等，光程却不相等
C. 传播的路程不相等，光程亦不相等 D. 传播的路程不相等，光程相等

4. 杨氏双缝干涉实验中，两条狭缝相距 1mm ，离屏幕 400cm ，用 600nm 的光照射时，干涉条纹的相邻明纹间距为_____ mm 。

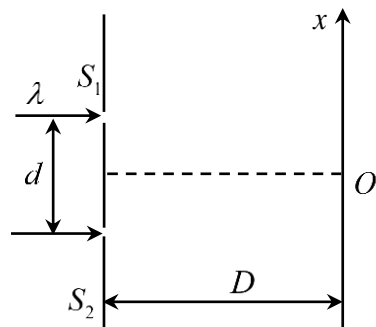
5. 在双缝干涉实验中，若使两缝之间的距离增大，则屏幕上干涉条纹间距_____，若使单色光波长减小，则干涉条纹间距_____（填增大，减小或不变）。

6. 在双缝干涉实验中，用波长 $\lambda=546.1\text{nm}$ 的单色光照射，双缝与屏的距离 $D=300\text{mm}$ ，测得中央明条纹两侧的两个第五级明条纹的间距为 12.2mm ，则双缝间的距离为多少？

7. 双缝干涉实验装置如图所示，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 $\lambda=500\text{nm}$ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) 的单色光垂直照射双缝。

(1) 求原点 O （零级明条纹所在处）上方的第五级条纹的坐标 x ；

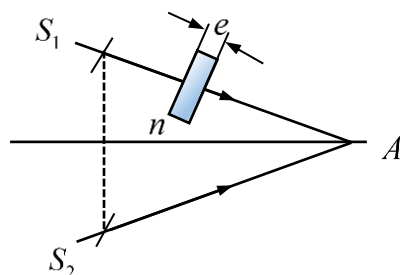
(2) 如果用厚度 $e=3.0\times 10^{-3}\text{mm}$ ，折射率 $n=1.50$ 的透明薄膜覆盖在图中的 S_1 缝后面，求原点 O 处为第几级明纹。



8. 如图所示, 假设有两个相干点光源 S_1 和 S_2 , 波长为 λ , A 是它们连线的中垂线上的一点。

若 S_1 与 A 之间插入厚度为 e , 折射率为 n 的薄玻璃片, 则两光源发出的光在 A 点的相位差

$\Delta\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$, 若已知 $\lambda = 500nm$, $n = 1.5$, A 点恰为第四级明纹中心, 则 $e = \underline{\hspace{2cm}} nm$ 。



9. 用一束 $\lambda = 632.8nm$ 的激光垂直照射一双缝, 在缝后 $2.0m$ 处的墙上观察到中央明纹和第一级明纹的间隔为 $14cm$, 求:

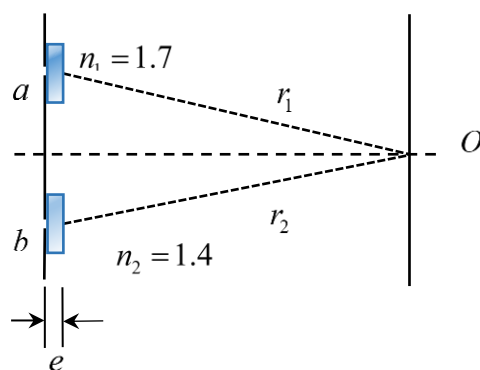
(1) 双缝的间距;

(2) 在中央明纹以上还能看到几条明纹? (应用相邻条纹间距公式)

10. 如图, 在双缝干涉实验中, 原来的零级明纹在 O 处, 若用薄玻璃片(折射率 $n_1 = 1.7$)覆盖

缝 a , 用同样厚度为 e 的玻璃片(折射率 $n_2 = 1.4$)覆盖缝 b , 零级明纹将向 移动。两束相

干光至原中央明纹 O 处的光程差为 。



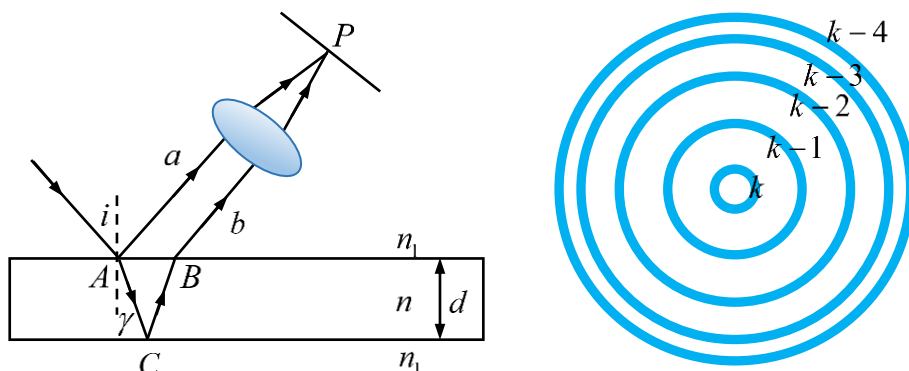
注: 练习题答案在文档最后



课时二 薄膜干涉

考点	重要程度	占分	常见题型
1. 等倾干涉	必考	5~10	大题
2. 劈尖干涉			
3. 牛顿环	★★★★	0~2	选择、填空
4. 迈克耳逊干涉仪	★★	0~2	选择、填空

1. 等倾干涉



(1) 光程差: $\delta = 2nd \cos \gamma + \frac{\lambda}{2}$

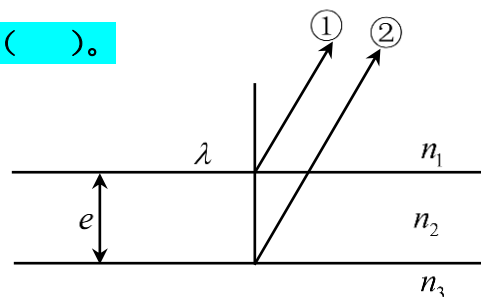
(2) 垂直入射, 光程差: $\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & \text{明纹} (k=1, 2, \dots) \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗纹} (k=0, 1, \dots) \end{cases}$

(3) 半波损失: 光疏介质到光密介质有半波损失, 光密介质到光疏介质无半波损失

题 1. 如图所示, 折射率为 n_2 , 厚度为 e 的透明介质薄膜的上方和下方的透明介质的折射率分别为 n_1 和 n_3 , 已知 $n_1 < n_2 < n_3$, 若用真空中波长为 λ 的单色平行光垂直入射到该薄膜上, 则从上、下表面反射的光束 (用①, ②示意) 的光程差是 ()。

A. $2n_2e$ B. $2n_2e - \frac{\lambda}{2n_2}$ C. $2n_2e - \lambda$ D. $2n_2e - \frac{\lambda}{2}$

答案: A.



由 $n_1 < n_2 < n_3$ 知, 不存在半波损失, 则 $\delta = 2n_2e$



题 2. 一束波长为 λ 的单色光由空气垂直入射到折射率为 n 的透明薄膜上, 透明薄膜放在空气中, 要使反射光得到干涉加强, 则薄膜的最小厚度为 ()。

- A. $\frac{\lambda}{4}$ B. $\frac{\lambda}{4n}$ C. $\frac{\lambda}{2}$ D. $\frac{\lambda}{2n}$

答案: B $\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \Rightarrow d = \frac{\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda}{2n}$

$$k=1 \text{ 时, 有 } d_{\min} = \frac{\left(1 - \frac{1}{2}\right)\lambda}{2n} = \frac{\lambda}{4n}$$

题 3. 在照相机镜头表面镀一层折射率为 1.38 的增透膜, 可以使太阳光的波长为 550nm 的透射光增强。若镜头玻璃的折射率为 1.52, 则所镀薄膜的厚度至少为 _____ nm。

解: 透射增强 \Leftrightarrow 反射相消

$$\delta = 2nd = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \Rightarrow d = \frac{(2k+1)\lambda}{4n}$$

$$k=0 \text{ 时, 有 } d_{\min} = \frac{\lambda}{4n} = \frac{550}{4 \times 1.38} = 99.6 \text{ nm}$$

题 4. 白光垂直照射在空气中厚度为 $0.40\mu\text{m}$ 的玻璃片上, 玻璃的折射率为 1.50。试问在可见光范围内, 哪些波长的光在反射中增强? 哪些波长的光在透射中增强?

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

$$\lambda = \frac{4ne}{2k-1} = \frac{4 \times 1.5 \times 0.4 \times 10^3}{2k-1} = \frac{2400}{2k-1}$$

可见光范围:
400nm ~ 760nm

可见光范围内只能取 $k=3 \Rightarrow \lambda = 480 \text{ nm}$

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

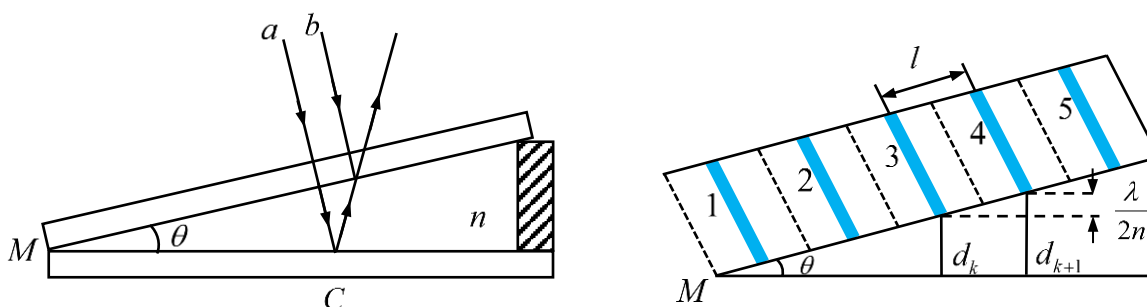
$$\lambda = \frac{2ne}{k} = \frac{2 \times 1.5 \times 0.4 \times 10^3}{k} = \frac{1200}{k}$$

可见光范围内取 $k=2 \Rightarrow \lambda = 600 \text{ nm}$

$$k=3 \Rightarrow \lambda = 400 \text{ nm}$$



2. 劈尖干涉



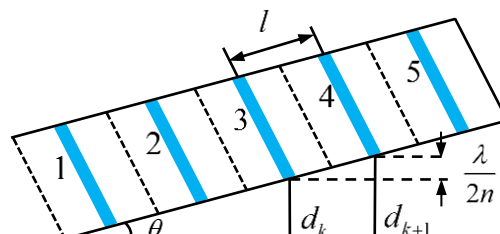
$$\text{光程差: } \delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & \text{明纹}(k=1,2,3,\dots) \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗纹}(k=0,1,2,\dots) \end{cases}$$

$$\text{相邻两明(暗)条纹高度差: } \Delta h = \frac{\lambda}{2n}$$

$$\text{相邻两明(暗)条纹间距: } l \sin \theta = \frac{\lambda}{2n}$$

题 1. 两块长度为 $L=7\text{cm}$ 的平板玻璃，一端互相接触(称为棱边)，另一端被高 $h=2.8\times 10^{-4}\text{cm}$ 的金属膜隔开，形成空气劈尖。用波长 $\lambda=600\text{nm}$ 的平行光照射，求：

- (1) 此空气劈尖的劈尖角 θ ；
- (2) 相邻明纹的间距 l ；
- (3) 棱边处为明纹还是暗纹；
- (4) 棱边数起第 2 条明纹距离棱边的距离 L_2 ；
- (5) 玻璃上可以看到的明纹数和暗纹数。



解：(1) $\theta \approx \tan \theta = \frac{h}{L} = \frac{2.8 \times 10^{-4}}{7} = 4 \times 10^{-5} \text{ rad}$

(2) 由 $l \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$ $\Rightarrow l = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} = \frac{\lambda}{2\theta} = \frac{600 \times 10^{-9}}{2 \times 4 \times 10^{-5}} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ m}$

(3) 棱边处 $d=0$ ，光程差 $\delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}$ ，故为暗纹

(4) 由 $\delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$ 得 $d = \frac{\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda}{2} = \frac{\left(2 - \frac{1}{2}\right) \times 600 \times 10^{-9}}{2} = 4.5 \times 10^{-7} \text{ m}$

由 $\sin \theta = \frac{d}{L_2}$ $\Rightarrow L_2 = \frac{d}{\sin \theta} = \frac{4.5 \times 10^{-7}}{4 \times 10^{-5}} = 1.125 \times 10^{-2} \text{ m}$



(5) 由 $\delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$ 得

$$k = \frac{2d}{\lambda} + \frac{1}{2} = \frac{2h}{\lambda} + \frac{1}{2} = \frac{2 \times 2.8 \times 10^{-6}}{600 \times 10^{-9}} + \frac{1}{2} = 9 \quad (\text{取整}), \text{明纹有 } 9 \text{ 条}$$

由 $\delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ 得

$$k = \frac{2d}{\lambda} = \frac{2h}{\lambda} = \frac{2 \times 2.8 \times 10^{-6}}{600 \times 10^{-9}} = 9 \quad (\text{取整}), \text{暗纹有 } 9+1=10 \text{ 条}$$

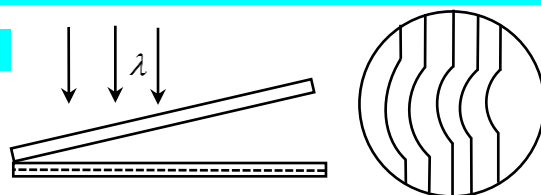
题 2. 两块平板玻璃构成空气劈尖，左边为棱边，用单色平行光垂直入射，若上面的平玻璃以棱边为轴，沿逆时针方向作微小转动，则干涉条纹的 ()。

- A. 间隔变小，并向棱边方向平移 B. 间隔变大，并向远离棱边方向平移
C. 间隔不变，向棱边方向平移 D. 间隔变小，并向远离棱边方向平移

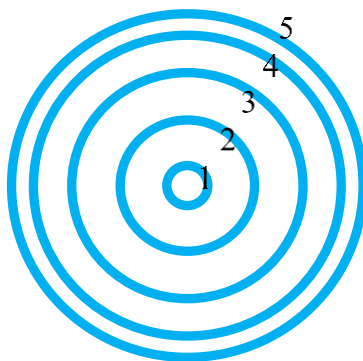
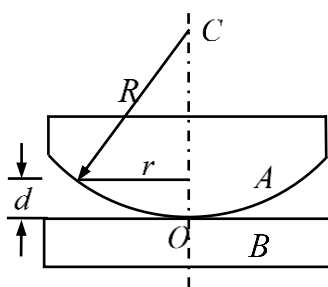
答案：A (涉及动画演示，详情见视频课程)

题 3. 在工件表面放一块平板玻璃，形成空气劈尖。观察到干涉条纹中部向棱边方向弯曲，如图，说明工件表面中部有_____。(填凸起或凹陷)。

答案：凹陷 (记住：左凹，右凸)



4. 牛顿环



$$\text{光程差: } \delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & \text{明纹 } (k=1, 2, \dots) \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗纹 } (k=0, 1, \dots) \end{cases}$$

$$\text{明纹半径 } r = \sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2n}} \quad \text{暗纹半径 } r = \sqrt{\frac{kR\lambda}{n}}$$



题 1. 在图示三种透明材料构成的牛顿环装置上, 用单色光垂直照射, 在反射光中看到干涉条纹, 则在接触点处形成的圆斑为 ()。

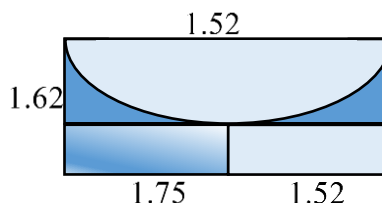
- A. 全明 B. 左半部暗, 右半部明 C. 全暗 D. 左半部明, 右半部暗

答案: D. 左边: 光程差 $\delta=2nd$

$$d=0 \text{ 时 } \delta=0 \text{ 明纹}$$

$$\text{右边: 光程差 } \delta=2nd+\frac{\lambda}{2}$$

$$d=0 \text{ 时 } \delta=\frac{\lambda}{2} \text{ 暗纹}$$



题 2. 用单色光垂直照射在观察牛顿环装置上, 设其平凸透镜可以在垂直方向上移动, 在透镜离开平玻璃过程中, 可以观察到这些环状干涉条纹将_____ (填: 形状不变, 向中心收缩或向外扩展)。

解: $\delta=2nd+\frac{\lambda}{2}=k\lambda$, $d \nearrow \Rightarrow k \nearrow$, 同一位置 k 变大, 条纹变密, 向中心收缩。

题 3. 用紫色光观察牛顿环时, 测得第 k 级暗环半径 $r_k=4\text{mm}$; 第 $k+5$ 级暗环的半径 $r_{k+5}=6\text{mm}$, 所用平凸透镜的曲率半径 $R=10\text{m}$, 求紫光的波长和级数 k 。

$$\text{解: 暗环半径 } r=\sqrt{\frac{kR\lambda}{n}}=\sqrt{kR\lambda}$$

$$r_k=\sqrt{kR\lambda}=\sqrt{10k\lambda}=4\times 10^{-3}$$

$$r_{k+5}=\sqrt{(k+5)R\lambda}=\sqrt{10(k+5)\lambda}=6\times 10^{-3}$$

$$\text{解得 } k=4 \quad \lambda=4\times 10^{-7}\text{m}$$

5. 迈克尔逊干涉

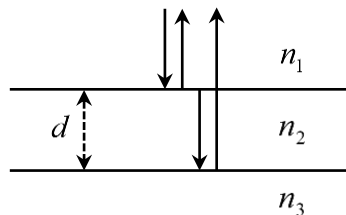
题 1. 若在迈克尔逊干涉仪的可动反射镜 M 移动 0.600mm 过程中, 观察到干涉条纹移动了 2000 条, 则所用光波的波长为_____nm。



解：由 $d = N \frac{\lambda}{2}$ $\lambda = \frac{2d}{N} = \frac{2 \times 0.6 \times 10^{-3}}{2000} = 6 \times 10^{-7} \text{ m} = 600 \text{ nm}$

课时二 练习题

1. 如图所示，折射率为 n_2 ，厚度为 d 的薄膜上方和下方的介质的折射率分别是 n_1 和 n_3 ，已知 $n_1 > n_2 > n_3$ ，如果波长为 λ 的单色光垂直入射到该薄膜上，则上下两表面的反射光的光程差为 $\delta =$ _____



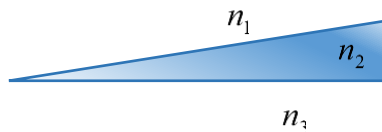
2. 在玻璃（折射率 $n_3 = 1.60$ ）表面镀一层 MgF_2 （折射率 $n_2 = 1.38$ ）薄膜作为增透膜，为了使波长为 500 nm 的光从空气（ $n_1 = 1.00$ ）正入射时尽可能减少反射， MgF_2 薄膜的最少厚度应是 _____ nm

3. 波长为 λ 的平行单色光垂直入射在折射率为 n_2 的薄膜上，经上下两个表面反射的两束光发生干涉，若薄膜厚度为 e ，而且 $n_1 > n_2$ ， $n_2 < n_3$ ，则两束光在相遇点的相位差为（ ）。

- A. $\frac{4\pi n_2 e}{\lambda}$ B. $\frac{2\pi n_2 e}{\lambda}$ C. $\frac{4\pi n_2 e}{\lambda} + \pi$ D. $\frac{2\pi n_2 e}{\lambda} + \pi$

4. 用白光垂直照射置于空气中的厚度为 $0.50 \mu\text{m}$ 的玻璃片，玻璃片的折射率为 1.50 ，在可见光范围内（ $400 \text{ nm} \sim 760 \text{ nm}$ ），哪些波长的反射光有最大限度的增强？

5. 用波长为 λ 的单色光垂直照射如图所示的，折射率为 n_2 的劈形膜（ $n_1 > n_2$ ， $n_3 > n_2$ ），观察反射光干涉，棱边处为 _____ 纹，从劈形棱边开始，第二条明条纹的中心所对应的膜厚度 $e =$ _____。

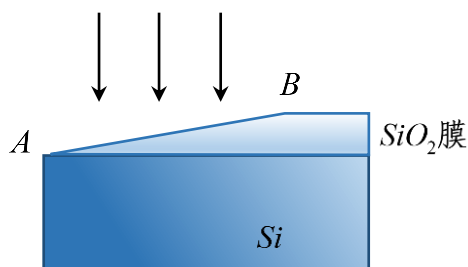


6. 波长为 λ 的单色光垂直照射到劈尖薄膜上，劈尖角为 θ ，劈尖薄膜的折射率为 n ，第 k 级



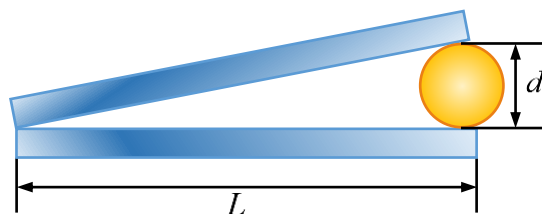
明条纹与 $k+5$ 级明条纹之间的间距为_____。

7. 在 Si 的平表面上形成了一层厚度均匀的 SiO_2 的薄膜, 为了测量它的厚度, 将它的一部分置成劈形(图中 AB 段)。现用波长为 $600nm$ 的平行光垂直照射, 观察反射光形成的干涉条纹, 在图中 AB 段共有 6 条暗纹, 且 B 处恰为一条暗纹, 求薄膜的厚度 (Si 的折射率为 3.42, SiO_2 的折射率为 1.50)



8. 如图所示, 波长为 $680nm$ 的平行光垂直照射到 $L=0.12m$ 长的两块玻璃片上, 两块玻璃片一边相互接触, 另一边被直径 $d=0.048mm$ 的细钢丝隔开, 求:

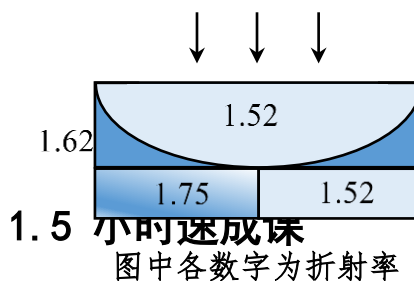
- (1) 两片玻璃片间的夹角是多少?
- (2) 相邻两明条纹间的厚度差是多少?
- (3) 相邻两暗条纹的间距是多少?



9. 如图 a 所示, 一光学平板玻璃 A 与待测工件 B 之间形成空气劈尖, 看到的反射光的干涉条纹如图 b 所示, 则工件的上表面缺陷是_____ (填“凸起”或“凹陷”)。

10. [判断] 牛顿环中相邻的暗环间的距离是相等的。 ()

11. 下图为牛顿环干涉装置, 单色光垂直照射, 则牛顿环中心 P 点处的圆斑是_____的。(填“左明右暗”、“左暗右明”、“全明”、“全暗”)



12. 把牛顿环装置（都是用折射率为 1.52 的玻璃制成的）由空气搬入折射率为 1.33 的水中，则干涉条纹（ ）。

- A. 中心暗斑变成亮斑 B. 变疏 C. 变密 D. 间距不变

13. 用单色光垂直照射在观察牛顿环的装置上，当平凸透镜垂直向上缓慢平移而远离平面玻璃时，可以观察到这些环状干涉条纹（ ）。

- A. 向右平移 B. 向中心收缩 C. 向外扩张 D. 静止不动

14. 在牛顿环装置的平凸透镜和平板玻璃间充以某种透明液体，观察到 10 个明环的直径由充液前的 14.8cm ，变成充液后的 12.7cm ，则这种液体的折射率 $n =$ 。

15. 若在迈克尔逊干涉仪的可动反光镜 M 移动 0.600mm 的过程中，观察到干涉条纹移动了 2000 条，则所用光波的波长为 nm 。

16. 在迈克尔逊干涉仪的反射镜 M 移动 Δd 的过程中，观察到干涉条纹移动了 N 条，则该光的波长为（ ）。

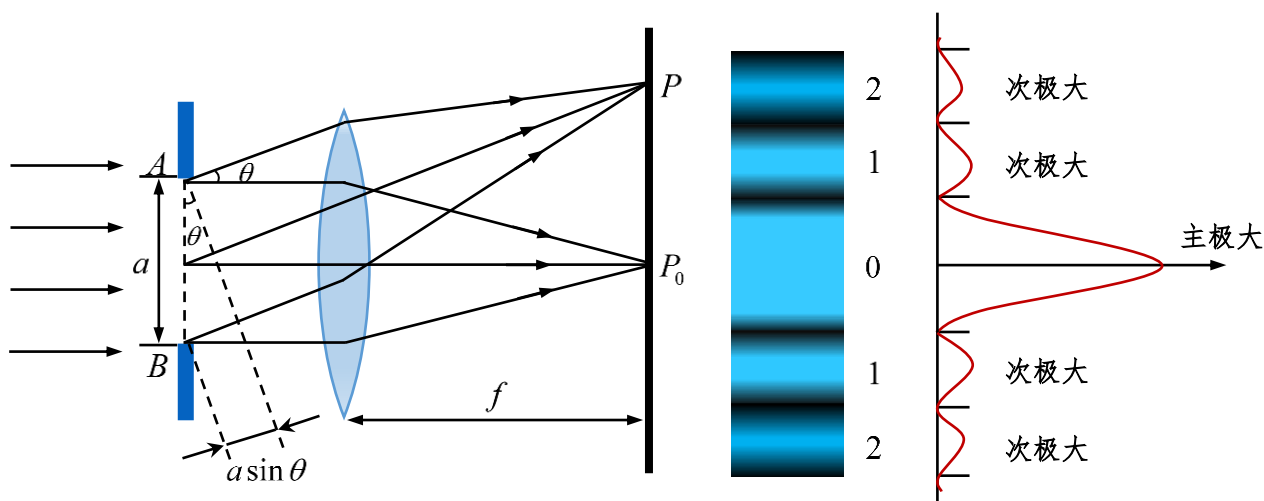
- A. $2\Delta d/N$ B. $2N/\Delta d$ C. $N/\Delta d$ D. $\Delta d/N$



课时三 单缝衍射、光栅衍射

考点	重要程度	占分	常见题型
1. 单缝衍射	必考	5 ~ 10	选择、填空
2. 光栅衍射			大题

1. 单缝衍射



$$\text{光程差: } \delta = a \sin \theta = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{暗 } (k=1, 2, \dots) \\ \pm (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{明 } (k=1, 2, \dots) \end{cases}$$

$$\text{中央明条纹 (主极大) 宽度: } \Delta x_0 = \frac{2f\lambda}{a}$$

$$\text{次级明条纹 (次级大) 宽度: } \Delta x = \frac{f\lambda}{a}$$

$$\text{明条纹中心位置: } x = \pm \frac{(2k+1)}{2} \frac{f\lambda}{a}$$

$$\text{暗条纹中心位置: } x = \pm k \frac{f\lambda}{a}$$

半角宽度

$$a \sin \theta = \lambda \Rightarrow \sin \theta = \frac{\lambda}{a}$$

当 θ 很小时

$$\theta \approx \sin \theta \approx \tan \theta = \frac{\lambda}{a}$$

题 1. 在单缝衍射实验中, 若所用的入射平行单色光的波长 λ 与缝宽 a 的关系为 $a=4\lambda$, 则对应与第二级暗纹的衍射角为 ()。

A. $\frac{\pi}{8}$

B. $\frac{\pi}{4}$

C. $\frac{\pi}{6}$

D. $\frac{\pi}{3}$

答案: C. $a \sin \theta = k\lambda \Rightarrow 4\lambda \sin \theta = 2\lambda \Rightarrow \sin \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{6}$



题 2. 平行单色光垂直入射单缝上, 观察夫琅禾费衍射, 若屏上 P 点为第三级暗纹, 则单缝处波面相应地可划分为 _____ 个半波带, 若将单缝宽度缩小一半, P 点将是第 _____ 级 _____ 纹。

解: $\delta = a \sin \theta = 3\lambda = 6 \times \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 6 \text{ 个半波带}$

题 3. 在单缝夫琅禾费衍射实验中, 设第一级暗纹衍射角很小, 若钠黄光 ($\lambda_1=589nm$) 为入射光, 中央明纹宽度为 $4.0mm$; 若以蓝紫光 ($\lambda_2=442nm$) 为入射光, 则中央明纹宽度为 _____ mm 。

$$\text{解: 由 } \Delta x = \frac{2f\lambda}{a} \Rightarrow \begin{cases} 4 \times 10^{-3} = \frac{2f \times 589 \times 10^{-9}}{a} \\ \Delta x = \frac{2f \times 442 \times 10^{-9}}{a} \end{cases} \Rightarrow \Delta x = 3 \times 10^{-3} \text{ m} = 3 \text{ mm}$$

题 4. 在单缝夫琅禾费衍射实验中, 若减小缝宽其他条件不变, 则中央明纹 ()

- A. 宽度变小
B. 宽度变大
C. 宽度不变, 且中心强度也不变
D. 宽度不变但中心强度变小

答案: B. 由 $\Delta x = \frac{2f\lambda}{a}$ 若 $a \searrow$ 则 $\Delta x \nearrow$

题 5. 波长为 600nm 的单色平行光，垂直入射到缝宽为 $a = 0.60\text{mm}$ 的单缝上，缝后有一焦距 $f = 60\text{cm}$ 的透镜，在透镜焦平面上观察衍射图样。

- (1) 第二级明纹距中心的距离;
- (2) 中心明纹的宽度 Δx_0 和其他明纹的宽度 Δx ;
- (3) 两个第三级暗纹之间的距离。

解: (1) 明纹位置
$$x = \frac{(2k+1)f\lambda}{2a} = \frac{(2 \times 2 + 1)}{2} \times \frac{60 \times 10^{-2} \times 600 \times 10^{-9}}{0.6 \times 10^{-3}} = 1.5 \times 10^{-3} m$$

$$(2) \Delta x_0 = \frac{2f\lambda}{a} = \frac{2 \times 60 \times 10^{-2} \times 600 \times 10^{-9}}{0.6 \times 10^{-3}} = 1.2 \times 10^{-3} m$$

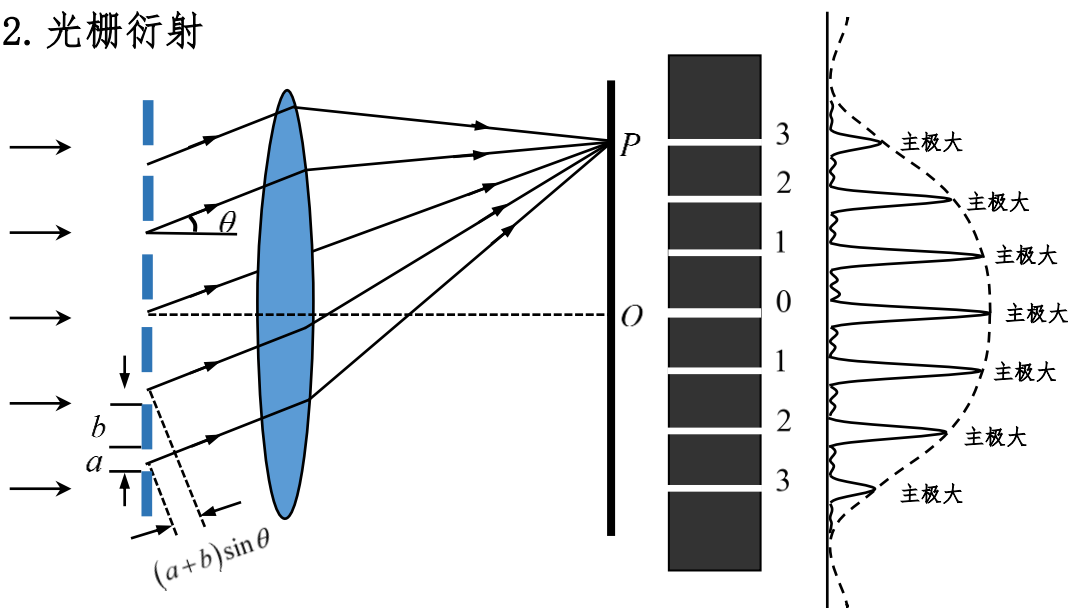
$$\Delta x = \frac{\Delta x_0}{2} = \frac{1.2 \times 10^{-3}}{2} = 6 \times 10^{-4} m$$

(3) 暗纹位置 $x = k \frac{f\lambda}{a} = 3 \times \frac{f\lambda}{a} = 3 \times 6 \times 10^{-4} = 1.8 \times 10^{-3} m$

$$\Delta x_3 = 2 \times 1.8 \times 10^{-3} = 3.6 \times 10^{-3} m$$



2. 光栅衍射



光栅方程： $(a+b)\sin\theta = \pm k\lambda$ ($k=0,1,2\cdots$) 明纹

光栅常数： $d = a + b$

主级大最大级数： $k = \frac{a+b}{\lambda}$ (取整)

缺级： $k = \frac{a+b}{a}k'$ ($k' = \pm 1, \pm 2 \cdots$)

题 1. 某单色光垂直入射到一个每毫米有 800 条刻线的光栅上，光栅常数为_____。如果第一级谱线的衍射角为 30° ，则入射光的波长应为_____。

解：(1) $a+b = \frac{1}{800} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ mm}$

(2) 由 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$

$$1.25 \times 10^{-3} \sin 30^\circ = \lambda$$

$$\lambda = 6.25 \times 10^{-4} \text{ mm} = 625 \text{ nm}$$

题 2. 波长为 $\lambda = 550 \text{ nm}$ 的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 ()。

A. 5

B. 4

C. 3

D. 2

答案: C. $k = \frac{d}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-4} \times 10^{-2}}{550 \times 10^{-9}} = 3$ (取整)



题 3. 一束白光垂直照射在一光栅上，在形成的同一级光栅光谱中，偏离中央明纹最远的是_____。(红光或紫光)

解：光栅方程： $(a+b)\sin\theta = k\lambda \Rightarrow \sin\theta = \frac{k\lambda}{(a+b)}$ λ 越大，离中心越远，故为红光

题 4. 波长为 $\lambda = 600\text{nm}$ 的单色光垂直射到光栅上，测得第二级主级大的衍射角为 30° ，且第三级缺级，求：

(1) 光栅常数 $(a+b)$ 是多少？透光缝可能的最小宽度 a 是多少？

(2) 在选定了上述 $(a+b)$ 和 a 之后，屏幕上可能出现的全部主级大的级数。

解：(1) 光栅方程 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$

$$\text{依题可得 } (a+b)\sin 30^\circ = 2\lambda \Rightarrow a+b = \frac{2\lambda}{\sin 30^\circ} = \frac{2 \times 600 \times 10^{-9}}{0.5} = 2.4 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{缺级公式: } k = \frac{a+b}{a} k'$$

$$\text{第三级缺级: } 3 = \frac{a+b}{a} k' \Rightarrow a = \frac{k'}{3} (a+b)$$

$$k' = 1 \text{ 时, } a_{\min} = \frac{1}{3} (a+b) = \frac{1}{3} \times 2.4 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$(2) \text{ 最大级数 } k = \frac{a+b}{\lambda} = \frac{2.4 \times 10^{-6}}{600 \times 10^{-9}} = 4$$

即 $k = 0, \pm 1, \pm 2$ 主极大， $k = \pm 3$ 缺级， $k = \pm 4$ 不可见

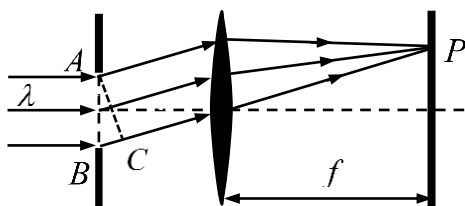
课时三 练习题

1. 如图所示，一束波长为 λ 的平行单色光垂直入射到一单缝 AB 上，在屏幕上形成衍射图样，

如果 P 是中央亮纹一侧第一个暗纹所在位置，则 \overline{BC} 的长度为 ()。

A. $\frac{\lambda}{2}$
C. $\frac{3\lambda}{2}$

B. λ
D. 2λ



2. 在单缝夫琅禾费衍射实验中, 如果缝宽等于单色入射光波长的2倍, 则中央明纹边缘对应的衍射角 $\varphi =$ _____。

3. 在夫琅禾费单缝衍射实验中, 波长为 λ 的单色光垂直入射在宽度为 6λ 的单缝上, 对应衍射角为 30° 的方向, 单缝处波阵面可分成的半波带数目为 ()。

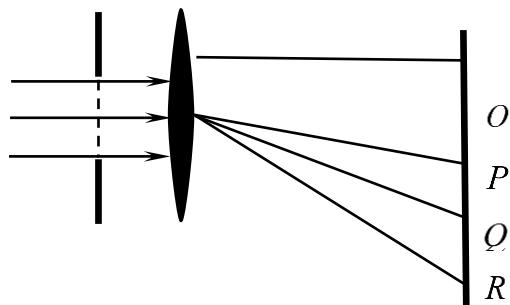
- A. 2个 B. 3个 C. 4个 D. 6个

4. 单缝衍射中, 如果单缝宽度变大, 中央明纹位置 _____, 宽度 _____。

5. 夫琅禾费单缝衍射实验中, 若屏幕上 P 点为第3级暗纹, 则单缝处可分为 _____ 个半波带; 若入射光波长为 600nm , 缝宽 $a = 0.6\text{mm}$, 透镜焦距 $T = 1\text{m}$, 则中央明纹宽度 $\Delta x =$ _____ mm 。

6. 如图波长为 λ 的单色平行光垂直照射单缝, 若由单缝边缘发出的光到达光屏上 P, Q, R 三点的光程差分别为 $2\lambda, 2.5\lambda, 3.5\lambda$, 比较 P, Q, R 三点的亮度, 则有 ()。

- A. P 点最亮, Q 点次之, R 点最暗
B. Q, R 两点亮度相同, P 点最暗
C. P, Q, R 三点亮度相同
D. Q 点最亮, R 点次之, P 点最暗



7. 一单色平行光垂直入射一单缝, 其衍射第二级明纹位置恰好与另一波长为 428.6nm 的单色光垂直入射该单缝时衍射的第三级明纹位置重合, 求该单色光的波长。

8. 某单色平行光垂直入射在单缝上, 单缝宽度为 $a = 0.15\text{mm}$, 缝后放一个焦距 $f = 400\text{mm}$ 的透镜, 透镜的焦平面上, 测得中央明纹两侧第三级暗纹之间的距离为 8.0mm , 求:

- ①入射光的波长
②第一级衍射明纹中心与中央明纹中心间的距离。

9. 波长为 600nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) 的单色光垂直入射到宽度为 0.1mm 的单缝上, 观察夫琅禾费衍射图样, 透镜焦距为 1.0m , 屏在透镜的焦平面处, 求:

- ①中央明纹的宽度 Δx_0 和其他明纹的宽度 Δx ;



②光屏上第二级明纹中心位置 x_2 。

10. 一束白光垂直照射在一光栅上, 在形成的第一段光栅光谱中, 最靠近中央明纹的是()。

- A. 紫光 B. 绿光 C. 黄光 D. 红光

11. 透射光栅每厘米有 5000 条刻痕, 此光栅的光栅常数为 $d = \underline{\hspace{2cm}} m$, 用波长为 $589.0nm$ 的平行光垂直入射到此光栅上, 在衍射屏幕上一共可以看到 条衍射谱线。

12. 一束平行单色光垂直入射在光栅上, 当光栅常数 $(a+b)$ 为下列哪些情况时 (a 代表每条缝的宽度), $k=3, 6, 9$ 等级次的主级大均不出现 ()。

- A. $a+b=2a$ B. $a+b=3a$ C. $a+b=4a$ D. $a+b=5a$

13. 一平面衍射光栅, 每厘米有 2500 条透光缝, 用波长 $\lambda=500nm$ 的单色平行光垂直入射到此光栅上 ($1nm=10^{-9}m$), 发现第五级主级大缺级, 求:

- ①此光栅的光栅常数 d ;
- ②第四级主级极大的衍射角 θ ;
- ③光栅透光缝的最小宽度 a ;
- ④取上述 a 时能观察到的全部主级大的级数。

14. 用波长 $\lambda=600nm$ 的单色平行光垂直入射到一平面光栅, 测得第二级主级大的衍射角 θ 满足 $\sin \theta=0.3$, 第三级谱线缺失, 求此光栅的光栅常数和最小缝宽。

15. 用波长 $\lambda=500nm$ 的单色光垂直入射到一光栅上, 测得第三级主级大的衍射角为 30° , 求:

- ①光栅常数 $(a+b)$
- ②若 $a=b$, 则能观察到的全部主级大的级次是哪些?





课时四 偏振光

考点	重要程度	占分	常见题型
1. 马吕斯定律	必考	2~4	选择、填空
2. 布儒斯特定律			

1. 马吕斯定律

题 1. 一束光强为 I_0 的自然光垂直穿过两个偏振片，且两偏振片的偏振化方向成 45° 角。则穿过两个偏振片后的光强为 ()。

A. $\frac{I_0}{4\sqrt{2}}$ B. $\frac{I_0}{4}$ C. $\frac{I_0}{2}$ D. $\frac{\sqrt{2}I_0}{2}$

答案: B. 第一次穿过偏振片 $I_1 = \frac{I_0}{2}$

$$\text{第二次穿过偏振片 } I_2 = I_1 \cos^2 45^\circ = \frac{I_0}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} I_0$$

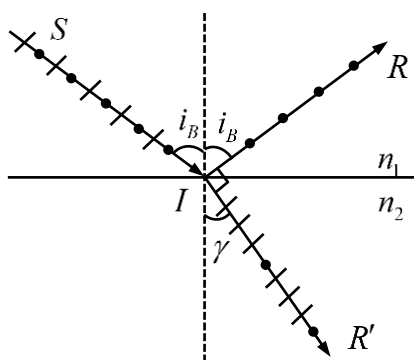
题 2. 设偏振片没有吸收，光强为 I_0 的自然光垂直通过，两个偏振片后，出射光强 $I = \frac{I_0}{8}$ ，则两个偏振片的偏振化方向之间的夹角为_____。

解: 第一次穿过偏振片 $I_1 = \frac{I_0}{2}$

$$\text{第二次穿过偏振片 } I_2 = I_1 \cos^2 \theta = \frac{I_0}{2} \cdot \cos^2 \theta = \frac{1}{8} I_0$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{3}$$

2. 布儒斯特定律



① 反射光为线偏振光 (完全偏振光)，

② 折射光 (透射光) 为部分偏射光

③ 反射光与折射光垂直: $i_B + \gamma = \frac{\pi}{2}$

$$\text{④ } \tan i_B = \frac{n_2}{n_1}$$

题 1. 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_____。

解: 由 $i_B + \gamma = 90^\circ \Rightarrow \gamma = 90^\circ - i_B = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$



题 2. 自然光以布儒斯特角由空气入射到一玻璃平面上, 反射光是_____。

- A. 在入射面内振动的完全偏振光 B. 平行于入射面的振动占优势的部分偏振光
C. 垂直于入射面振动的完全偏振光 D. 垂直入射面的振动占优势的部分偏振光

答案: C

题 3. 自然光入射到空气和玻璃的分界面上, 当入射角为 60° 时, 反射光为完全偏振光, 则此玻璃的折射率为_____。

解: 由 $\tan i_B = \frac{n_2}{n_1} = n_2$ 折射率为 $n_2 = \tan 60^\circ = \sqrt{3}$

课时四 练习题

1. 如果两个偏振片堆叠在一起, 且偏振化方向之间夹角为 60° , 光强为 I_0 的自然光垂直入射在偏振片上, 则出射光强为 ()。

- A. $I_0/8$ B. $I_0/4$ C. $3I_0/8$ D. $3I_0/4$

2. 光强为 I_0 的自然光, 经过两块偏振片后, 出射光强变为 $\frac{I_0}{8}$, 则两块偏振片的偏振化方向之间的夹角为_____。(不考虑偏振片的吸收和反射)

3. 三个偏振片 P_1, P_2 和 P_3 堆叠在一起, P_1 和 P_3 的偏振化方向相互垂直, P_2 和 P_1 偏正化方向间的夹角为 45° , 光强为 I_0 的自然光入射于偏振片 P_1 , 并依次透过偏振片 P_1, P_2 和 P_3 , 则通过三个偏振片后的光强为_____。

4. 一束自然光从空气中射向一块平板玻璃, 设入射角等于本儒特角 i_B , 则在平板玻璃表面的反射光是 ()。

- A. 部分偏振光 B. 线偏振光且光矢量的振动方向平行于入射面
C. 自然光 D. 线偏振光且光矢量的振动方向垂直于入射面

5. 一束平行的自然光, 以 60° 角入射到平玻璃表面上, 若玻璃的折射率为 $\sqrt{3}$, 则反射光束是_____。(填完全偏振光, 部分偏振光, 自然光)



课时一 练习题答案

1. 若一束光在折射率为 n 的介质中传播 $3r$ 的距离。另一束光则在真空中传播 $3r$ 的距离，那么这两束光的光程差为_____。

解：真空中光程： $3r$

介质中光程： $n \cdot 3r$

光程差： $\delta = 3nr - 3r = 3(n-1)r$

2. 若两点 A, B 相位差为 4π ，则此路径 AB 的光程为（ ）。

A. 2λ B. $2\lambda/n$ C. $2n\lambda$ D. 4λ

答案：A 由 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \delta$ 得 $\delta = \frac{\Delta\varphi \cdot \lambda}{2\pi} = \frac{4\pi \cdot \lambda}{2\pi} = 2\lambda$

3. 在相同时间内，一束波长为 λ 的单色光在空气中和玻璃中（ ）。

A. 传播的路程相等，光程相等 B. 传播的路程相等，光程却不相等
C. 传播的路程不相等，光程亦不相等 D. 传播的路程不相等，光程相等

答案：D. 真空中速度 c ，路程 $s_1 = ct$ 光程 $\delta_1 = ct$

介质中波速： $v = \frac{c}{n}$ 路程 $s_2 = \frac{c}{n} \cdot t$ 光程 $\delta_2 = n \cdot s_2 = ct$

4. 杨氏双缝干涉实验中，两条狭缝相距 1mm ，离屏幕 400cm ，用 600nm 的光照射时，干涉条纹的相邻明纹间距为_____ mm 。

解： $\Delta x = \frac{D \cdot \lambda}{d} = \frac{400 \times 10^{-2} \times 600 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-3}} = 2.4 \times 10^{-3} \text{m} = 2.4 \text{mm}$ 。

5. 在双缝干涉实验中，若使两缝之间的距离增大，则屏幕上干涉条纹间距_____，若使单色光波长减小，则干涉条纹间距_____（填增大，减小或不变）。

解：减小，减小 $\Delta x = \frac{D \cdot \lambda}{d}$ d 增大， Δx 减小； λ 减小， Δx 减小



6. 在双缝干涉实验中, 用波长 $\lambda=546.1nm$ 的单色光照射, 双缝与屏的距离 $D=300mm$, 测得中央明条纹两侧的两个第五级明条纹的间距为 $12.2mm$, 则双缝间的距离为多少?

$$\text{解: } x_5 = \frac{5D\lambda}{d} \quad 12.2 \times 10^{-3} = 2x_5 = \frac{10D\lambda}{d} = \frac{10 \times 300 \times 10^{-3} \times 546.1 \times 10^{-9}}{d} \Rightarrow d = 1.34 \times 10^{-4} m$$

7. 双缝干涉实验装置如图所示, 双缝与屏之间的距离 $D=120cm$, 两缝之间的距离 $d=0.50mm$, 用波长 $\lambda=500nm$ ($1nm=10^{-9}m$) 的单色光垂直照射双缝。

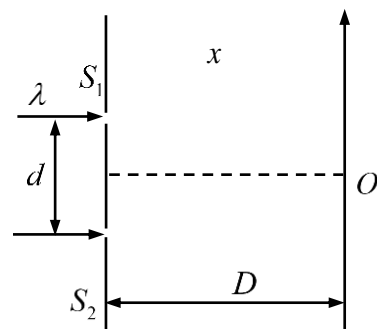
(1) 求原点 O (零级明条纹所在处) 上方的第五级条纹的坐标 x ;

(2) 如果用厚度 $e=3.0 \times 10^{-3}mm$, 折射率 $n=1.50$ 的透明薄膜覆盖在图中的 S_1 缝后面, 求原点 O 处为第几级明纹。

$$\text{解: (1)} \quad x_5 = k \frac{D\lambda}{d} = 5 \times \frac{120 \times 10^{-2} \times 500 \times 10^{-9}}{0.5 \times 10^{-3}} = 6 \times 10^{-3} m = 6mm$$

$$(2) \text{光程差 } \delta = r_2 - (r_1 - e + ne) = r_2 - r_1 + (1-n)e = (1-n)e = k\lambda$$

$$k = \frac{(1-n)e}{\lambda} = \frac{(1-1.5) \times 3 \times 10^{-6}}{500 \times 10^{-9}} = -3 \quad \text{故 } O \text{ 点为第三级明纹。}$$



8. 如图所示, 假设有两个相干点光源 S_1 和 S_2 , 波长为 λ , A 是它们连线的中垂线上的一点。

若 S_1 与 A 之间插入厚度为 e , 折射率为 n 的薄玻璃片, 则两光源发出的光在 A 点的相位差

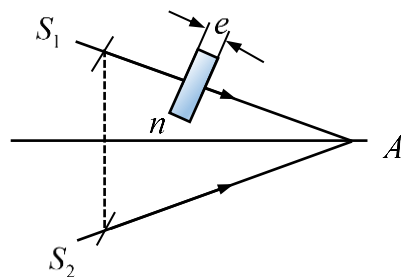
$\Delta\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$, 若已知 $\lambda=500nm$, $n=1.5$, A 点恰为第四级明纹中心, 则 $e = \underline{\hspace{2cm}} nm$ 。

$$\text{解: 光程差: } \delta = r_2 - (r_1 - e + ne) = r_2 - r_1 + (1-n)e = (1-n)e$$

$$\text{相位差: } \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \delta = \frac{2\pi(1-n)e}{\lambda}$$

$$\text{依题 } A \text{ 点恰为第四级明纹 } \delta = (1-n)e = 4\lambda$$

$$e = \frac{4\lambda}{n-1} = \frac{4 \times 500 \times 10^{-9}}{1.5-1} = 4 \times 10^{-6} m = 4000nm$$



9. 用一束 $\lambda = 632.8nm$ 的激光垂直照射一双缝, 在缝后 $2.0m$ 处的墙上观察到中央明纹和第一级明纹的间隔为 $14cm$, 求:

(1) 双缝的间距;

(2) 在中央明纹以上还能看到几条明纹? (应用相邻条纹间距公式)

解: (1) 由 $\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$ $d = \frac{D\lambda}{\Delta x} = \frac{2 \times 632.8 \times 10^{-9}}{0.14} = 9 \times 10^{-6} m$

(2) $k_{\max} = \frac{d}{\lambda} = \frac{9 \times 10^{-6}}{632.8 \times 10^{-9}} = 14$ (取整) 故还可以看到 14 条明纹。

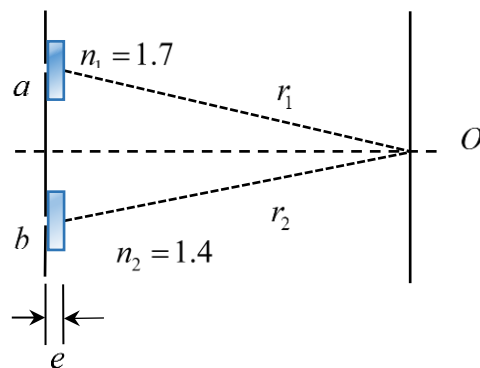
10. 如图, 在双缝干涉实验中, 原来的零级明纹在 O 处, 若用薄玻璃片(折射率 $n_1 = 1.7$)覆盖缝 a , 用同样厚度为 e 的玻璃片(折射率 $n_2 = 1.4$)覆盖缝 b , 零级明纹将向_____移动。两束相干光至原中央明纹 O 处的光程差为_____。

解: (1) 向上移动

(2) 光程差 $\delta = (r_2 - e + n_2 e) - (r_1 - e + n_1 e)$

$$= r_2 - r_1 + (n_2 - n_1)e$$

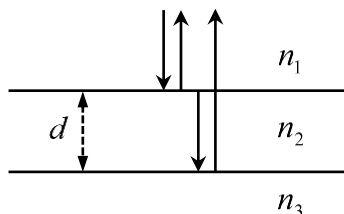
$$= 0 + (1.4 - 1.7)e = -0.3e$$



课时二 练习题答案

1. 如图所示, 折射率为 n_2 , 厚度为 d 的薄膜上方和下方的介质的折射率分别是 n_1 和 n_3 , 已知 $n_1 > n_2 > n_3$, 如果波长为 λ 的单色光垂直入射到该薄膜上, 则上下两表面的反射光的光程差为 $\delta =$ _____

解: $\delta = 2n_2d$



2. 在玻璃 (折射率 $n_3 = 1.60$) 表面镀一层 MgF_2 (折射率 $n_2 = 1.38$) 薄膜作为增透膜, 为了使波长为 $500nm$ 的光从空气 ($n_1 = 1.00$) 正入射时尽可能减少反射, MgF_2 薄膜的最少厚度应是 _____ nm

解: 由 $2n_2d = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \Rightarrow d = \frac{(2k+1)\lambda}{4n_2}$

$$k=0 \text{ 时, } d_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2} = \frac{500}{4 \times 1.38} = 90.58nm$$

3. 波长为 λ 的平行单色光垂直入射在折射率为 n_2 的薄膜上, 经上下两个表面反射的两束光发生干涉, 若薄膜厚度为 e , 而且 $n_1 > n_2$, $n_2 < n_3$, 则两束光在相遇点的相位差为 ()。

A. $\frac{4\pi n_2 e}{\lambda}$

B. $\frac{2\pi n_2 e}{\lambda}$

C. $\frac{4\pi n_2 e}{\lambda} + \pi$

D. $\frac{2\pi n_2 e}{\lambda} + \pi$

答案: C. 光程差 $\delta = 2n_2e + \frac{\lambda}{2}$ 相位差 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \left(2n_2e + \frac{\lambda}{2} \right) = \frac{4\pi n_2 e}{\lambda} + \pi$

4. 用白光垂直照射置于空气中的厚度为 $0.50\mu m$ 的玻璃片, 玻璃片的折射率为 1.50 , 在可见光范围内 ($400nm \sim 760nm$), 哪些波长的反射光有最大限度的增强?

解: 由 $2nd + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{4nd}{2k-1} = \frac{4 \times 1.5 \times 0.5 \times 10^3}{2k-1} = \frac{3000}{2k-1}$

由可见光范围, 取 $k=3, \lambda=600nm$ $k=4, \lambda=428.6nm$

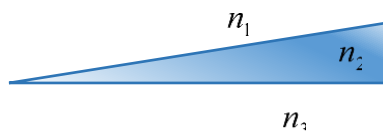


5. 用波长为 λ 的单色光垂直照射如图所示的, 折射率为 n_2 的劈形膜 ($n_1 > n_2$, $n_3 > n_2$), 观察反射光干涉, 棱边处为_____纹, 从劈形棱边开始, 第二条明条纹的中心所对应的膜厚度 $e =$ _____。

解: 光程差 $\delta = 2n_2e + \frac{\lambda}{2}$

棱边 $e = 0$, $\delta = \frac{\lambda}{2}$ 为暗纹

$$\text{由 } 2n_2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \Rightarrow e = \frac{\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda}{2n_2} = \frac{\left(2 - \frac{1}{2}\right)\lambda}{2n_2} = \frac{3\lambda}{4n_2}$$



6. 波长为 λ 的单色光垂直照射到劈尖薄膜上, 劈尖角为 θ , 劈尖薄膜的折射率为 n , 第 k 级明条纹与 $k+5$ 级明条纹之间的间距为_____。

解: 由 $l \sin \theta = \frac{\lambda}{2n} \Rightarrow l = \frac{\lambda}{2n \sin \theta}$

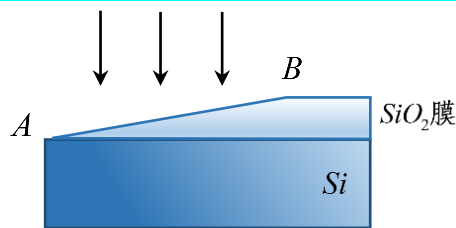
则 k 级 $\rightarrow k+5$ 级, $L = 5l = \frac{5\lambda}{2n \sin \theta}$

7. 在 Si 的平表面上形成了一层厚度均匀的 SiO_2 的薄膜, 为了测量它的厚度, 将它的一部分置成劈形(图中 AB 段)。现用波长为 $600nm$ 的平行光垂直照射, 观察反射光形成的干涉条纹, 在图中 AB 段共有 6 条暗纹, 且 B 处恰为一条暗纹, 求薄膜的厚度 (Si 的折射率为 3.42, SiO_2 的折射率为 1.50)

解: B 处为第 6 个暗纹, 对应 $k = 5$

$$\text{由 } 2nd = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow d = (2k+1)\frac{\lambda}{4n} = (2 \times 5 + 1)\frac{600 \times 10^{-9}}{4 \times 1.5} = 1.1 \times 10^{-6} m$$

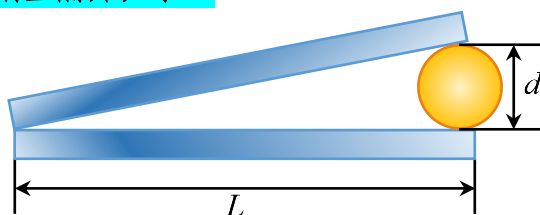


8. 如图所示, 波长为 $680nm$ 的平行光垂直照射到 $L = 0.12m$ 长的两块玻璃片上, 两块玻璃片一边相互接触, 另一边被直径 $d = 0.048mm$ 的细钢丝隔开, 求:

(1) 两片玻璃片间的夹角是多少?

(2) 相邻两明条纹间的厚度差是多少?

(3) 相邻两暗条纹的间距是多少?



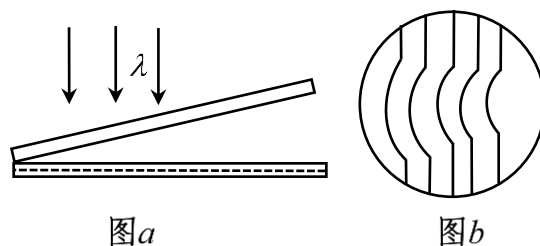
解: (1) $\theta \approx \tan \theta = \frac{d}{L} = \frac{0.048 \times 10^{-3}}{0.12} = 4 \times 10^{-4}$

(2) $\Delta d = \frac{\lambda}{2} = \frac{680}{2} = 340 \text{ nm}$

(3) 由 $l \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$ 得, $l = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} = 340 \times 10^{-9} \times \frac{1}{4 \times 10^{-4}} \text{ m} = 8.5 \times 10^{-4} \text{ m}$

9. 如图a所示, 一光学平板玻璃A与待测工件B之间形成空气劈尖, 看到的反射光的干涉条纹如图b所示, 则工件的上表面缺陷是_____ (填“凸起”或“凹陷”)。

答案: 凹陷



10. [判断] 牛顿环中相邻的暗环间的距离是相等的。 ()

解: 错误. 牛顿环内疏外密。

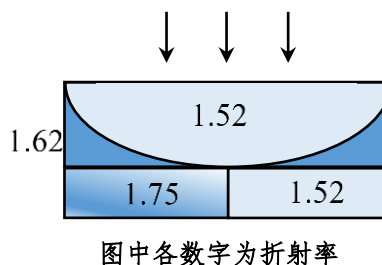
11. 下图为牛顿环干涉装置, 单色光垂直照射, 则牛顿环中心P点处的圆斑是_____的。(填“左明右暗”、“左暗右明”、“全明”、“全暗”)

解: 左边: $\delta = 2nd$

$d = 0$ 时, $\delta = 0$ 明纹

右 $\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2}$

$d = 0$ 时, $\delta = \frac{\lambda}{2}$ 暗纹, 故左明右暗



图中各数字为折射率

12. 把牛顿环装置 (都是用折射率为1.52的玻璃制成的) 由空气搬入折射率为1.33的水中, 则干涉条纹 ()。

A. 中心暗斑变成亮斑

B. 变疏

C. 变密

D. 间距不变

答案: C

解: 空气中: $\delta_1 = 2n_1d + \frac{\lambda}{2}$ 水中: $\delta_2 = 2n_2d + \frac{\lambda}{2}$

当 $d = 0$ 时, $\delta_1 = \delta_2 = \frac{\lambda}{2}$, 所以中心都是暗纹

当 d 一定时, 由 $n_2 > n_1$ 得, $\delta_2 > \delta_1$



则由 $\delta = k\lambda$ 可知, $k \nearrow$

相同的位置, k 级变大, 中心为 0 级, 即变密。

13. 用单色光垂直照射在观察牛顿环的装置上, 当平凸透镜垂直向上缓慢平移而远离平面玻璃时, 可以观察到这些环状干涉条纹 ()。

- A. 向右平移 B. 向中心收缩 C. 向外扩张 D. 静止不动

答案: B. $\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$, $d \nearrow \Rightarrow k \nearrow$ 相同的位置, k 级增大, 即变密, 向中心收缩。

14. 在牛顿环装置的平凸透镜和平板玻璃间充以某种透明液体, 观察到 10 个明环的直径由充液前的 14.8cm, 变成充液后的 12.7cm, 则这种液体的折射率 $n =$ _____。

解: 由明纹半径 $r = \sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2n}}$

$$\text{空气中, } r = \sqrt{\frac{(2 \times 10 - 1)R\lambda}{2}} = \frac{14.8}{2} \times 10^{-2}$$

$$\text{介质中, } r = \sqrt{\frac{(2 \times 10 - 1)R\lambda}{2n}} = \frac{12.7}{2} \times 10^{-2}$$

联立可得, $n = 1.358$

15. 若在迈克尔逊干涉仪的可动反射镜 M 移动 0.600mm 的过程中, 观察到干涉条纹移动了 2000 条, 则所用光波的波长为 _____ nm

解: 由 $d = N \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2d}{N} = \frac{2 \times 0.6 \times 10^{-3}}{2000} = 6 \times 10^{-7} \text{ m} = 600 \text{ nm}$

16. 在迈克尔逊干涉仪的反射镜 M 移动 Δd 的过程中, 观察到干涉条纹移动了 N 条, 则该光的波长为 ()

- A. $2\Delta d/N$ B. $2N/\Delta d$ C. $N/\Delta d$ D. $\Delta d/N$

答案: A 由 $d = N \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2d}{N} = \frac{2\Delta d}{N}$



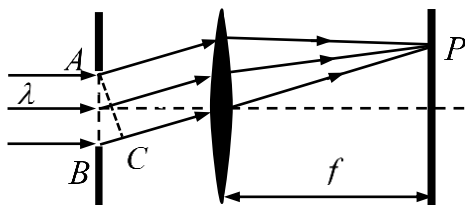
课时三 练习题答案

1. 如图所示,一束波长为 λ 的平行单色光垂直入射到一单缝 AB 上,在屏幕上形成衍射图样,如果 P 是中央亮纹一侧第一个暗纹所在位置,则 \overline{BC} 的长度为()。

- A. $\frac{\lambda}{2}$ B. λ C. $\frac{3\lambda}{2}$ D. 2λ

答案: B.

$$\text{由 } \delta = a \sin \theta = k\lambda \quad BC = \delta = \lambda$$



2. 在单缝夫琅禾费衍射实验中,如果缝宽等于单色入射光波长的2倍,则中央明纹边缘对应的衍射角 $\varphi =$ _____。

$$\text{解: 依题 } a \sin \varphi = k\lambda \quad 2\lambda \sin \varphi = \lambda \Rightarrow \sin \varphi = \frac{1}{2} \quad \varphi = \frac{\pi}{6}$$

3. 在夫琅禾费单缝衍射实验中,波长为 λ 的单色光垂直入射在宽度为 6λ 的单缝上,对应衍射角为 30° 的方向,单缝处波阵面可分成的半波带数目为()。

- A. 2个 B. 3个 C. 4个 D. 6个

答案: D.

$$\delta = a \sin \theta = 6\lambda \cdot \sin 30^\circ = 3\lambda = 6 \times \frac{\lambda}{2}$$

4. 单缝衍射中,如果单缝宽度变大,中央明纹位置_____,宽度_____。

$$\text{解: 由 } \Delta x = \frac{2f\lambda}{a} \quad \text{若 } a \nearrow \quad \Delta x \searrow$$

所以中央明纹位置不变,宽度减小

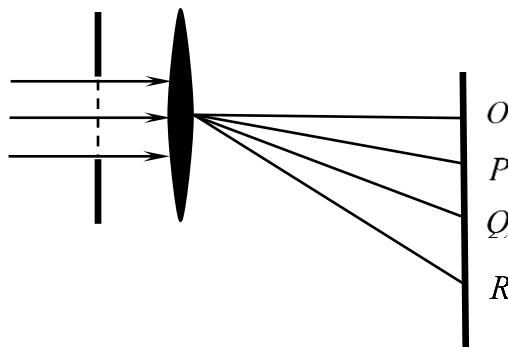
5. 夫琅禾费单缝衍射实验中,若屏幕上 P 点为第3级暗纹,则单缝处可分为_____个半波带;若入射光波长为 600nm ,缝宽 $a = 0.6\text{mm}$,透镜焦距 $T = 1\text{m}$,则中央明纹宽度 $\Delta x =$ _____mm。

$$\text{解: 由 } a \sin \theta = k\lambda = 3\lambda = 6 \times \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \text{可分6个半波带}$$

$$\Delta x = \frac{2f\lambda}{a} = \frac{2T\lambda}{a} = \frac{2 \times 1 \times 600 \times 10^{-9}}{0.6 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^{-3} \text{m} = 2\text{mm}$$



6. 如图波长为 λ 的单色平行光垂直照射单缝, 若由单缝边缘发出的光到达光屏上 P, Q, R 三点的光程差分别为 $2\lambda, 2.5\lambda, 3.5\lambda$, 比较 P, Q, R 三点的亮度, 则有 ()。



- A. P 点最亮, Q 点次之, R 点最暗
- B. Q, R 两点亮度相同, P 点最暗
- C. P, Q, R 三点亮度相同
- D. Q 点最亮, R 点次之, P 点最暗

答案: D. P 点: $\delta=2\lambda$ 暗纹

Q 点: $\delta=2.5\lambda=5\times\frac{\lambda}{2}$ 明纹

R 点: $\delta=3.5\lambda=7\times\frac{\lambda}{2}$ 明纹

但距离 O 点越远光强越弱, 故 $Q>R>P$

7. 一单色平行光垂直入射一单缝, 其衍射第二级明纹位置恰好与另一波长为 $428.6nm$ 的单色光垂直入射该单缝时衍射的第三级明纹位置重合, 求该单色光的波长。

解: 明纹公式 $a \sin \theta = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$

$$\left. \begin{aligned} a \sin \theta &= (2 \times 2 + 1) \frac{\lambda}{2} \\ a \sin \theta &= (2 \times 3 + 1) \frac{428.6}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda = 600nm$$

8. 某单色平行光垂直入射在单缝上, 单缝宽度为 $a=0.15mm$, 缝后放一个焦距 $f=400mm$ 的透镜, 透镜的焦平面上, 测得中央明纹两侧第三极暗纹之间的距离为 $8.0mm$, 求:

(1) 入射光的波长

(2) 第一级衍射明纹中心与中央明纹中心间的距离。

解: (1) 暗纹位置: $x = k \frac{f\lambda}{a} \Rightarrow x_3 = 3 \times \frac{f\lambda}{a}$

$$8 \times 10^{-3} = 2x_3 = 6 \frac{f\lambda}{a} \Rightarrow \lambda = 8 \times 10^{-3} \times \frac{a}{6f} = \frac{8 \times 10^{-3} \times 0.15 \times 10^{-3}}{6 \times 400 \times 10^{-3}} = 500nm$$

② 明纹位置: $x = \frac{2k+1}{2} \frac{f\lambda}{a}$



$$x_1 = \frac{2 \times 1 + 1}{2} \times \frac{400 \times 10^{-3} \times 500 \times 10^{-9}}{0.15 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^{-3} m$$

9. 波长为 $600nm$ ($1nm = 10^{-9}m$) 的单色光垂直入射到宽度为 $0.1mm$ 的单缝上, 观察夫琅禾费衍射图样, 透镜焦距为 $1.0m$, 屏在透镜的焦平面处, 求:

① 中央明纹的宽度 Δx_0 和其他明纹的宽度 Δx ;

② 光屏上第二级明纹中心位置 x_2 。

解: ① $\Delta x_0 = 2 \times \frac{f\lambda}{a} = 2 \times \frac{1 \times 600 \times 10^{-9}}{0.1 \times 10^{-3}} = 1.2 \times 10^{-2} m$

$$\Delta x = \frac{\Delta x_0}{2} = \frac{1.2 \times 10^{-2}}{2} = 6 \times 10^{-3} m$$

② 明纹位置 $x = \frac{2k+1}{2} \cdot \frac{f\lambda}{a}$

$$x_2 = \frac{2 \times 2 + 1}{2} \times \frac{1 \times 600 \times 10^{-9}}{0.1 \times 10^{-3}} = 1.5 \times 10^{-2} m$$

10. 一束白光垂直照射在一光栅上, 在形成的第一段光栅光谱中, 最靠近中央明纹的是()。

- A. 紫光 B. 绿光 C. 黄光 D. 红光

解: 光栅方程 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$ $\sin\theta = \frac{k\lambda}{a+b}$ λ 越小衍射角 θ 越小, 离中心越近, 故为紫光

11. 透射光栅每厘米有 5000 条刻痕, 此光栅的光栅常数为 $d = \underline{\hspace{2cm}} m$, 用波长为 $589.0nm$ 的平行光垂直入射到此光栅上, 在衍射屏幕上一共可以看到 条衍射谱线。

解: $d = \frac{1 \times 10^{-2}}{5000} = 2 \times 10^{-6} m$ $k = \frac{d}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-6}}{589 \times 10^{-9}} = 3$ (取整) 故 $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$ 共 7 谱线

12. 一束平行单色光垂直入射在光栅上, 当光栅常数 $(a+b)$ 为下列哪些情况时 (a 代表每条缝的宽度), $k = 3, 6, 9$ 等级次的主级大均不出现 ()。

- A. $a+b = 2a$ B. $a+b = 3a$ C. $a+b = 4a$ D. $a+b = 5a$



答案: **B**. 缺级公式 $k = \frac{a+b}{a} k'$

k 可取 3、6、9, 分别对应 $k' = 1, 2, 3$

即 $a+b=3a$

13. 一平面衍射光栅, 每厘米有 2500 条透光缝, 用波长 $\lambda=500nm$ 的单色平行光垂直入射到此光栅上 ($1nm=10^{-9}m$), 发现第五级主级大缺级, 求:

- ①此光栅的光栅常数 d ;
- ②第四级主级极大的衍射角 θ ;
- ③光栅透光缝的最小宽度 a ;
- ④取上述 a 时能观察到的全部主级大的级数。

解: ① $d = \frac{1 \times 10^{-2}}{2500} = 4 \times 10^{-6} m$

②光栅方程 $d \sin \theta = k \lambda$

$$\sin \theta = \frac{k \lambda}{d} = \frac{4 \times 500 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-6}} = 0.5 \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{6}$$

③由缺级公式: $k = \frac{a+b}{a} k'$ 第五级缺级: $k = 5$

$$5 = \frac{a+b}{a} k' \Rightarrow a = \frac{k'}{5} (a+b)$$

$$k' = 1 \text{ 时, } a_{\min} = \frac{1}{5} (a+b) = \frac{1}{5} \times 4 \times 10^{-6} m = 8 \times 10^{-7} m$$

④最大级次 $k = \frac{a+b}{\lambda} = \frac{4 \times 10^{-6}}{500 \times 10^{-9}} = 8$

$k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \pm 6, \pm 7$ 缺级 $k = \pm 5, k = \pm 8$ 不可见

14. 用波长 $\lambda=600nm$ 的单色平行光垂直入射到一平面光栅, 测得第二级主级大的衍射角 θ 满足 $\sin \theta = 0.3$, 第三级谱线缺失, 求此光栅的光栅常数和最小缝宽。

解: 光栅方程: $(a+b) \sin \theta = k \lambda$

依题可得: $(a+b) \times 0.3 = 2 \lambda$

$$a+b = \frac{2 \lambda}{0.3} = \frac{2 \times 600 \times 10^{-9}}{0.3} = 4 \times 10^{-6} m$$



缺级公式: $k = \frac{a+b}{a}k'$ 第三级缺级: $k = 3$

$$3 = \frac{a+b}{a}k' \Rightarrow a = \frac{k'}{3}(a+b)$$

$$k' = 1 \text{ 时 } a_{\min} = \frac{1}{3}(a+b) = \frac{1}{3} \times 4 \times 10^{-6} = 1.3 \times 10^{-6} \text{ m}$$

15. 用波长 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 的单色光垂直入射到一光栅上, 测得第三级主级大的衍射角为 30° , 求:

① 光栅常数 $(a+b)$

② 若 $a=b$, 则能观察到的全部主级大的级次是哪些?

解: (1) 光栅方程 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$

$$\text{依题可得 } (a+b)\sin 30^\circ = 3\lambda$$

$$a+b = \frac{3\lambda}{\sin 30^\circ} = \frac{3 \times 500 \times 10^{-9}}{\frac{1}{2}} = 3 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$(2) \text{ 最大级次 } k = \frac{a+b}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{-6}}{500 \times 10^{-9}} = 6$$

$$\text{缺级 } k = \frac{a+b}{a}k' = \frac{2a}{a}k' = 2k'$$

$$\text{即 } k = 0, \pm 1, \pm 3, \pm 5 \quad \text{缺级 } k = \pm 2, \pm 4, \pm 6$$



课时四 练习题答案

1. 如果两个偏振片堆叠在一起, 且偏振化方向之间夹角为 60° , 光强为 I_0 的自然光垂直入射在偏振片上, 则出射光强为 ()。

A. $I_0/8$

B. $I_0/4$

C. $3I_0/8$

D. $3I_0/4$

答案: A. 第一次穿过偏振片 $I_1 = \frac{I_0}{2}$

$$\text{第二次穿过偏振片 } I_2 = I_1 \cos^2 60^\circ = \frac{I_0}{2} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{I_0}{8}$$

2. 光强为 I_0 的自然光, 经过两块偏振片后, 出射光强变为 $\frac{I_0}{8}$, 则两块偏振片的偏振化方向之间的夹角为_____。(不考虑偏振片的吸收和反射)

解: 第一次穿过偏振片 $I_1 = \frac{I_0}{2}$

$$\text{第二次穿过偏振片 } I_2 = I_1 \cos^2 \theta = \frac{I_0}{2} \cos^2 \theta = \frac{I_0}{8}$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2} \quad \theta = \frac{\pi}{3}$$

3. 三个偏振片 P_1, P_2 和 P_3 堆叠在一起, P_1 和 P_3 的偏振化方向相互垂直, P_2 和 P_1 偏正化方向间的夹角为 45° , 光强为 I_0 的自然光入射于偏振片 P_1 , 并依次透过偏振片 P_1, P_2 和 P_3 , 则通过三个偏振片后的光强为_____。

解: 穿过 P_1 : $I_1 = \frac{I_0}{2}$

$$\text{穿过 } P_2: I_2 = I_1 \cos^2 45^\circ = \frac{I_0}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = \frac{I_0}{4}$$

$$\text{穿过 } P_3: I_3 = I_2 \cos^2 45^\circ = \frac{I_0}{4} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = \frac{I_0}{8}$$



4. 一束自然光从空气中射向一块平板玻璃，设入射角等于本儒特角 i_B ，则在平板玻璃表面的反射光是（ ）。

- A. 部分偏振光 B. 线偏振光且光矢量的振动方向平行于入射面
C. 自然光 D. 线偏振光且光矢量的振动方向垂直于入射面

答案：D

5. 一束平行的自然光，以 60° 角入射到平玻璃表面上，若玻璃的折射率为 $\sqrt{3}$ ，则反射光束是_____。（填完全偏振光，部分偏振光，自然光）

解： $i_B = 60^\circ$ $n_1 = 1$ $n_2 = \sqrt{3}$

满足布儒斯特定律 $\tan 60^\circ = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{3}$

所以反射光为完全偏振光。

