

第十七章 光的干涉

一. 选择题

1. 在真空中波长为 λ 的单色光, 在折射率为 n 的均匀透明介质中从 A 沿某一路径传播到 B , 若 A, B 两点的相位差为 3π , 则路径 AB 的长度为: (D)

- A. 1.5λ B. $1.5n\lambda$ C. 3λ D. $1.5\lambda/n$

解: $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}nd = 3\pi$ 所以 $d = 1.5\lambda/n$

本题答案为D。

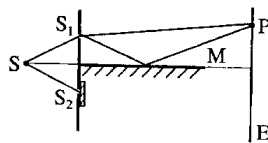
2. 在杨氏双缝实验中, 若两缝之间的距离稍为加大, 其他条件不变, 则干涉条纹将 (A)

- A. 变密 B. 变稀 C. 不变 D. 消失

解: 条纹间距 $\Delta x = D\lambda/d$, 所以 d 增大, Δx 变小。干涉条纹将变密。

本题答案为A。

3. 在空气中做双缝干涉实验, 屏幕 E 上的 P 处是明条纹。若将缝 S_2 盖住, 并在 S_1, S_2 连线的垂直平分面上放一平面反射镜 M , 其它条件不变(如图), 则此时 (B)



选择题3图

- A. P 处仍为明条纹
B. P 处为暗条纹
C. P 处位于明、暗条纹之间
D. 屏幕 E 上无干涉条纹

解 对于屏幕 E 上方的 P 点, 从 S_1 直接入射到屏幕 E 上和从出发 S_1 经平面反射镜 M 反射后再入射到屏幕上的光相位差在均比原来增 π , 因此原来是明条纹的将变为暗条纹, 而原来的暗条纹将变为明条纹。故本题答案为B。

4. 在薄膜干涉实验中, 观察到反射光的等倾干涉条纹的中心是亮斑, 则此时透射光的等倾干涉条纹中心是 (B)

- A. 亮斑 B. 暗斑 C. 可能是亮斑, 也可能是暗斑 D. 无法确定

解: 反射光和透射光的等倾干涉条纹互补。

本题答案为B。

5. 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, 则薄膜最小的厚度为 (B)

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

6. 在折射率为 $n'=1.60$ 的玻璃表面上涂以折射率 $n=1.38$ 的 MgF_2 透明薄膜, 可以减少光的反射。当波长为 $500.0nm$ 的单色光垂直入射时, 为了实现最小反射, 此透明薄膜的最小厚度为 (C)

- A. $5.0nm$ B. $30.0nm$ C. $90.6nm$ D. $250.0nm$

解：增透膜 $e_{\min} = \lambda / 4n = 90.6 \text{ nm}$

本题答案为 C。

7. 用波长为 λ 的单色光垂直照射到空气劈尖上，观察等厚干涉条纹。当劈尖角增大时，观察到的干涉条纹的间距将（ B ）

A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 无法确定

解： $l = \frac{\lambda}{2n \sin \theta}$ ，故 θ 增大， l 减小。

本题答案为 B。

8. 在牛顿环装置中，将平凸透镜慢慢地向上平移，由反射光形成的牛顿环将（ ）

A. 向外扩张，环心呈明暗交替变化
B. 向外扩张，条纹间隔变大
C. 向中心收缩，环心呈明暗交替变化
D. 无向中心收缩，条纹间隔变小

解：本题答案为 C。

9. 用波长为 λ 的单色平行光垂直照射牛顿环装置，观察从空气膜上下两表面反射的光形成的牛顿环。第四级暗纹对应的空气膜厚度为（ B ）

A. 4λ B. 2λ C. 4.5λ D. 2.25λ

解：暗条纹条件： $2ne + \lambda/2 = (2k+1)\lambda/2$ ， $k=4$ ， $n=1$ ，所以 $e = 2\lambda$ 。

本题答案为 B。

10. 在迈克耳孙干涉仪的一支光路中，放入一片折射率为 n 的透明薄膜后，测出两束光的光程差的改变量为一个波长 λ ，则薄膜的厚度是（ D ）

A. $\lambda/2$ B. $\lambda/(2n)$ C. λ/n D. $\lambda/(2(n-1))$

解： $\Delta\delta = 2(n-1)d = \lambda$ ，故 $d = \lambda / 2(n-1)$

本题答案为 D。

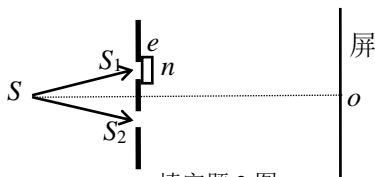
二. 填空题

1. 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_____。

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

减小， Δx 也减小。

2. 如图，在双缝干涉中若把一厚度为 e ，折射率为 n 的薄云母片，覆盖在 S_1 缝上，中央明纹将向_____移动。覆盖云母片后，两束相干光到达原中央明纹 o 处的光程差为_____。



填空题 2 图

解：因为 $n > 1$ ，光从 S_1 、 S_2 传播到屏幕上相遇时光程差为零的点在 o 点上方，所以

中央明纹将向上移动。光程差为 $(n-1)e$ 。

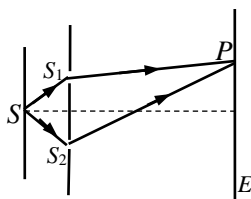
3. 在双缝干涉实验中, 中央明条纹的光强度为 I_0 , 若遮住一条缝, 则原中央明条纹处的光强度变为_____。

解: 中央明条纹的光强度为 $I_0 \propto (2A)^2$, 遮住一条缝, 则原中央明条纹处的光强度

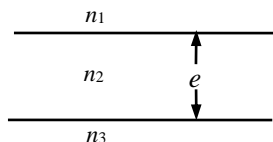
$$I \propto A^2, I = \frac{I_0}{4}。$$

4. 如图所示, 在双缝干涉实验中, $SS_1=SS_2$, 用波长为 λ 的光照射双缝 S_1 和 S_2 , 通过空气后在屏幕 E 上形成干涉条纹, 已知 P 点处为第 3 级明条纹, 则 S_1 和 S_2 到 P 点的光程差为_____; 若将整个装置放于某种透明液体中, P 点为第四级明条纹, 则该液体的折射率 $n =$ _____。

解: $\delta = k\lambda$ $k=3$ 所以 $\delta = 3\lambda$ 。在透明液体中 $n\delta = k'\lambda$, $k' = 4$, 所以 $3\lambda = \frac{4\lambda}{n}$, $n = \frac{4}{3}$



填空题 4 图

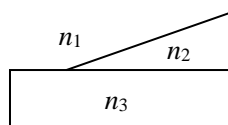


填空题 5 图

5. 如图所示, 当单色光垂直入射薄膜时, 经上下两表面反射的两束光发生干涉。当 $n_1 < n_2 < n_3$ 时, 其光程差为_____; 当 $n_1 = n_3 < n_2$ 时, 其光程差为_____。

解: $n_1 < n_2, n_2 < n_3$ 所以上、下表面的反射光都有半波损失, 附加光程差 $\delta' = 0$
故光程差 $\delta = 2n_2e$ 。 $n_1 = n_3 < n_2$ 时, 上表面有半波损失, 下表面无半波损失, 附加光程差 $\delta' = \frac{\lambda}{2}$, 故光程差 $\delta = 2n_2e + \frac{\lambda}{2}$ 。

6. 用波长为 λ 的单色光垂直照射如图所示的劈尖膜 ($n_1 > n_2 > n_3$), 观察反射光干涉, 劈尖顶角处为_____条纹, 从劈尖膜尖顶算起, 第 2 条明条纹中心所对应的厚度为_____。



填空题 6 图

解: $n_1 > n_2 > n_3$ 所以上、下表面的反射光都没有半波损失,
故劈尖顶角处光程差为零, 为明条纹; 第 2 条明条纹即第一级明条纹 $2n_2e = k\lambda, k = 1$,
所以 $e = \frac{\lambda}{2n_2}$ 。

7. 单色光垂直照射在劈尖上, 产生等厚干涉条纹, 为了使条纹的间距变小, 可采用的方法是: 使劈尖角_____, 或改用波长较_____的光源。

解: $l = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$, 要使 l 变小, 使劈尖角增大, 或用波长较小的光源。

8. 某一牛顿环装置都是用折射率为 1.52 的玻璃制成的, 若把它从空气中搬入水中, 用同一单色光做实验, 则干涉条纹的间距 _____, 其中心是 _____ 斑。

解: $\delta = 2n_{\text{水}}e + \frac{\lambda}{2} = n \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$, $r = \sqrt{(k - \frac{1}{2}) R \lambda / n}$,

n 变大, 干涉条纹间距变密。其中心是暗斑。

9. 用迈克耳孙干涉仪测反射镜的位移, 若入射光波波长 $\lambda = 628.9 \text{ nm}$, 当移动活动反射镜时, 干涉条纹移动了 2048 条, 反射镜移动的距离为 _____。

解: $\Delta d = N \frac{\lambda}{2} = 0.644 \text{ mm}$ 。

三. 计算题

1. 在双缝干涉实验中, 若缝间距为所用光波波长的 1000 倍, 观察屏与双缝相距 50cm, 求相邻明纹的间距。

解: 由双缝干涉公式 $x = k\lambda D / d$

得: $\Delta x = \lambda D / d = 0.05 \text{ cm}$

2. 在图示的双缝干涉实验中, 若用折射率为 $n_1 = 1.4$ 的薄玻璃片覆盖缝 S_1 , 用同样厚度但折射率为 $n_2 = 1.7$ 的玻璃片覆盖缝 S_2 , 将使屏上原中央明条纹所在处 O 变为第五级明条纹, 设单色光波长 $\lambda = 480.0 \text{ nm}$, 求玻璃片厚度 d (可认为光线垂直穿过玻璃片)。

解: 双缝未覆盖玻璃片之前, 两束光到达中央明条纹所在处 O 点的光程差

$$r_2 - r_1 = 0$$

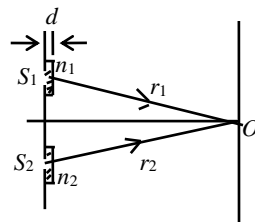
双缝未覆盖玻璃片之后, O 点变为第五级明纹, 因此两束光到达 O 点后的光程差

$$[n_2 d + (r_2 - d)] - [n_1 d + (r_1 - d)] = 5\lambda$$

因此

$$(n_2 - n_1) d = 5\lambda$$

$$d = 5\lambda / (n_2 - n_1) = 5 \times 480 \times 10^{-9} / (1.7 - 1.4) = 8 \times 10^{-6} \text{ m}$$



计算题 2 图

3. 在杨氏双缝实验中, 两缝之间的距离 $d = 0.5 \text{ mm}$, 缝到屏的距离为 $D = 25 \text{ cm}$, 若先后用波长为 400 nm 和 600 nm 两种单色光入射, 求: (1) 两种单色光产生的干涉条纹间距各是多少? (2) 两种单色光的干涉条纹第一次重叠处距屏中心距离为多少? 各是第几级条纹?

解: 如图所示, 屏上 p 点处, 从两缝射出的光程差为 $\delta = x d / D$

明纹条件 $\delta = \pm k\lambda$

屏上明纹位置 $x = \pm D k \lambda / d$

(1) 两明条纹的间距 $\Delta x = D \lambda / d$

$$\Delta x_1 = D\lambda_1/d = 0.2\text{mm}$$

$$\Delta x_2 = D\lambda_2/d = 0.3\text{mm}$$

(2) 在两种单色光的干涉条纹重叠处, 有

$$x_1 = x_2 \quad \text{即} \quad k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2$$

$$k_1/k_2 = \lambda_2/\lambda_1 = 3/2$$

第一次重叠 $k_1=3, k_2=2$

$$x_1 = x_2 = 0.6\text{mm}$$

故两种单色光的干涉条纹第一次重叠处距屏中心距离为 0.6mm, 波长为 400nm 的是第 3 级条纹, 波长为 600nm 的是第 2 级条纹。

4. 如图, 用白光垂直照射厚度 $e = 400\text{nm}$ 的薄膜, 若薄膜折射率 $n_2 = 1.4$, 且 $n_1 > n_2 > n_3$, 则反射光中哪些波长的可见光得到加强?

解: 由于 $n_1 > n_2 > n_3$

从上下表面反射的光均无半波损失。反射光得到加强的条件是

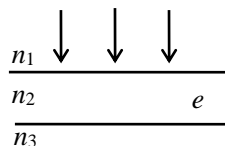
$$2n_2e = k\lambda$$

$$\lambda = 2.8 \times 400/k$$

$$k = 1 \text{ 时, } \lambda = 1120 \text{ nm}$$

$$k = 2 \text{ 时, } \lambda = 560 \text{ nm}$$

$$k = 3 \text{ 时, } \lambda = 373.3\text{nm}$$



计算题 4 图

可见光范围 400nm~760nm, 所以反射光中可见光得到加强的是 560nm。

5. 一片玻璃 ($n=1.5$) 表面附有一层油膜 ($n=1.32$), 今用一波长连续可调的单色光垂直照射油面。当波长为 485nm 时, 反射光干涉相消。当波长增大为 679nm 时, 反射光再次干涉相消。求油膜的厚度。

解: 由于在油膜上, 下表面反射时都有相位跃变 π , 所以反射光干涉相消的条件是

$$2ne = (2k+1) \lambda/2。$$

于是有

$$2ne = (2k+1) \lambda_1/2 = (2k-1) \lambda_2/2$$

由此解出 $k = \frac{\lambda_2 + \lambda_1}{2(\lambda_2 - \lambda_1)}$, 进一步得到油膜的厚度

$$e = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{2n(\lambda_2 - \lambda_1)} = \frac{679 \times 485}{2 \times 1.32 \times (679 - 485)} = 643\text{nm}$$

6. 在折射率 $n=1.52$ 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, 膜的最小厚度应是多少?

解: 透射光干涉加强的条件是

$$2ne + \lambda/2 = k\lambda, \quad k=1, 2, \dots$$

$$e = \left(k - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2n} = \left(k - \frac{1}{2}\right) \times \frac{550 \times 10^{-9}}{2 \times 1.38} = (199.3k - 99.6) \times 10^{-9} \text{ m}$$

故最薄需要 $e=99.6\text{nm}$ 。

7. 用波长为 λ_1 的单色光照射空气劈尖, 从反射光干涉条纹中观察到劈尖装置的 A 点处为暗条纹, 若连续改变入射光波长, 直到波长变为 λ_2 ($\lambda_2 > \lambda_1$) 时, A 点再次变为暗条纹, 求 A 点处的空气薄膜厚度。

解: 设 A 点处空气薄膜厚度为 e , 则有:

$$2e + \lambda_1/2 = (2k+1) \lambda_1/2$$

即: $2e = k\lambda_1$ 。

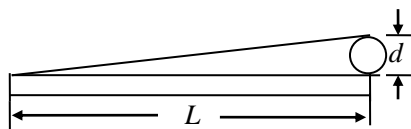
因此改变波长后有: $2e = (k-1) \lambda_2$ 。所以:

$$k \lambda_1 = k\lambda_2 - \lambda_2$$

$$k = \lambda_2 / (\lambda_2 - \lambda_1)$$

$$e = k\lambda_1/2 = \lambda_1\lambda_2/2(\lambda_2 - \lambda_1)$$

8. 如图, 利用空气劈尖测细丝直径, 观察到 30 条条纹, 30 条明纹间的距离为 4.295mm , 已知单色光的波长 $\lambda=589.3\text{nm}$, $L=28.88 \times 10^{-3}\text{m}$, 求细丝直径 d 。



计算题 8 图

解: 相邻条纹间的厚度差为 $\lambda/2$, 30 条明条纹厚度差为 $(30-1) \times \lambda/2 = 8.54 \times 10^{-6}\text{m}$, 劈尖角

$$\theta \approx 8.54 \times 10^{-6} / 4.295 \times 10^{-3} = 1.989 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$d = L\theta = 5.74 \times 10^{-5} \text{ m}$$

9. 用单色光观察牛顿环, 测得某一明环直径为 3.00mm , 它外面第 5 个明环的直径为 4.60mm , 平凸透镜的曲率半径为 1.03m , 求此单色光的波长。

解: 由 $r_k^2 = \frac{2k-1}{2} R\lambda$ 和 $r_{k+5}^2 = \frac{2(k+5)-1}{2} R\lambda$ 可解得

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{r_{k+5}^2 - r_k^2}{5R} = \frac{d_{k+5}^2 - d_k^2}{20R} = \frac{(4.60 \times 10^{-3})^2 - (3.00 \times 10^{-3})^2}{20 \times 1.03} \\ &= 5.90 \times 10^{-7} \text{ m} = 590\text{nm} \end{aligned}$$

10. 在牛顿环实验中, 当透镜和玻璃之间充以某种液体时, 第十个亮环的直径由 $1.40 \times 10^{-2}\text{m}$ 变为 $1.27 \times 10^{-2}\text{m}$ 。试求这种液体的折射率。

解: 牛顿环亮环的直径为:

$$d_k = 2\sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2}}, k=1,2,\dots$$

设这种液体的折射率为 n , 则光波的波长变为: $\lambda' = \lambda/n$

$$\text{因此 } n = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{d_{10}^2}{d_{10}'^2} = \left(\frac{1.40 \times 10^{-2}}{1.27 \times 10^{-2}} \right)^2 = 1.22。$$

11. 折射率为 n ，厚度为 d 的薄玻璃片放在迈克耳孙干涉仪的一臂上，问两光路光程差的改变量是多少？

解：由于光来回通过玻片两次，所以光程差的改变量为 $2(n-1)d$ 。