

单元五 劈尖的干涉 牛顿环

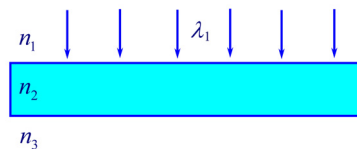
一 选择题

01. 在照相机镜头的玻璃片上均匀镀有一层折射率 n 小于玻璃的介质薄膜，以增强某一波长 λ 的透射光能量。假设光线垂直入射，则介质膜的最小厚度应为：【 D 】

- (A) $\frac{1}{n}\lambda$; (B) $\frac{1}{2n}\lambda$;
(C) $\frac{1}{3n}\lambda$; (D) $\frac{1}{4n}\lambda$ 。

02. 如图所示，平行单色光垂直照射到薄膜上，经上下两表面反射的两束光发生干涉，若薄膜厚度为 e ，而且 $n_1 < n_2 > n_3$ ， λ_1 为入射光在折射率为 n_1 的媒质中的波长，则两束反射光在相遇点的相位差为：【 C 】

- (A) $\frac{2\pi n_2 e}{n_1 \lambda_1}$;
(B) $\frac{4\pi n_1 e}{n_1 \lambda_1} + \pi$;
(C) $\frac{4\pi n_2 e}{n_1 \lambda_1} + \pi$;
(D) $\frac{4\pi n_2 e}{n_1 \lambda_1}$ 。



选择题_02 图示

03. 波长为 500 nm 的单色光从空气中垂直地入射到镀在玻璃(折射率为 1.50)上折射率为 1.375 、厚度为 $1.0 \times 10^{-4}\text{ cm}$ 的薄膜上。入射光的一部分进入薄膜，并在下表面反射，则这条光线在薄膜内的光程上有多少个波长？反射光线离开薄膜时与进入时的相位差是：【 D 】

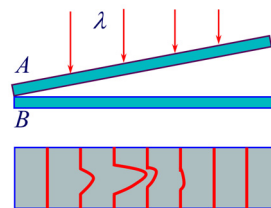
- (A) $2.75, 5.5\pi$;
(B) $2.75, 6.5\pi$;
(C) $5.50, 11\pi$;
(D) $5.50, 12\pi$ 。

04. 两块平玻璃构成空气劈尖，左边为棱边，用单色平行光垂直入射，若上面的平玻璃慢慢地向上平移，则干涉条纹：【 E 】

- (A) 向棱边方向平移，条纹间隔变小；
(B) 向远离棱的方向平移，条纹间隔不变；
(C) 向棱边方向平移，条纹间隔变大；
(D) 向远离棱的方向平移，条纹间隔变小；
(E) 向棱边方向平移，条纹间隔不变。

05. 如图所示，一光学平板玻璃 A 与待测工件 B 之间形成空气劈尖，用波长 $\lambda = 500\text{ nm}$ 的单色光垂直入射。看到的反射光的干涉条纹如图所示。有些条纹弯曲部分的顶点恰好与其右边条纹的直线部分相切。则工件的上表面缺陷是：【 B 】

- (A) 不平处为凸起纹, 最大高度为 500 nm ;
 (B) 不平处为凸起纹, 最大高度为 250 nm ;
 (C) 不平处为凹槽, 最大深度为 500 nm ;
 (D) 不平处为凹槽, 最大深度为 250 nm 。



选择题_05 图示

根据劈尖膜厚度变小, 条纹背离劈尖漂移(本例中向右漂移)。由此可以判断待测工件表面凸出造成条纹向右发生弯曲。

空气劈尖光垂直入射时, 第 k 亮条纹满足:

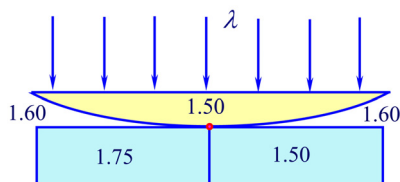
$$2h + \frac{1}{2}\lambda = k\lambda \longrightarrow 2\Delta h = (k+1)\lambda - k\lambda = \lambda$$

$$\Delta h = \frac{1}{2}\lambda \text{ —— 厚度改变一个半波长, 向右飘过一个条纹, 即第 } k \text{ 条纹移至原来第 } (k+1) \text{ 条纹位置。}$$

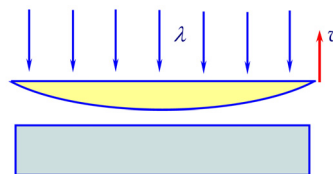
因此, 工件表面不平处为凸起纹, 最大高度为 250 nm , 答案为 B。

06. 在如图所示三种透明材料构成的牛顿环装置中, 用单色光垂直照射, 在反射光中看到干涉条纹, 则在接触点 P 处形成的圆斑为: **【 D 】**

- (A) 全明; (B) 全暗;
 (C) 右半部明, 左半部暗; (D) 右半部暗, 左半部明。



选择题_06 图示



选择题_08 图示

07. 由两块玻璃片($n_1 = 1.75$)所形成的空气劈尖, 其一端厚度为零, 另一端厚度为 0.002 cm , 现用波长为 700 nm 的单色平行光, 从入射角为 30° 的方向射在劈尖的表面, 形成的干涉暗纹条数为:

【 A 】

- (A) 29; (B) 56; (C) 40; (D) 100。

上面玻璃的下表面和下面玻璃的上表面反射光的光程差:

$$\delta = 2n_2 h \cos i' + \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{暗条纹满足: } 2n_2 d \cos i' + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \longrightarrow k = \frac{2n_2 d \cos i'}{\lambda}$$

$$\text{根据折射定律: } n_1 \sin i = n_2 \sin i'$$

$$\cos i' = \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \sin^2 i} \quad \begin{cases} n_1 = 1.75, n_2 = 1 \\ i = 30^\circ \end{cases}$$

$$\cos i' = \frac{\sqrt{15}}{8}$$

$$\text{最高暗纹级数: } k = \frac{2 \times 0.002 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{15}}{8}}{7000 \times 10^{-10}} \doteq 27.7$$

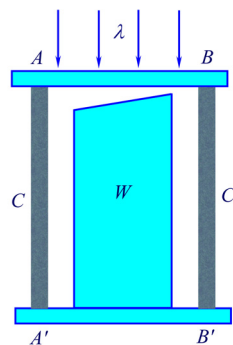
两块玻璃接触点为零级暗纹, 因此劈尖上约有 29 条暗纹

08. 设如图所示牛顿环干涉装置的平凸透镜可以在垂直于平玻璃板的方向上移动, 当透镜向上平移(离开玻璃板)时, 从入射光方向观察到干涉环纹的变化情况是: 【 C 】

- (A) 环纹向边缘扩散, 环数不变;
- (B) 环纹向边缘扩散, 环数增加;
- (C) 环纹向中心靠拢, 环数不变;
- (D) 环纹向中心靠拢, 环数减少。

09. 如图所示为一干涉膨胀仪示意图, 上下两平行玻璃板用一对热膨胀系数极小的石英柱支撑着, 被测样品 W 在两玻璃板之间, 样品上表面与玻璃板下表面间形成一空气劈尖, 在以波长为 λ 的单色光照射下, 可以看到平行的等厚干涉条纹。当 W 受热膨胀时, 条纹将: 【 D 】

- (A) 条纹变密, 向右靠拢;
- (B) 条纹变疏, 向上展开;
- (C) 条纹疏密不变, 向右平移;
- (D) 条纹疏密不变, 向左平移。



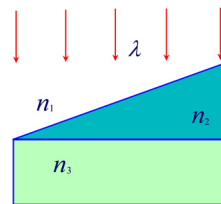
选择题_09 图示

二 填空题

10. 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, 观测到第 10 个明环的直径由充液前的 14.8 mm 变成充液后的 12.7 mm , 则这种液体的折射率 $n = 1.36$

11. 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。从劈尖顶开始算起,

第二条明纹中心所对应的膜厚度: $e = \frac{\lambda}{2n_2}$ 。



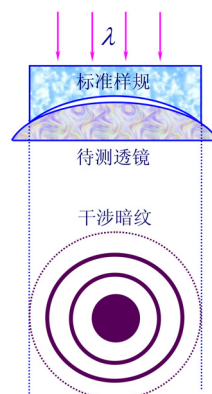
填空题_11 图示

12. 氟化镁增透膜的折射率为 $n_2 > 1$ ，置于空气中，当光垂直入射时，反射光的光程差为 $2n_2d + \frac{\lambda}{2}$
13. 在空气中有一劈尖形透明物，其劈尖角 $\theta = 1.0 \times 10^{-4} \text{ rad}$ ，在波长 $\lambda = 700 \text{ nm}$ 的单色光垂直照射下，测得干涉相邻明条纹间距 $l = 0.25 \text{ cm}$ ，此透明材料的折射率为 $n = 1.4$
14. 波长 $\lambda = 600 \text{ nm}$ 的单色光垂直照射到牛顿环的装置上，第二级明纹与第五级明纹所对应的空气膜厚度之差为 900 nm
15. 空气劈尖干涉实验中，如将劈尖中充水，则条纹宽度将 变密。(填变密、变疏或不变)

三 判断题

16. 折射率 $n_2 = 1.2$ 的油滴掉在 $n_3 = 1.50$ 的平板玻璃上，形成一上表面近似于球面的油膜，用单色光垂直照射油膜，看到油膜周边是明环。 【对】
17. 白光垂直照射到在肥皂膜上，肥皂膜呈彩色，当肥皂膜的厚度趋于零时，从透射光方向观察肥皂膜为透明无色。 【对】
18. 白光垂直照射到在肥皂膜上，肥皂膜呈彩色，当肥皂膜的厚度趋于零时，从反射光方向观察肥皂膜透明无色。 【错】(呈黑色)
19. 可用观察等厚条纹半径变化的方法来确定待测透镜球面半径比标准样规所要求的半径大还是小。如图所示，待测透镜球面半径比标准样规所要求的半径大，此时若轻轻地从上面向下按样规，则图中的条纹半径将缩小。

【对】



判断题_19 图示

四 计算题

20. 如图所示，空气中牛顿环装置的平凸透镜与平面玻璃有一小缝 e_0 。现用波长为 λ 单色光垂直照射，已知平凸透镜的曲率半径为 R ，求反射光形成的牛顿环的各暗环半径。

☛ 第 k 级干涉条纹对应的光程差：

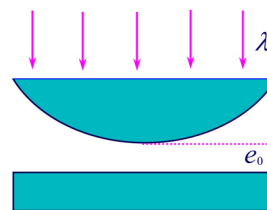
$$\delta = 2(e_0 + \frac{r_k^2}{2R}) + \frac{\lambda}{2}$$

暗纹满足：

$$\delta = 2(e_0 + \frac{r_k^2}{2R}) + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

暗环的半径：

$$r_k = \sqrt{(k\lambda - 2e_0)R}$$



计算题_20 图示

21. 波长为 500 nm 的单色光垂直照射到由两块光学平玻璃构成的空气劈尖上，在观察反射光的干涉现象中，距劈尖棱边 $l = 1.56 \text{ cm}$ 的 A 处是从棱边算起的第四条暗条纹中心。

- 1) 求此空气劈尖的劈尖角 θ ；
- 2) 改用 600 nm 的单色光垂直照射到此劈尖上仍观察反射光的干涉条纹， A 处是明条纹，还是

暗条纹?

1) 棱边处是第一条暗纹中心, 在膜厚度为 $e_2 = \frac{1}{2}\lambda$ 处是第二条暗纹中心

依此可知第四条暗纹中心处, 即 A 处膜厚度: $e_4 = \frac{3}{2}\lambda$

$$\theta = \frac{e_4}{l} = \frac{3\lambda}{2l} = 4.8 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

2) 由上问可知 A 处膜厚为: $e_4 = \frac{3 \times 500}{2} \text{ nm} = 750 \text{ nm}$

对于 $\lambda' = 600 \text{ nm}$ 的光, 连同附加光程差, 在 A 处两反射光的光程差为: $\delta = 2e_4 + \frac{1}{2}\lambda'$

将 $e_4 = 750 \text{ nm}$ 代入 $\delta = (\frac{2e_4}{\lambda'} + \frac{1}{2})\lambda'$ 得到: $\delta = 3\lambda'$ —— 满足干涉相长的条件

所以 **A 处是第 3 级明纹**

22. 欲测定 SiO_2 的厚度, 通常将其磨成如图所示的劈尖状, 然后用光的干涉方法测量, 若以 $\lambda = 590 \text{ nm}$ 光垂直入射, 看到 7 条暗纹, 且第 7 条位于 N 处, 问该膜厚为多少。

由于 $n_1 < n_2 < n_3$

则 $\delta = 2nd$

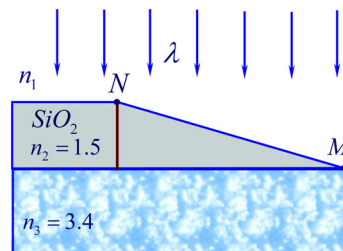
由暗条纹条件得:

$$\delta = 2nd = (2k+1)\frac{\lambda}{2}; \quad k = 0, 1, 2, 3 \dots$$

已知 N 处为第 7 条暗纹——暗纹级数 $k = 6$

所以取 $k = 6$

$$\text{得到: } d = \frac{(2k+1)}{4n_2}\lambda = 1.27 \times 10^3 \text{ nm}$$



计算题_22 图示

23. 在牛顿环装置的平凸透镜和平板玻璃之间充满折射率 $n = 1.33$ 的透明液体(设平凸透镜和平板玻璃的折射率都大于 1.33), 凸透镜的曲率半径 $R = 300 \text{ cm}$, 波长 $\lambda = 650 \text{ nm}$ 的平行单色光垂直照射到牛顿环装置上, 凸透镜的顶部刚好与平玻璃板接触。求:

1) 从中心向外数第十个明环所在处液体厚度 e_{10} ;

2) 第十个明环的半径 r_{10} 。

明环的光程差满足: $2ne + \frac{1}{2}\lambda = k\lambda$

明环所在处液体的厚度: $e = \frac{2k-1}{4n}\lambda$

第十个明环所在处液体厚度: $e_{10} = \frac{2 \cdot 10 - 1}{4n}\lambda \longrightarrow e_{10} = 2.3 \times 10^{-6} \text{ m}$

由 $e = \frac{r^2}{2R}$, 可以得到第 10 个明环的半径: $r_{10} = \sqrt{2Re_{10}} \longrightarrow r_{10} = 3.72 \times 10^{-3} \text{ m}$