

单元四 杨氏双缝实验

一 选择题

01. 有三种装置

- (1) 完全相同的两盏钠光灯, 发出相同波长的光, 照射到屏上;
 (2) 同一盏钠光灯, 用黑纸盖住其中部将钠光灯分成上下两部分同时照射到屏上;
 (3) 用一盏钠光灯照亮一狭缝, 此亮缝再照亮与它平行间距很小的两条狭缝, 此二亮缝的光照射到屏上;

以上三种装置, 能在屏上形成稳定干涉花样的是:

【 A 】

- (A) 装置(3); (B) 装置(2); (C) 装置(1)(3); (D) 装置(2)(3)。

02. 在相同的时间内, 一束波长为 λ 的单色光在空气中和在玻璃中:

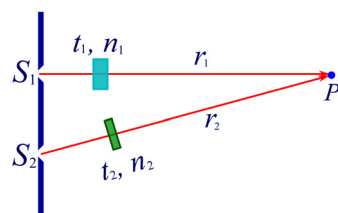
【 C 】

- (A) 传播的路程相等, 走过的光程相等;
 (B) 传播的路程相等, 走过的光程不相等;
 (C) 传播的路程不相等, 走过的光程相等;
 (D) 传播的路程不相等, 走过的光程不相等

03. 如图所示, 如果 S_1 和 S_2 是两个相干光源, 它们到 P 点的距离分别为 r_1 和 r_2 。路径 S_1P 垂直穿过一块厚度为 t_1 , 折射率为 n_1 的介质板, 路径 S_2P 垂直穿过厚度为 t_2 , 折射率为 n_2 的另一介质板, 其余部分可看作真空, 这两条路径的光程差等于:

【 B 】

- (A) $(r_2 + n_2 t_2) - (r_1 + n_1 t_1)$;
 (B) $[r_2 + (n_2 - 1)t_2] - [r_1 + (n_1 - 1)t_1]$;
 (C) $(r_2 - n_2 t_2) - (r_1 - n_1 t_1)$;
 (D) $n_2 t_2 - n_1 t_1$ 。



选择题_03 图示

☛ S_1P 的光程: $\Delta_1 = (r_1 - t_1) + n_1 t_1 = r_1 + (n_1 - 1)t_1$

S_2P 的光程: $\Delta_2 = (r_2 - t_2) + n_2 t_2 = r_2 + (n_2 - 1)t_2$

两条路径的光程差:

$$\delta = \Delta_2 - \Delta_1 = (r_2 - r_1) + [(n_2 - 1)t_2 - (n_1 - 1)t_1]$$

04. 双缝干涉实验中, 入射光波长为 λ , 用玻璃纸遮住其中一缝, 若玻璃纸中光程比相同厚度的空气大 2.5λ , 则屏上原 0 级明纹中心处

【 B 】

- (A) 仍为明纹中心; (B) 变为暗纹中心; (C) 不是最明, 也不是最暗; (D) 无法确定。

05. 用白光(波长为 $400\text{ nm} \sim 760\text{ nm}$) 垂直照射间距为 $a = 0.25\text{ mm}$ 的双缝, 距缝 50 cm 处放屏幕, 则观察到的第一级彩色条纹和第五级彩色条纹的宽度分别是:

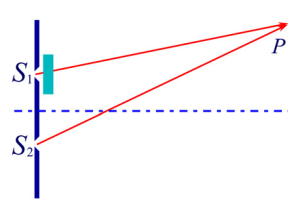
【 B 】

- (A) $3.6 \times 10^{-4}\text{ m}$, $3.6 \times 10^{-4}\text{ m}$;
 (B) $7.2 \times 10^{-4}\text{ m}$, $3.6 \times 10^{-3}\text{ m}$;
 (C) $7.2 \times 10^{-4}\text{ m}$, $7.2 \times 10^{-4}\text{ m}$;
 (D) $3.6 \times 10^{-4}\text{ m}$, $1.8 \times 10^{-4}\text{ m}$ 。

06. 如图所示, 用波长 $\lambda = 600 \text{ nm}$ 的单色光做杨氏双缝实验, 在光屏 P 处产生第五级明纹极大, 现将折射率 $n = 1.5$ 的薄透明玻璃片盖在其中一条缝上, 此时 P 处变成中央明纹极大的位置, 则此玻璃片厚度为:

【 B 】

- (A) $5.0 \times 10^{-4} \text{ cm}$;
 (B) $6.0 \times 10^{-4} \text{ cm}$;
 (C) $7.0 \times 10^{-4} \text{ cm}$;
 (D) $8.0 \times 10^{-4} \text{ cm}$ 。



选择题_06 图示

07. 在双缝干涉实验中, 设单缝宽度为 t , 双缝间不透光的距离 d , 双缝与屏距离为 d' , 下列四组数据中哪一组在屏上可观察到清晰干涉条纹:

【 D 】

- (A) $\begin{cases} t = 1 \text{ cm} \\ d = 0.1 \text{ cm} \\ d' = 1.0 \text{ m} \end{cases}$; (B) $\begin{cases} t = 1 \text{ mm} \\ d = 0.1 \text{ mm} \\ d' = 10 \text{ cm} \end{cases}$; (C) $\begin{cases} t = 1 \text{ mm} \\ d = 1 \text{ cm} \\ d' = 100 \text{ cm} \end{cases}$; (D) $\begin{cases} t = 1 \text{ mm} \\ d = 0.1 \text{ mm} \\ d' = 100 \text{ cm} \end{cases}$ 。

二 填空题

08. 相干光满足的条件是 1) 频率相同; 2) 相差恒定; 3) 光矢量振动方向平行。有两束相干光, 频率为 ν , 初相相同。在空气中传播, 若在相遇点它们几何路程差为 $r_2 - r_1$, 则相差 $\Delta\varphi = \frac{2\pi\nu}{c}(r_2 - r_1)$

只有频率相同、在相遇点相差恒定(与时间无关)和光矢量方向相同的两束光叠加才能在空间形成稳定的光强分布 —— 光的强度由两束相干光的相差决定。

从题中给出的条件: 两束光的相差 $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 + \frac{2\pi}{\lambda}n(r_2 - r_1)$ —— $\varphi_1 = \varphi_2$, $\lambda = \frac{c}{\nu}$

相差: $\Delta\varphi = \frac{2\pi\nu}{c}n(r_2 - r_1)$ —— n 是空气的折射率

09. 光强均为 I_0 的两束相干光相遇而发生干涉时, 在相遇区域内有可能出现的最大光强是 $4I_0$ 。可能出现的最小光强是 0

两束相干光的干涉光强: $I_p = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\varphi$

光强最大:

$$I_p = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2 \quad \text{——} \quad \Delta\varphi = (\varphi_1 - \varphi_2) + \frac{\omega(r_2 - r_1)}{c} = \pm 2k\pi$$

光强最小:

$$I_p = (\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2})^2 \quad \text{——} \quad \Delta\varphi = (\varphi_1 - \varphi_2) + \frac{\omega(r_2 - r_1)}{c} = \pm (2k+1)\pi$$

在相遇区域可以出现的最大光强:

$$\underline{I_{\max} = 4I_0} \quad \text{——} \quad \text{最小光强 } \underline{I_{\min} = 0}$$

10. 薄钢片上有两条紧靠着的平行细缝，用双缝干涉方法来测量两缝间距。如果用波长 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 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 12.2 mm ，则两缝间距离为 0.134 mm

11. 如图所示，试分析在双缝实验中，当作如下调节时，屏幕上的干涉条纹将如何变化？

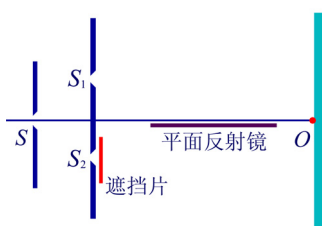
(A) 双缝间距变小：条纹间距变大；

(B) 屏幕移近：条纹间距变小；

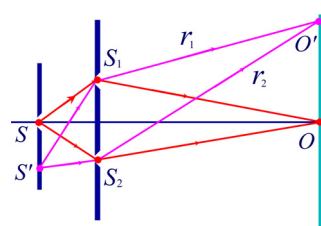
(C) 波长变长：条纹间距变大；

(D) 如图所示，把双缝中的一条狭缝挡住，并在两缝垂直平分线上放一块平面反射镜：看到的明条纹亮度暗一些，与杨氏双缝干涉相比较，明暗条纹相反；

(E) 将光源 S 向下移动到 S' 位置：条纹上移。



填空题_11 图示



填空题_11_01 图示

杨氏双缝干涉：相邻明条纹或暗条纹的间距 $\Delta x = \frac{D}{d} \lambda$

(A) 双缝间距变小(d 减小)：条纹间距变大；

(B) 屏幕移近双缝(D 减小)：条纹间距变小；

(C) 波长变长，显然条纹间距变大；

(D) 如图所示，把双缝中的一条狭缝挡住，并在两缝垂直平分线上放一块平面反射镜。此时干涉为洛埃镜干涉，其干涉条纹与杨氏双缝干涉条纹类似。洛埃镜干涉相当于一个实光源和一个虚光源发出的两束光进行干涉——亮条纹的强度要比杨氏双缝中的条纹强度暗一些。

此外，洛埃镜干涉是入射光与镜面反射光的干涉，由于反射光与入射光之间存在半波损失，使得原来杨氏双缝干涉中亮条纹位置变为暗条纹。

(E) 将光源 S 向下移动到 S' 位置，如图所示(填空题_11_01 图示)， S_1 和 S_2 两个子光源不再位于同一个波面上，因此相不相等。从图中可以分析得出： S_2 的相比 S_1 超前，两束光在屏幕一点相遇时

的相差： $\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 + \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2)$ —— $\Delta\varphi_0 = \varphi_2 - \varphi_1 > 0$

亮条纹满足： $\Delta\varphi_0 + \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = 2k\pi$

零级亮条纹： $\Delta\varphi_0 + \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = 0 \longrightarrow r_1 - r_2 = -\frac{\lambda}{2\pi} \Delta\varphi_0$

$r_2 = r_1 + \frac{\lambda}{2\pi} \Delta\varphi_0$ —— 零级条纹移至 O' 位置，整个干涉条纹上移

12. 若将双缝干涉实验从空气移入水面之下进行, 则干涉条纹间的距离将 变小。(填变大、变小或不变)

13. 在双缝干涉实验中, 用白光照射时, 明纹会出现彩色条纹, 明纹内侧呈 紫 色; 如果用纯红色滤光片和纯蓝色滤光片分别盖住两缝, 则 不能 产生干涉条纹。(填能或不能)

三 判断题

14. 洛埃德镜和双镜等光的干涉实验都是用波阵面分割的方法来实现的。【对】

15. 获得相干光源只能用波阵面分割和振幅分割这两种方法来实现。【错】(激光光源)

16. 双缝干涉中, 两缝的宽度原来是相等, 若其中一缝的宽度略变窄, 则干涉条纹间距不变。【对】

17. 光在真空中和介质中传播时, 波长不变, 介质中的波速减小。【错】

18. 真空中波长为 500 nm 绿光在折射率为 1.5 的介质中从 A 点传播到 B 点时, 相位改变了 5π , 则光从 A 点传到 B 点经过的实际路程为 1250 nm 。【错】(833 nm)。

四 计算题

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

1) 两缝的间距;

2) 在中央明纹以上还能看到几条明纹?

☛ 1) 条纹宽度: $\Delta x = \frac{D}{d} \lambda$

两缝的间距: $d = \frac{D}{\Delta x} \lambda = \frac{2.0 \times 632.8 \times 10^{-9}}{0.14} = 9.0 \times 10^{-6}\text{ m}$

2) 亮条纹的位置: $x_k = \frac{D}{d} \cdot k \lambda \approx D \sin \theta$

$$\frac{\lambda}{d} \cdot k \approx \sin \theta \longrightarrow k = \frac{d}{\lambda} \sin \theta$$

在 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 方向上, 干涉条纹的级数:

$$k = \frac{9.0 \times 10^{-6}\text{ m}}{632.8 \times 10^{-9}} \cdot \sin 90^\circ \approx 14.2$$

实际可能观察的干涉级数: $k = 14$, 即除了中央亮条纹外, 还可看到 14 条亮纹。

20. 在一双缝实验中, 缝间距 $d = 5.0\text{ mm}$, 缝离屏 $D = 1.0\text{ m}$, 在屏上可见到两个干涉花样。一个由 $\lambda = 480\text{ nm}$ 的光产生, 另一个由 $\lambda' = 600\text{ nm}$ 的光产生。问在屏上两个不同花样第三级干涉条纹间的距离是多少?

☛ $\lambda = 480\text{ nm}$ 的光, 第三级条纹的位置: $x_3 = \frac{D}{d}(3\lambda)$

$\lambda' = 600\text{ nm}$ 的光, 第三级条纹的位置: $x'_3 = \frac{D}{d}(3\lambda')$

第三级干涉条纹的间距: $\Delta x = x'_3 - x_3 = 3 \frac{D}{d}(\lambda' - \lambda)$

$\Delta x = 7.2 \times 10^{-5}\text{ m}$

21. 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 $d = 0.5\text{ mm}$, 用波长 $\lambda = 500\text{ nm}$ 的单色光垂直照射双缝。

1) 求原点 O (零级明条纹所在处) 上方的第五级明条纹的坐标;

2) 如果用厚度 $e = 1.0 \times 10^{-2}\text{ mm}$, 折射率 $n = 1.58$ 的透明薄膜覆盖在图中的 S_1 缝后面, 求上述第五级明条纹的坐标 x' 。

1) 光程差 $\delta = r_2 - r_1 = x \frac{d}{D} = k\lambda$

$$x_k = \frac{k\lambda D}{d}$$

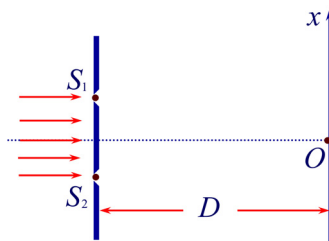
$$k = 5, \quad x_5 = 6\text{ mm}$$

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

$$\delta = r_2 - r_1 - (n-1)e = \frac{x'd}{D} - (n-1)e = k\lambda$$

$$x' = [k\lambda + (n-1)e] \frac{D}{d}$$

$$k = 5, \quad x'_5 = 19.9\text{ mm}$$



计算题_21 图示

22. 在双缝干涉实验中, 单色光源 S_0 到两缝 S_1 , S_2 的距离分别为 l_1 , l_2 , 并且 $l_1 - l_2 = 3\lambda$, λ 为入射光的波长, 双缝之间的距离为 d , 双缝到屏幕的距离为 D , 如图所示, 求:

1) 零级明纹到屏幕中央 O 点的距离;

2) 相邻明条纹间的距离。

两缝发出的光在相遇点的相差:

$$\Delta\varphi = \varphi_{10} - \varphi_{20} + \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_{10} - \varphi_{20} + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{d}{D} x$$

根据给出的条件: $\varphi_{10} - \varphi_{20} = (-\frac{2\pi}{\lambda}l_1) - (-\frac{2\pi}{\lambda}l_2) = -\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 3\lambda$

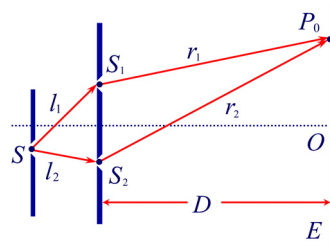
$$\Delta\varphi = -6\pi + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{d}{D} x$$

明条纹满足: $-6\pi + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{d}{D} x = 2k\pi$

明条纹的位置: $x = \frac{D}{d}(k+3)\lambda$

令 $k = 0$, 得到零级明条纹的位置: $x_0 = \frac{3D}{d}\lambda$ —— 零级明条纹在 O 点上方

相邻明条纹间的距离: $\Delta x = \frac{D}{d}\lambda$



计算题_22 图示