

无法辨认的，成绩无效。

(2) 必须严格按照要求做答题目。单项选择题、判断题必须使用 2B 铅笔在答题卡上相应位置正确填涂信息点，修改时必须用橡皮擦净。填空题、计算题必须使用黑色笔迹笔在答题卡指定区域内作答，用 2B 铅笔画图的线条一定要清晰。不按规定要求填涂和作答的，一律无效。

(3) 填涂技巧：为保证光电阅读器准确无误地识别所涂的信息点，填涂时必须用 2B 铅笔横向涂写数笔，黑度以盖住信息点的区域：☐ 为准。例如：正确填涂：☒

一、单项选择题：（每小题 3 分，共 27 分。注意：请用 2B 铅笔将答题卡上正确的选项正确填涂。例如：填涂 ☐ ☒ ☐ ☐，表示选项 B 是正确的。其它位置处不得分）

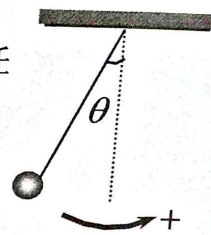
1. 把单摆从平衡位置拉开，使摆线与竖直方向成一微小角度 θ ，然后由静止放手任其振动，从放手时开始计时。若用余弦函数表示其运动方程，则该单摆振动的初相位为

(A) θ

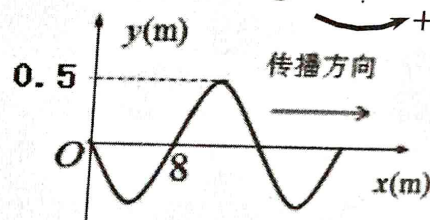
☒ (B) π

(C) 0

(D) $\frac{1}{2}\pi$



2. 右图为一平面简谐波在 $t = 2\text{s}$ 时刻的波形图，波的周期为 4s，该波的表达式为



(A) $y = 0.5 \cos \left[\frac{\pi}{2} \left(t + \frac{x}{4} \right) + \frac{\pi}{2} \right]$ (SI)

☒ (B) $y = 0.5 \cos \left[\frac{\pi}{2} \left(t - \frac{x}{4} \right) + \frac{\pi}{2} \right]$ (SI)

(C) $y = 0.5 \cos \left[\frac{\pi}{2} \left(t + \frac{x}{4} \right) - \frac{\pi}{2} \right]$ (SI)

(D) $y = 0.5 \cos \left[\frac{\pi}{2} \left(t - \frac{x}{4} \right) - \frac{\pi}{2} \right]$ (SI)

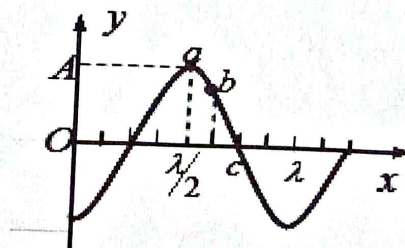
3. 某时刻的驻波波形曲线如图所示，则 a 、 b 两点振动的位相差是

(A) π ，且下一时刻 b 点振幅会增大为 A

(B) $\frac{1}{2}\pi$ ，且下一时刻 b 点振幅不会增大为 A

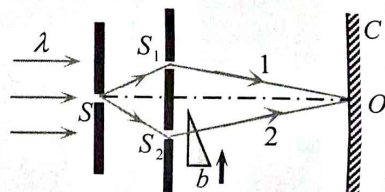
(C) $\frac{1}{4}\pi$ ，且下一时刻 b 点振幅会增大为 A

☒ (D) 0，且下一时刻 b 点振幅不会增大为 A



4. 在弦线上有一简谐波, 其表达式是 $y_1 = 2.0 \times 10^{-2} \cos[2\pi(t/0.02 - x/20) + \pi/3]$ (SI), 为了在此弦线上形成驻波, 并且在 $x = 0$ 处为一波节, 此弦线上还应有另一简谐波, 其表达式为:

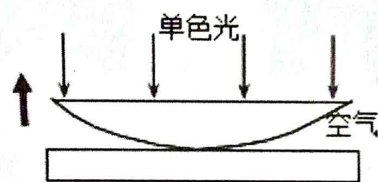
- (A) $y_2 = 2.0 \times 10^{-2} \cos[2\pi(t/0.02 + x/20) + \pi/3]$ (SI)
 (B) $y_2 = 2.0 \times 10^{-2} \cos[2\pi(t/0.02 - x/20) + 4\pi/3]$ (SI)
 (C) $y_2 = 2.0 \times 10^{-2} \cos[2\pi(t/0.02 + x/20) + 4\pi/3]$ (SI)
 (D) $y_2 = 3.0 \times 10^{-2} \cos[2\pi(t/0.02 + x/20) + 4\pi/3]$ (SI)



5. 如图所示, 用波长为 λ 的单色光照射双缝干涉实验装置, 若将一折射率为 n 、劈角为 α 的透明劈尖 b 插入光线 2 中, 则当劈尖 b 缓慢向上移动时(只遮住 S_2), 屏 C 上的干涉条纹

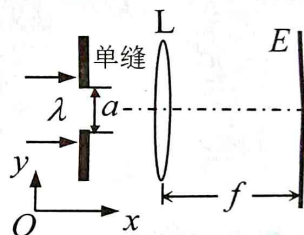
- (A) 间隔变大, 向下移动
 (B) 间隔不变, 向下移动
 (C) 间隔变小, 向上移动
 (D) 间隔不变, 向上移动

6. 如图, 用波长为 λ 的单色光垂直照射在观察空气牛顿环的装置上。当平凸透镜垂直向上缓慢平移 $\lambda/2$ 的过程中, 由反射光形成的牛顿环将



- (A) 向中心收缩, 环心呈“暗→明→暗”的变化
 (B) 向中心收缩, 环心呈“暗→明”的变化
 (C) 向外扩张, 环心呈“暗→明→暗”的变化
 (D) 向外扩张, 环心呈“暗→明”的变化

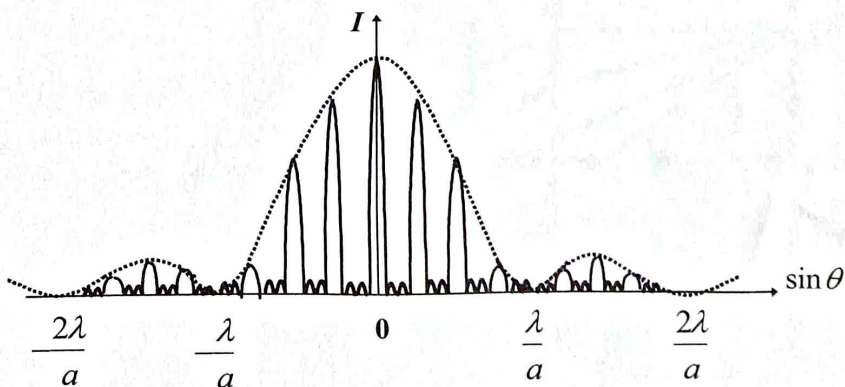
7. 在如图所示的单缝夫琅和费衍射装置中, 将单缝宽度 a 稍稍变窄, 同时使单缝沿 y 轴正方向作微小位移, 则屏幕 E 上的中央衍射条纹将



- (A) 变宽, 同时向上移动
 (B) 变宽, 不移动
 (C) 变窄, 不移动
 (D) 变窄, 同时向上移动

8. 如图所示为光栅衍射光强分布曲线图, 光栅透光缝 $a = 2.0 \times 10^{-3} \text{ cm}$, 光栅的总缝数为 N , 光栅常数为 d , 以下正确的是

- (A) $N = 3$ $d = 8.0 \times 10^{-3} \text{ cm}$
 (B) $N = 4$ $d = 6.0 \times 10^{-3} \text{ cm}$
 (C) $N = 3$ $d = 6.0 \times 10^{-3} \text{ cm}$
 (D) $N = 4$ $d = 8.0 \times 10^{-3} \text{ cm}$



9. 一束光为部分偏振光, 让它垂直通过一偏振片, 若以此入射光束为轴旋转偏振片, 测得透射光强度最大值为最小值的 2 倍, 那么入射光束中自然与线偏振光的光强比值为

- (A) 2
 (B) $1/2$
 (C) $1/3$
 (D) $2/3$

二、判断题：(每小题 1 分，共 10 分。注意：请用 2B 铅笔将答题卡上正确的判断正确填涂。

例如：填涂 ☒ [F]，表示本叙述是正确。其它位置处不得分)

- F1. 若用一旋转矢量形象地描述一简谐振动，则旋转矢量的大小表示简谐振动的位移。
 F2. 两个简谐振动的合振动一定是简谐振动。
 T3. 当波源向着观察者运动时，观察者接收到的频率比波源频率高。
 F4. 驻波与行波都能传播能量。
 T5. 自然光入射到介质分界面时，如果入射角等于它的布儒斯特角，则反射光为线偏振光。
 T6. 在各向异性介质内， e 光沿各个方向传播速率不同，其子波的波面是旋转椭球面。
 F7. 光波的半波损失是指光在传播过程中，由光疏介质到光密介质界面反射时，光的能量损失一半。
 F8. 薄膜干涉是通过分波阵面法获得的相干光产生的干涉。
 T9. 光学仪器的分辨率与仪器的通光孔径成正比，与入射光的波长成反比。
 F10. 光的单缝夫琅和费衍射图样的特点是各级亮条纹亮度相同。

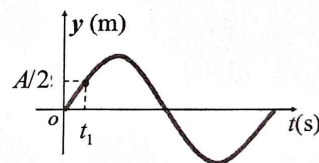
三、填空题：(8 小题，每空 2 分，共 30 分。注意：请用黑墨水笔将正确的答案按答题卡上要求正确填出。其它位置处不得分)

1. (本小题 4 分) 一物体同时参与同一直线上的两个简谐振动，它们的振动方程分别为：

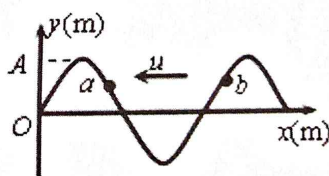
$$x_1 = 0.03 \cos(2\pi t - \frac{1}{2}\pi) \text{ (SI)} \quad \text{和} \quad x_2 = 0.05 \sin(2\pi t) \text{ (SI)}$$

若它们的合振动用余弦函数表示，其振幅为 0.08 m，初相为 $-\frac{\pi}{2}$ 。

2. (本小题 4 分) 一弹簧振子做简谐振动，振动曲线如右图所示。已知弹簧的劲度系数为 k ，振子的振幅为 A 。则图中 t_1 时刻该振子的振动动能为 $\frac{3}{8}kA^2$ ，振动方向 向上 (选填：向上，向下)。



3. (本小题 4 分) 如图所示为弦上简谐行波在 t 时刻的波形图，则此时刻 a 处质元的动能 等于 势能 (选填：大于，等于，小于)。 $t+dt$ 时刻， b 处质元的势能 增大 (选填：增大，减小，不变)。



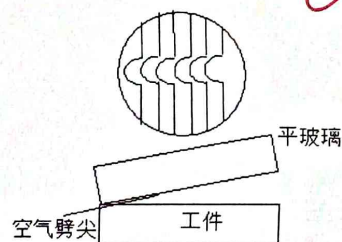
4. (本小题 4 分) 自然光以 60° 的入射角照射到不知其折射率的某一透明介质表面时，反射光为线偏振光，则折射光为 线偏振光 (选填：线偏振光，部分偏振光)，折射角的度数为 30° 。

5. (本小题 4 分) 使一光强为 I_0 的线偏振光先后通过两个偏振片 P_1 和 P_2 ， P_1 和 P_2 的偏振化方向与原入射光振动方向的夹角分别为 α 和 90° ，当 $\alpha = 45^\circ$ 时，通过这两个偏振片后的光强最大，此时，透射光强 $I = \frac{I_0}{4}$ 。

6. (本小题 2 分) 在迈克尔逊干涉仪的一支光路中，放入一片折射率为 n 的透明介质薄膜后，测出两束光的光程差的改变量为 3λ (λ 为入射光波长)，则薄膜的厚度是 $\frac{3\lambda}{2(n-1)}$ 。

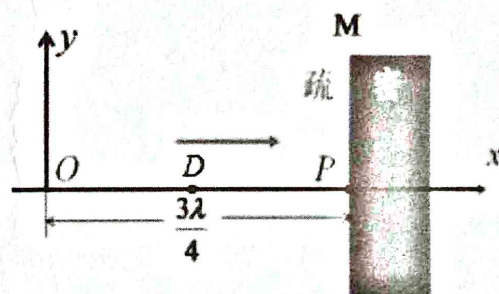
7. (本小题 4 分) 在单缝夫琅和费衍射实验中, 屏上第二级明条纹所对应的单缝处波面可划分为 5 个半波带, 若将缝宽增大为原来的两倍, 原来第二级明纹处将是 暗纹。(选填: 明纹, 暗纹)。

8. (本小题 4 分) 用劈尖干涉法可检测工件表面缺陷, 当波长为 λ 的单色平行光垂直入射时, 若观察到的干涉条纹如图所示, 每一条纹弯曲部分的顶点恰好与其左边条纹的直线部分的连线相切, 由此判断该工件表面存在 凹槽 (选填: 凹槽, 凸起), 其深度或高度为 $\lambda/2$ 。



四、计算题: (3 小题, 共 33 分。注意: 请用黑墨水笔在将正确的解题过程书写在答题卡上相应题号区域。其它位置处不得分)

1. (本小题 14 分) 如图所示, 一平面简谐行波沿 $+x$ 方向传播, 其振幅为 A 、频率为 ν 、波长为 λ 。已知 $t=0$ 时刻, 坐标原点 O 处质元的振动位移为最大位移的二分之一并向 y 轴的正方向运动 (即 $y_o = \frac{A}{2}, v_o > 0$)。M 是垂直于 x 轴的媒质反射面, P 为反射点。已知 $\overline{OP} = 3\lambda/4$; 设反射波不衰减, 求:



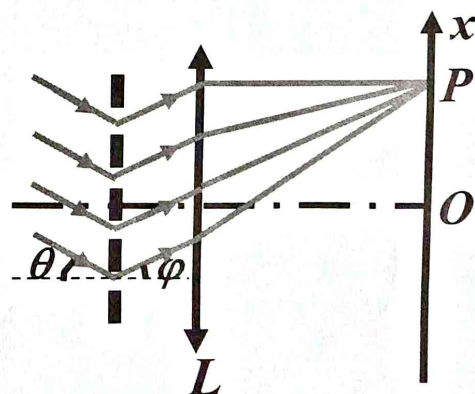
- (1) 入射波的波函数 (4 分);
 - (2) 反射波的波函数 (4 分);
 - (3) D ($\overline{DP} = 3\lambda/8$) 处入射波和反射波的合振动方程 (3 分);
 - (4) x 轴上因入射波和反射波干涉而形成的振动最强点的位置 (3 分)。
- (要求: 在答题卡相应答题区作出分析图示)

2. (本小题 5 分) 在玻璃 (其折射率为 1.60) 表面镀一层 MgF_2 (其折射率为 1.38) 薄膜作为增透膜。为了使波长为 600nm 的光从空气 (其折射率为 1.00) 正入射时尽可能多的透射, 则 MgF_2 薄膜的最小厚度应是多少?

3. (本小题 14 分) 波长 $\lambda = 5000\text{\AA}$ 的单色光入射到一光栅上, 该光栅的光栅常数 $d = 3a = 2 \times 10^{-6}(\text{m})$, 求:

- (1) 光垂直入射光栅时, 在屏幕上可能呈现的全部主极大的级次 (5 分);
- (2) 光以 $\theta = 30^\circ$ 斜入射光栅, 如图所示, 中央主极大的角位置 φ 以及屏中心 O 处的条纹级次 (5 分);
- (3) 光以 $\theta = 30^\circ$ 斜入射光栅, 如图所示, 在屏幕上可能呈现的全部主极大的级次 (4 分)。

(要求: 在答题卡相应答题区作出分析图示)



1. (1). 由 $y_0 = \frac{A}{2}$, $v_0 > 0 \Rightarrow \phi_0 = -\frac{\pi}{3}$ (or $\frac{5\pi}{3}$)

则 O 点的振动方程为: $y_0(t) = A \cos(2\pi\omega t - \frac{\pi}{3})$.

或: $y_0(t) = A \cos(2\pi\omega t + \frac{5\pi}{3})$.

入射波为: $y_\lambda(x, t) = A \cos[2\pi\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{3}]$

或: $y_\lambda(x, t) = A \cos[2\pi\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{5\pi}{3}]$

(2): 入射波在 P 点引起的振动为:

$y_\lambda(x_p, t) = A \cos[2\pi\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{3}{4}\lambda - \frac{\pi}{3}] = A \cos[2\pi\omega t + \frac{\pi}{6}]$

或: $y_\lambda(x_p, t) = A \cos[2\pi\omega t - \frac{11\pi}{6}]$

考虑半波损失, 反射波在反射点 P 引起的振动为:

$y_R(x_p, t) = A \cos[2\pi\omega t + \frac{\pi}{6} + \pi] = A \cos[2\pi\omega t + \frac{7\pi}{6}]$.

或: $y_R(x_p, t) = A \cos[2\pi\omega t - \frac{5\pi}{6}]$.

反射波为: $y_R(x, t) = A \cos[2\pi\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}(x - x_p) + \frac{7\pi}{6}]$

$= A \cos[2\pi\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{3}]$.

(3): 合成波为: $y_\delta(x, t) = A \cos[2\pi\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{3}] + A \cos[2\pi\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{3}]$

$= 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda}x \cdot \cos(2\pi\omega t - \frac{\pi}{3})$

则 $x_0 = \frac{\lambda}{4} - \frac{3}{8}\lambda = \frac{3}{8}\lambda$ 或 λ 上式:

$y_0 = -\sqrt{2}A \cos(2\pi\omega t - \frac{\pi}{3}) = \sqrt{2}A \cos(2\pi\omega t + \frac{2\pi}{3}) = \sqrt{2}A \cos(2\pi\omega t - \frac{4\pi}{3})$

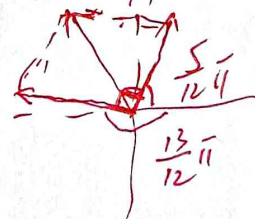
另一解法: 入射波在 O 点的振动方程为:

$y_{\lambda}(t) = A \cos(2\pi\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{3}{8}\lambda - \frac{\pi}{3}) = A \cos(2\pi\omega t - \frac{13\pi}{12}) = A \cos(2\pi\omega t + \frac{11\pi}{12})$

反射波在 O 点的振动方程为: $y_{R}(t) = A \cos(2\pi\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{3}{8}\lambda - \frac{\pi}{3}) = A \cos(2\pi\omega t + \frac{5\pi}{12})$

用旋转矢量法合成: 二者同频率且垂直:

$y_{\delta}(t) = \sqrt{2}A \cos(2\pi\omega t + \frac{2\pi}{3})$



(4): 假设: $\psi(x,t) = 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \cos(2\pi \nu t - \frac{\pi}{3})$

x 轴上振幅最大值: $|\cos \frac{2\pi}{\lambda} x| = 1$

$\therefore \frac{2\pi}{\lambda} x = k\pi, \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$\therefore x = \frac{k}{2}\lambda, \text{ 而 } x \leq \frac{3}{4}\lambda, \therefore k=1, 0, -1, -2, \dots$

$x = \frac{1}{2}\lambda, 0, -\frac{1}{2}\lambda, \dots$

另一解法: $\Delta\varphi = \varphi_R - \varphi_L = [2\pi \nu t + \frac{2\pi}{\lambda} x - \frac{\pi}{3}] - [2\pi \nu t - \frac{2\pi}{\lambda} x - \frac{\pi}{3}]$

$= \frac{4\pi}{\lambda} x = 2k\pi, \quad k=0, \pm 1, \dots \Rightarrow x = \frac{k}{2}\lambda$

$\therefore x \leq \frac{3}{4}\lambda, \therefore k=1, 0, -1, -2, \dots$

$\therefore x = \frac{1}{2}\lambda, 0, -\frac{1}{2}\lambda, \dots$

2. $\because n_1 < n_2 < n_3$, ~~反射光无光程差: $\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$~~

\therefore 反射光无光程差: $\Delta = 2ne$, 反射光干涉相消.

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

要使薄膜最小厚度: $k=0$,

$\therefore e_{\min} = \frac{\lambda}{4n} = \frac{600}{4 \times 1.38} \approx 108.7 \text{ nm}$

另一解法: $\because n_1 < n_2 < n_3$, \therefore 透射光无光程差: $\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$

透射光干涉相长: $\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = k\lambda, \quad (k=1, 2, 3, \dots)$

要使薄膜厚度最小, $k=1, \therefore e_{\min} = \frac{\lambda}{4n}$

3. (1). 垂直入射: $d \sin \varphi = k\lambda$, $k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$$-\frac{\pi}{2} < \varphi < \frac{\pi}{2} \Rightarrow -1 < \sin \varphi < 1 \Rightarrow k_{\max} < \frac{d}{\lambda}$$

$$k_{\max} < \frac{d}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-7}} = 4, \quad k_{\max} = 3$$

$$\text{缺级: } \begin{cases} d \sin \varphi = k\lambda \\ a \sin \varphi = k'\lambda \end{cases} \Rightarrow \frac{d}{a} = \frac{k}{k'}, \quad k' = \pm 1, \dots$$

$$\Rightarrow \frac{k}{k'} = \frac{d}{a} = 3, \quad \text{即第3级将缺级.} \quad k=0, \pm 1, \dots$$

\therefore 屏上可观察到衍射的全部主极大为: $k=0, \pm 1, \pm 2$, 共5个主极大。

(2). 斜入射: $\Delta = d \sin \varphi + d \sin \theta = k\lambda$

$$\text{中央主极大: } k=0 \Rightarrow \sin \varphi = -\sin \theta \Rightarrow \varphi = -30^\circ$$

$$\text{屏中心处: } \varphi=0 \Rightarrow d \sin \varphi = k\lambda \Rightarrow k = \frac{d \sin \theta}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-6} \times 0.5}{5 \times 10^{-7}} = 2$$

$$(3). \text{Oin上方: } \varphi < \frac{\pi}{2}, \Rightarrow \sin \varphi < 1, \Rightarrow k < \frac{d(1+\sin \theta)}{\lambda} = 6$$

$$\therefore k_{\max} = 5$$

$$\text{Oin下方: } \varphi > -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin \varphi > -1 \Rightarrow k > \frac{d(\sin \theta - 1)}{\lambda} = -2$$

$$\therefore k_{\min} = -1$$

$$\text{缺级: } \begin{cases} d \sin \varphi + d \sin \theta = k\lambda \\ a \sin \varphi + a \sin \theta = k'\lambda \end{cases} \Rightarrow \frac{k}{k'} = \frac{d}{a} = 3 \Rightarrow k = 3k'$$

+3级将缺级.

\therefore 屏上可观察到衍射的全部主极大为: $k=-1, 0, 1, 2, 4, 5$ 共6个主极大。