

机械振动

A 1 s.

B 2/3 s.

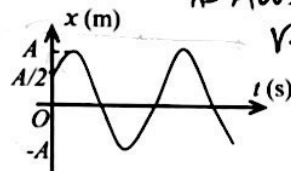
C 4/3 s.

D 2 s.

第一节 简谐振动

1. 一质点作简谐振动. 其位移与时间的曲线如图所示. 若质点的振动规律用余弦函数描述,

则其初相应为 [D]

A $\pi/3$. B $2\pi/3$.C $-\pi/6$. D $-\pi/3$.

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$v = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$$

> 0

2. 一个弹簧振子和一个单摆 (只考虑小幅度摆动), 在地面上的固有振动周期分别为 T_1 和 T_2 . 将它们拿到月球上去, 相应的周期分别为 T'_1 和 T'_2 . 则有 [D]

A $T'_1 > T_1$ 且 $T'_2 > T_2$.B $T'_1 < T_1$ 且 $T'_2 < T_2$.C $T'_1 = T_1$ 且 $T'_2 = T_2$.D $T'_1 = T_1$ 且 $T'_2 > T_2$.

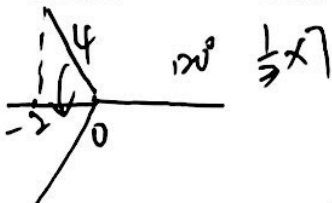
$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

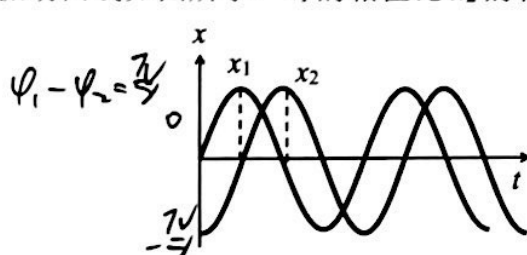
3. 一物体做简谐振动, 运动方程为 $x = A \cos(\omega t + \frac{1}{4}\pi)$, 在 $t = T/4$ 时刻 (T 为周期), 物体的速度和加速度为 [B]

A. $-\frac{\sqrt{2}}{2}A\omega$, $-\frac{\sqrt{2}}{2}A\omega^2$; B. $-\frac{\sqrt{2}}{2}A\omega$, $\frac{\sqrt{2}}{2}A\omega^2$;C. $\frac{\sqrt{2}}{2}A\omega$, $-\frac{\sqrt{2}}{2}A\omega^2$; D. $\frac{\sqrt{2}}{2}A\omega$, $\frac{\sqrt{2}}{2}A\omega^2$;

4. 一质点在 x 轴上作简谐振动, 振幅 $A = 4$ cm, 周期 $T = 2$ s, 其平衡位置取作坐标原点. 若 $t = 0$ 时刻质点第一次通过 $x = -2$ cm 处, 且向 x 轴负方向运动, 则质点第二次通过 $x = -2$ cm 处的时刻为 [B]



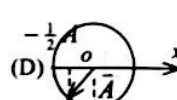
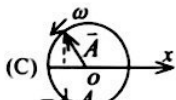
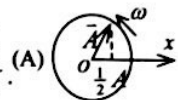
5. 两个同周期简谐振动曲线如图所示. x_1 的相位比 x_2 的相位

A 落后 $\pi/2$.B 超前 $\pi/2$.C 落后 π .D 超前 π .

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\pi}{2}$$

6. 一个质点作简谐振动, 振幅为 A , 在起始时刻质点的位移为 $\frac{1}{2}A$, 且向 x 轴的负方向运动, 代表此简谐振动的旋转矢量图为

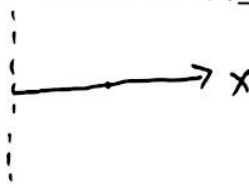
[A]



7. 一质点作简谐振动, 速度最大值 $v_m = 5$ cm/s, 振幅 $A = 2$ cm. 若令速度具有负最大值的那一时刻为 $t = 0$, 则振动表达式为 $x = 2 \cos(\frac{1}{2}\pi t + \frac{\pi}{2})$ cm.

8. 在两个相同的弹簧下各悬挂一物体, 两物体的质量比为 4:1, 则两者做简谐运动的周期之比为 2:1.

9. 两个弹簧振子的周期都是 0.4 s, 设开始时第一个振子从平衡位置向负方向运动, 经过 0.3 s 后, 第二个振子才从正方向的端点开始运动, 则这两振动的相位差为 π .



机械振动

A 1 s.

B 2/3 s.

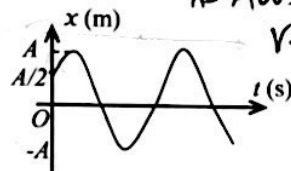
C 4/3 s.

D 2 s.

第一节 简谐振动

1. 一质点作简谐振动. 其位移与时间的曲线如图所示. 若质点的振动规律用余弦函数描述,

则其初相应为 [D]

A $\pi/3$. B $2\pi/3$.C $-\pi/6$. D $-\pi/3$.

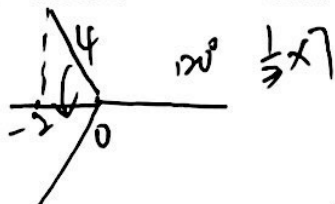
2. 一个弹簧振子和一个单摆 (只考虑小幅度摆动), 在地面上的固有振动周期分别为 T_1 和 T_2 . 将它们拿到月球上去, 相应的周期分别为 T'_1 和 T'_2 . 则有 [D]

A $T'_1 > T_1$ 且 $T'_2 > T_2$.B $T'_1 < T_1$ 且 $T'_2 < T_2$.C $T'_1 = T_1$ 且 $T'_2 = T_2$.D $T'_1 = T_1$ 且 $T'_2 > T_2$.

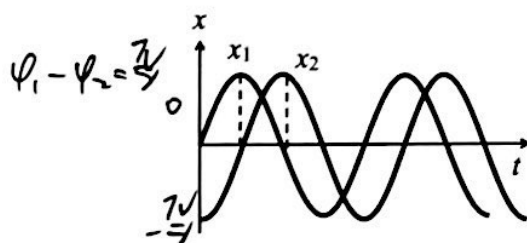
3. 一物体做简谐振动, 运动方程为 $x = A \cos(\omega t + \frac{1}{4}\pi)$, 在 $t = T/4$ 时刻 (T 为周期), 物体的速度和加速度为 [B]

A. $-\frac{\sqrt{2}}{2} A \omega$, $-\frac{\sqrt{2}}{2} A \omega^2$; B. $-\frac{\sqrt{2}}{2} A \omega$, $\frac{\sqrt{2}}{2} A \omega^2$;C. $\frac{\sqrt{2}}{2} A \omega$, $-\frac{\sqrt{2}}{2} A \omega^2$; D. $\frac{\sqrt{2}}{2} A \omega$, $\frac{\sqrt{2}}{2} A \omega^2$;

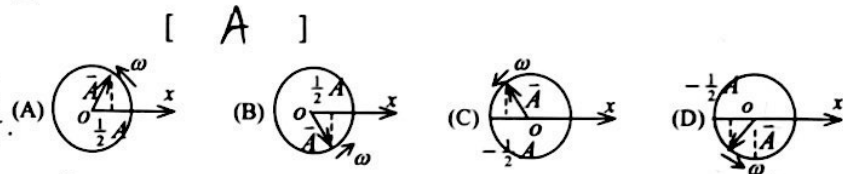
4. 一质点在 x 轴上作简谐振动, 振幅 $A = 4$ cm, 周期 $T = 2$ s, 其平衡位置取作坐标原点. 若 $t = 0$ 时刻质点第一次通过 $x = -2$ cm 处, 且向 x 轴负方向运动, 则质点第二次通过 $x = -2$ cm 处的时刻为 [B]



5. 两个同周期简谐振动曲线如图所示. x_1 的相位比 x_2 的相位

A 落后 $\pi/2$.B 超前 $\pi/2$.C 落后 π .D 超前 π .

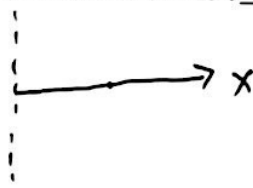
6. 一个质点作简谐振动, 振幅为 A , 在起始时刻质点的位移为 $\frac{1}{2}A$, 且向 x 轴的负方向运动, 代表此简谐振动的旋转矢量图为



7. 一质点作简谐振动, 速度最大值 $v_m = 5$ cm/s, 振幅 $A = 2$ cm. 若令速度具有负最大值的那一时刻为 $t = 0$, 则振动表达式为 $x = 2 \cos(\frac{1}{2} \pi t + \frac{2}{3} \pi)$ cm.

8. 在两个相同的弹簧下各悬挂一物体, 两物体的质量比为 4:1, 则两者做简谐运动的周期之比为 2:1.

9. 两个弹簧振子的周期都是 0.4 s, 设开始时第一个振子从平衡位置向负方向运动, 经过 0.3 s 后, 第二个振子才从正方向的端点开始运动, 则这两振动的相位差为 π .



10. 把单摆小球从平衡位置向位移正方向拉开, 使摆线与竖直方向成一微小角度 θ , 然后由静止释放, 使其摆动。从放手时开始计时, 若用余弦函数表示运动方程, 则该单摆的初相 $\phi = 0$ 。

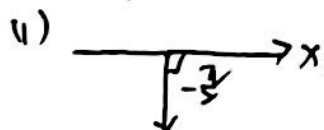
11. 一质点按如下规律沿 x 轴作简谐振动: $x = 0.1 \cos(3\pi t + \frac{2}{3}\pi)$ (SI). 求此振动的周期、振幅、初相、速度最大值和加速度最大值。

解: $\omega = 3\pi$
 $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2}{3} \text{ s}$
 $A = 0.1$
 $\phi = \frac{2}{3}\pi$
 $v = -0.3\pi \sin(3\pi t + \frac{2}{3}\pi)$ $v_{\max} = 0.3\pi$
 $a = -0.9\pi^2 \cos(3\pi t + \frac{2}{3}\pi)$ $a_{\max} = 0.9\pi^2$

12. 一放置在水平桌面上的弹簧振子, 振幅为 $A=0.1\text{m}$, 周期 $T=2\text{s}$, 当 $t=0$ 时, 求下列各种情况下的运动方程:

- (1) 物体在平衡位置处, 振子向正方向运动; (2) 物体在 $x=0.05\text{m}$ 处并向负方向运动; (3) 物体在负的最大位移处。

解: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \pi$



$x = 0.1 \cos(\pi t - \frac{\pi}{2})$

12)
 $x = 0.1 \cos(\pi t + \frac{\pi}{3})$

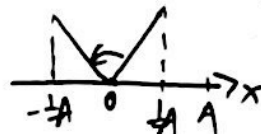
13)
 $x = 0.1 \cos(\pi t + \pi)$

13. 一质量为 0.01kg 的物体作简谐振动, 其振幅为 0.08m , 周期为 4s , 起始时刻物体在 $x=0.04\text{m}$ 处, 且向 ox 轴负方向运动。求:

- (1) $t=1.0\text{s}$ 时物体所处的位置和所受的力。

- (2) 由起始位置运动到 $x=-0.04\text{m}$ 处所需的最短时间 Δt 。

解: 1) $x = 0.08 \cos(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3})$, $v = -0.04\pi \sin(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3})$, $a = -0.07\pi^2 \cos(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3})$



$\therefore t=1\text{ s}$ 时, $x = -0.04\sqrt{3}\text{ m}$.

$a = 0.01\pi^2\sqrt{3}$

$F = ma = \pi^2\sqrt{3} \times 10^{-4} \text{ N}$

12) $\Delta\phi = \frac{\pi}{3}$, $\Delta t = \frac{\Delta\phi}{\omega} = \frac{2}{3} \text{ s}$

14. 思考题: 弹簧的劲度系数 k 是材料常量吗? 如把一个弹簧平均分为二段, 则每段弹簧的劲度系数还是 k 吗?

第二节 振动能量和振动的合成

1. 一弹簧振子作简谐振动, 总能量为 E_1 , 如果简谐振动振幅增加为原来的两倍, 重物的质量增为原来的四倍, 则它的总能量 E_2 变为 []

- A $E_1/4$. B $E_1/2$. C $2E_1$. D $4E_1$.

2. 弹簧振子在光滑水平面上作简谐振动时, 弹性力在半个周期内所作的功为 []

- A kA^2 . B $\frac{1}{2}kA^2$. C $(1/4)kA^2$. D 0.

3. 一弹簧振子作简谐振动, 当位移为振幅的一半时, 其动能为总能量的 []

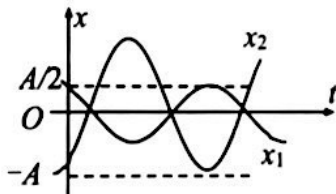
- A $1/4$. B $1/2$. C $1/\sqrt{2}$. D $3/4$.

4. 一质点作简谐振动, 已知振动周期为 T , 则其振动动能变化的周期是 []

- (A) $T/4$. (B) $T/2$. (C) T . (D) $2T$.

5. 图中所画的是两个简谐振动的振动曲线. 若这两个简谐振动可叠加, 则合成的余弦振动的初相为 []

- A $\frac{3}{2}\pi$. B π .
C $\frac{1}{2}\pi$. D 0.



6. 两根轻弹簧的倔强系数分别为 k_1 和 k_2 , 串联后与物体相接做简谐振动. 则此系统的固有频率为 ν 等于_____.

7. 一物体同时参与同一直线上的两个简谐振动:

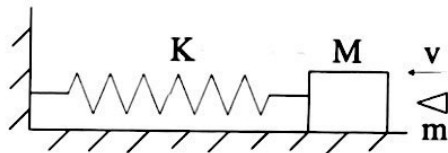
$$x_1 = 0.05 \cos(4\pi t + \frac{1}{3}\pi) \text{ (SI)}, \quad x_2 = 0.03 \cos(4\pi t - \frac{2}{3}\pi) \text{ (SI)},$$

则合成振动的振幅为_____m.

8. 两个振动方向、振幅、频率均相同的简谐运动相遇叠加, 测得某一时刻两个振动的位移都为零时, 运动方向相反, 则这两个振动相位之差为_____. 合振幅为_____.

9. 将频率为 400Hz 的标准音叉和一待测频率的音叉同时振动, 测得拍频为 2.0Hz, 将频率为 405Hz 的标准音叉与待测音叉同时振动, 测得拍频为 3.0Hz, 则待测音叉的频率为_____.

10. 如图所示, 质量为 $1.0 \times 10^{-2} \text{ kg}$ 的, 以 $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度射入并嵌入在木块中, 同时使弹簧压缩从而作简谐运动。设木块的质量为 4.99 kg , 弹簧的劲度系数为 $8.00 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ 。若以弹簧原长时物体所在处为坐标原点, 向左为 x 轴正方向, 求简谐运动方程。



11. 已知一质点同时参与两个同方向的简谐振动, 其简谐振动方程分别为 $x_1 = 5 \times 10^{-2} \cos(4t + \pi/3) \text{ (SI)}$, $x_2 = 3 \times 10^{-2} \sin(4t - \pi/6) \text{ (SI)}$ 。画出两振动的旋转矢量图, 并求合成振动的振动方程。

12. 思考题: 弹簧振子作简谐振动时, 如果振幅增加为原来的两倍而频率减少为原来的一半, 它的总能量怎样改变?

简谐振动小结:

一.教学要求:

- 1、掌握振动方程的标准式及其参量的物理意义、决定因素；尤其是位相和初位相的概念；
- 2、掌握旋转矢量法求解相位，进而求解简谐运动方程。
- 3、学会利用谐振曲线判断质点某时刻的位移和运动方向。
- 4、掌握同频率同方向简谐运动的合成，掌握不同频率同方向简谐运动中拍频的物理意义及计算方法。
- 5、掌握简谐振动的动能、势能及总能量的特点。

二、内容提要:

1、简谐振动方程式:

$$x = A \cos(\omega t + \phi) \quad ; \quad v = -A\omega \sin(\omega t + \phi) \quad ;$$

$$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \phi)$$

2、简谐振动振幅 A ，圆频率 ω ，相位 ϕ ，初相位 ϕ 。

$$A = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \phi = \omega t + \phi$$

3、旋转矢量法：振幅 $A \longleftrightarrow$ 旋转矢量 A 的模；

角频率 $\omega \longleftrightarrow$ 旋转矢量 A 的角速度

相位 $\phi \longleftrightarrow$ 旋转矢量 A 与 x 轴正方向的夹角

位移 $x \longleftrightarrow$ 旋转矢量 A 在 x 轴上的投影坐标

旋转矢量 A 的位置决定了对应的简谐振动的质点的运动状态：

A 在第一象限(1)中， $x > 0; v < 0$

A 在第二象限(2)中， $x < 0; v < 0$

A 在第三象限(3)中， $x < 0; v > 0$

A 在第二象限(2)中， $x > 0; v > 0$

注：跟据质点位移 x_0 来确认投影点的位置，

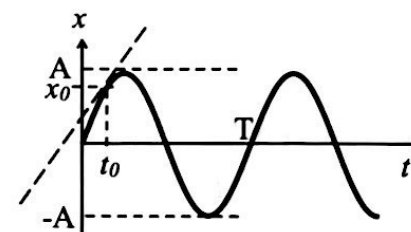
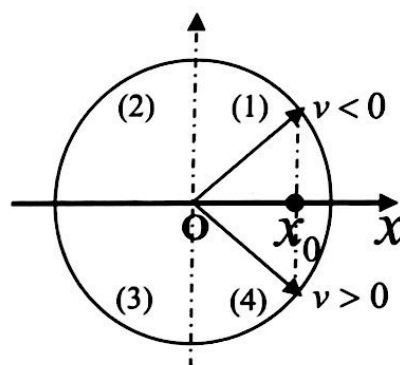
再根据速度的正负来判断旋转矢量的确切位置：

A 位于 Ox 轴上方， $v < 0$ ；

A 位于 Ox 轴下方， $v > 0$

4、谐振曲线

利用谐振曲线可以知道质点在某一时刻 t_0 时，质点的速度方向(通过该点的切线斜率的方向)和位移 x_0 。



5、相位差:

1) 对于同一简谐振动: $\Delta\phi = \omega\Delta t$;

2) 对于具有相同频率，独立的两个简谐振动: $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$ ，其中: ϕ_2 和 ϕ_1 分别为两个简谐振动质点的初相位。

6、简谐振动的能量

1) 振动动能: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 2) 振动势能: $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

3) 振动总能量: $E = E_k + E_p = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$

7: 简谐振动的合成:

1) 同频率，同方向的合成:

$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \phi_1)$; $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \phi_2)$ ，则:

合成的总振动仍然是简谐振动: $x = A \cos(\omega t + \phi)$

其中: $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\phi_2 - \phi_1)}$

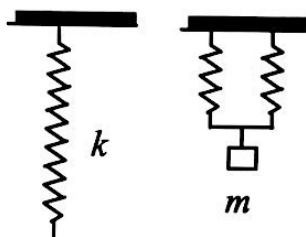
$$\tan \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

2) 不同频率, 同方向的合成: 拍频: $\nu = |\nu_2 - \nu_1|$

综合练习

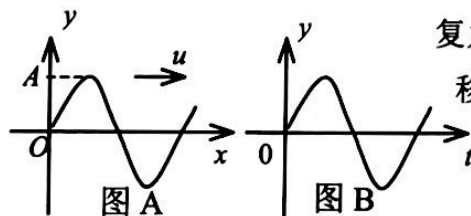
1、一劲度系数为 k 的轻弹簧截成三等份, 取出其中的两根, 将它们并联, 下面挂一质量为 m 的物体, 如图所示. 则振动系统的频率为

- (A) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{3m}}$ (B) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$
(C) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3k}{m}}$ (D) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{6k}{m}}$

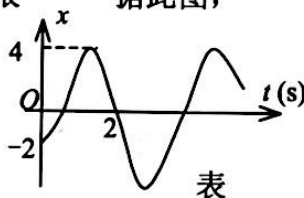


2、图 A 表示 $t=0$ 时的余弦波的波形图, 波沿 x 轴正向传播; 图 B 为一余弦振动曲线. 则图 A 中所表示的 $x=0$ 处振动的初相位与图 B 所表示的振动的初相位 []

- (A) 均为零.
(B) 均为 $\frac{1}{2}\pi$ (C) 均为 $-\frac{1}{2}\pi$
(D) 依次分别为 $\frac{1}{2}\pi$ 与 $-\frac{1}{2}\pi$.



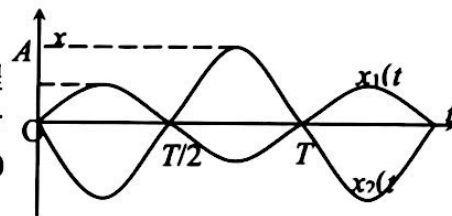
3、一质点作简谐振动. 其振动曲线如图所示. 根据此图, 它的周期 $T = \underline{\hspace{2cm}}$, 用余弦函数描述时初相 $\phi = \underline{\hspace{2cm}}$.



4、一系统作简谐振动, 周期为 T , 以余弦函数

达振动时, 初相为零. 在 $0 \leq t \leq \frac{1}{2}T$ 范围内, 系统在 $t = \underline{\hspace{2cm}}$ 时刻动能和势能相等.

5、两个同方向的简谐振动曲线如图所示, 合振动的振幅的初相位 = $\underline{\hspace{2cm}}$.



6、质量为 2 kg 的质点, 按方程 $x = 0.2 \sin[5t - (\pi/6)]$ (SI) 沿着 x 轴振动. 求: (1) $t=0$ 时, 作用于质点的力的大小;

(2) 作用于质点的力的最大值和此时质点的位置.

7、一弹簧振子沿 x 轴作简谐振动 (弹簧为原长时振动物体的位置取作 x 轴原点). 已知振动物体最大位移为 $x_m = 0.4$ m 最大恢复力为 $F_m = 0.8$ N, 最大速度为 $v_m = 0.8\pi$ m/s, 又知 $t=0$ 的初位移为 $+0.2$ m, 且初速度与所选 x 轴方向相反.

(1) 求振动能量; (2) 求此振动的表达式.

机械波

第一节 简谐波

1. 机械波的表达式为 $y = 0.03 \cos 6\pi(t + 0.01x)$ (SI), 则 []

(A) 其振幅为 3 m. (B) 其周期为 $\frac{1}{3}$ s.

(C) 其波速为 10 m/s. (D) 波沿 x 轴正向传播.

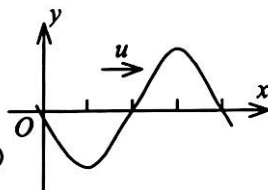
2. 在简谐波传播过程中, 沿传播方向相距为 $\frac{1}{2}\lambda$ (λ 为波长)

的两点的振动速度必定 []

A 大小相同, 而方向相反. B 大小和方向均相同.
C 大小不同, 方向相同. D 大小不同, 而方向相反.

3. 一平面余弦波在 $t = 0$ 时刻的波形曲线 如图所示, 则 O 点的振动初相 ϕ 为:

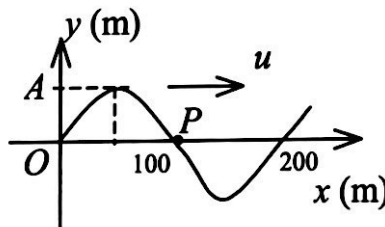
(A) 0. (B) $\frac{1}{2}\pi$
(C) π (D) $\frac{3}{2}\pi$ (或 $-\frac{1}{2}\pi$)



4. 一平面简谐波在弹性媒质中传播, 在某一瞬时媒质中某质元正处于平衡位置, 此时其能量 []

A 动能为零, 势能最大. B 动能为零, 势能为零.
C 动能最大, 势能最大. D 动能最大, 势能为零.

5. 图示一简谐波在 $t = 0$ 时刻的波形图, 振幅为 $A = 0.1$ m, 波速 $u = 200$ m/s, 则 P 处质点的振动速度表达式为 []



(A) $v = -0.2\pi \cos(2\pi t - \pi)$

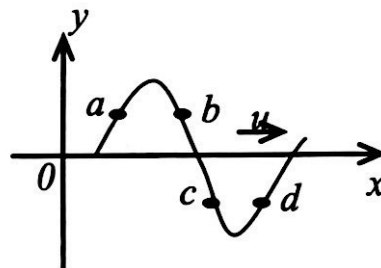
(B) $v = -0.2\pi \cos(\pi t - \pi)$

(C) $v = 0.2\pi \cos(2\pi t - \pi/2)$

(D) $v = 0.2\pi \cos(\pi t - 3\pi/2)$

6. 一声波在空气中的波长是 0.25 m, 传播速度是 340 m/s, 当它进入另一介质时, 波长变成了 0.37 m, 它在该介质中传播速度为 _____.

7. 已知一行波在 t 时刻的波形 如图所示. 试分别在图上注明所示的 a 、 b 、 c 、 d 四点此时的运动速度的方向 (设为横波).



8. 已知波源的振动周期为 4.00×10^{-2} s, 波的传播速度为 300 m/s, 波沿 x 轴正方向传播, 则位于 $x_1 = 10.0$ m 和 $x_2 = 16.0$ m 的两质点振动相位差为 _____.

9. 一简谐波, 振动周期 $T = \frac{1}{2}$ s, 波长 $\lambda = 10$ m, 振幅 $A = 0.1$

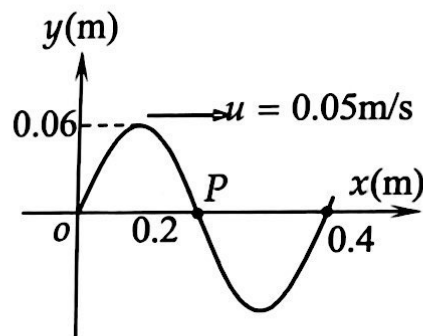
m. 当 $t = 0$ 时, 波源振动的位移恰好为正方向的最大值. 若坐标原点和波源重合, 且波沿 Ox 轴正方向传播, 求:

(1) 此波的表达式;

(2) $t_1 = T/4$ 时刻, $x_1 = \lambda/4$ 处质点的位移;

(3) $t_2 = T/2$ 时刻, $x_1 = \lambda/4$ 处质点的振动速度.

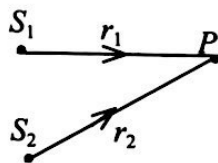
10. 图示一平面简谐波在 $t = T/2$ 时刻的波形图, 求(1) 该波的波函数; (2) P 处质元的振动方程.



11. 思考题: 波形曲线与振动曲线有什么不同? 试说明之.

第二节 波的干涉 驻波 电磁波

1. 如图所示, 两列波长为 λ 的相干波在 P 点相遇. 波在 S_1 点振动的初相是 ϕ_1 , S_1 到 P 点的距离是 r_1 ; 波在 S_2 点的初相是 ϕ_2 , S_2 到 P 点的距离是 r_2 , 以 k 代表零或正、负整数, 则 P 点是干涉极大的条件为: []



- (A) $r_2 - r_1 = k\lambda$.
 (B) $\phi_2 - \phi_1 = 2k\pi$.
 (C) $\phi_2 - \phi_1 + 2\pi(r_2 - r_1)/\lambda = 2k\pi$.
 (D) $\phi_2 - \phi_1 + 2\pi(r_1 - r_2)/\lambda = 2k\pi$
2. 电磁波在自由空间传播时, 电场强度 $\vec{E}$ 和磁场强度 $\vec{H}$, 则
 A 在垂直于传播方向的同一条直线上. []
 B 朝互相垂直的两个方向传播
 C 互相垂直, 且都垂直于传播方向.
 D 有相位差 $\pi/2$.
3. 波长为 λ 的驻波中相邻波节和波腹之间的距离为 []
 A λ . B $3\lambda/4$. C $\lambda/2$. D $\lambda/4$.
4. 在驻波中, 两个相邻波节间各质点的振动 []
 A 振幅相同, 相位相同. B 振幅不同, 相位相同.
 C 振幅相同, 相位不同. D 振幅不同, 相位不同.
5. 一机车汽笛频率为 750 Hz, 机车以时速 90 公里远离静止的观察者. 观察者听到的声音的频率是 (设空气中声速为 340 m/s).
 (A) 810 Hz. (B) 699 Hz. []
 (C) 805 Hz. (D) 695 Hz.

班级

学号

姓名

6. 沿着相反方向传播的两列相干波, 其表达式为 $y_1 = A \cos 2\pi(\nu t - x/\lambda)$ 和 $y_2 = A \cos 2\pi(\nu t + x/\lambda)$. 在叠加后形成的驻波中, 各处简谐振动的振幅是 []

- (A) A . (B) $2A$.
 (C) $2A \cos(2\pi x/\lambda)$. (D) $|2A \cos(2\pi x/\lambda)|$.

7. 两个相干点波源 S_1 和 S_2 , 它们的振动方程分别是 $y_1 = A \cos(\omega t + \frac{1}{2}\pi)$ 和 $y_2 = A \cos(\omega t - \frac{1}{2}\pi)$. 波从 S_1 传到 P 点经过的路程等于 2 个波长, 波从 S_2 传到 P 点的路程等于 $7/2$ 个波长. 设两波波速相同, 在传播过程中振幅不衰减, 则两波在 P 点引起的两个振动的相位差是_____, 振动的合振幅为_____.

8. A 、 B 是简谐波波线上距离小于波长的两点. 已知 B 点振动的相位比 A 点落后 $\frac{1}{3}\pi$, 波长为 $\lambda=3\text{m}$, 则 A 、 B 两点相距 $L = \underline{\hspace{2cm}}\text{m}$.

9. 一驻波表达式为 $y = 2A \cos(2\pi x/\lambda) \cos \omega t$, 则 $x = -\frac{1}{2}\lambda$ 处质点的振动方程是_____; 该质点的振动速度表达式是_____.

10. 一列火车以 20 m/s 的速度行驶, 若机车汽笛的频率为 600 Hz, 一静止观测者在机车正前和机车正后所听到的笛声频率分别为 ν_1 、 ν_2 , 则 ν_1 _____ ν_2 (选填 “>”、“=”、“<”), $|\nu_1 - \nu_2| =$ _____ (Hz) (设空气中声速为 340 m/s).

11. 设入射波的表达式为 $y_1 = A \cos 2\pi(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T})$, 在 $x = 0$ 处发生反射, 反射点为一自由端. 设反射时无能量损失, 求 (1) 反射波的表达式; (2) 合成的驻波的表达式; (3) 波腹和波节的位置。

12. 两波在一很长的弦线上传播, 其表达式分别为:

$$y_1 = 4.00 \times 10^{-2} \cos \frac{1}{3} \pi (4x - 24t) \quad (\text{SI})$$

$$y_2 = 4.00 \times 10^{-2} \cos \frac{1}{3} \pi (4x + 24t) \quad (\text{SI})$$

- (1) 两波的频率、波长、波速; (2) 两波叠加后的节点位置;
(3) 叠加后振幅最大的那些点的位置.

13. 思考题: 驻波的能量有没有定向流动? 为什么?

机械波小结

一、教学要求

1. 理解机械波产生的条件。掌握由已知质点的简谐振动方程得出平面简谐波的波函数的方法及波函数的物理意义。理解波形图线。了解波的能量传播特征及能流、能流密度概念。

2. 了解惠更斯原理和波的叠加原理。理解波的相干条件，能应用相位差和波程差分析、确定相干波叠加后振幅加强和减弱的条件。

3. 理解驻波及其形成条件。了解驻波和行波的区别。

4. 了解机械波的多普勒效应及其产生原因。在波源或观察者单独相对介质运动，且运动方向沿二者连线的情况下，能用多普勒频移公式进行计算。

5. 了解电磁波的性质。

二、内容提要

1. 机械波的产生的条件：(1)波源，(2)媒质。

机械波的传播实质是相位(或振动状态)的传播，质量并不迁移；

2. 描述波的物理量：

波长 λ ， 频率 ν ， 周期 T ， 波速 u

其关系为 $T=1/\nu=\lambda/u$ $u=\lambda/T=\lambda\nu$

3. 平面简谐波的波动方程

$$y=A\cos[\omega(t-x/u)+\phi_0]=A\cos[2\pi(t/T-x/\lambda)+\phi_0]$$

$$=A\cos[2\pi(\nu t-x/\lambda)+\phi_0]$$

4. 平均能量密度 $\bar{w}=\rho A^2\omega^2/2$ ，

能流密度(波的强度) $I=\bar{w}u=\rho A^2\omega^2u/2$

5. 惠更斯原理(略)；

6. 波的叠加原理：独立性，叠加性；

7. 波的干涉

(1) 相干条件：频率相同，振动方向相同，位相差恒定。

(2) 相干加强与减弱的条件：

$$\text{加强 } \Delta\varphi=2k\pi \quad \text{减弱 } \Delta\varphi=(2k+1)\pi$$

$$\text{其中 } \Delta\varphi=\varphi_{20}-\varphi_{10}-2\pi(r_2-r_1)/\lambda$$

(3) 驻波：波腹处振幅最大，波节处振幅最小，相邻波节(或波幅)之间的距离为 $\lambda/2$ ；

8. 半波损失：波从波疏媒质(ρu 较小)向波密媒质(ρu 较大)传播，在界面上反射时，反射波中产生半波损失，其实质是位相突变 π ；

9. 多普勒效应：只考虑波源和观察者在同一直线上运动时的频率变化公式

机械波综合练习

1. 已知一平面简谐波的表达式为 $y=A\cos(at-bx)$ (a 、 b 为正值常量)，则 []

(A) 波的频率为 a 。

(B) 波的传播速度为 b/a 。

(C) 波长为 π/b 。

(D) 波的周期为 $2\pi/a$ 。

2. 一平面简谐波沿 x 轴负方向传播。已知 $x=x_0$ 处质点的振动方程为 $y=A\cos(\omega t+\phi_0)$ 。若波速为 u ，则此波的表达式为

(A) $y=A\cos\{\omega[t-(x_0-x)/u]+\phi_0\}$ 。 []

(B) $y=A\cos\{\omega[t-(x-x_0)/u]+\phi_0\}$ 。

(C) $y=A\cos\{\omega t-[(x_0-x)/u]+\phi_0\}$ 。

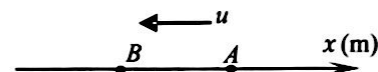
(D) $y=A\cos\{\omega t+[(x_0-x)/u]+\phi_0\}$ 。

3. 一个波源位于 O 点，以 O 为圆心作两个同心球面，它们的半

径分别为 R_1 和 R_2 ，在两个球面上分别取相等的面积 ΔS_1 和 ΔS_2 ，则通过它们的平均能流之比 $\bar{P}_1/\bar{P}_2 =$ _____.

4. 弦上驻波表达式为 $y = 3.00 \times 10^{-2} (\cos 1.6\pi x) \cos 550\pi t$ (SI). (1) 若将此驻波看作传播方向相反的两列波叠加而成，求两波的振幅及波速；(2) 求相邻波节之间的距离；(3) 求 $t = t_0 = 3.00 \times 10^{-3}$ s 时，位于 $x = x_0 = 0.625$ m 处质点的振动速度

5. 一平面波在介质中以速度 $u = 20$ m/s 沿 x 轴负向传播，已知 A 点的振动方程为 $y = 3 \cos 4\pi t$ (SI). AB 间相距 10 米，求 (1) 以 A 点为坐标原点写出波动表达式；(2) 以 B 点为坐标原点写出波动表达式。



第十一章 光学

杨氏双缝 光程

1、选择题

(1) 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) 使两缝的间距变小;
(C) 把两个缝的宽度稍微调窄; (D) 改用波长较小的单色光源。

(2) 在真空中波长为 λ 的单色光, 在折射率为 n 的透明介质中从 A 沿某路径传播到 B , 若 A 、 B 两点位相差为 3π , 则此路径 AB 的光程为 []

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

2、填空题

(1) 在相同的时间内, 一束波长为 λ 的单色光分别经过空气和玻璃, 则两者传播的路程_____, 走过的光程_____;

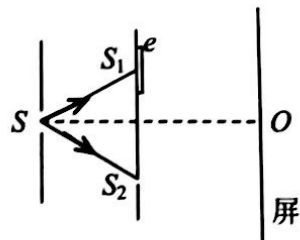
(2) 在双缝干涉实验中, 入射光的波长为 λ , 用玻璃纸遮住双缝中的一个缝, 若玻璃纸中光程比相同厚度的空气的光程大 2.5λ , 则屏上原来的明纹处为_____ (填明暗情况);

(3) 把双缝干涉实验装置放在折射率为 n 的媒质中, 双缝到观察屏的距离为 D , 两缝之间的距离为 d ($d \ll D$), 入射光在真空中的波长为 λ , 则屏上干涉条纹中相邻明纹的间距是_____;

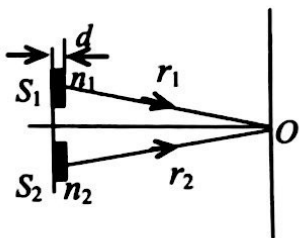
(4) 若一双缝装置的两个缝分别被折射率为 n_1 和 n_2 的两块厚度

均为 e 的透明介质所遮盖, 此时由双缝分别到屏上原中央极大所在处的两束光的光程差 $\Delta =$ _____;

(5) 如图, 在双缝干涉实验中 $\overline{SS_1} = \overline{SS_2}$, 若将一厚度为 e 、折射率为 n 的薄云母片覆盖在 S_1 缝上, 中央明条纹将向_____移动; 覆盖云母片后, 两束相干光至原中央明纹 O 处的光程差为_____;



3、在右图示的双缝干涉实验中, 若用薄玻璃片(折射率 $n_1 = 1.4$)覆盖缝 S_1 , 用同样厚度的玻璃片(但折射率 $n_2 = 1.7$)覆盖缝 S_2 , 将使原来未放玻璃时屏上的中央明条纹处 O 变为第五级明纹. 设单色光波长 $\lambda = 480 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 求玻璃片的厚度 d (可认为光线垂直穿过玻璃片).



4、在双缝干涉实验中，波长 $\lambda = 550\text{nm}$ 的单色平行光垂直入射到缝间距 $d = 2 \times 10^{-4}\text{m}$ 的双缝上，屏到双缝的距离 $D = 2\text{m}$ 。

求：（1）中央明纹两侧的两条第10级明纹中心的间距；

（2）用一厚度为 $e = 6.6 \times 10^{-6}\text{m}$ 、折射率为 $n = 1.58$ 的云母片覆盖一缝后，零级明纹将移到原来的第几级明纹处？

5.思考题：在杨氏双缝干涉中，若做以下变动，屏幕上的干涉条纹将如何变化？（1）将钠黄光换成波长为 632.8nm 的氦氖激光；

（2）将整个装置浸入水中；（3）将双缝间距增大；（4）将屏幕和双缝间距缩小。

薄膜干涉

1、选择题

- (1) 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：[]

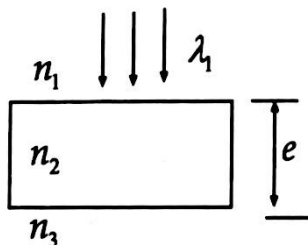
(A) $\lambda/4$. (B) $\lambda/(4n)$.

(C) $\lambda/2$. (D) $\lambda/(2n)$.

2、填空题

- (1) 在玻璃（折射率为 1.60）表面镀一层 MgF_2 （折射率为 1.38）薄膜作为增透膜。为了使波长为 $500nm$ 的光从空气（折射率为 1.00）正入射时尽可能少反射， MgF_2 薄膜的最小厚度应是_____；

- (2) 见右图，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，若薄膜的厚度为 e ，并且 $n_1 < n_2 > n_3$ ， 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光程差为_____，相位差为_____.



- 3、白光垂直照射到空气中一厚度为 $380nm$ 的肥皂膜上，设肥皂膜的折射率为 1.32，试问该膜的正面呈现什么颜色？背面呈现什么颜色？

4. 思考题：在空气中的肥皂膜，随着肥皂膜厚度变薄，膜上将出现颜色，当膜进一步变薄并将破裂时，膜上将出现黑色，这是为什么？

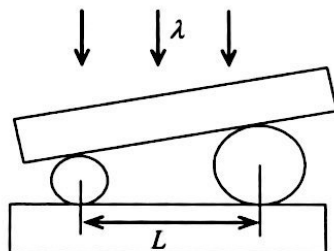
劈尖 牛顿环 迈克尔逊干涉仪

1、选择题

(1) 若把由平凸玻璃和平玻璃（折射率 1.50）制成的牛顿环装置由空气搬入水中（折射率 1.33），则干涉条纹 []

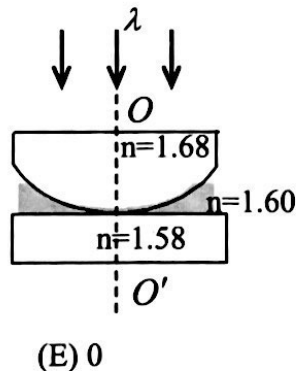
- (A) 中心暗环变成明环； (B) 条纹间距变疏；
(C) 条纹间距变密； (D) 条纹间距不变。

(2) 如图所示，两个直径有微小差别的彼此平行的滚柱之间的距离为 L ，夹在两块平晶的中间，形成空气劈尖，当单色光垂直入射时，产生等厚干涉条纹。如果两滚柱之间的距离 L 变大，则在 L 范围内干涉条纹的 []



- (A) 数目增加，间距不变。 (B) 数目减少，间距变大。
(C) 数目增加，间距变小。 (D) 数目不变，间距变大。

(3) 如图所示，平板玻璃和凸透镜构成牛顿环装置，全部浸入 $n=1.60$ 的液体中，凸透镜可沿 OO' 移动，用波长 $\lambda=500\text{ nm}$ ($1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$) 的单色光垂直入射。从上向下观察，看到中心是一个暗斑，此时凸透镜顶点距平板玻璃的距离最少是 []

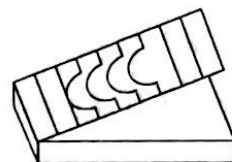


- (A) 156.3 nm (B) 148.8 nm
(C) 78.1 nm (D) 74.4 nm (E) 0

(4) 如图所示，用劈尖干涉检测工件的表面，当波长为 λ 的单色

光垂直入射时，观察到的干涉条纹中间向劈尖棱边弯曲，每一条弯曲部分的顶点恰好与左邻的直线部分的连线相切，则工件表面： []

- (A) 有一凹陷的槽，深为 $\lambda/4$ ；
(B) 有一凹陷的槽，深为 $\lambda/2$ ；
(C) 有一凸起的埂，高为 $\lambda/2$ ；
(D) 有一凸起的埂，高为 $\lambda/4$ 。



2、填空题

(1) 两块平玻璃构成空气劈形膜，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，则干涉条纹向 _____ 平移，条纹间隔 _____；

(2) 已知在迈克尔逊干涉仪中使用波长为 λ 的单色光，在干涉仪的可动反射镜移动一距离 d 的过程中，干涉条纹将移动 _____ 条；

(3) 设入射光的波长为 589 nm ，把折射率 $n=1.40$ 的薄膜放入迈克尔逊干涉仪的一臂，如果由此产生了 7.0 条条纹的移动，则膜厚为 _____；

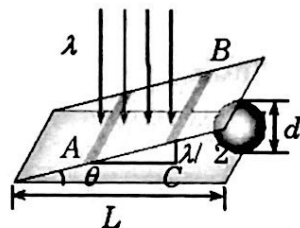
(4) 在空气中有一劈形透明膜，其劈尖角 $\theta=1.0\times 10^{-4}\text{ rad}$ ，在波长 $\lambda=700\text{ nm}$ 的单色光垂直照射下，测得两相邻干涉明条纹间距 $l=0.25\text{ cm}$ ，由此可知此透明材料的折射率 $n=_____$ 。 ($1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$)

(5) 波长 $\lambda=600\text{ nm}$ 的单色光垂直照射到牛顿环装置上，第二个明环与第五个明环所对应的空气膜厚度之差为 _____ nm ($1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$)；

3、折射率为 1.60 的两块标准平面玻璃板之间形成一个劈形膜(劈尖角 θ 很小). 用波长 $\lambda=600\text{ nm}$ ($1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$) 的单色光垂直入射, 产生等厚干涉条纹. 假如在劈形膜内充满 $n=1.40$ 的液体时的相邻明纹间距比劈形膜内是空气时的间距缩小 $\Delta l=0.5\text{ mm}$. 求 (1) 两种情况下相邻两明纹厚度差之比; (2) 劈尖角 θ .

4、用波长为 500 nm ($1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$) 的单色光垂直照射到由两块光学平玻璃构成的空气劈形膜上. 在观察反射光的干涉现象中, 距劈形膜棱边 $l=1.56\text{ cm}$ 的 A 处是从棱边算起的第四条暗条纹中心. (1) 求此空气劈形膜的劈尖角 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? (3) 在第 (2) 问的情形从棱边到 A 处的范围内共有几条明纹? 几条暗纹?

5. 如图所示, 两块相同的平板玻璃构成一空气劈尖, 长 $L=4\text{cm}$, 一端夹住一金属丝, 现以波长为 589 nm 的钠光垂直入射, (1) 若观察到相邻明纹 (或暗纹) 间距离 $l=0.1\text{mm}$, 求金属丝的直径 $d=?$ (2) 将金属丝通电, 受热膨胀, 直径增大, 在此过程中, 从玻璃片上方离劈棱距离为 $L/2$ 的固定观察点上发现干涉向左移动 2 条, 问金属丝的直径膨胀了多少?



6. 思考题: 单色光垂直照射空气劈尖, 观察到的条纹宽度为 $b=\lambda/(2\theta)$, 如用折射率为 n 的物质构成的劈尖代替空气劈尖, 条纹的宽度有何变化? 相邻两明纹 (或暗纹) 的厚度差是多少?

光的单缝衍射 光学仪器的分辨本领

1、选择题

(1) 在夫琅和费单缝衍射中, 对于给定的入射光, 当缝宽度变小时, 除中央亮纹的中心位置不变外, 各级衍射条纹 []

(A) 对应的衍射角变小; (B) 对应的衍射角变大;

(C) 对应的衍射角也不变; (D) 光强也不变。

(2) 孔径相同的电子显微镜和光学显微镜比较, 前者分辨本领大的原因是: []

(A) 电子可以自由移动; (B) 电子衍射的波长比可见光短;

(C) 电子衍射的波长比可见光波长大; (D) 电子的穿透力强。

2、填空题

(1) 波长为 500nm 的单色平行光垂直照射到宽为 0.25mm 的单缝上, 单缝后置一凸透镜以观测衍射条纹。如果幕上中央条纹两旁第三个暗条纹之间的距离为 3mm , 则透镜的焦距为_____;

(2) 一单色平行光垂直照射一单缝, 若其第三条明纹位置正好和波长为 600nm 的单色光入射时的第二级明纹位置一样, 则前一种单色光的波长为_____;

(3) 在夫琅禾费单缝衍射实验中, $b\sin\theta = \pm 2\lambda$, 表明在条纹对应衍射角 θ 的方向上, 单缝处的波振面被分成_____个半波带, 此时在位于透镜焦平面的屏上将形成_____纹 (明、

暗)。如果透镜焦距为 f , 则条纹在透镜焦平面屏上的位置

$x =$ _____;

(4) 平行单色光垂直入射于单缝上, 观察夫琅禾费衍射。若屏上 P 点处为第二级暗纹, 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 点处将是第_____级_____纹;

(5) 月球距地面大约 $3.86 \times 10^5 \text{km}$, 假设月光波长可按 $\lambda = 550\text{nm}$ 计算, 那么在地球上用直径 $D = 500\text{cm}$ 的天文望远镜恰好能分辨月球表面相距为_____ m 的两点;

(6) 设天空中两颗星对于一望远镜的张角为 $4.84 \times 10^{-6} \text{rad}$, 它们都发出波长为 550nm 的光, 为了分辨出这两颗星, 望远镜物镜的口径至少要等于_____ cm . ($1\text{nm} = 10^{-9} \text{m}$)

(7) 迎面开来的汽车, 其两车灯相距 l 为 1m , 汽车离人的距离为_____ m 时, 两灯恰能为人眼所分辨。(假定人眼瞳孔直径 d 为 3mm , 光在空气中的有效波长为 $\lambda = 500 \text{nm}$, $1 \text{nm} = 10^{-9} \text{m}$)。

3、一单缝的宽度为 b ，以波长为 λ 的单色光垂直照射，设透镜的焦距为 f ，屏在透镜的焦平面处。求：（1）中央衍射明条纹的宽度 Δx_0 ？（2）第二级明条纹和第二级暗条纹分别距离中央明纹中心的距离？

4、已知单缝宽度 $b = 1.0 \times 10^{-4} m$ ，透镜焦距 $f = 0.5 m$ ，用 $\lambda_1 = 400 nm$ 和 $\lambda_2 = 760 nm$ 的单色平行光分别垂直照射，求这两种光第一级明纹离屏中心的距离，以及这两条明纹之间的距离。

5.思考题：为什么在生活中声波的衍射比光波的衍射更加显著？

衍射光栅

1、选择题:

(1) 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 []

(A) 紫光. (B) 绿光. (C) 黄光. (D) 红光.

(2) 波长 $\lambda=550 \text{ nm}$ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) 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) 2. (B) 3. (C) 4. (D) 5.

2、填空题:

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

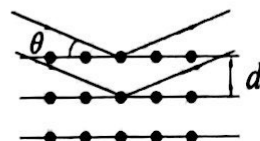
(2) 用平行的白光垂直入射在平面透射光栅上时, 波长为 440nm 的第 3 级光谱线将与波长为_____nm 的第 2 级光谱线重叠. ($1 \text{ nm}=10^{-9} \text{ m}$);

(3) 如图所示, 为了测量某种晶体原子层之间的间距 d , 用 0.2nm

的 X 射线照射该晶体, 实验测得 X 射线与晶

面夹角为 15° 时获得第一级反射极大, 则

$d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nm}$.



3、波长为 500nm 和 520nm 的两种单色光同时垂直入射在光栅常数为 0.002cm 的光栅上, 紧靠光栅后用焦距为 2m 的透镜把光线聚焦在屏幕上. 求这两束光的第三级谱线之间的距离。

4、波长 600nm 的单色光垂直照射在光栅上, 第二级明条纹出现在 $\sin \theta = 1/6$ 处, 第四级缺级。试求: (1) 光栅常数 $a+b$; (2) 光栅上狭缝可能的最小宽度 a ; (3) 中央明带内的明纹主极大的数目; (4) 按上述选定的 a 、 b 值, 在光屏上可能观察到的全部级数。

5、一衍射光栅，每厘米 200 条透光缝，每条透光缝宽为 $a=2 \times 10^{-3} \text{ cm}$ ，在光栅后放一焦距 $f=1 \text{ m}$ 的凸透镜，现以 $\lambda=600 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm}=10^{-9} \text{ m}$) 的单色平行光垂直照射光栅，求：(1) 透光缝 a 的单缝衍射中央明条纹宽度为多少？ (2) 在该宽度内，有几个光栅衍射主极大？

7.思考题：光栅衍射和单缝衍射有何区别？为什么光栅衍射的明纹特别明亮呢？

6、一束平行光垂直入射到某个光栅上，该光束有两种波长的光， $\lambda_1=440 \text{ nm}$ ， $\lambda_2=660 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)。实验发现，两种波长的谱线(不计中央明纹)第二次重合于衍射角 $\varphi=60^\circ$ 的方向上。求此光栅的光栅常数 d 。

光的偏振

1、选择题:

- (1) 光的偏振现象证实了 []
(A)光的波动性; (B)光是电磁波; (C) 光是横波; (D)光是纵波.
- (2) 一束光是自然光和线偏振光的混合光, 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是最小值的 5 倍, 那么入射光束中自然光与线偏振光的光强比值为 []
(A) 1/2. (B) 1/3.
(C) 1/4. (D) 1/5.
- (3) 自然光以布儒斯特角由空气入射到一玻璃表面, 反射光是:
(A) 在入射面内振动的完全线偏振光. []
(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线偏振光.
(D) 垂直于入射面的振动占优势的部分偏振光.
- (4) 一束光通过方解石晶体产生光的双折射现象, 以下描述正确的是: []
(A)寻常光(o光)是偏振光, 非寻常光(e光)是自然光;
(B)非寻常光(e光)是偏振光, 寻常光(o光)是自然光;
(C)寻常光和非寻常光都是自然光. 但寻常光遵循折射定律, 非寻常光不遵循.
(D)寻常光和非寻常光都是偏振光. 但寻常光遵循折射定律, 非寻常光不遵循.

2、填空题:

- (1) 使光强为 I_0 的自然光依次垂直通过三块偏振片 P1, P2 和 P3. P1 与 P2 的偏振化方向成 45° 角, P2 与 P3 的偏振化方向成 45° 角. 则透过三块偏振片的光强 I 为 _____;
- (2) 一束自然光自空气入射到折射率为 1.40 的液体表面上, 若反射光是线偏振光, 则折射光的折射角为 _____.
- 3、自然光投射到叠在一起的两块偏振片上, 则两偏振片的偏振化方向夹角为多大才能使:
- (1) 透射光强为入射光强的 1/3;
(2) 透射光强为最大透射光强的 1/3. (均不计吸收)

4、有三个偏振片叠在一起，已知第一个与第三个的偏振化方向相互垂直。一束光强为 I_0 的自然光垂直入射在偏振片上，求第二个偏振片与第一个偏振片的偏振化方向之间的夹角为多大时，该入射光连续通过三个偏振片之后的光强为最大。

5.思考题：怎样获得偏振光？什么是起偏角？

光学内容提要

一、教学要求

光的干涉

1. 理解获得相干光的方法。理解普通光源的发光原理、获得相干光的方法。
2. 能分析、确定杨氏双缝干涉条纹及薄膜等干涉条纹的位置。
3. 掌握光程的概念以及光程差和相位差的关系。
4. 掌握等厚干涉实验的规律,了解半波损失,了解薄膜增透增反的原理。
5. 理解迈克尔逊干涉仪的工作原理。

光的衍射

1. 了解惠更斯-菲涅耳原理。理解分析单缝夫琅禾费衍射暗纹分布规律的方法。理解半波带分析法分析单缝衍射光强的分布。
2. 理解衍射对光学仪器分辨率的影响,理解瑞利判据。
3. 掌握光栅衍射公式。能够确定光栅衍射谱线的位置。会分析光栅常量及波长对光栅衍射谱线分布的影响。了解衍射对干涉光强分布的影响和干涉缺级的条件。

光的偏振

1. 掌握自然光和线偏振光。理解线偏振光的获得方法和检验方法。
2. 掌握布儒斯特定律及马吕斯定律。
3. 理解晶体的双折射现象。了解寻常光和非寻常光的传播特点。

二、内容提要

(一)、光的干涉

1. 相干条件: 与波的相干条件相同(略)。

2. 光程= nl , 光程差 $\delta=n_2l_2-n_1l_1$;

理想透镜不产生附加光程差;

半波损失: 光从疏媒质向密媒质入射时, 在反射光中产生半波损失; 折射光不产生半波损失; 半波损失实质是位相突变 π 。

3. 明纹、暗纹的条件:

明纹 $\delta=\pm 2k\lambda/2, k=0,1,2,\dots$;

暗纹 $\delta=\pm (2k-1)\lambda/2, k=0,1,2,\dots$ 。

4. 分波阵面法(以杨氏双缝干涉为代表):

光程差 $\delta=nxd/D$

明纹坐标 $x=\pm 2k(D/d)\lambda/(2n)$

暗纹坐标 $x=\pm (2k-1)(D/d)\lambda/(2n)$

条纹宽度 $\Delta x=(D/d)(\lambda/n)$

5. 分振幅法(薄膜干涉, 以 $n_1 < n_2 > n_3$ 为例)

(1) 光程差:

$$\begin{aligned}\text{反射光 } \delta &= 2n_2e\cos r + \lambda/2 \\ &= 2e(n_2^2 - n_1^2\sin^2 i)^{1/2} + \lambda/2\end{aligned}$$

$$\text{透射光 } \delta = 2n_2e\cos r = 2e(n_2^2 - n_3^2\sin^2 r)^{1/2}$$

(2) 等厚干涉(光垂直入射, 观察反射光):

相邻条纹(或一个整条纹)所对应薄膜厚度差

$$\Delta e = \lambda/(2n)$$

劈尖干涉 条纹宽度 $\Delta l = \lambda/(2n\theta)$

牛顿环的条纹半径

$$\text{明纹 } r = [(k-1/2)R\lambda/n]^{1/2} \quad (k=1,2,3,\dots)$$

$$\text{暗纹 } r = (kR\lambda/n)^{1/2} \quad (k=0,1,2,3,\dots)$$

(3) 等倾干涉(略)。

(4) 迈克耳逊干涉仪: M_1 与 M'_2 平行时为等倾条纹, 此时如动镜移动 $\lambda/2$, 则中心涨出或陷入一个条纹; M_1 与 M'_2 不严格平行时为等

厚条纹, 此时如动镜移动 $\lambda/2$, 则条纹平行移动一个条纹的距离.

(二)、光的衍射

1. 惠更斯—费涅耳原理

(1) 子波

(2) 子波干涉.

2. 单缝衍射 半波带法

中央明纹: 坐标 $\theta=0$, $x=0$;

宽度 $\Delta\theta_0 \approx 2\lambda/a$, $\Delta x \approx 2\lambda f/a$

其他条纹: 暗纹角坐标 θ 满足 $a \sin \theta = \pm k\lambda$

明纹角坐标 θ 近似满足 $a \sin \theta \approx \pm (2k+1)\lambda$

条纹宽度 $\Delta\theta \approx \lambda/a$ $\Delta x \approx \lambda f/a$

3. 光栅(多光束干涉受单缝衍射调制)

明纹明亮、细锐

光栅方程式 $(a+b) \sin \theta = \pm k\lambda$

缺级 衍射角 θ 同时满足

$$(a+b) \sin \theta = \pm k\lambda \quad a \sin \theta = \pm k'\lambda$$

时, 出现缺级, 所缺级次为

$$k = k' (a+b)/a \dots$$

4. 圆孔衍射

爱里斑角半径 $\theta = 0.61\lambda/a = 1.22\lambda/d$

光学仪器的最小分辨角

$$\delta\theta = 0.61\lambda/a = 1.22\lambda/d$$

5. x 射线的衍射

布喇格公式 $2d \sin \theta = k\lambda$

(三)、光的偏振

1. 自然光、偏振光、部分偏振光; 偏振片, 偏振化方向, 起偏、检偏.

2. 马吕期定律 $I = I_0 \cos^2 \alpha$.

3. 反射光与折射光的偏振

一般情况: 反射光为垂直入射面振动大于平行入射面振动部分偏振光, 折射光为垂直入射面振动小于平行入射面振动部分偏振光.

布儒斯特定律: 当入射角满足 $\tan i_0 = n_2/n_1$, 即反射光与折射光相互垂直时, 反射光为垂直入射面振动的完全偏振光, 折射光仍为部分偏振光.

4、双折射: 寻常光线(o 光)满足普通折射定律, 为垂直自己主平面的偏振光; 非常光线(e 光)不满足普通的折射定律, 为平行自己主平面的偏振光.

双折射晶体的光轴, 主截面、主平面

光学综合练习

一、选择题

1. 在双缝干涉实验中, 若单色光源 S

到两缝 S_1 、 S_2 距离相等, 则观察屏上

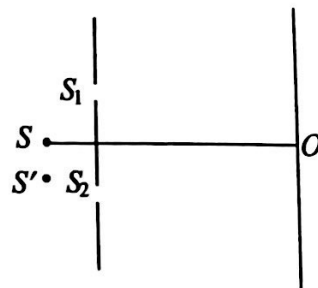
中央明条纹位于图中 O 处. 现将光源 S 向下移动到示意图中的 S' 位置, 则

(A) 中央明条纹也向下移动, 且条纹间距不变.

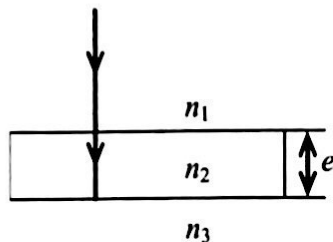
(B) 中央明条纹向上移动, 且条纹间距不变.

(C) 中央明条纹向下移动, 且条纹间距增大.

(D) 中央明条纹向上移动, 且条纹间距增大.



2. 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 $n_1 < n_2 < n_3$. 若用波长为 λ 的单色平行光垂直入射到该薄膜上, 则从薄膜上、下两表面反射的光束的光程差是



- (A) $2n_2 e$. (B) $2n_2 e - \lambda/2$.
(C) $2n_2 e - \lambda$. (D) $2n_2 e - \lambda/(2n_2)$.

3. 在迈克耳孙干涉仪的一条光路中, 放入一折射率为 n , 厚度为 d 的透明薄片, 放入后, 这条光路的光程改变了

- (A) $2(n-1)d$. (B) $2nd$.
(C) $2(n-1)d + \lambda/2$. (D) nd .

4. 在单缝夫琅禾费衍射实验中, 波长为 λ 的单色光垂直入射在宽度为 $a=4\lambda$ 的单缝上, 对应于衍射角为 30° 的方向, 单缝处波阵面可分成的半波带数目为

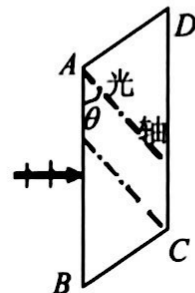
- (A) 2 个. (B) 4 个. (C) 6 个. (D) 8 个

5. 自然光以 60° 的入射角照射到某两介质交界面时, 反射光为完全线偏振光, 则知折射光为

- (A) 完全线偏振光且折射角是 30° .
(B) 部分偏振光且只是在该光由真空入射到折射率为 $\sqrt{3}$ 的介质时, 折射角是 30° .
(C) 部分偏振光, 但须知两种介质的折射率才能确定折射角.
(D) 部分偏振光且折射角是 30° .

6. $ABCD$ 为一块方解石的一个截面, AB 为垂直于纸面的晶体平面与纸面的交线.

光轴方向在纸面内且与 AB 成一锐角 θ , 如图所示. 一束平行的单色自然光垂直于 AB 端面入射. 在方解石内折射光分解为 o 光和 e 光, o 光和 e 光的



- (A) 传播方向相同, 电场强度的振动方向互相垂直.

- (B) 传播方向相同, 电场强度的振动方向不互相垂直.
(C) 传播方向不同, 电场强度的振动方向互相垂直.
(D) 传播方向不同, 电场强度的振动方向不互相垂直.

二、填空题

1. 波长为 λ 的单色平行光垂直入射到一狭缝上, 若第一级暗纹的位置对应的衍射角为 $\theta = \pm \pi/6$, 则缝宽的大小为_____.
2. 若星光的波长按 550 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 计算, 孔径为 127 cm 的大型望远镜所能分辨的两颗星的最小角距离 θ (从地上一点看两星的视线间夹角) 是_____.
3. 波长 $\lambda = 550 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 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_____.

4. 一束光强为 I_0 的自然光, 相继通过三个偏振片 P_1 、 P_2 、 P_3 后, 出射光的光强为 $I=I_0/8$. 已知 P_1 和 P_3 的偏振化方向相互垂直, 若以入射光线为轴, 旋转 P_2 , 要使出射光的光强为零, P_2 最少要转过的角度是_____.

三、一衍射光栅, 每厘米 200 条透光缝, 每条透光缝宽为 $a=2 \times 10^{-3}$ cm, 在光栅后放一焦距 $f=1$ m 的凸透镜, 现以 $\lambda=600$ nm ($1 \text{ nm}=10^{-9}$ m) 的单色平行光垂直照射光栅, 求: (1) 透光缝 a 的单缝衍射中央明条纹宽度为多少? (2) 在该宽度内, 有几个光栅衍射主极大?

四、一束平行光垂直入射到某个光栅上, 该光束有两种波长的光, $\lambda_1=440$ nm, $\lambda_2=660$ nm ($1 \text{ nm}=10^{-9}$ m). 实验发现, 两种波长的谱线(不计中央明纹)第二次重合于衍射角 $\varphi=60^\circ$ 的方向上. 求此光栅的光栅常数 d .

五、有三个偏振片叠在一起, 已知第一个与第三个的偏振化方向相互垂直. 一束光强为 I_0 的自然光垂直入射在偏振片上, 求第二个偏振片与第一个偏振片的偏振化方向之间的夹角为多大时, 该入射光连续通过三个偏振片之后的光强为最大.

狭义相对论

第一节 伽利略变换与牛顿绝对时空观

1. 牛顿绝对时空观认为时间和空间是相互_____。
2. 1905 年, 爱因斯坦提出了狭义相对论的两个基本假设
_____原理和_____原理

第二节 相对论基本原理与洛伦兹变换

1. 有下列几种说法:
 - ①所有惯性系对物理基本规律都是等价的.
 - ②在真空中, 光的速度与光的频率、光源的运动状态无关.
 - ③在任何惯性系中, 光在真空中沿任意方向的传播速率都相同.
 若问其中哪些说法是正确的, 答案是 []

A 只有①②是正确的. B 只有①③是正确的.
C 只有②③是正确的. D 三种说法都是正确的.
2. 一飞船的固有长度为 L , 相对于地面以速度 v_1 作匀速直线运动, 从飞船的后端向飞船中的前端的一个靶子发射一颗相对于飞船的速度为 v_2 的子弹. 在飞船上测得子弹从射出到击中靶的时间间隔为: []

$$\text{A } \frac{L}{v_1 + v_2} \quad \text{B } \frac{L}{v_1 - v_2} \quad \text{C } \frac{L}{v_2} \quad \text{D } \frac{L}{v_1 \sqrt{1 - (v_1/c)^2}}$$

3. 天津和北京相距 120Km. 在北京于某日上午 9 时正有一工厂因过载而断电. 同日天津于 9 点 0 分 0.0003 秒发生一交通事故. 试求在以 $u=0.8c$ 的速率沿北京到天津方向飞行的飞船中, 观察到的这两个事件之间的时间间隔为_____, 先发生的时间为_____。(填北京或天津)
4. 设 S' 系以速率 $v=0.6c$ 相对于 S 系沿 xx' 轴运动, 且在 $t=t'=0$ 时, $x=x'=0$ 。(1) 若有一事件, 在 S 系中发生于 $t=2.0 \times 10^{-7} \text{s}$, $x=50 \text{m}$ 处, 则该事件在 S' 系中发生时刻为_____;
- (2) 如有另一事件发生于 S 系中 $t=3.0 \times 10^{-7} \text{s}$, $x=10 \text{m}$ 处, 在 S' 系中测得这两个事件的时间间隔为_____。
5. 一列火车以速度 v 匀速行驶, 车头、车尾各有一盏灯, 某时刻路基上的人看见两灯同时亮了, 那么车厢里的人看见的情况是_____。

6. 在惯性系 S 中的同一地点发生的 A、B 两个事件，B 晚于 A 4 秒，在另一惯性系 S' 中观察事件 B 比事件 A 晚 5 秒，求：(1) 这两个惯性系的相对速度为多少？(2) 在 S' 系中这两个事件发生的地点间距离有多大？

7. 在某惯性系 K 中，有两个事件同时发生在 x 轴上相距 1000 的两点，而在另一惯性系 K' (沿 x 轴方向相对于 K 系运动) 中测得这两个事件发生的地点相距 2500m。求(1) K' 系相对于 K 系的速度大小，(2) K' 系中测这两个事件的时间间隔。

8. 在实验室中，若电子 A 以速度 $2.9 \times 10^8 \text{ m/s}$ 向右方向运动，电子 B 以速度 $2.7 \times 10^8 \text{ m/s}$ 向左方向运动，求：A 电子对 B 电子的速度为多少？

9. 思考题：假设光子在某惯性系中的速度等于 c ，那么，是否存在这样一个惯性系，光子在这个惯性系中的速度不等于 c ？

第三节 狭义相对论时空观

1. 关于下述两个问题:

①对某观察者来说, 发生在某惯性系中同一地点、同一时刻的两个事件, 对于相对该惯性系作匀速直线运动的其它惯性系中的观察者来说, 它们是否同时发生?

②在某惯性系中发生于同一时刻、不同地点的两个事件, 它们在其它惯性系中是否同时发生?

问题的正确答案是: []

- A ①同时, ②不同时. B ①不同时, ②同时.
C ①同时, ②同时. D ①不同时, ②不同时.

2. 边长为 a 的正方形薄板静止于惯性系 K 的 Oxy 平面内, 且两边分别与 x, y 轴平行. 今有惯性系 K' 以 $0.8c$ (c 为真空中光速) 的速度相对于 K 系沿 x 轴作匀速直线运动, 则从 K' 系测得薄板的面积为 []

- A $0.6a^2$. B $0.8a^2$. C a^2 . D $a^2/0.6$.

3. 有一细棒固定在 s' 系中, 它与 ox' 轴的夹角 $\theta' = 60^\circ$, 如果 s' 系以速度 u 沿 ox 方向相对于 s 系运动, s 系中观察者测得细棒与 ox 轴的夹角 []

- A 等于 60° B 大于 60° C 小于 60°

D 当 s' 系沿 ox 正方向运动时大于 60° , 而当 s' 系沿 ox 负方向运动时小于 60° .

4. π^+ 介子是不稳定的粒子, 在它自己的参照系中测得平均寿命是 $2.6 \times 10^{-8} \text{ s}$, 如果它相对于实验室以 $0.6c$ (c 为真空中光速) 的速率

运动, 那么实验室坐标系中测得的 π^+ 介子的寿命是 _____ s.

5. 一观察者测得一沿米尺长度方向匀速运动着的米尺的长度为 0.5 m . 则此米尺以速度 $v =$ _____ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 接近观察者.

6. 狭义相对论确认, 时间和空间的测量值都是 _____, 它们与观察者的 _____ 密切相关.

7. 一列高速火车以速度 u 驶过车站时, 固定在站台上的两只机械手在车厢上同时划出两个痕迹, 静止在站台上的观察者同时测出两痕迹之间的距离为 2 m , 则车厢上的观察者应测出这两个痕迹之间的距离为 _____.

8. 固有长度为 6 m 的宇宙飞船以速度 $v = 0.6c$ 相对于地球飞行, 地面上的人测量飞船的长度为多少? 如果地面上有一个地标, 则飞船和地面上观测者测得飞船经过地标所需的时间各为多少?

9. 标准米尺静置于 K' 惯性系, 与 X' 轴成 45° 角。已知 K' 相对 K 惯性系的速度为 $u = \sqrt{3}c/2$, 则在 K 系测得该尺长为多长? 与 X 轴夹角为多少?

10. 思考题: 民航客机以 200km/s 的平均速度相对于地面飞行。飞机上的乘客下飞机后, 是否需要因时间延缓而对手表进行修正?

第四节 狭义相对论的动量与能量

1. 质子在加速器中被加速, 当其动能为静止能量的 4 倍时, 其质量为静止质量的 []
A 4 倍. B 5 倍.
C 6 倍. D 8 倍.
2. 某核电站年发电量为 100 亿度, 它等于 $36 \times 10^{15} \text{ J}$ 的能量, 如果这是由核材料的全部静止能转化产生的, 则需要消耗的核材料的质量为 []
A 0.4 kg. B 0.8 kg.
C $(1/12) \times 10^7 \text{ kg}$. D $12 \times 10^7 \text{ kg}$.
3. 一个电子运动速度 $v = 0.8c$, 它的动能是: (电子的静止能量为 0.51 MeV) []
A 4.0 MeV. B 3.5 MeV.
C 0.34 MeV. D 0.5 MeV.
4. 在狭义相对论中, 一质点的质量 m 与速度 v 的关系式为 _____, 其动能的表达式为 _____。
5. 设电子静止质量为 m_e , 将一个电子从静止加速到速率为 $0.6c$ (c 为真空中光速), 需作功 _____。
6. 在速度 $v =$ _____ 时粒子的动量等于非相对论动量的 3 倍;
7. 在速度 $v =$ _____ 时粒子的动能等于它的静止能量.
8. 观察者甲以 $0.8c$ 的速度 (c 为真空中光速) 相对于静止的观察者乙运动, 若甲携带一长度为 l 、截面积为 S , 质量为 m 的棒, 这根棒安放在运动方向上, 则甲测得此棒的密度为 _____; 乙测得此棒的密度为 _____。
9. 一电子以 $v = 0.99c$ (c 为真空中光速) 的速率运动. 试求:
(1) 电子的总能量和动量各是多少?
(2) 电子的经典力学的动能与相对论动能之比是多少? (电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)
10. 已知 μ 子的静止能量为 105.7 MeV, 平均寿命为 $2.2 \times 10^{-8} \text{ s}$. 试求动能为 150 MeV 的 μ 子的速度 v 是多少? 平均寿命 τ 是多少?

11. 若一电子的总能量为 5Mev , 求该电子的静能、动能、动量和速率。

13. 思考题: 你认为可以把物体加速到光速吗? 为什么?

12. 在惯性系 S 中, 有两个静止质量都是 m_0 的粒子 A 、 B , 分别以速度 $\vec{v}_A = v\vec{i}$, $\vec{v}_B = -v\vec{i}$ 运动, 相撞后粘在一起成为一复合粒子, 求复合粒子的静止质量.

狭义相对小结

一、内容提要

1、爱因斯坦基本假设:

相对性原理: 物理学定律在所有的惯性系中都是等价的。

光速不变原理: 在所有的惯性系中, 真空中的光速具有相同的量值 C 。

2、洛伦兹变换

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - ut) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma(t - \frac{ux}{c^2}) \end{cases} \quad \begin{cases} x = \gamma(x' + ut') \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \gamma(t' + \frac{ux'}{c^2}) \end{cases}$$

3、洛伦兹速度变换

$$\begin{cases} v_x' = \frac{v_x - u}{1 - \frac{uv_x}{c^2}} \\ v_y' = \frac{v_y}{\gamma(1 - \frac{uv_x}{c^2})} \\ v_z' = \frac{v_z}{\gamma(1 - \frac{uv_x}{c^2})} \end{cases} \quad \begin{cases} v_x = \frac{v_x' + u}{1 + \frac{uv_x'}{c^2}} \\ v_y = \frac{v_y'}{\gamma(1 + \frac{uv_x'}{c^2})} \\ v_z = \frac{v_z'}{\gamma(1 + \frac{uv_x'}{c^2})} \end{cases}$$

4、同时的相对性

同时同地是绝对的, 异地同时是相对的

长度的收缩 $l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$ (l_0 为固有长度)

时间延缓 $t = \frac{\tau}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ (τ 为固有时)

5、相对论中的质量和动量

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

6、相对论中的能量

物体的静能 $E_0 = m_0 c^2$, 总能 $E = mc^2$, 动能 $E_k = mc^2 - m_0 c^2$

质能关系 $\Delta E = c^2 \Delta m$

能量与动量的关系 $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$

二、教学要求

1. 了解相对论理论的背景
2. 识记相对论的两个假设
3. 掌握并应用洛伦兹坐标变换和速度变换
4. 掌握相对论的时空观, 理解同时的相对性
5. 掌握并应用时钟延缓、尺子收缩
6. 掌握并应用相对论性质量、能量、动量

狭义相对论综合练习题

一、选择题

1、关于经典力学和相对论，下列说法正确的是[]

- A 经典力学和相对论是各自独立的学说，互不相容；
B 相对论是在否定了经典力学的基础上建立起来的；
C 相对论和经典力学是两种不同的学说，二者没有联系；
D 经典力学包含于相对论之中，经典力学是相对论的特例。

2、以下效应不属于狭义相对论的是[]

- A 时间延缓； B 长度收缩； C 质量变大； D 时空弯曲。

3、武汉长江大桥全长 1250m ，在 1000m 高空有一架与大桥平行匀速飞行的客机，客机上的乘客小明看到的大桥长度是[]

- A 等于 1250m ； B 小于 1250m ；
C 大于 1250m ； D 飞机飞行得越快，大桥将变得越长。

4、两个惯性系 S 和 S' ，沿 $x(x')$ 轴方向作匀速相对运动，相对速度为 u 。设在 S' 系中某点先后发生两个事件，用静止于该系的钟测出两事件的时间间隔为 τ_0 ，而用固定在 S 系的钟测出这两个事件的时间间隔为 τ 。又在 S' 系 x' 轴上放置一静止于该系且长度为 l_0 的细杆，从 S 系测得此杆的长度为 l ，则 []

- (A) $\tau < \tau_0$; $l < l_0$; (B) $\tau < \tau_0$; $l > l_0$;
(C) $\tau > \tau_0$; $l > l_0$; (D) $\tau > \tau_0$; $l < l_0$

5、如果你以接近于光速的速度朝一星体飞行，你是否可以根据

下述变化发觉自己是在运动[]

- A. 你的质量在增加
B. 你的心脏跳动在慢下来
C. 你在变小
D. 以上三种变化同时发生
E. 你永远不能由自身的变化知道你的速度

6、一根 10m 长的梭镖以相对论速

度穿过一根 10m 长的管子，它



们的长度都是在静止状态下测

量的。以下哪种叙述最好地描

述了梭镖穿过管子的情况? []

- A. 梭镖收缩变短，因此在某些位置上，管子能完全遮住它；
B. 管子收缩变短，因此在某些位置上，梭镖从管子的两端伸出来；
C. 两者都收缩，且收缩量相等，因此在某个位置，管子恰好遮住梭镖；
D. 所有这些都与观察者的运动情况有关。

7、质子在加速器中被加速，当其动能为静止能量的 4 倍时，其质量为静止质量的 []

- (A) 4 倍； (B) 5 倍； (C) 6 倍； (D) 8 倍。

8、飞船以 $c/2$ 的速度从地球发射，在飞行中飞船又以相对于自己为 $2c/3$ 的速度向前发射一枚火箭，地球上的观察者测得火箭的速度为 []

- (A) $7c/8$ (B) $7c/6$ (C) $c/8$ (D) c

9、关于时间间隔的相对性，火车在高速前进时，下列说法中正确的是()

- A. 在火车里的人观察到地面上的时钟比火车内的时钟走得快些
B. 在火车里的人观察到地面上的时钟比火车内的时钟走得慢些
C. 在地面上的人观察到火车里的时钟比地面上的时钟走得快些
D. 在地面上的人观察到火车里的时钟比地面上的时钟走得慢些

二、填空题

1、A、B、C 是三个完全相同的时钟，A 放在地面上，B、C 分别放置在两架航天飞机上，航天飞机沿同一方向高速飞离地球，但 B 所在的飞机比 C 所在的飞机飞得快，B 所在的飞机上的观察者认为走得最快的钟是_____，走得最慢的钟是_____。

2、速度为_____ c 的粒子其动能等于它的静止能量。(光速为 c)

3、设想有一粒子以 $0.050c$ 的速率相对实验室参考系运动，此粒子衰变时发射一个电子，电子的速率为 $0.80c$ ，电子速度的方向与粒子运动方向相同。则电子相对实验室参考系的速度为_____。

4、一宇航员要到离地球为 5 光年的星球去旅行。如果宇航员希

望把这路程缩短为 3 光年，则他所乘的火箭相对于地球的速度是_____。

三、计算题

1、一张宣传画 5m 见方，平行地贴于铁路旁边的墙上，一超高速列车以 2×10^8 m/s 的速度接近此宣传画，这张画由司机测量将成为什么样子。

2、两个惯性系中的观察者 O 和 O' 以 $0.6c$ (c 表示真空中光速) 的相对速度相互接近，如果 O 测得两者的初始距离是 20m，则 O' 测得两者经过多少时间相遇？

3、一电子在电场中从静止开始加速，电子的静止质量为 $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

- (1) 问电子应通过多大的电势差才能使其质量增加 0.4% ?
- (2) 此时电子的速率是多少?

4.一只装有无线电发射和接收装置的飞船，正以 $4/5c$ 的速度飞离地球。当宇航员发射一无线电信号后，信号经地球反射，60S 后宇航员才收到信号。(1) 在地球反射信号的时刻，从飞船上测得的地球离飞船多远？(2) 当飞船接收到反射信号，地球上测得的飞船离地球多远？

量子物理

第一节 黑体辐射 普朗克能量量子假设

1、选择题

(1). 黑体的温度升高一倍, 它的辐射出射度(总发射本领)增大

- (A) 15 倍. (B) 7 倍.
(C) 3 倍. (D) 1 倍.

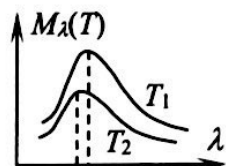
(2). 所谓“黑体”是指这样的一种物体, 即:

- (A) 不能反射任何可见光的物体.
(B) 不能反射任何电磁辐射的物体.
(C) 颜色是纯黑的物体.
(D) 能够全部吸收外来的任何电磁辐射的物体.

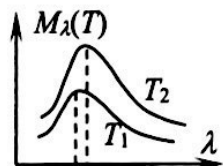
(3). 在加热黑体过程中, 其最大单色辐出度对应的波长由 $0.8\mu\text{m}$ 变到 $0.4\mu\text{m}$, 则其辐射出射度增大为原来的

- (A) 2 倍.
(B) 4 倍.
(C) 16 倍.
(D) 8 倍.

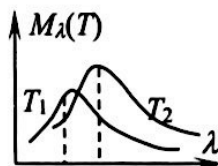
(4). 在下面四个图中, 哪一个图能定性正确地反映黑体单色辐出度 $M_\lambda(T)$ 随 λ 和 T 的变化关系, (已知 $T_2 > T_1$)



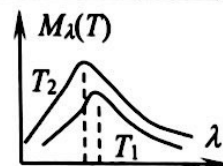
(A)



(B)



(C)



(D)

(5) 普朗克量子假说是为解释

- (A) 光电效应实验规律而提出来的.
(B) 黑体辐射的实验规律而提出来的.
(C) 原子光谱的规律性而提出来的.
(D) X 射线散射的实验规律而提出来的.

2、填空题

(1)、在能量观点上, 普朗克的能量量子假设与经典理论有着本质区别, 在经典的热力学理论和电磁学理论中, 能量是_____; 按照普朗克的能量量子假说, 能量是_____。

(2)、对黑体加热后, 测得总的辐出度(即单位面积辐射功率)增大为原来的 16 倍, 则黑体的温度为原来_____倍, 它的最大单色辐出度所对应的波长为原来的_____倍。

(3). 测量星球表面温度的方法之一, 是把星球看作绝对黑体而测定其最大单色辐出度的波长 λ_m . 现测得太阳的 $\lambda_{m1} = 0.55\mu\text{m}$, 北极星的 $\lambda_{m2} = 0.35\mu\text{m}$, 则太阳表面温度 T_1 与北极星表面温度 T_2 之比 $T_1 : T_2 =$ _____.

(4). 一个 100W 的白炽灯泡的灯丝表面积为 $S = 5.3 \times 10^{-5} \text{m}^2$. 若将点燃的灯丝看作是黑体, 可估算出它的工作温度为_____。

第二节 光电效应

1、选择题

(1)、用频率为 ν_1 的单色光照射某一种金属时,测得光电子的最大动能为 E_{k1} ;用频率为 ν_2 的单色光照射另一种金属时,测得光电子的最大动能为 E_{k2} . 如果 $E_{k1} > E_{k2}$, 那么

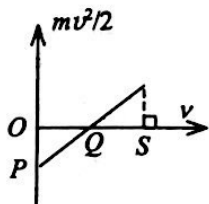
- (A) ν_1 一定大于 ν_2 . (B) ν_1 一定小于 ν_2 .
(C) ν_1 一定等于 ν_2 . (D) ν_1 可能大于也可能小于 ν_2 .

(2)、关于光电效应有下列说法:

- ①任何波长的可见光照射到任何金属表面都能产生光电效应;
②若入射光的频率均大于一给定金属的红限,则该金属分别受到不同频率的光照射时,释出的光电子的最大初动能也不同;
③若入射光的频率均大于一给定金属的红限,则该金属分别受到不同频率、强度相等的光照射时,单位时间释出的光电子数一定相等;
④若入射光的频率均大于一给定金属的红限,则当入射光频率不变而强度增大一倍时,该金属的饱和光电流也增大一倍。其中正确的是

- (A) ①, ②, ③. (B) ②, ③, ④.
(C) ②, ③. (D) ②, ④.

(3)、光电效应中发射的光电子最大初动能随入射光频率 ν 的变化关系如图所示。由图中的



- (A) OQ (B) OP
(C) OP/OQ (D) QS/OS
可以直接求出普朗克常量.

(4)、以下一些材料的逸出功为

铍 3.9 eV 、 钨 5.0 eV 、 铯 1.9 eV 、 钨 4.5 eV

今要制造能在可见光(频率范围为 $3.9 \times 10^{14} \text{ Hz} - 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$) 下工作的光电管,在这些材料中应选

- (A) 钨. (B) 铯. (C) 铯. (D) 铍.

2、填空题

(1)、光子波长为 λ , 则其能量=_____ ; 动量的大小
=_____ ; 质量=_____ .

3、当波长为 $3000 \text{ \AA}$ 的光照射在某金属表面时,光电子的能量范围从 0 到 $4.0 \times 10^{-19} \text{ J}$. 求在作上述光电效应实验时遏止电压 $|U_0|$? 此金属的红限频率 ν_0 ? (普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 基本电荷 $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$).

4.思考题:有人说:“光的强度越大,光子的能量就越大。”你认为对吗?

第三节 康普顿散射

1、选择题

(1)、在康普顿效应实验中, 要获得明显的实验现象, 所用的光源一般是 ()

- (A) 可见光 (B) 紫外线.
(C) x 射线. (D) 红外线.

(2)、康普顿效应的主要特点是 ()

(A) 散射光的波长均比入射光的波长短, 且随散射角增大而减小, 但与散射体的性质无关.

(B) 散射光的波长均与入射光的波长相同, 与散射角、散射体性质无关.

(C) 散射光中既有与入射光波长相同的, 也有比入射光波长长的和比入射光波长短的. 这与散射体性质有关.

(D) 散射光中有些波长比入射光的波长长, 且随散射角增大而增大, 有些散射光波长与入射光波长相同. 这都与散射体的性质无关.

(3)、光子能量为 0.5 MeV 的 X 射线, 入射到某种物质上而发生康普顿散射. 若反冲电子的动能为 0.1 MeV, 则散射光波长的改变量 $\Delta\lambda$ 与入射光波长 λ_0 之比为 ()

- (A) 0.20. (B) 0.25. (C) 0.30. (D) 0.35.

(4)、在康普顿效应实验中, 若散射光波长是入射光波长的 1.2 倍, 则散射光光子能量 ε 与反冲电子动能 E_K 之比 ε/E_K 为 ()

- (A) 2. (B) 3. (C) 4. (D) 5.

(5)、在康普顿效应实验中, 根据光子理论, 单个光子与电子的

相互作用是 ()

- (A) 完全弹性碰撞. (B) 完全非弹性碰撞.
(C) 动量不守恒. (D) 能量不守恒.

(6) 光电效应和康普顿效应都包含有电子与光子的相互作用, 下面哪种说法是正确的?

- (A) 两种效应都属于电子与光子的弹性碰撞过程.
(B) 光电效应是由于电子吸收光子能量而产生的, 而康普顿效应则是由于光子与电子的弹性碰撞而产生的.
(C) 不论可见光、紫外光还是 X 射线, 与金属作用时, 都能同时观察到两种效应.
(D) 两种效应都服从能量守恒和动量守恒定律.

2、填空题

(1)、康普顿散射中, 当散射光子与入射光子方向成夹角 $\phi =$ _____ 时, 散射光子的频率小得最多; 当 $\phi =$ _____ 时, 散射光子的频率与入射光子相同.

(2)、在康普顿散射实验中, 散射角为 $\phi_1 = 45^\circ$ 和 $\phi_2 = 60^\circ$ 的散射光波长改变量之比 $\Delta\lambda_1 : \Delta\lambda_2 =$ _____.

3、用波长 $\lambda_0 = 1 \text{ \AA}$ 的光子做康普顿实验.

(1) 散射角 $\phi = 90^\circ$ 的康普顿散射波长是多少?

(2) 反冲电子获得的动能有多大?

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

第四节 氢原子的玻尔模型

实物粒子的波动性

1、选择题

(1)、已知氢原子从基态激发到某一定态所需能量为 10.19eV, 若氢原子从能量为 -0.85eV 的状态跃迁到上述定态时, 所发射的光子的能量为

- (A) 2.56eV. (B) 3.41eV.
(C) 4.25eV. (D) 9.95eV.

(2)、氢原子光谱的巴耳末系中波长最长的谱线用 λ_1 表示, 其次波长用 λ_2 表示, 则它们的比值 λ_1/λ_2 为

- (A) 9/8. (B) 19/9.
(C) 27/20. (D) 20/27.

(3)、证实德布罗意波存在的关键性实验是 ()

- (A) 卢瑟福实验. (B) 施特恩-盖拉赫实验.
(C) 戴维逊-革末实验. (D) 康普顿实验.

(4)、如果两种不同质量的粒子, 其德布罗意波长相同, 则这两种粒子的 ()

- (A) 动量相同. (B) 能量相同.
(C) 速度相同. (D) 动能相同.

(5)、静止质量不为零的微观粒子作高速运动, 这时粒子物质波的波长 λ 与速度 v 有如下关系: ()

- (A) $\lambda \propto v$. (B) $\lambda \propto 1/v$.

$$(C) \lambda \propto \sqrt{\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2}}. \quad (D) \lambda \propto \sqrt{c^2 - v^2}$$

(7)、由实物粒子的波粒二象性可知

- (A) 波是基本的, 粒子是分布在某一空间区域内的波构成的.
(B) 每个粒子就是经典概念下的波动.
(C) 粒子是基本的, 波是在粒子所组成的媒质中产生的.
(D) 粒子所具有的波动性是与统计性相联系的概率波.

2、填空题

(1) 氢原子基态的电离能是 _____ eV. 电离能为 0.544eV 的激发态氢原子, 其电子处在 $n = \underline{\hspace{1cm}}$ 的轨道上运动.

(2) 按氢原子理论, 当大量氢原子处于 $n=4$ 的激发态时, 原子跃迁将发出 _____ 种波长的光.

(3) 德布罗意在光的波粒二象性的启发下, 提出实物粒子也具有 _____.

(4) 子弹的德布罗意波长很 _____ (填写“短”或“长”), 所以测不到它的波动性.

(5) 低速运动的质子和 α 粒子, 若它们的德布罗意波长相同, 则它们的动量之比 = _____; 动能之比 = _____.

(6) 静止质量为 m_e 的电子, 经电势差为 U_{12} 的静电场加速后, 若不考虑相对论效应, 电子的德布罗意波长 $\lambda = \underline{\hspace{1cm}}$.

3. 电子和光子的波长均为 0.20nm , 则它们的动量和动能各是多少?

5.思考题: 如果一粒子的速率增大了, 它的德布罗意波长是增大还是减小呢? 试解释之.

4. 如用能量为 12.6eV 的电子轰击基态氢原子时, 可以产生哪些谱线? 绘出能级跃迁示意图。并指出有几条属于可见光谱?

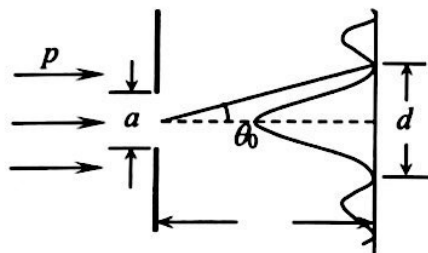
第五节 不确定关系

1、不确定关系式 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ 表示在 x 方向上 ()

- (A) 粒子位置不能准确确定.
- (B) 粒子动量不能准确确定.
- (C) 粒子位置和动量都不能准确确定.
- (D) 粒子位置和动量不能同时准确确定.

2、如图所示,一束动量为 p 的电子,通过缝宽为 a 的狭缝,在距离狭缝为 L 处放置一荧光屏,屏上衍射图样中央最大的宽度 d 等于:

- (A) $2a^2/L$.
- (B) $2\hbar a/p$.
- (C) $2\hbar a/(Lp)$.
- (D) $2L\hbar/(ap)$.



3、不确定关系是_____第一个提出的,它的根源是_____。

4、如果粒子位置的不确定量等于其德布罗意波长,则此粒子速度的不确定量(小于等于、大于等于)_____其速度。

5、光子的波长为 $\lambda = 3000 \text{ \AA}$, 如果确定此波长的精确度 $\Delta\lambda/\lambda = 10^{-6}$, 试求此光子位置的不确定量。

6.思考题: 什么是不确定关系? 为什么说不确定关系指出了经典力学的适用范围?

第六节 薛定谔方程与一维无限深势阱

1、选择题

(1) 已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动, 其波函数为:

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \cdot \cos \frac{3\pi x}{2a}, \quad (-a \leq x \leq a)$$

那么粒子在 $x = 5a/6$ 处出现的概率密度为

(A) $1/(2a)$. (B) $1/a$. (C) $1/\sqrt{2a}$. (D) $1/\sqrt{a}$

(2) 将波函数在空间各点的振幅同时增大 D 倍, 则粒子在空间的分布概率将 ()

(A) 增大 D^2 倍. (B) 增大 $2D$ 倍.
(C) 增大 D 倍. (D) 不变.

(3) 微观粒子的德布罗意波是一种 ()

(A) 电磁波 (B) 机械波 (C) 概率波 (D) 横波

(4) 设粒子运动的波函数图线分别如图(A)、(B)、(C)、(D)所示, 那么其中确定粒子动量的精确度最高的波函数是哪个图?

()



2、填空题

(1) 决定微观粒子空间分布状态的函数称为_____, 该函数可由_____方程来确定.

(2) 设描述微观粒子运动的波函数为 $\psi(\vec{r}, t)$, 则 $\psi\psi^*$ 表示_____.

(3) 波函数的归一化条件是指_____.

(4) 粒子在一维无限深势阱中运动(势阱宽度为 a), 其波函数为:

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{3\pi x}{a} \quad (0 < x < a)$$

粒子出现的概率最大的各个位置是 $x = \underline{\hspace{2cm}}$.

- 3、设有一电子在宽为 0.20nm 的一维无限深的方势阱中，
- (1) 计算电子在最低能级的能量？
 - (2) 当电子处于第一激发态 ($n = 2$) 时，在势阱何处出现的概率密度最大，其值为多少？
 - 3) 求在 $(0, 0.10\text{nm})$ 的范围内电子出现的概率。

4. 思考题：在一维无限深方势阱中，如增加或减小阱的宽度，其能级将如何变化？

第七节 原子的量子理论 激光

1、根据玻尔氢原子理论, 氢原子在 $n=5$ 的轨道上的动量矩与在第一激发态的轨道动量矩之比为: []

- (A) $5/2$. (B) $5/3$.
(C) $5/4$. (D) 5 .

2、根据量子力学原理, 氢原子中电子绕核运动动量矩的最小值为 []

- (A) $\sqrt{2} \hbar$. (B) $\hbar$. (C) $\hbar/2$. (D) 0 .

3、有下列四组量子数: []

- (1) $n=3, l=2, m_l=0, m_s=\frac{1}{2}$.
(2) $n=3, l=3, m_l=1, m_s=\frac{1}{2}$.
(3) $n=3, l=1, m_l=-1, m_s=-\frac{1}{2}$.
(4) $n=3, l=0, m_l=0, m_s=-\frac{1}{2}$.

其中可以描述原子中电子状态的

- (A) 只有(1)和(3).
(B) 只有(2)和(4).
(C) 只有(1)、(3)和(4).
(D) 只有(2)、(3)和(4).

4、氢原子中处于 $3d$ 量子态的电子, 描述其量子态的四个量子数(n, l, m_l, m_s)可能取的值为 []

- (A) $(3, 0, 1, -\frac{1}{2})$. (B) $(1, 1, 1, -\frac{1}{2})$.

- (C) $(2, 1, 2, \frac{1}{2})$ (D) $(3, 2, 0, \frac{1}{2})$.

5、在原子的 K 壳层中, 电子可能具有的四个量子数(n, l, m_l, m_s)是 []

- (1) $(1, 1, 0, \frac{1}{2})$. (2) $(1, 0, 0, \frac{1}{2})$.
(3) $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$. (4) $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$.

以上四种取值中, 哪些是正确的?

- (A) 只有(1)、(3)是正确的.
(B) 只有(2)、(4)是正确的.
(C) 只有(2)、(3)、(4)是正确的.
(D) 全部是正确的.

6、在原子的 L 壳层中, 电子可能具有的四个量子数 (n, l, m_l, m_s) 是 []

- (1) $(2, 0, 1, \frac{1}{2})$. (2) $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$.
(3) $(2, 1, 1, \frac{1}{2})$. (4) $(2, 1, -1, -\frac{1}{2})$.

以上四种取值中, 哪些是正确的?

- (A) 只有(1)、(2)是正确的.
(B) 只有(2)、(3)是正确的.
(C) 只有(2)、(3)、(4)是正确的.
(D) 全部是正确的.

7、世界上第一台激光器是 []

- (A) 氦氖激光器. (B) 二氧化碳激光器.
(C) 钕玻璃激光器. (D) 红宝石激光器.

- 8、在激光器中利用光学谐振腔 []
- (A) 可提高激光束的方向性, 而不能提高激光束的单色性.
 (B) 可提高激光束的单色性, 而不能提高激光束的方向性.
 (C) 可同时提高激光束的方向性和单色性.
 (D) 既不能提高激光束的方向性也不能提高其单色性.
- 9、按照原子的量子理论, 原子可以通过自发辐射和受激辐射的方式发光, 它们所产生的光的特点是: []
- (A) 两个原子自发辐射的同频率的光是相干的, 原子受激辐射的光与入射光是不相干的.
 (B) 两个原子自发辐射的同频率的光是不相干的, 原子受激辐射的光与入射光是相干的.
 (C) 两个原子自发辐射的同频率的光是不相干的, 原子受激辐射的光与入射光是不相干的.
 (D) 两个原子自发辐射的同频率的光是相干的, 原子受激辐射的光与入射光是相干的.
- 10、激光全息照相技术主要是利用激光的哪一种优良特性?
 (A) 亮度高. (B) 方向性好.
 (C) 相干性好. (D) 抗电磁干扰能力强.
- []
- 11、N 型半导体中杂质原子所形成的施主能级, 在能带结构中处于 []
- (A) 满带中 (B) 导带中
 (C) 禁带中, 但接近满带顶 (D) 禁带中, 但接近导带底
- 12、若 (1) 是指锗用镓 (5 价元素) 掺杂; (2) 指硅用铝 (3 价元素) 掺杂. 下列说法正确的是 []

- (A) (1)、(2) 均 n 型半导体
 (B) (1) 为 n 型半导体, (2) 为 p 型半导体
 (C) (1) 为 p 型半导体, (2) 为 n 型半导体
 (D) (1)、(2) 均为 p 型半导体

13、根据量子力学原理, 当氢原子中电子的动量矩 $L = \sqrt{6}\hbar$ 时, L 在外磁场方向上的投影 L_z 可取的值分别为 _____.

14、与绝缘体相比较纯净半导体能带的禁带是较 _____ 的, 在常温下有少量 _____ 由满带激发到 _____ 中, 从而形成由 _____ 参与导电的本征导电性.

15.思考题: 从能带观点来看, 导体、半导体和绝缘体有什么区别?

量子力学小结

一、教学要求:

1. 了解量子力学的背景
2. 掌握并应用斯特藩-玻耳兹曼定律、维恩位移定律
3. 掌握普朗克量子基本假设
4. 掌握并应用爱因斯坦光电效应方程
5. 理解并识记德布罗意关系
6. 理解康普顿效应, 掌握并应用康普顿方程
7. 了解薛定谔方程的推导、理解波函数的意义、应用测不准关系
8. 了解一维无限深势阱的波函数的推导, 识记并应用相应的能量本征值及本征函数
9. 了解并应用氢原子的玻尔理论、巴耳末光谱规律
10. 了解氢原子的量子理论, 掌握并应用四个量子数的关系
11. 了解激光原理
12. 了解固体理论

二、内容提要

1. 普朗克黑体辐射公式

(1). 普朗克的量子假设(略)

(2). 斯特藩-玻耳兹曼定律 $M(T) = \sigma T^4$ (3). 维恩位移定律 $\lambda_m T = b$

2. 光电效应

光子 能量 $\varepsilon = h\nu$ 动量 $p = h/\lambda$ (1) 爱因斯坦方程 $h\nu = mv^2/2 + A$ (2) 红限频率 $\nu_0 = A/h$ (3) 遏止电势差 $U_c = (h\nu - A)/e$ 3. 康普顿效应 $\Delta\lambda = [2h/(m_0c)]\sin^2(\theta/2)$

4. 氢原子的玻尔理论

(1) 三条假设

① 定态假设,

② 量子化条件 $L = n\hbar = nh/(2\pi)$ ③ 频率条件 $h\nu = E_i - E_f$ (2) 氢原子中电子轨道半径 $r_n = n^2 r_1$ (玻尔半径 r_1 为电子第一轨道半径 $n=1$)(3) 氢原子能级公式 $E_n = E_1/n^2$ 氢原子的基态能量($n=1$) $E_1 = -13.6\text{eV}$

(3) 能级跃迁时辐射光子的频率和波长公式

$$\nu = Rc(1/n_f^2 - 1/n_i^2) \quad 1/\lambda = R(1/n_f^2 - 1/n_i^2)$$

5. 德布罗意波 能量 $E = h\nu$ 动量 $p = h/\lambda$ 德布罗意波长 $\lambda = h/p = h/(mv)$ 6. 不确定关系 $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$ $\Delta y \Delta p_y \geq \hbar$

$$\Delta z \Delta p_z \geq \hbar \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar$$

7. 量子力学简介

(1) 波函数

自由粒子的波函数 $\Psi(x, t) = \psi_0 e^{-i\frac{2\pi}{h}(Et - px)}$ 找到粒子的概率密度为 $|\Psi|^2 = \Psi^* \Psi$;

波函数必须是单值、有界、连续并满足归一化条件:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi|^2 dV = 1$$

(2) 薛定谔方程

$$\textcircled{1} \text{一维含时薛定谔方程} -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + U\Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

②一维定态薛定谔方程 $\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E-U)\psi(x) = 0$

③三维定态薛定谔方程 $\nabla^2\psi + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E-U)\psi = 0$

(3) 对应原理: 新理论的极限与旧理论一致

(4) 原子状态的四个量子数:

①主量子数 n 决定量子化的能量 $E_n = E_1/n^2$

②角量子数 $l=0,1,2,\dots,(n-1)$. 决定量子化的角动量

$$L = \sqrt{l(l+1)} \frac{h}{2\pi}$$

③磁量子数 $m_l=0,\pm 1,\pm 2,\dots,\pm l$. 决定角动量量子化的空间取向 $L_z = m_l h/(2\pi)$

④自旋磁量子数 $m_s=\pm 1/2$ 说明自旋角动量在特定方向只能取两个值 $S_z = m_s h/(2\pi)$

(5) 多电子原子中电子的壳层分布

①泡利不相容原理:

量子数为 n 时, 电子的量子态数(或第 n 壳层最

多能容纳的电子数)为 $z_n = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1) = 2n^2$

②能量最小原理.

1、用频率为 ν 的单色光照射某种金属时, 逸出光电子的最大动能为 E_K ; 若改用频率为 2ν 的单色光照射此种金属时, 则逸出光电子的最大动能为 []

(A) $2E_K$

(B) $2h\nu - E_K$

(C) $h\nu - E_K$

(D) $h\nu + E_K$

2、已知单色光, 照射在钠表面上, 测得光电子的最大动能是

1.2eV, 而钠的红线波长为540nm, 则入射光的波长应为: []

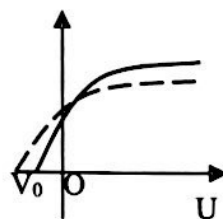
(A) 535 nm

(B) 500 nm

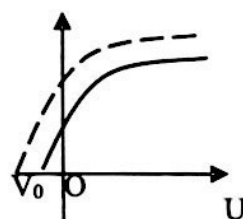
(C) 435 nm

(D) 355 nm

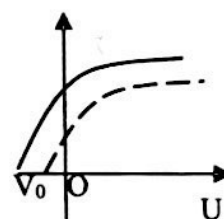
3. 以一定频率的单色光照射在某金属上, 测出其光电流曲线如图实线所示, 然后在光强度不变的条件下增大照射光的频率, 测出光电流的曲线如图中虚线所示. 则满足题意的图是 [].



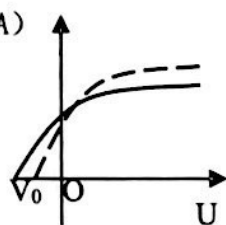
(A)



(B)



(C)



(D)

4、一个光子和一个电子具有相同的波长, 则 []

(A) 光子具有较大的动量

(B) 电子具有较大的动量

量子物理综合练习题

一、选择题

(C) 电子与光子的动量相等 (D) 电子和光子的动量不确定

5、卢瑟福 α 粒子实验证实了 (); 康普顿效应证实了

(); 戴维逊-革末证实了 ()

(A) 光的量子性 (B) 玻尔的能级量子化假设

(C) X射线的存在 (D) 电子的波动性

(E) 原子的有核模型

6、光电效应和康普顿效应都是光子和物质原子中的电子相互作用过程, 其区别何在? 在下面几种理解中, 正确的是 []

(A) 两种效应中电子与光子组成的系统都服从能量守恒定律和动量守恒定律

(B) 光电效应是由于电子吸收光子能量而产生的, 而康普顿效应则是由于电子与光子的弹性碰撞过程

(C) 两种效应都相当于电子与光子的弹性碰撞过程

(D) 两种效应都属于电子吸收光子的过程

7、粒子在一维无限深方势阱

中运动, 如图所示为粒子处于

某一能态上的波函数 $\psi(x)$

的曲线。粒子出现概率最大的

位置为 []

(A) $a/2$ (B) $a/6, 5a/6$ (C) $a/6, a/2, 5a/6$ (D) $0, a/3, 2a/3, a$

8、欲使电子的德布罗意波长为 0.1nm , 加速电压为 ()

(A) 1.5V (B) 12.25V (C) 150V (D) 125.5V

二、填空题

1、若太阳(看成黑体)的半径由 R 增为 $2R$, 温度由 T 增为 $2T$, 则其总辐射功率为原来的____倍。

2、光电效应的实验规律是:

(1) 保持入射光的频率不变, 饱和光电流与入射光的____成正比。

(2) 光电子初动能与入射光____有关, 与____无关。

(3) 要产生光电效应必须入射光的_____。

3、用来解释光电效应的爱因斯坦公式为_____。

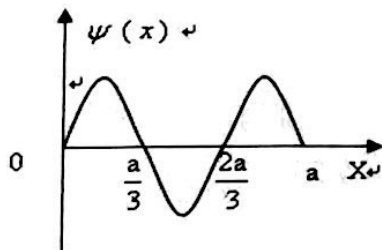
4、波长为 300nm 的光照在某金属表面时, 光电子能量范围从 0 到 $4 \times 10^{-19}\text{J}$ 。此金属遏止电压为 $|V_a| = _____\text{V}$; 红限频率 $\gamma_0 = _____\text{Hz}$, (普朗克常数 $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$, 电子 $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$)。

5、以波长为 $\lambda = 0.207\text{ }\mu\text{m}$ 紫外光照射金属钨表面产生光电效应, 已知钨的红限频率 $\nu_0 = 1.21 \times 10^{15}\text{Hz}$, 则遏止电压 $|U_a| = _____\text{V}$ 。

6、用频率为 ν 的单色光照射某种金属时, 逸出光电子的最大动能为 E_k ; 若改用频率为 2ν 的单色光照射此种金属时, 则逸出光电子的最大动能为_____。

7、光子波长为 λ , 则其能量=_____, 动量的大小=_____, 质量=_____。

8、_____实验验证了德布罗意波的存在, 德布罗意关系为_____。



$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, 1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

4、一运动的粒子，处于如下的波函数所描述的状态

$$\psi(x) = \begin{cases} A x e^{-\lambda x}, (x > 0) \\ 0, (x < 0) \end{cases}$$

式中 $\lambda > 0$, A 为常数.

- (1) 将此波函数归一化;
- (2) 求粒子位置的概率分布函数;
- (3) 粒子在何处出现的概率最大?

6、一个质子放在一维无限深阱中，阱宽 $L = 10^{-14} \text{ m}$ 。

- (1) 质子的零点能量有多大?
- (2) 由 $n = 2$ 态跃迁到 $n = 1$ 态时，质子放出多大能量的光子?

5、当氢原子从某初始状态跃迁到激发能(从基态到激发态所需的能量)为 $\Delta E = 10.19 \text{ eV}$ 的状态时，发射出光子的波长是 $\lambda = 4860 \text{ \AA}$ ，试求该初始状态的能量和主量子数。(普朗克常量