振动与波动练习题

一、选择题

1、a、b 是一条水平绳上相距为 L 的两点，一列简谐横波沿 a→b 传播，其波长等于 $\frac{2}{3}L$，当 a 经过平衡位置向上运动时，则 b 点（ C ）

A、经过平衡位置向上运动；　　　　B、处于平衡位置上方位移最大处；

C、 经过平衡位置向下运动；　　　　D、处于平衡位置下方最大位移处。

2、以频率 v 作简振动的系统，其动能和势能随时间变化的频率为（ C ）

A．$v/2$；　　B．v；　　C．$2v$；　　D．$4v$。

3、对于驻波，有下列说法：（1）相向传播的相干波一定能形成驻波；（2）两列振幅相同的相干波一定能形成驻波；（3）驻波不能传播能量；（4）驻波是一种稳定的振动分布。这些说法中哪些是正确的是（ C ）

A、（1）（2）正确　　B、（2）（3）正确

C、（3）（4）正确　　D、（1）（2）（3）（4）都正确

4、有一平面简谐波沿 Ox 轴负方向传播，已知振幅 $A = 4.0m$，周期 $T = 4.0s$，波长 $l = 4.0m$，在 $t = 0$ 时，坐标原点处的质点位于平衡位置沿 Oy 轴的负方向运动，则波动方程 [C]

A、 $y = 4\cos[2\pi(\frac{t}{4} - \frac{x}{4}) + \frac{\pi}{2}]$　　B、 $y = 4\cos[2\pi(\frac{t}{4} - \frac{x}{4}) - \frac{\pi}{2}]$

C、 $y = 4\cos[2\pi(\frac{t}{4} + \frac{x}{4}) + \frac{\pi}{2}]$　　D、 $y = 4\cos[2\pi(\frac{t}{4} + \frac{x}{4}) - \frac{\pi}{2}]$

5、下述描述简谐振动的状态的物理量 a 一速度；b 一加速度；c 一动量；d 一动能。当物体每次通过同一位置时，这四个量能完全恢复原来值的是（ B ）

A、a 和 d；　　B、b 和 d；　　C、a、b 和 c；　　D、a、b、c 及 d。

6、简谐波方程 $y = A\cos(\omega t - \frac{\omega x}{\upsilon})$ 中，$-\frac{\omega x}{\upsilon}$ 表示 （ D ）

A、波源振动的位相；　　　　B、波源振动的初位相；

C、 x 处质元的振动位相；　　D、x 处质元的振动初位相。

7、波线上两点 A、B 相距$\frac{1}{3}m$，B 点的振动相比 A 点的滞后$\frac{1}{24}s$，落后位相$\frac{\pi}{6}$，此波的波速为（ A ）

A．$8m\cdot s^{-1}$；　　B．$\frac{5}{12}m\cdot s^{-1}$；

C．$3.6\times10^{3}m\cdot s^{-1}$；　　D．$2m\cdot s^{-1}$。

8、一个质点做简谐运动，周期为 T，当它从平衡位置向 x 轴正向运动过程中，从二分之一最大位移处到达最大位移处，这段路程所需时间为（ C ）

（A）$\frac{T}{4}$　　(B) $\frac{T}{12}$　　(C) $\frac{T}{6}$　　(D) $\frac{T}{8}$

9、下列说法中，正确的是　　[D]

(A) 机械振动一定能产生机械波；

(B) 质点振动的速度和波传播的速度是相等的；

(C) 质点振动的周期和波的周期是不相等的；

(D) 在任一时刻，波前只有一个，而波面可以有许多个。

10、对于简谐振动的振幅 A、频率 ν、初相位 φ，以下正确的是（ C ）

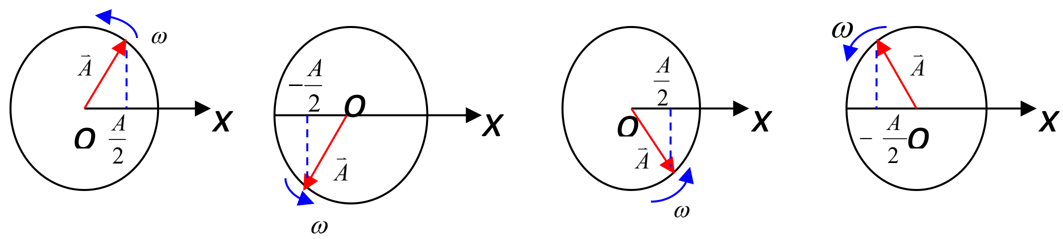
A．振幅 A、频率 ν、初相位 φ 都是由初始条件决定的；

B．振幅 A、频率 ν 由振动系统性质决定，初相位 φ 由初始条件决定；

C．频率 ν 由振动系统性质决定，振幅 A、初相位 φ 由初始条件决定；

D．振幅 A、频率 ν、初相位 φ 都是由振动系统性质决定。

11、一个质点作简谐运动，振幅为 A，在起始时刻质点的位移为$-A/2$，且向 x 轴正方向运动，代表此简谐运动的旋转矢量为（ B ）



(A)　　(B)　　(C)　　(D)

二、填空题

1、两质点作同频率、同方向、同振幅的简谐振动，第一个质点的振动方程为 $\chi_1 = A\cos(\omega t+\alpha)$，当第一质点自振动正方向回到平衡位置时，第二质点恰在振动正方向的端点，则第二个质点的振动方程为____$\chi_1 = A\cos(\omega t+\alpha-\frac{\pi}{2})$__________。

2、一平面简谐波方程为 $y = a\cos(bt-cx)(c>0)$，则该波的振幅为____a_______；频率为____$\frac{b}{2\pi}$____；在波的传播方向上相距为 d 的两点的振动位相差为______cd_______。

3、火车**进站**时，车上的人听到车站上的报警器发出的声频比实际大 10%，设空气中的声速为 $340m\cdot s^{-1}$，则火车的速度为_____$34\,m/s$_______。

三、计算题

1、做简谐运动的小球，速度最大值为 $v_m = 0.03m\cdot s^{-1}$，振幅 $A = 0.02m$，若从速度为正的最大值的某个时刻开始计时，

（1）求振动的周期；（2）求加速度的最大值；（3）写出振动表达式。

解：（1）

$$x = A\cos(\omega t+\varphi)$$
$$v = -A\omega\sin(\omega t+\varphi)$$
$$\therefore v_{\max} = A\omega$$
$$\therefore \omega = \frac{v_m}{A} = 1.5rad/s, T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{4}{3}\pi s$$

（2）
$$a = -A\omega^2\cos(\omega t+\varphi), \therefore a_{\max} = A\omega^2 = 0.045m/s^2$$

（3）速度为正的最大值的某个时刻开始计时，初位相为 $\varphi = -\frac{\pi}{2}$，

$$\therefore x = 0.02\cos(1.5t-\frac{\pi}{2})$$

2、有一弹簧，当其下端挂一质量为 m 的物体时，伸长量为 $9.8\times10^{-2}\,m$。若使物体上、下振动，且规定向下为正方向。（1）当 $t=0$ 时，物体在平衡位置上方 8.0×10^{-2} m 处，由静止开始向下运动，求运动方程。（2）当 $t=0$ 时，物体在平衡位置并以 $0.6\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 的速度向上运动，求运动方程。

解 物体受力平衡时，弹性力与重力的大小相等，即 $F = mg$。而此时弹簧的伸长量

$\Delta l = 9.8\times10^{-2}$ m。则弹簧的弹性系数$k=\dfrac{F}{\Delta l}=\dfrac{mg}{\Delta l}$。

振动的角频率是由弹簧振子系统的固有性质（振子质量m及弹簧劲度系数k）决定的。因此，系统作简谐运动的角频率为

$$\omega=\sqrt{k/m}=\sqrt{g/\Delta l}=10\ \text{s}^{-1}$$

（1）设系统平衡时，物体所在处为坐标原点，向下为x轴正向。由初始条件$t=0$时，$x_{10}=8.0\times10^{-2}$ m、$v_{10}=0$可得振幅为

$$A_1=\sqrt{x_{10}^2+\left(v_{10}/\omega\right)^2}=8.0\times10^{-2}\ \text{m}$$

应用旋转矢量法可确定初相位$\varphi_1=\pi$［图（a）］，则运动方程为

$$x_1=8.0\times10^{-2}\cos\left(10\text{t}+\pi\right)\text{m}$$

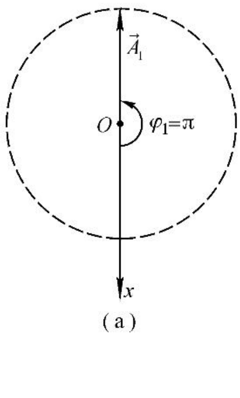
（2）当$t=0$时，$x_{20}=0$、$v_{20}=0.6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，同理可得

$$A_2=\sqrt{x_{20}^2+\left(v_{20}/\omega\right)^2}=6.0\times10^{-2}\ \text{m};$$

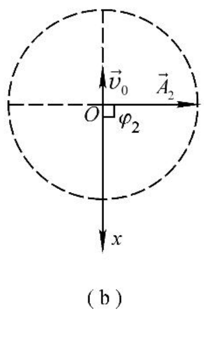
初相位$\varphi_2=\dfrac{\pi}{2}$［图（b）］。

则运动方程为

$$x_2=6.0\times10^{-2}\cos\left(10\text{t}+0.5\pi\right)\text{m}$$

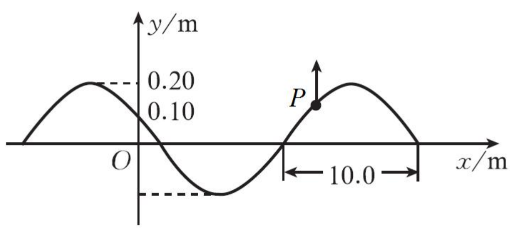


（a）



（b）

3、一简谐波在$t=0$时刻的波形曲线如图所示设此简谐波的频率为50 Hz，图中质点P正向上运动，求：（1）此简谐波的波函数；（2）在距原点O为7.5 m处质点振动的表达式。



解（1）从图中得知，$A=0.02$ m，$\omega=2\pi\nu=100\pi\ \text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$，$\lambda=20.0$ m。

因质点P正向上运动，则此简谐波沿x轴反方向传播，则波函数的表达式为

$$y = 0.20\cos\left(100\pi t + \frac{2\pi}{20.0}x + \varphi_0\right)$$

原点O处质点振动的初位相φ_0待求。由题图可知，在$t = 0$时刻原点O处质点的运动状态为：$y_0 = 0.01\ \text{m} = \dfrac{A}{2}$，$v_0 < 0$。利用旋转矢量法可得其初相位为$\varphi_0 = \dfrac{\pi}{3}$。

因此简谐波的波函数为

$$y = 0.20\cos\left(100\pi t + \frac{\pi x}{10} + \frac{\pi}{3}\right)$$

（2）在距原点O为$7.5\ \text{m}$处质点振动的表达式为

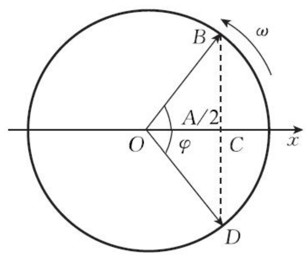
$$y = 0.20\cos\left(100\pi t + \frac{7.5\pi}{10} + \frac{\pi}{3}\right) = 0.20\cos\left(100\pi t + \frac{13\pi}{12}\right)$$

4、一物体沿x轴作简谐运动，振幅为$0.16\ \text{m}$，周期为$2\ \text{s}$。当$t = 0$时，物体的位移为$0.08\ \text{m}$，且向x轴正方向运动。试求：（1）初相位；（2）物体在位移$(-0.08\ \text{m})$处且向x轴负方向运动，物体从这一位置回到平衡位置所需的最短时间。

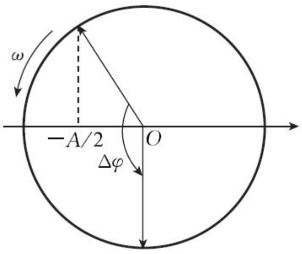
解　（1）运用旋转矢量法进行求解。已知振幅$A = 0.16\ \text{m}$，当$t = 0$时位移为$A = 0.08\ \text{m}$，即旋转矢量图中，初始时刻旋转矢量的投影点C位于$x = \dfrac{A}{2}$处，满足该条件的旋转矢量有两个，所以初相位φ可取$\pm\dfrac{\pi}{3}$。根据题意，物体向x轴正方向运动，考虑到旋转矢量绕O点逆时针方向旋转，因为初相位为

$$\varphi = -\frac{\pi}{3}$$

（2）当物体在位移$(-0.05\ \text{m})$处，即$x = -\dfrac{A}{2}$时，运用由旋转矢量法，相位可取$\dfrac{2\pi}{3}$或$\dfrac{4\pi}{3}$，但由于此时物体向x轴负方向运动，所以只能取$\dfrac{2\pi}{3}$。如图所示，离这个位置最近的平衡位置（旋转矢量图中为圆心O点）对应的相位为$\dfrac{3\pi}{2}$，从而



(a)



(b)

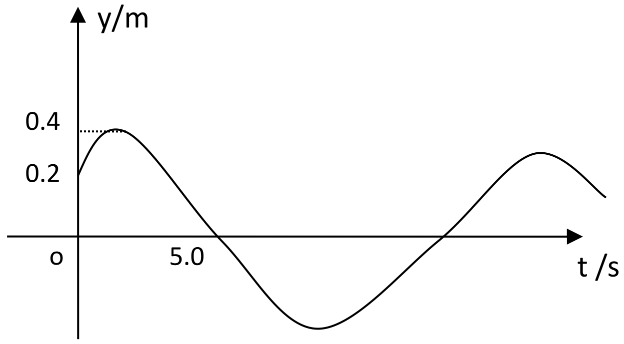
习题 10-10 答案图

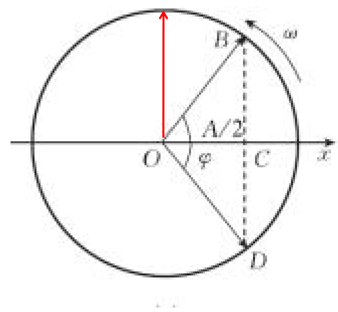
$$\Delta\varphi = \omega\Delta t = \frac{3\pi}{2} - \frac{2\pi}{3} = \frac{5\pi}{6}$$

因为$\omega = \dfrac{2\pi}{T} = \pi\ \text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$，所以

$$\Delta t = \frac{\Delta\varphi}{\omega} = \frac{5}{6}\ \text{s}。$$

5、一平面简谐波，波长为 12m，沿 x 轴负方向传播，图示为 x = 1.0m 处质点的振动曲线，求此波的波动方程。





解：由振动图可知，$x=1m$ 处质点在 $t=0s$ 时处在 $\dfrac{A}{2}$ 且向 Y 轴正向运动，根据旋转矢量可知，初位相 $\varphi=-\dfrac{\pi}{3}$。

又由振动图可知，经 5S 后质点回到平衡位置且向负向运动（图中红色矢量处），相位变为 $\dfrac{\pi}{2}$，所以圆频率（角速度）

$$\omega=\frac{\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{3}}{5}=\frac{\pi}{6}rad/s$$

所以，$x=1m$ 处质点的振动方程为 $y=0.4\cos(\dfrac{\pi}{6}t-\dfrac{\pi}{3})$。

因为，周期 $T=\dfrac{2\pi}{\omega}=12S$，波长为 12m，沿 x 轴负方向传播，所以可设波动方程为

$$\mathrm{y}=0.4\cos[2\pi(\frac{t}{12}+\frac{x}{12})+\varphi]$$

则，$x=1m$ 处质点的振动方程可为 $\mathrm{y}=0.4\cos[2\pi(\dfrac{t}{12}+\dfrac{1}{12})+\varphi]=0.4\cos[\dfrac{\pi}{6}t+\dfrac{\pi}{6}+\varphi]$

对比两振动方程，可得 $\dfrac{\pi}{6}+\varphi=-\dfrac{\pi}{3}$，所以 $\varphi=-\dfrac{\pi}{3}-\dfrac{\pi}{6}=-\dfrac{\pi}{2}$，

因此波动方程为 $\mathrm{y}=0.4\cos[2\pi(\dfrac{t}{12}+\dfrac{x}{12})-\dfrac{\pi}{2}]$