第十章　振动和波

习　题

一、单选题

1、一弹簧振子振动方程为 $x=0.1\cos(\pi t-\frac{\pi}{3})\,\text{m}$。若振子从 t＝0 时刻的位置到达 x＝－0.05m 处，且向 x 轴负方向运动，则所需的最短时间为（　　）

A．$\frac{1}{3}$s　　B．$\frac{5}{3}$s　　C．$\frac{1}{2}$s　　D．1s

2、一质点在 x 轴上作简谐振动，已知 t＝0 时，x_0＝－0.01m，v_0＝0.03m/s，$\omega=\sqrt{3}$ rad/s，则质点的振动方程为（　　）

A．$x=0.02\cos(\sqrt{3}t+\frac{2\pi}{3})\,\text{m}$　　B．$x=0.02\cos(\sqrt{3}t+\frac{4\pi}{3})\,\text{m}$

C．$x=0.01\cos(\sqrt{3}t+\frac{2\pi}{3})\,\text{m}$；　　D．$x=0.01\cos(\sqrt{3}t+\frac{4\pi}{3})\,\text{m}$

3、一个弹簧振子作简谐振动，已知振子势能的最大值为 100J，当振子处于最大位移一半处时其动能瞬时值为（　　）

A．25J　　B．50J　　C．75J　　D．100J

4、质点作简谐振动，振幅为 A，当它离开平衡位置的位移分别为 $x_1=\frac{A}{3}$，和 $x_2=\frac{A}{2}$ 时，动能分别为 E_{k1} 和 E_{k2}，则 $\frac{E_{k1}}{E_{k2}}$ 之比值为（　　）

A．$\frac{2}{3}$　　B．$\frac{3}{8}$　　C．$\frac{8}{27}$　　D．$\frac{32}{27}$

5、若一平面简谐波的波的方程为 $y=A\cos(Bt-cx)$，式中 A、B、c 为正值恒量，则（　　）

A．波速为 c　　B．周期为 $\frac{1}{B}$　　C．波长为 $\frac{2\pi}{c}$　　D．圆频率为 $\frac{2\pi}{B}$。

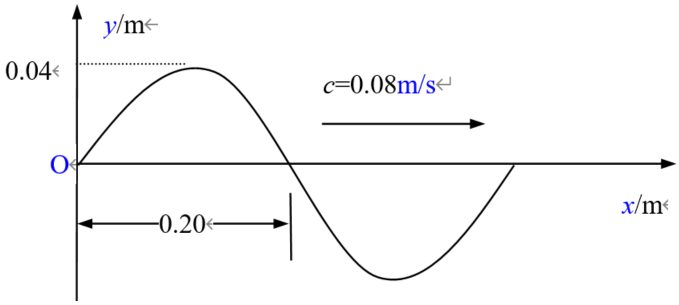
6、如图所示为 t＝0 时刻的波形，则波动方程为（　　）

A．$y=0.04\cos[2\pi(\frac{t}{5}-\frac{x}{0.40})+\frac{\pi}{2}]$

B．$y=0.04\cos[2\pi(\frac{t}{5}-\frac{x}{0.40})-\frac{\pi}{2}]$

C．$y=0.04\cos[2\pi(\frac{t}{5}+\frac{x}{0.40})+\frac{\pi}{2}]$

D． $y = 0.04\cos[2\pi(\frac{t}{5} + \frac{x}{0.40}) - \frac{\pi}{2}]$



7、一平面简谐波在弹性介质中传播，在介质质元从平衡位置运动到最大位移处的过程中，（　　）

A． 它的动能转换成势能。

B．它的势能转换成动能。

C．它从相邻的一段质元获得能量，其能量逐渐增大。

D． 它把自己的能量传给相邻的一段质元，其能量逐渐减小。

二、判断题

1、拍皮球时，皮球的运动为简谐振动。设球与地面的碰撞为弹性碰撞。（　　）

2、线悬挂一小球，令其在水平面内作匀速率圆周运动为简谐振动。（　　）

3、“质点作简谐振动时，从平衡位置运动到最远点需时 1/4 周期，因此走过该距离的一半时需时 $\frac{1}{8}$ 周期。”（　　）

4、位移 $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ 两次对 t 求导可得加速度 $a = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi)$，二者括弧中 $(\omega t + \varphi)$ 是一样的，故 x 和 a 同相。（　　）

5、波源不动时，波源的振动周期与波动的周期在数值上是不同的。（　　）

6、波源振动的速度与波速相同。（　　）

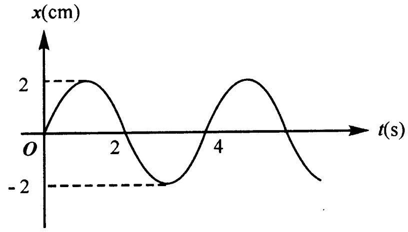
7、在波传播方向上任一质点的振动相位总比波源的相位落后。（　　）

三、填空题

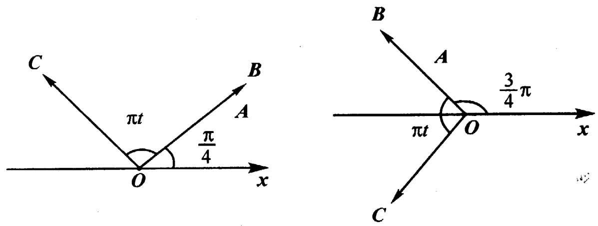
1、一平面简谐波沿 x 轴正向传播，已知坐标原点的振动方程为 $y = 0.05\cos(\pi t + \frac{\pi}{2})$ m，设同一波线上 A、B 两点之间的距离为 0.02m，B 点的相位比 A 点落后 $\frac{\pi}{6}$，则波长λ=________，波速 c=_______，波动方程 y=_____________。

2、简谐振动表达式的标准形式为 x= ____________ ，其中 ____，_____ ，______ 称为简谐振动的三个特征量。

3、如图所示的振动曲线，其中振幅 A=_____。周期 T= __ ；初相位 φ=____ ；振动表达式 x=___________。



4、如图所示的简谐振动矢量图中，振幅 A=2cm，B 为 t=0 时刻的位置，C 为 t 时刻的位置，则：
（1）图（a）对应的振动表达式为 x_1= ___________；（2）图（b）对应的振动表达式为 x_2= ___________。



（a）　　　　（b）

图 10－5

5、简谐振动的能量表达式为 E= __________________。

四、简答题

1、机械波通过不同介质时，它的波长、频率和速度中哪些量会发生变化？哪些量不变？

2、 振动和波动有何区别和联系？

3、什么是波速？什么是振动速度？有何不同？计算公式各是什么？

五、计算题

1、一个作简谐振动的物体，其振幅为 A，质量为 m，振动的全部能量为 E，振动的初相位为φ，求此物体的简谐振动方程。

2、弦上传播一横波，其波动方程为 $y=2\cos\pi(0.05x-200t)\,\mathrm{m}$，式中 x，y 的单位为 m。求：振幅、波长、频率、周期和传播速度；

3、一个运动物体的位移与时间的关系为 $y=0.10\cos(2.5\pi t+\dfrac{\pi}{3})\mathrm{m}$，试求：①周期、角频率、频率、振幅和初相位；②$t$=2s 时物体的位移、速度和加速度。

4、两个同方向、同频率的简谐振动方程分别为 $x_1 = 4\cos(3\pi t + \frac{\pi}{3})\text{m}$ 和 $x_2 = 3\cos(3\pi t - \frac{\pi}{6})\text{m}$，试求它们的合振动的振动方程。

5、已知波动方程为 $y = A\cos(at - bx)$，试求波的振幅、波速、频率和波长。

6、有一列平面简谐波，坐标原点按 $y = A\cos(\omega t + \varphi)$ 的规律振动。已知，A＝0.10m，T＝0.50s，λ＝10m。试求：①波动方程；②波线上相距 2.5m 的两点的相位差；③如果 t＝0 时处于坐标原点的质点的振动位移为 y_0＝＋0.050m，且向平衡位置运动，求初相位并写出波动方程。

7、一列沿绳子行进的横波的波动方程为 $y = 0.10\cos(0.01\pi x - 2\pi t)\text{m}$。试求：波的振幅、频率、传播速度和波长

参考答案

一、单选题

1、D
2、B
3、C
4、D
5、C
6、A
7、D

二、判断题

1、×

分析：皮球在运动过程中所受的外力与位移动关系不满足 f＝－kx。

2、×

分析：物体在任一位置所受合力的大小为恒量，而方向却在不断改变，不满足 f＝－kx。

3、×

分析：从平衡位置运动到最远点需时 1/4 周期，走过该距离的一半时相位差为 $\frac{\pi}{6}$，需时 $\frac{1}{12}$ 周期。

4、×

分析：比较两个量的相位大小时应注意两点：第一，将两个要比较的量都写成余弦（正弦）函数；第二，函数前面所系数要同号。因为 $x = A\cos(\omega t+\varphi)$ 所以

$a = -\omega^2 A\cos(\omega t+\varphi) = \omega^2 A\cos(\omega t+\varphi+\pi)$。二者相位相差为π。

5、×

分析：波动方程由振动方程推出，所以，当波源不动时，波源的振动周期与波动的周期在数值上是相同的。

6、×

分析：波源的振动速度描述质点在平衡位置附近振动的快慢程度；波速是描述波的传播速度。

7、√

分析：由波动方程 $y = A\cos\omega(t-\frac{x}{u})$ 知，离波源越远，x 值越大，相位越小。

三、填空题

1、0.24m； $0.12\mathrm{m/s}$ ； $0.05\cos(\pi t-\frac{\pi x}{0.12}+\frac{\pi}{2})\,\mathrm{m}$

2、 $x = A\cos(\omega t+\varphi)$ A ω φ

3、 2cm ， 4s ， 0.5π（rad/s）， $2\cos(\frac{\pi}{2}t+\frac{3}{2}\pi)$ 。

4、 $0.02\cos(\pi t+\frac{\pi}{4})$ ， $0.02\cos(\pi t+\frac{3}{4}\pi)$

5、 $\frac{1}{2}kA^2$

四、简答题

1、答：机械波的频率只与波源的性质有关，而与传播的介质无关。机械波通过不同介质时，频率不变。

机械波在介质中传播的速度与介质性质有关，在不同介质中波速是变化的。

根据 $\lambda = \frac{c}{v}$，因为在不同介质中 v 不变，但 c 总是变化的，故对同一频率的波来说，在不同介质中波长也会发生变化。

2、答：振动是产生波动的根源，波动是振动的传播，它们是密切联系着的，但它们是两种不同的运动形式。振动是指单个物体（质点）或大块物体的一部分在其平衡位置附近作周期性运动。波动是指大块物体中从波源向外传播开来的周期性运动。在波

动传播过程中，介质中某一体元的动能、势能同时增加，同时减少，因而总能量不守恒。这与质点振动时的能量关系完全不同。

3、**答**：波速是指波在介质中传播的速度，波的传播是运动状态的传播，平面简谐波在无限大均匀介质中的传播速度为$c=\frac{\lambda}{T}=\nu\lambda$。波速与介质的特性和状态有关。

振动速度是质点在平衡位置附近位移随时间的变化率，对于简谐振动，质点的振动速度为$\upsilon=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)$，与振动系统本身的性质、振幅以及初相位有关。

五、计算题

1、解： $x=A\cos(\omega t+\varphi)$，由于$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2$，得$\omega=\sqrt{\frac{2E}{A^2m}}$，

因此振动方程为 $x=A\cos(\sqrt{\frac{2E}{A^2m}}\ t+\varphi)$。

2、解:（1）波动方程 $y=2\cos\pi(0.05x-200t)=2\cos2\pi(0.025x-100t)$

与标准形式 $y=A\cos2\pi(\frac{x}{\lambda}-\nu t)$ 比较可得

A＝2m；λ＝40m；ν＝100Hz；T＝$\frac{1}{\nu}$＝0.01s；c＝$\lambda\cdot\nu$＝4000m/s。

3、解：

①已知 $y=0.10\cos(2.5\pi t+\frac{\pi}{3})\mathrm{m}$，与方程的标准形式比较，直接写出三个特征量：角频率ω＝2.5π（rad/s）；周期$T=\frac{2\pi}{\omega}=0.80\mathrm{s}$；频率 ν＝1.25Hz； 振幅 A＝0.10m;初相位$\varphi=\frac{\pi}{3}$。

②t＝2s 时

物体的位移 $y=0.10\cos(5\pi+\frac{\pi}{3})=-5\times10^{-2}\mathrm{m}$；

速度 $\upsilon=-0.10\times2.5\pi\sin(5\pi+\frac{\pi}{3})=0.68\mathrm{m/s}$；

加速度 $a=-0.10\times(2.5\pi)^2\cos(5\pi+\frac{\pi}{3})\approx3.1\mathrm{m/s^2}$。

4、解：先用公式求出合振动的振幅、初相位代入标准方程即可得到合振动方程

$$A=\sqrt{4^2+3^2+2\times4\times3\cos(-\frac{\pi}{6}-\frac{\pi}{3})}=5\ \text{m}$$

$$\varphi=arctg\frac{4\sin\frac{\pi}{3}+3\sin(-\frac{\pi}{6})}{4\cos\frac{\pi}{3}+3\cos(-\frac{\pi}{6})}=0.128\pi$$

合振动方程为 $x=5\cos(3\pi t+0.128\pi)\text{m}$。

5、解：将已知道波动方程 $y=A\cos(at-bx)$，变为标准形式 $y=A\cos2\pi(\frac{a}{2\pi}t-\frac{x}{\frac{2\pi}{b}})$，比较可得

振幅为 A，　　频率为 $\nu=\frac{a}{2\pi}$，　　波长 $\lambda=\frac{2\pi}{b}$。

6、解：①波动方程　$y=A\cos[2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})+\varphi]=0.10\cos\left[2\pi(2.0t-\frac{x}{10})+\varphi\right]$；

②相位差　$\Delta\varphi=2\pi(\frac{x+2.5}{\lambda}-\frac{x}{\lambda})=\frac{\pi}{2}$；

③t＝0 时有 $0.05=0.10\cos\varphi$，根据题意解出 $\varphi=\frac{\pi}{3}$，于是波动方程为

$$y=0.10\cos\left[2\pi(2.0t-\frac{x}{10})+\frac{\pi}{3}\right]\text{m}。$$

7、解：波的振幅 A＝0.10m；　频率 $\nu=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{2\pi}{2\pi}=1\,\text{Hz}$；

传播速度 $c=\frac{2\pi}{0.01\pi}=200\ \text{m/s}$；　波长 $\lambda=\frac{2\pi}{0.01\pi}=200\,\text{m}$；