振 动 波 动 复 习

物理量

相位、初相、相位差（超前、落后）、角频率、旋转矢量

平均动能、平均势能

波速、波长、角波数、波程差

波的能量、（平均）能量密度、能流、能流密度、波的强度

基本概念

谐振子、简谐振动、振动方程

横波、纵波、行波、驻波、平面波、球面波、柱面波

波面、波线、波前

简谐波、波函数

相干波、波的干涉、衍射、反射（半波损失）

基本方法 相量图法、简谐振动的合成、波的叠加
基本原理 波的独立性与叠加原理、惠更斯原理
典型谐振系统 弹簧振子（水平、竖直）、单摆、复摆

1.已知某简谐振动的振动曲线如图所示，其中位移的单位为厘米，时间单位为秒。则此简谐振动的振动表达式为：

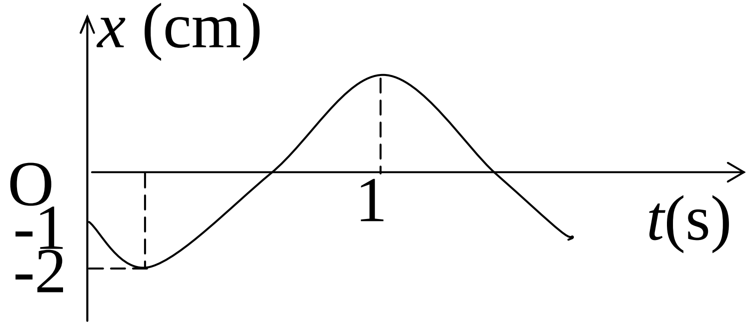
(A) x = 2cos(2πt/3+2π/3)cm ;

(B) x = 2cos(2πt/3–2π/3)cm ;

(C) x = 2cos(4πt/3 +2π/3)cm ;

(D) x = 2cos(4πt/3– 2π/3)cm ;

(E) x = 2cos(4πt/3 – π/4)cm .

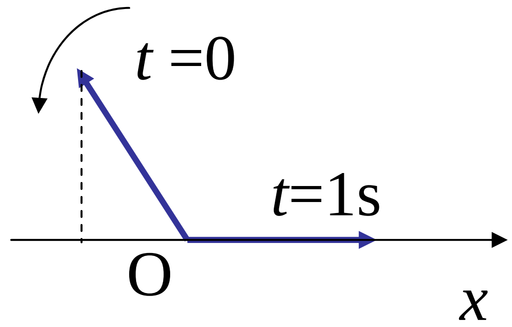


题1 图

解：做旋转矢量图

$\varphi_0 = 2\pi/3$，

$\varphi_1 = 2\pi$



$\Delta\varphi = \omega\Delta t$

$2\pi - 2\pi/3 = \omega \cdot 1$　解得：$\omega = 4\pi/3$

答案：（**C**）

2．一平面简谐波在弹性媒质中传播，在媒质质元从平衡位置运动到最大位移的过程中：

（**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质元，其能量逐渐减小.

正确答案：（**D**）

3. 某平面简谐波在 $t = 0.25$s时波形如图所示, 则该波的波函数为:

(A) $y = 0.5\cos[4\pi\,(t - x/8) - \pi/2]$ (cm) .

(B) $y = 0.5\cos[4\pi\,(t + x/8) + \pi/2]$ (cm) .

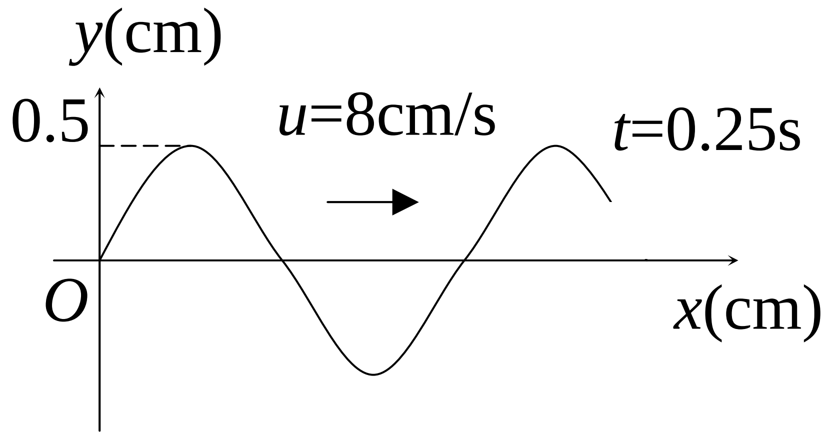
(C) $y = 0.5\cos[4\pi\,(t + x/8) - \pi/2]$ (cm) .

(D) $y = 0.5\cos[4\pi\,(t - x/8) + \pi/2]$ (cm) .

解: $y\,(x,t\,) = 0.5\cos(\omega t - kx + \varphi_0)$

从图中看出: $t = 0.25$ s时, O 点的相位为 $\pi/2$

由选项判断: $\omega = 4\pi$



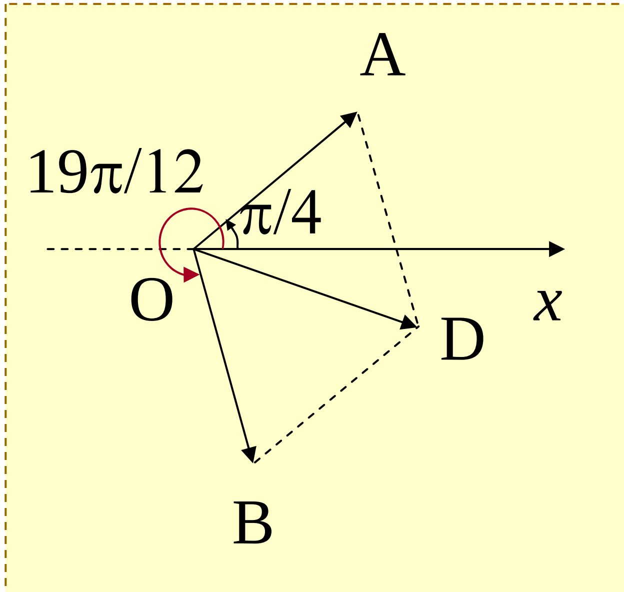
因此有:

$\omega\times 0.25 + \varphi_0 = \pi/2$

解得: $\varphi_0 = -\pi/2$

答案: (A)

4．一质点同时参与两个同方向的简谐振动，它们的振动表达式分别为x_1 = 0.05cos(ωt + π/4) (SI), x_2 = 0.05cos(ωt + 19π/12) (SI), 其合成运动的表达式为x＝_______.



解： $\Delta\varphi = 19\pi/12 - \pi/4 = 4\pi/3$

$2\pi - 4\pi/3 = 2\pi/3$

$\angle AOD = \angle BOD = \pi/3$

合振动的初相为: $-(\pi/3 - \pi/4) = -\pi/12$

又 ΔBOD为等边三角形，故 **OD=0.05m**

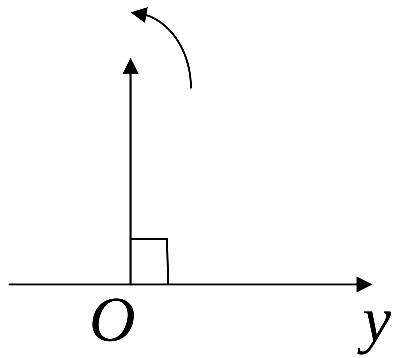
或： $$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$= \sqrt{0.05^2 + 0.05^2 + 2\cdot 0.05\cdot 0.05\cdot \cos\frac{4\pi}{3}} = 0.05\text{m}$$

x_3 = 0.05cos(ωt+23π/12) (SI) 或x_3 = 0.05cos(ωt – π/12)(SI)

5．一简谐波周期为$T = 0.5$s。波长λ＝10m，A=0.1 m，沿 x 轴正方向传播。$t = 0$时，$x = 2.5$m处的质元正好通过平衡位置，其速度 v <0。则波函数为 y =________。

解：$\omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{2\pi}{0.5} = 4\pi$



$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{10} = 0.2\,\pi$$

波函数为：$y = A\cos(\omega t - kx + \varphi_0)$

由已知条件可得：$t = 0$时，$x = 2.5$m处的质元的相位为 π/2,有

$$\omega \cdot 0 - 0.2\pi \cdot 2.5 + \varphi_0 = \pi/2 \qquad \varphi_0 = \pi$$

$$y = 0.1\cos[4\pi(t - \frac{x}{20}) + \pi](\mathrm{m})$$

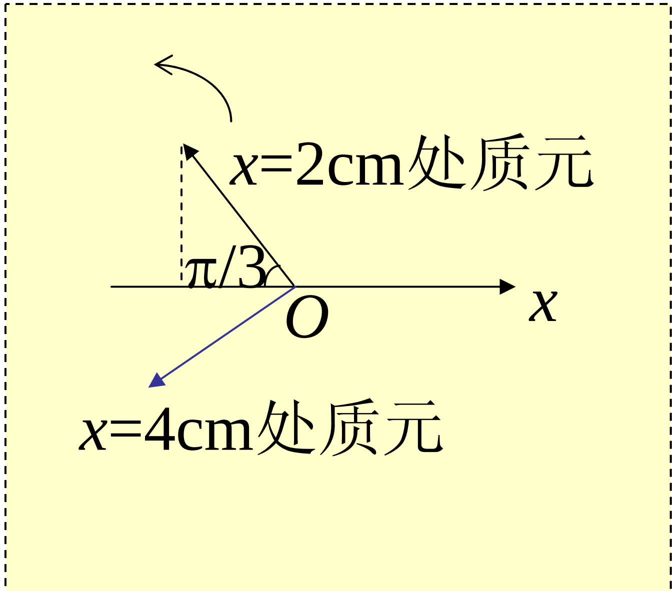
或$y = 0.1\cos(4\pi t - 0.2\pi + \pi)(\mathrm{m})$

6. 一平面简谐纵波沿 x 轴负向传播。振幅为$A=3\times10^{-2}$m。已知 x=2cm和 x=4cm处两个质元的相差为π/2。设t 时刻 x=2cm处质元的位移为$-A/2$，沿 x 轴负向运动。则 x=4cm处质元的位置坐标值为______，它的运动方向为______。

解：纵波沿x轴负向传播，故x=4cm处质元的相位超前x=2cm处的质元。

t 时刻 x=4cm 处质元的位移

$$-A\cos\frac{\pi}{6}=-3\times10^{-2}\times\frac{\sqrt{3}}{2}=-2.6\times10^{-2}(\mathrm{m})$$



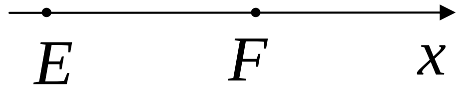
t 时刻x=4cm处质元的位置坐标值

$$4\times10^{-2}-2.6\times10^{-2}=1.4\times10^{-2}(\mathrm{m})$$

运动方向沿 x 轴正向。

7. 一质点在 x 轴上做简谐振动。选取质点向右运动通过E点时做为计时的零点（$t = 0$）。经过2s后该质点第一次通过F点，再经过2s后质点第2次经过F点。已知质点在E、F 两点具有相同的速率且EF =10m。求：（1）质点的振动方程。（2）质点在E处的速率。

解： 质点做简谐振动

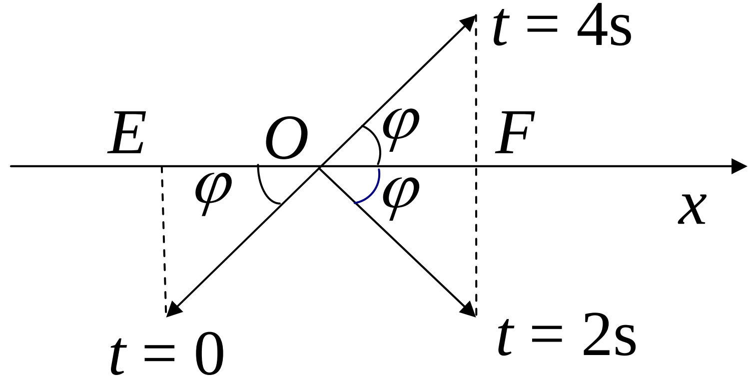


$$x = A\cos(\omega t + \varphi), \quad v = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$$

$$\left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(-\frac{v}{A\omega}\right)^2 = 1 \qquad \because |v_E| = |v_F| \qquad \therefore |x_E| = |x_F|$$

坐标原点O位于EF的中点。

由E→F→F均用了2s，故t=2s对应的旋转矢量与初始时刻和t=4s时的旋转矢量垂直。

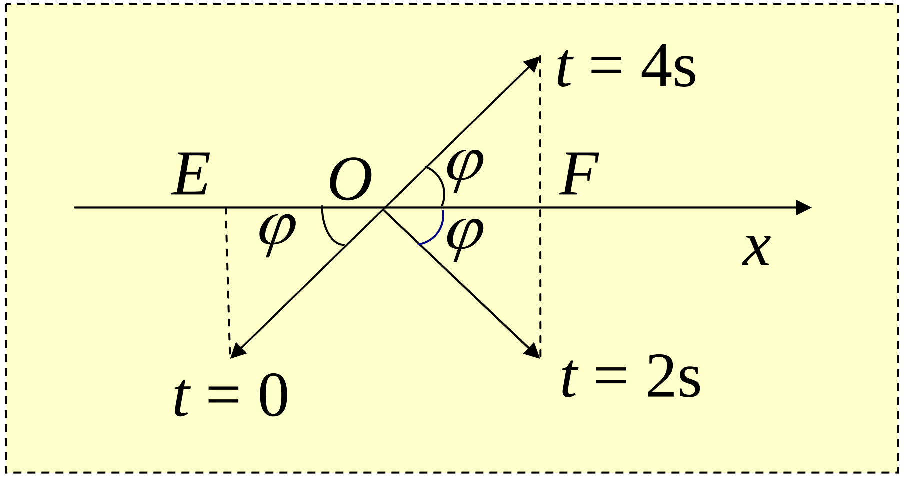


故$\angle\varphi = 45^\circ$ 由此解出振幅为 $A = \dfrac{5}{\cos 45^\circ} = 5\sqrt{2}$

E→F→F所用时间为4s， 振动周期为8s

角频率为 $\omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{\pi}{4}$ 初相为 $-\dfrac{3\pi}{4}$

因此振动方程为



$$x = 5\sqrt{2}\cos\left(\frac{\pi}{4}t - \frac{3\pi}{4}\right)(\mathrm{m})$$

（2）质点在E点的速度为

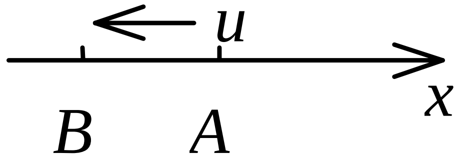
$$v_E = A\omega\cos 45^\circ = \frac{5\pi}{4}(\mathrm{m/s})$$

8．如图，一平面波在介质中以波速$\boldsymbol{u}$ = **20 m/s**沿 $\boldsymbol{x}$ 轴负方向传播，已知$\boldsymbol{A}$点的振动方程为 $y = 3\times10^{-2}\cos4\pi t$ **(SI)**。

(1) 以$\boldsymbol{A}$点为坐标原点写出波的表达式；

(2) 以距$\boldsymbol{A}$点**5 m**处的$\boldsymbol{B}$点为坐标原点，写出波的表达式。

解： $$k = \frac{\omega}{u} = \frac{4\pi}{20} = 0.2\pi$$



(1) 以$\boldsymbol{A}$点为坐标原点

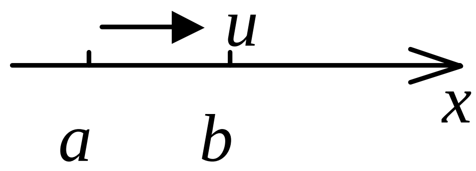
$$y(x,t) = 3\times10^{-2}\cos(4\pi t + 0.2\pi x)$$

(2) 以$\boldsymbol{B}$点为坐标原点

$$y(x,t) = 3\times10^{-2}\cos[4\pi t + 0.2\pi(x-5)]$$

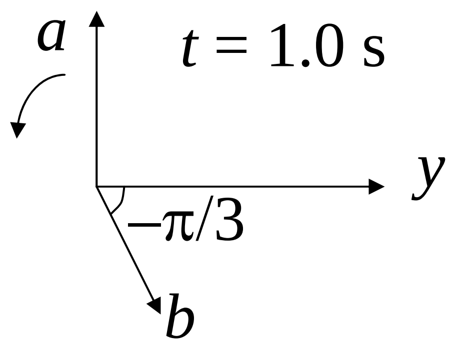
$$y(x,t) = 3\times10^{-2}\cos(4\pi t + 0.2\pi x - \pi)$$

9．一平面简谐波沿 x 轴正向传播，波的振幅 $A = 10$ cm，波的角频率 $\omega = 7\pi$ rad/s. 当 $t = 1.0$ s时，$x = 10$ cm处的a质点正通过其平衡位置向 y 轴负方向运动，而$x = 20$ cm处的b质点正通过 $y = 5.0$ cm点向 y 轴正方向运动．设该波波长 $\lambda > 10$ cm，求该平面波的表达式。



解：$t = 1.0$ s时，a 点的相位为 $\pi/2$ ，
b 点的相位为 $-\pi/3$。

$$y(x,t) = A\cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$



在同一时刻， $\Delta\varphi = -k\Delta x$

$$k = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x} = -\frac{-\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{2}}{0.2 - 0.1} = \frac{25\pi}{3}$$

可以验证 该取值满足：$\lambda > 10$ cm

$t = 1.0$ s时，a 点的相位为 $\pi/2$ $\qquad 7\pi - \frac{25\pi}{3}\cdot 0.1 + \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$

$$7\pi - \frac{25\pi}{3} \cdot 0.1 + \varphi_0 = \frac{\pi}{2} \qquad \varphi_0 = -\frac{17\pi}{3}$$

$$y(x,t) = 10\cos(7\pi t - \frac{25\pi}{3}x - \frac{17\pi}{3})$$

化简得：

$$y(x,t) = 10\cos(7\pi t - \frac{25\pi}{3}x + \frac{\pi}{3})$$

补 充

1.（**3**分）用余弦函数描述一简谐振子的振动.
若其速度～时间（v～t）关系曲线如图所示,则振动的初相位为

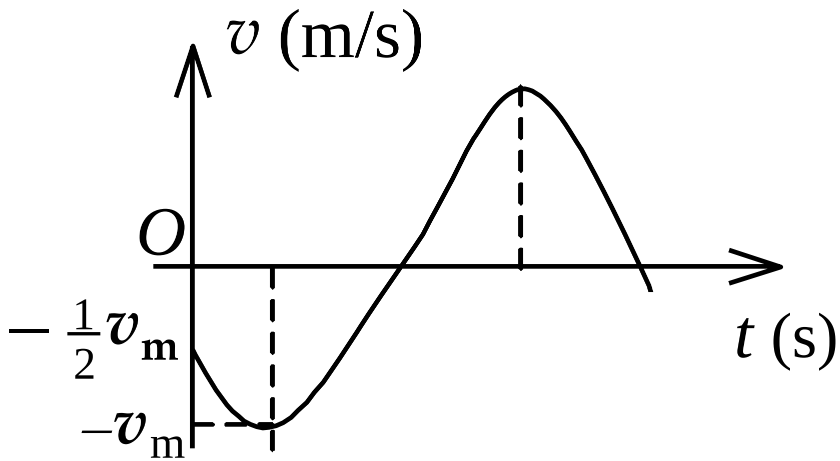
(A) **π/6.**

(B) **π/3.**

(C) **π/2.**

(D) **2π/3.**

(E) **5π/6.**



解：从图线知, $t=0$ 时刻，速度的相位为

2π/3。

速度的相位超前位移 **π/2**，

故振动的初相为： $2\pi/3-\pi/2=\pi/6$

答案：（**A**）

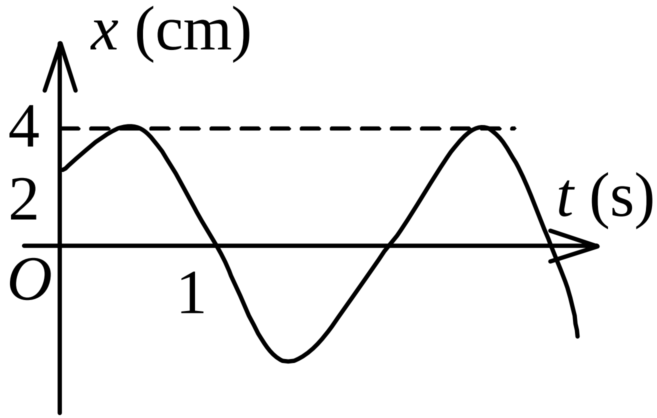
2. 一简谐振动曲线如图所示．则振动周期是

(A) 2.62 s．

(B) 2.40 s．

(C) 2.20 s．

(D) 2.00 s．



答案：**B**

3. 一质点作简谐振动，其振动方程为$x = A\cos(\omega t + \varphi)$．在求质点的振动动能时，得出下面**5**个表达式：

(1) $\frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$　　(2) $\frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$

(3) $\frac{1}{2}kA^2 \sin(\omega t + \varphi)$　　(4) $\frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$

(5) $\frac{2\pi^2}{T^2} mA^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$

其中 m 是质点的质量，k是弹簧的劲度系数，T是振动的周期．这些表达式中

(A) (1)，(4)是对的．　　(B) (2)，(4)是对的．

(C) (1)，(5)是对的．　　(D) (3)，(5)是对的．

(E) (2)，(5)是对的．

答案：C

振动与波动练习题

一、选择题

1.下列说法正确的是

(A)机械振动一定能产生机械波;

(B)波函数表达式中的坐标原点一定位于波源处;

(C)行波的传播是振动状态的传播;

(D)波传播速度和原点质点振动速度大小是相等的。

2.下列说法正确是

一列波从一种媒质进入另一种媒质时

(A)波长不变;　　**(B)**频率不变;

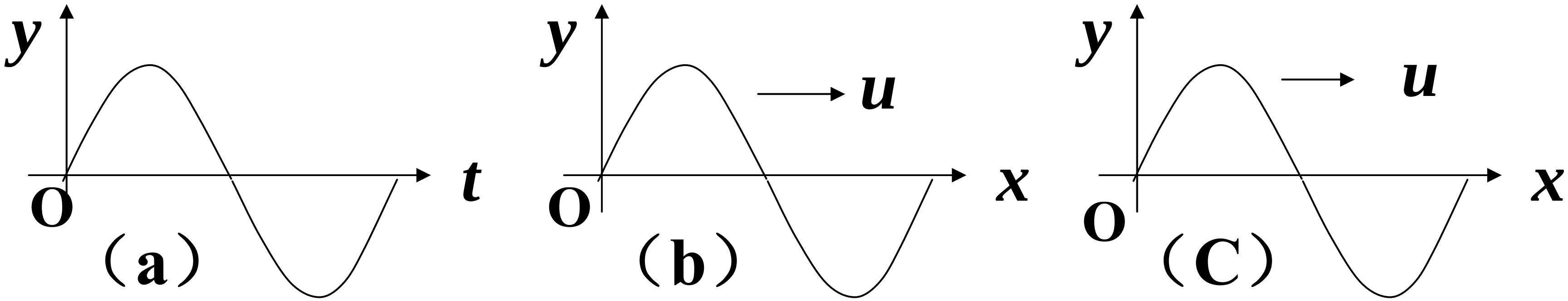
(C)波长和频率均不变;　**(D)**波长和频率均发生变化。

3.一列波沿ox轴传播,若ox轴上P_1和P_2点相距$\lambda/8$, 则在波传播的过程中, 这两点的速度:

(A)方向总相反;　　**(B)**方向总相同;

(C)方向有时相反有时相同;　**(D)**大小总是不相等。

4. 图a为某质点振动图线其初相记为φ_1，图b为某列行波在t=0时的波形曲线，O点处质点所振动的初相记为φ_2; 图C为另一行波在t=T/4时刻的波形曲线, O点处质点振动的初相为φ_3; 则:



(A) $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \pi/2$;

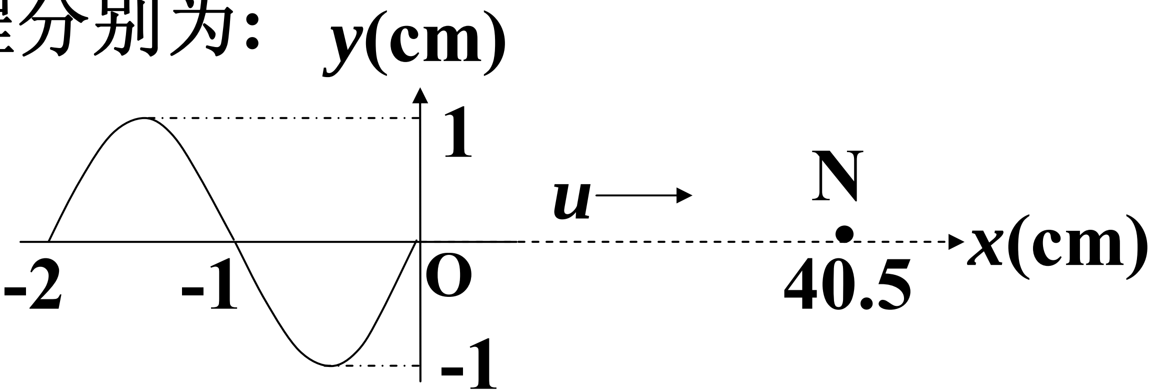
(B) $\varphi_1 = 3\pi/2,\ \varphi_2 = \varphi_3 = \pi/2$;

(C) $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 3\pi/2$ ；

(D) $\varphi_1 = 3\pi/2,\ \ \varphi_2 = \pi/2\ ,\ \varphi_3 = 0$ 。

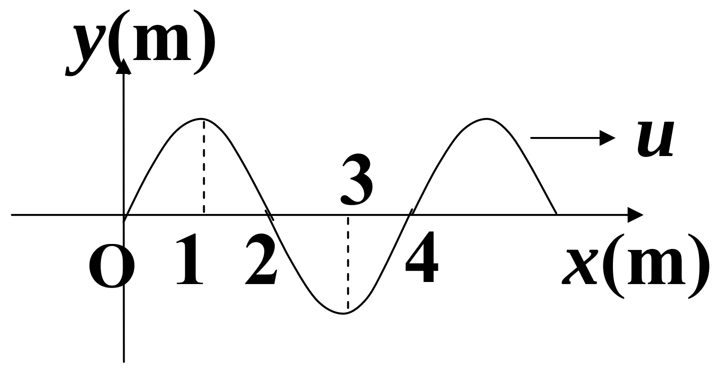
5.一列波沿x 轴正向传播, 到达坐标原点时的波形如图所示。当波传播到N点时, O点处质点的位移和它在此段时间内的运动路程分别为:

(A) 1cm , 40.5cm;
(B) 1cm, 81cm;
(C) -1cm, 40.5cm;
(D) -1cm, 81cm 。



6.一沿x轴正向传播的余弦波,在t=0时的波形如图所示, 则原点O和在x=2m, x=3m各点的振动初相各依次是

(A) $\varphi_o = \pi/2$, $\varphi_2 = \pi/2$, $\varphi_3 = \pi$
(B) $\varphi_o = -\pi/2$, $\varphi_2 = -\pi/2$, $\varphi_3 = \pi$
(C) $\varphi_o = \pi/2$, $\varphi_2 = -\pi/2$, $\varphi_3 = -\pi$
(D) $\varphi_o = \pi/2$, $\varphi_2 = -\pi/2$, $\varphi_3 = \pi$



7.一沿x轴正向传播的简谐波波长为λ，波源为质点P。P沿y方向振动,振幅为A,周期为T,平衡位置位于坐标原点。已知t=0时刻P沿y轴负方向运动, 则描述这个波的波函数为:

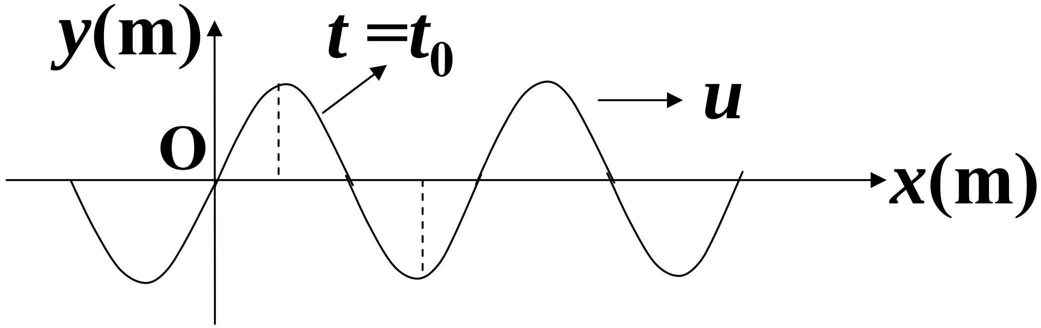
(A)$y = A\cos(2\pi t/T + \pi/2 - 2\pi x/\lambda)$;

(B)$y = A\cos(2\pi t/T + \pi/2 + 2\pi x/\lambda)$;

(C)$y = A\cos(2\pi t/T - \pi/2 + 2\pi x/\lambda)$;

(D)$y = A\cos(2\pi t/T - \pi/2 - 2\pi x/\lambda)$;

8.一沿x轴正向传播的平面简谐波振幅为A, 频率为ν。$t = t_0$时刻波形如所示。则x=O 处质点振动方程为



(A) $y=A\cos[2\pi\nu(t+t_0)+\pi/2]$;

(B) $y=A\cos[2\pi\nu(t-t_0)+\pi/2]$;

(C) $y=A\cos[2\pi\nu(t-t_0)-\pi/2]$;

(D) $y=A\cos[2\pi\nu(t-t_0)+\pi]$;

9.一平面简谐波在弹性媒质中传播,在媒质质元从最大位移处回到平衡位置的过程中,

(A)它的势能转化成动能;

(B)它的动能转化成势能;

(C)它把自己能量传给相邻一段媒质质元,其能量减小;

(D)它从相邻的一段媒质质元获得能量,其能量增加。

二、填空题

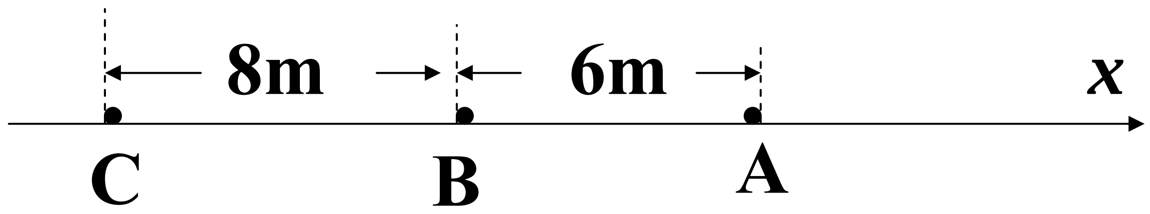
10.一平面简谐波在媒质中以速度u=20m/s沿x轴负向传播如图所示。已知波线上A点的振动方程为:

$$y=5\times10^{-2}\cos4\pi t;$$

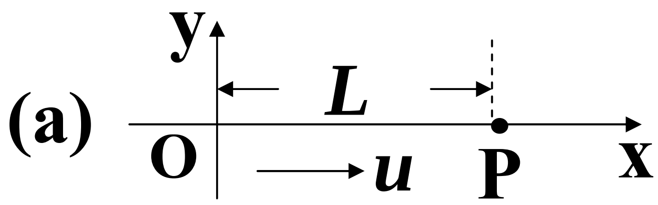
则以A为坐标原点时波动表达式是________________;

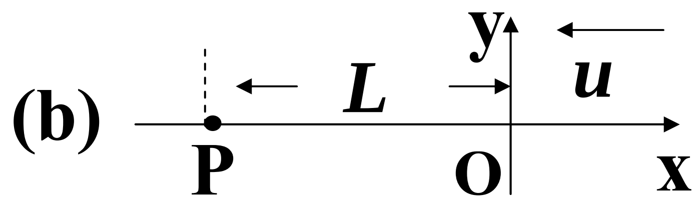
以B为坐标原点时波动表达式是________________;

由上述波函数可知C点振动方程为______________。



11.一平面简谐波在空中传播,已知波线上P点的振动表达式为$y = A\cos(\omega t + \varphi)$; 根据图中所示两种情况,分别列出以O点为原点时的波动方程;对图a是________;对b图是____________________。





12.沿绳行进的横波方程为$y = 0.01\cos(2\pi t + \pi x)$ (SI), 则

A.波的频率ν=_______波速u=_______波长λ=________;

B.位相差为60度的两点相距________m; 对同一点时间相距0.5秒时, 位相相差$\Delta\varphi$=______________;

C. $x = 0$处质点振动方程为________________;

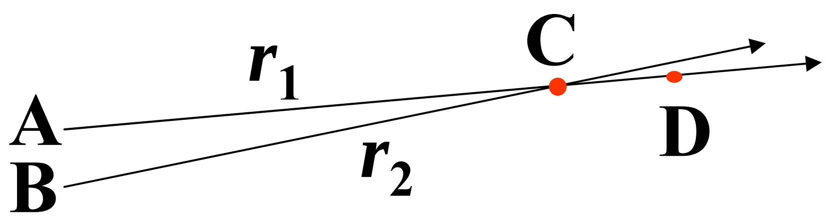
最大振动速度为 $v_{\max}$ =_________________。

13.一纵波沿x轴负向传播(平面简谐波),振幅$A=3\times10^{-2}$m. 已知x=2cm和x=4cm处质元的相位差为π/2;设t 时刻x=2cm处的位移为-A/2,且沿x轴负向运动, 则x=4cm处的t 时刻位置坐标是________运动方向为________。

14.如图,A、B为两相干波波源,A产生的横波仅沿AC方向传播,B产生的横波仅沿BC方向传播, 媒质对波不吸收, 波源频率为100Hz, 振幅为0.1m, 波源A的初相$\varphi_1=0$, 比波源B超前π/3; 若C点距A、B距离分别为r_1=50m r_2=54m, 波速u=30m/s。则

1)C点合振动的方程为____________________;

2)在AC连线的延长线上且距C点7m处D点的振动方程为________________________。



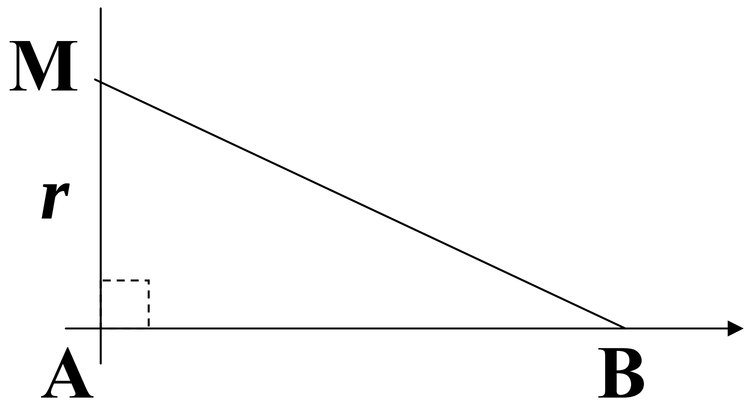
15.如图所示A和B为2 个相干波源(初相分别为φ_1、φ_2)，它们发出振幅分别为A_1=4cm和 A_2=3cm， 且波长λ均为10cm的平面简谐波。已知AB=40cm, AM=30cm。

(A)设$\varphi_1=\pi/3$, $\varphi_2=4\pi/3$, 则M点的振辐A=________;

(B)设$\varphi_1=\varphi_2$, 连线AM上因干涉而加强的点的位置

r =__________ ;

(C)若$\varphi_1=\varphi_2$, 而波源的频率可连续变化, 则使M点相消的最大波长是____________。



参 考 答 案

1.(C) 2.(B) 3.(C) 4.(D) 5.(D) 6.(C) 7.(A) 8.(B) 9.(D)

10. $y = 5\times10^{-2}\cos(4\pi t+0.2\pi x)$;

$y = 5\times10^{-2}\cos(4\pi t+0.2\pi x - 1.2\pi)$;

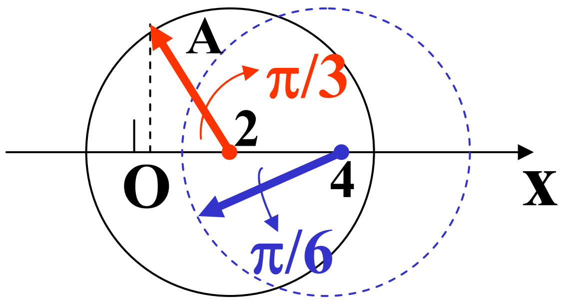
$y = 5\times10^{-2}\cos(4\pi t - 2.8\pi)$;

11. $y = A\cos\{\omega[t-(x-L)/u]+\varphi\}$; $y = A\cos\{\omega[t+(x+L)/u]+\varphi\}$;

12.A. $\nu=1$Hz ; $u=2$m/s ; $\lambda=2$m。B. $\Delta x=1/3$m; $\omega\Delta t=\pi$;

C. $y=0.01\cos2\pi t$; $v_{max}=2\pi\times10^{-2}$m/s

13.因波向x轴负传播, 故x=4cm处质元旋转矢量超前x=2cm处的旋转矢量所以得 x=1.4cm; x轴正向



14. ①$y_c=0$；　② $y = 0.1\cos(200\pi t - 380\pi)$;　[SI]

15.(A)A=1cm; (B)$r = 80/k - 5k$, k=2,3,4; (C)λ=40cm