



力与运动



第5讲 机械振动和机械波

目标要求



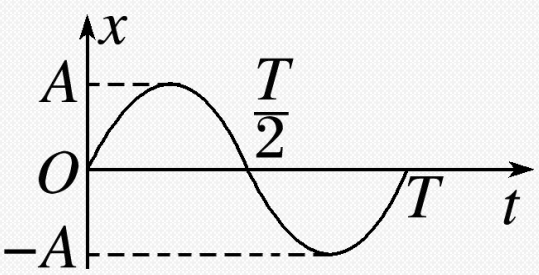
内容索引





考点一

机械振动

规律	$x = A \sin(\omega t + \varphi)$
图像	反映同一质点在各个时刻的位移 
受力特征	回复力 $F = -kx$, F (或 a) 的大小与 x 的大小成正比, 方向相反
运动特征	靠近平衡位置时, a 、 F 、 x 都减小, v 增大; 远离平衡位置时, a 、 F 、 x 都增大, v 减小

能量特征	振幅越大，能量越大。在运动过程中，动能和势能相互转化，系统的机械能守恒
周期性特征	质点的位移、回复力、加速度和速度均随时间做周期性变化，变化周期就是简谐运动的周期 T ；动能和势能也随时间做周期性变化，其变化周期为 $\frac{T}{2}$
对称性特征	关于平衡位置 O 对称的两点，加速度的大小、速度的大小、相对平衡位置的位移大小相等；动能、势能相等

(1)单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

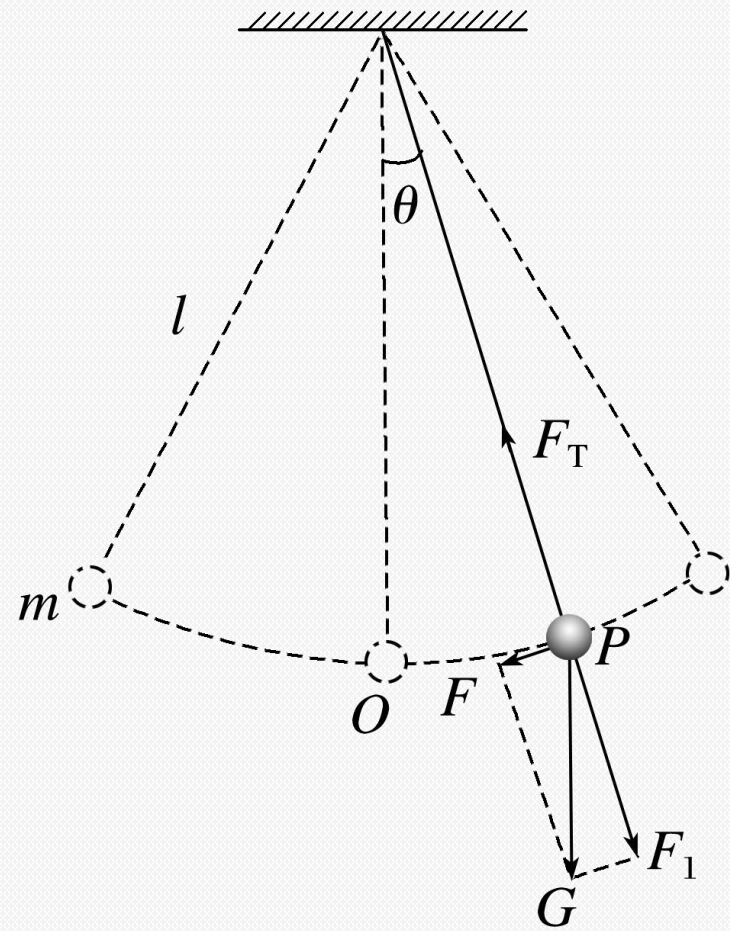
① g 为当地重力加速度，在地球上不同位置 g 的取值不同，不同星球表面 g 值也不相同。

②单摆处于超重或失重状态时等效重力加速度 $g_0=g\pm a$ 。在近地轨道上运动的卫星加速度 $a=g$ ，为完全失重，等效重力加速度 $g_0=0$ 。

(2)回复力：摆球重力沿与摆线垂直方向的分力， $F = mgsin \theta = -\frac{mg}{l}x = -kx$ ，负号表示回复力 F 与位移 x 的方向相反。(如图所示)

①当摆球在最高点时， $F_{\text{向}} = \frac{mv^2}{l} = 0$ ， $F_T = mg\cos \theta$ 。

②当摆球在最低点时， $F_{\text{向}} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{l}$ ， $F_{\text{向}}$ 最大， $F_T = mg + m\frac{v_{\text{max}}^2}{l}$ 。



1 如图所示，弹簧振子在 B 、 C 两点之间做简谐运动，其平衡位置为 O 点。

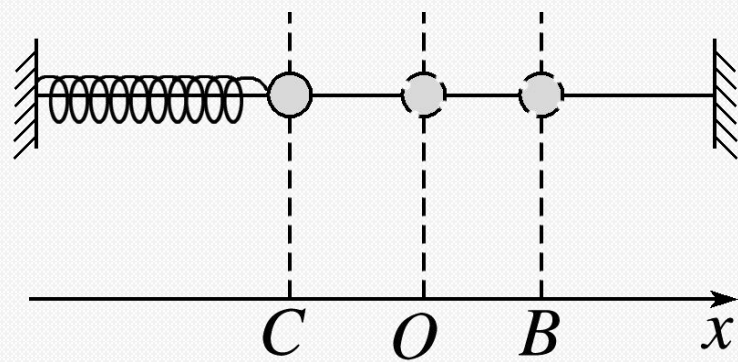
已知 B 、 C 相距50 cm。从小球经过 O 点时开始计时，经过0.3 s首次到达 B 点。取向右为正方向，下列说法正确的是

A. 小球振动的周期一定为1.2 s

B. 小球振动的振幅为0.5 m

✓ C. 弹簧振子振动方程可能为 $x = -0.25 \cdot \sin(5\pi t)$ m

D. 0.6 s末，小球可能不在平衡位置



解析

小球经过 O 点时开始计时，经过 0.3 s 首次到达 B 点，若开始计时时小球向右运动，则小球振动的周期 $T=1.2\text{ s}$

若开始计时时小球向左运动，则 $\frac{3}{4}T=0.3\text{ s}$

小球振动的周期 $T=0.4\text{ s}$

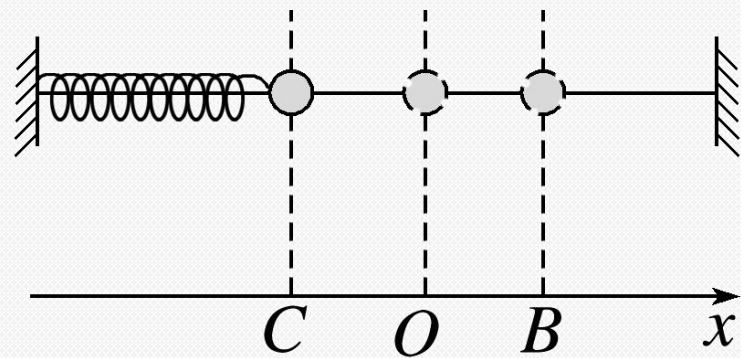
小球振动的周期可能为 1.2 s 或 0.4 s ，A错误；

由题意可知 $2A=50\text{ cm}$ ，小球振动的振幅为 $A=0.25\text{ m}$ ，B错误；

当 $T=0.4\text{ s}$ 时，有 $\omega=\frac{2\pi}{T}=5\pi\text{ rad/s}$ ，

可知弹簧振子的振动方程为 $x=-0.25\sin(5\pi t)\text{ m}$ ，C正确；

无论周期是 0.4 s 还是 1.2 s ， 0.6 s 末，小球都在平衡位置，D错误。



2 有两个钓鱼时所用的不同的鱼漂P和Q，分别漂浮于平静水面上的不同位置，平衡时状态均如图甲所示。现因鱼咬钩而使鱼漂P和Q均在竖直方向上做简谐运动，振动图像如图乙所示，以竖直向上为正方向，则下列说法正确的是

A. 鱼漂P和Q振动形成的水波

叠加后会形成干涉图样

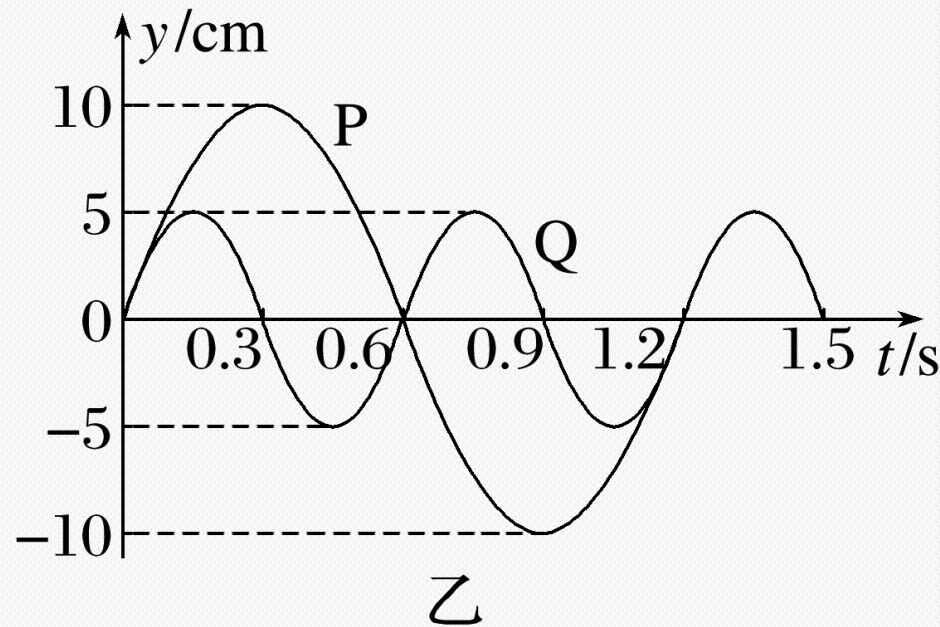
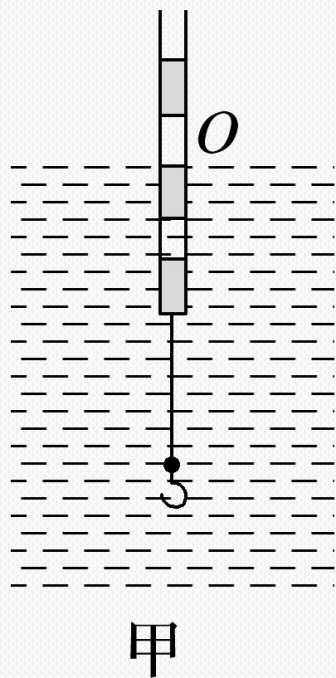
B. $t=0.6\text{ s}$ 时鱼漂P和Q的速度

都为0

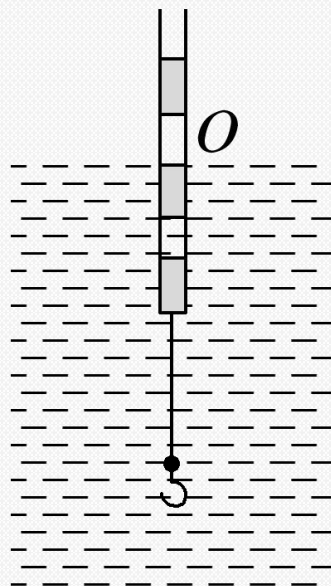
C. $t=1.0\text{ s}$ 时鱼漂P和Q的速度

方向相同

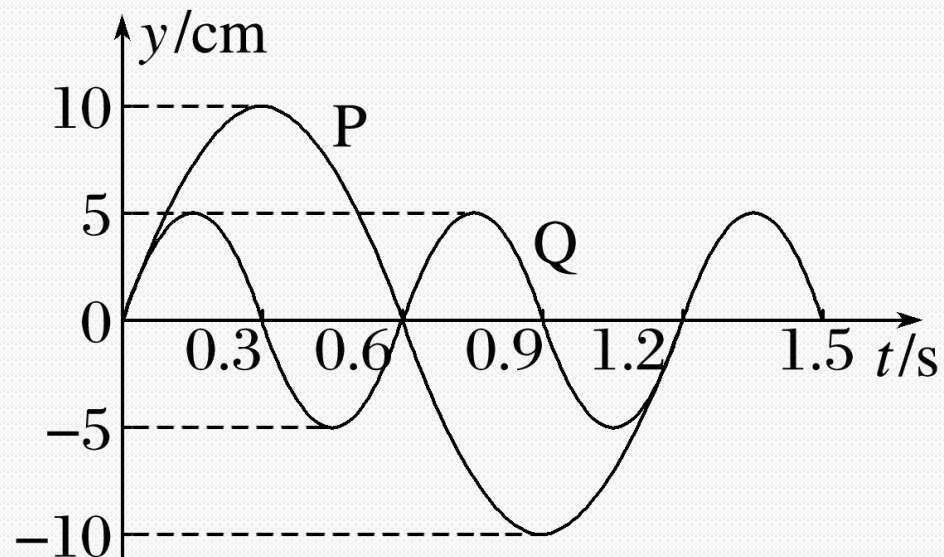
☒ D. $t=1.0\text{ s}$ 时鱼漂P和Q的加速度方向相同



解析



甲

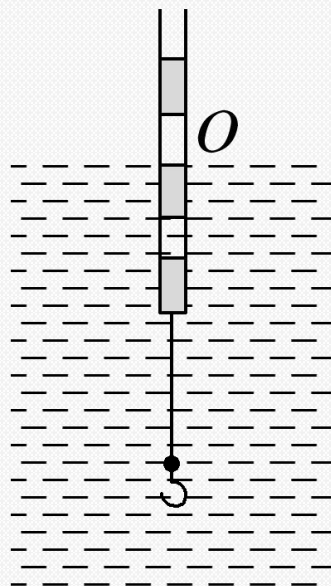


乙

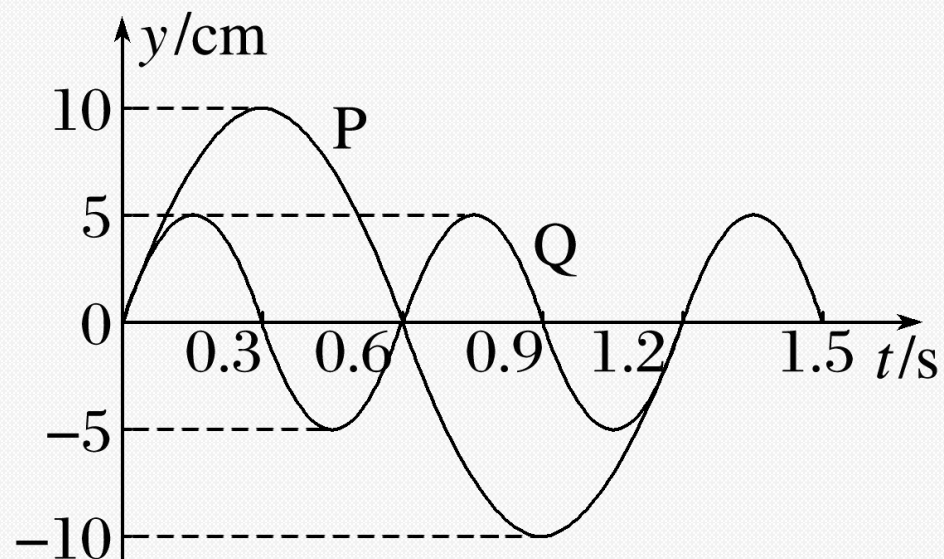
两列波的周期不相等，不满足干涉条件，所以不能形成干涉图样，故A错误；

$t=0.6\text{ s}$ 时，鱼漂P和Q都经过平衡位置，此时它们的速度均为最大值，故B错误；

解析



甲



乙

$t=1.0\text{ s}$ 时，鱼漂P的速度方向为正，Q的速度方向为负，即方向相反，故C错误；

$t=1.0\text{ s}$ 时，鱼漂P和Q的位移方向均为负，所以加速度方向均为正，所以此时两者的加速度方向相同，故D正确。

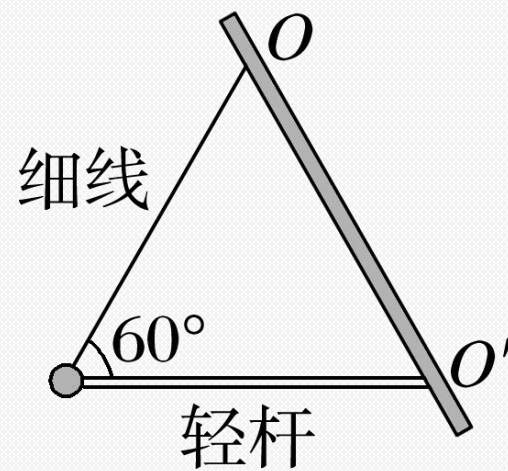
3 (2023·江苏扬州市三模)如图所示,“杆线摆”可以绕着固定轴 OO' 来回摆动。摆球的运动轨迹被约束在一个倾斜的平面内,这相当于单摆在光滑斜面上来回摆动。轻杆水平,杆和线长均为 L ,重力加速度为 g ,摆角很小时,“杆线摆”的周期为

✓ A. $2\pi\sqrt{\frac{\sqrt{3}L}{g}}$

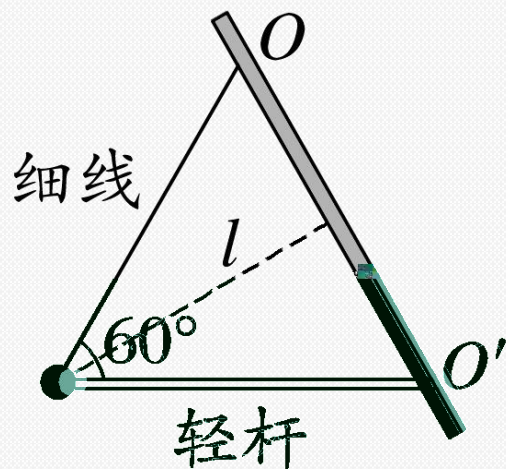
B. $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

C. $2\pi\sqrt{\frac{2L}{g}}$

D. $2\pi\sqrt{\frac{2\sqrt{3}L}{3g}}$



解析



由于摆球绕 OO' 轴转动，摆球的运动轨迹被约束在一个倾斜的平面内，则在摆角很小时，重力沿虚线向下的分力 $mg\sin 30^\circ$ 沿摆球摆动的切线方向的分力提供回复力，如图，“杆线摆”的摆长为 $l = L\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}L$ ，“杆线摆”的周期为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g\sin 30^\circ}} = 2\pi\sqrt{\frac{\sqrt{3}L}{g}}$ ，故选 A。



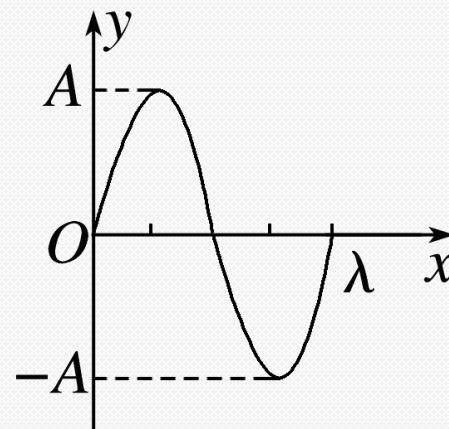
考点二

机械波

形成条件	(1)波源；(2)传播介质，如空气、水等
传播特点	(1)机械波传播的只是振动的形式和能量，质点只在各自的平衡位置附近做简谐运动，并不随波迁移 (2)介质中各质点振动周期和频率都与波源的振动周期和频率相同 (3)一个周期内，质点完成一次全振动，通过的路程为$4A$，位移为零 (4)一个周期内，波向前传播一个波长

波的图像

(1)坐标轴：横轴表示各质点的平衡位置，纵轴表示该时刻各质点的位移



(2)意义：表示在波的传播方向上，某时刻各质点离开平衡位置的位移

波长、波速和频率(周期)的关系

$$(1)v = \lambda f; \quad (2)v = \frac{\lambda}{T}$$

波的叠加	(1)两个振动情况相同的波源形成的波，在空间某点振动加强的条件为$\Delta x = n\lambda (n = 0, 1, 2, \cdots)$，振动减弱的条件为$\Delta x = (2n + 1)\frac{\lambda}{2} (n = 0, 1, 2, \cdots)$ (2)振动加强点的位移随时间而改变，振幅为两波振幅的和$A_1 + A_2$
波的多解问题	由于波的周期性、波传播方向的双向性，波的传播易出现多解问题
波的特性	波的干涉
	波的衍射

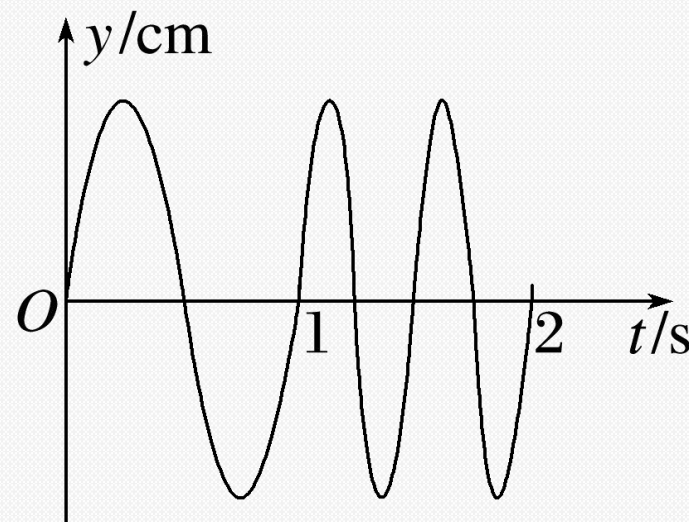
4 (2023·江苏省苏锡常镇四市一模)某同学抓住绳子一端在 $0\sim 2\text{ s}$ 内做了两种不同频率的简谐运动，其振动图像如图所示。下列说法正确的是

A.绳端起振方向向下

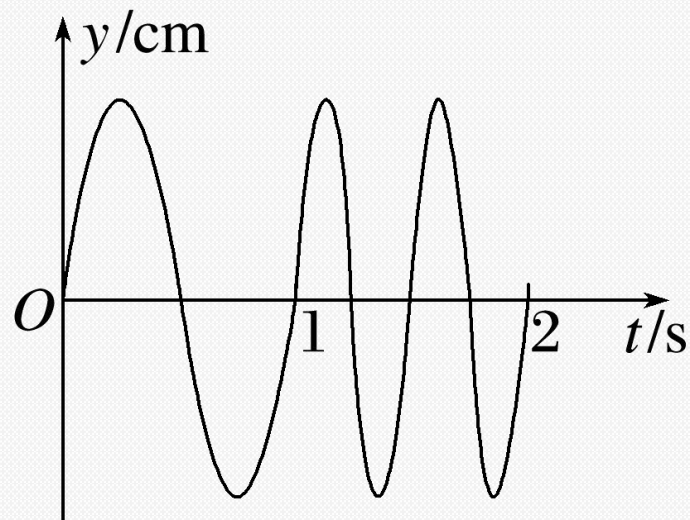
B.前后两次振动的周期之比为 $1:2$

C.前后两次形成的绳波波速之比为 $2:1$

✓ D.前后两次形成的绳波波长之比为 $2:1$



解析



由题图知，绳端起振方向向上，前后两次振动的周期之比为2：1，A、B错误；

波在相同介质中传播波速不变，波速之比为1：1，C错误；

根据 $\lambda = vT$ 可知，波长之比为2：1，D正确。

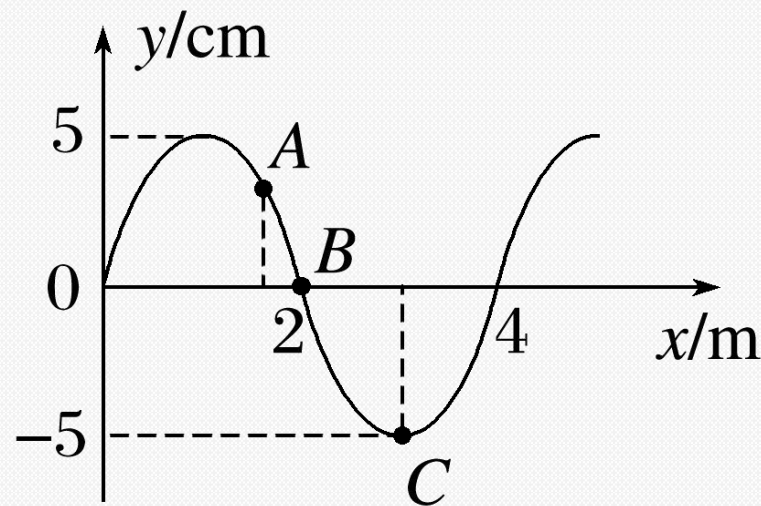
5 (2023·江苏盐城市三模)沿 x 轴正方向传播的简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形如图所示, A 、 B 、 C 三个质点的平衡位置分别为 $x_A=1.5\text{ m}$ 、 $x_B=2\text{ m}$ 、 $x_C=3\text{ m}$, $t=1.8\text{ s}$ 时质点 A 恰好第二次到达波峰, 下列说法中正确的是

A.波传播的速度大小为 5 m/s

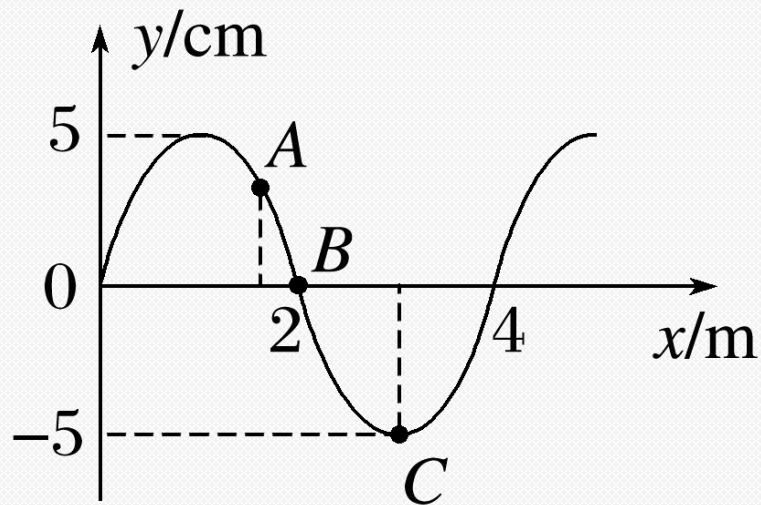
B. $t=0.2\text{ s}$ 时质点 B 处在波谷位置

✓ C.质点 C 在 $t=0.3\text{ s}$ 时沿 y 轴正方向运动

D.质点 B 的振动表达式为 $y=5\sin(2.5\pi t)\text{ cm}$

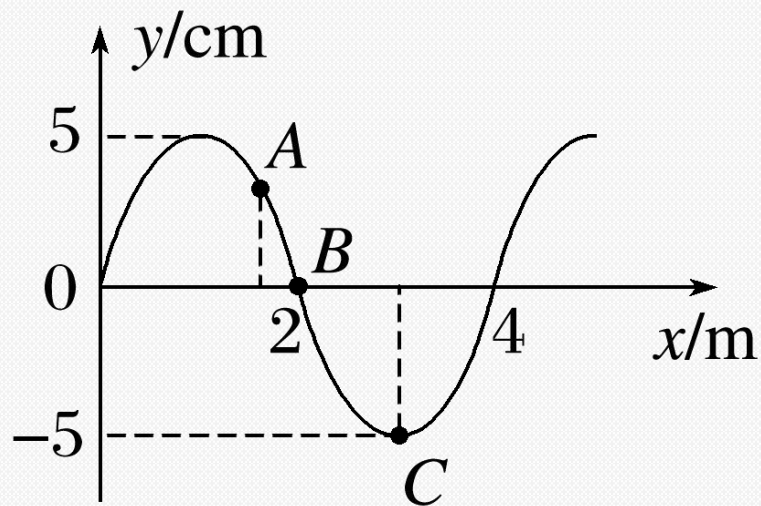


解析



由题图可得波长 $\lambda=4\text{ m}$ ，根据波向右传播可得：当波向右传播 $\Delta x=4.5\text{ m}$ 时质点 A 恰好第二次到达波峰，故波速 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{4.5}{1.8}\text{ m/s}=2.5\text{ m/s}$ ，

周期为 $T=\frac{\lambda}{v}=1.6\text{ s}$ ，因为 $t=0.2\text{ s}=\frac{T}{8}$ ，根据波的传播方向和质点的振动方向的关系，质点 B 在平衡位置向上振动，不会到达波谷， B 错误；



因为 $t=0.3\text{ s} < \frac{T}{4}$, 所以质点 C 从波谷正在向平衡位置振动, 即向 y 轴正方向运动, C 正确;

根据波向右传播可得: $t=0$ 时刻, 质点 B 在平衡位置向上振动, 由题图可得: 振幅 $A=5\text{ cm}$, 又有周期 $T=1.6\text{ s}$, 故质点 B 的振动表达式为 $y=A\sin \frac{2\pi}{T}t=5\sin(1.25\pi t)\text{ cm}$, D 错误。

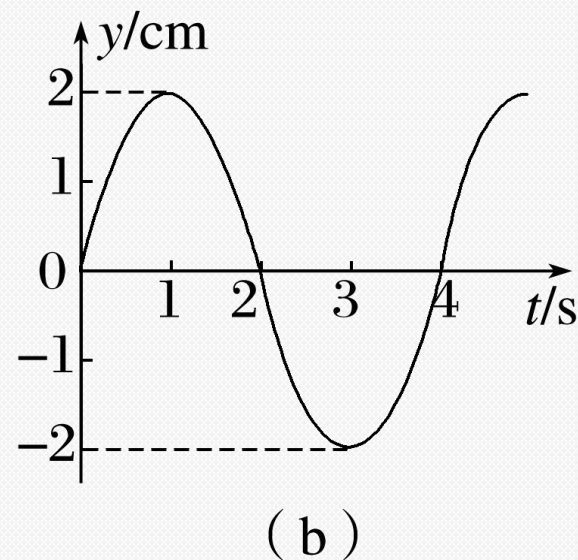
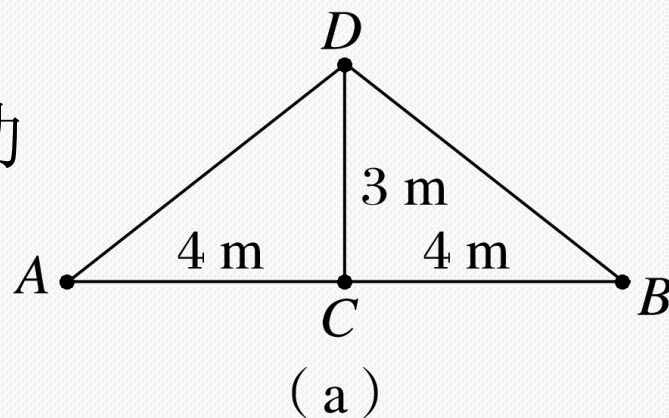
6 (2023·湖南卷·3)如图(a), 在均匀介质中有 A 、 B 、 C 和 D 四点, 其中 A 、 B 、 C 三点位于同一直线上, $AC=BC=4\text{ m}$, $DC=3\text{ m}$, DC 垂直 AB 。 $t=0$ 时, 位于 A 、 B 、 C 处的三个完全相同的横波波源同时开始振动, 振动图像均如图(b)所示, 振动方向与平面 ABD 垂直, 已知波长为 4 m 。 下列说法正确的是

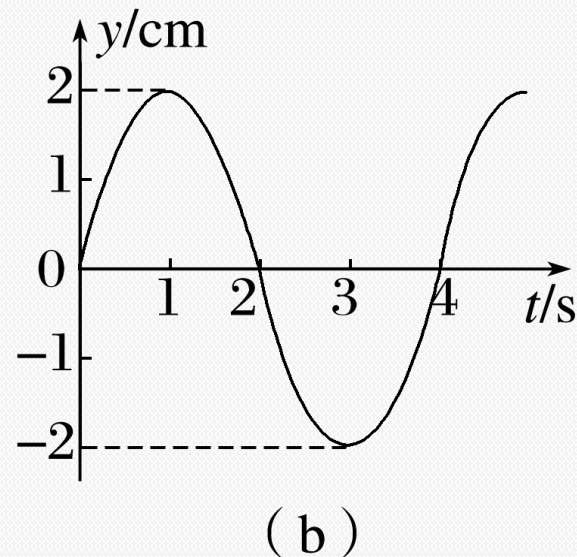
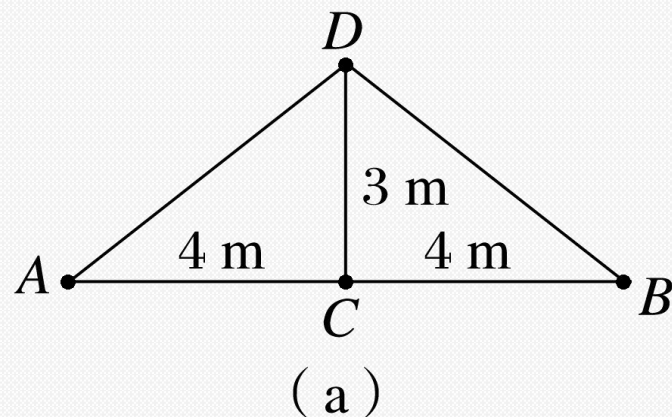
A. 这三列波的波速均为 2 m/s

B. $t=2\text{ s}$ 时, D 处的质点开始振动

✓ C. $t=4.5\text{ s}$ 时, D 处的质点向 y 轴负方向运动

D. $t=6\text{ s}$ 时, D 处的质点与平衡位置的距离是 6 cm

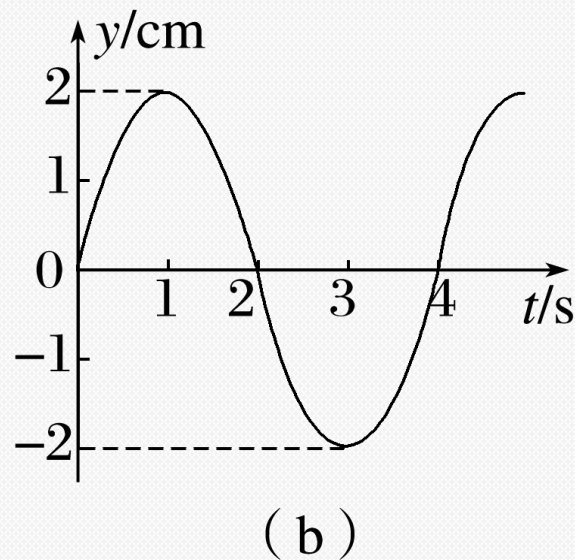
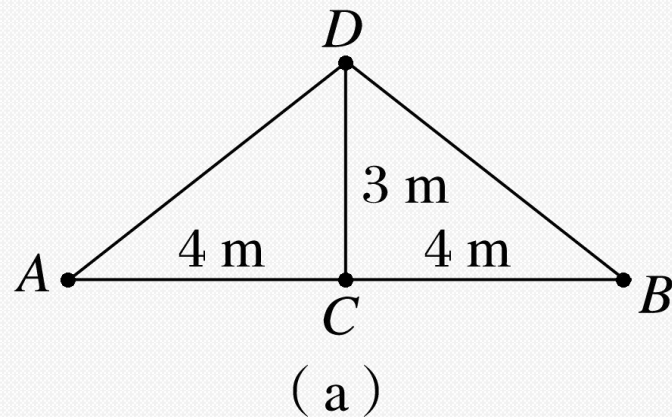




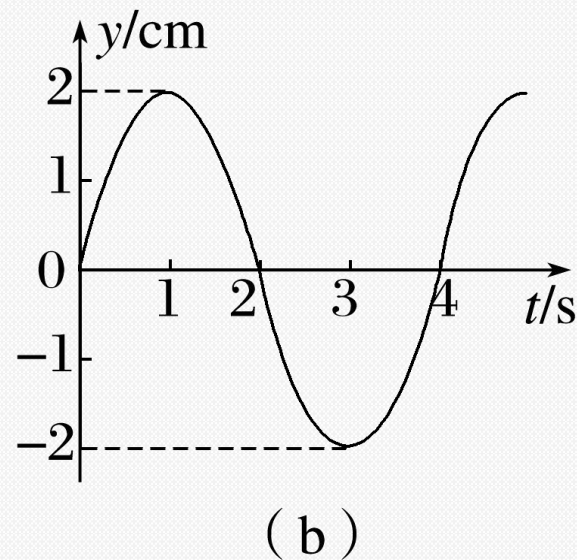
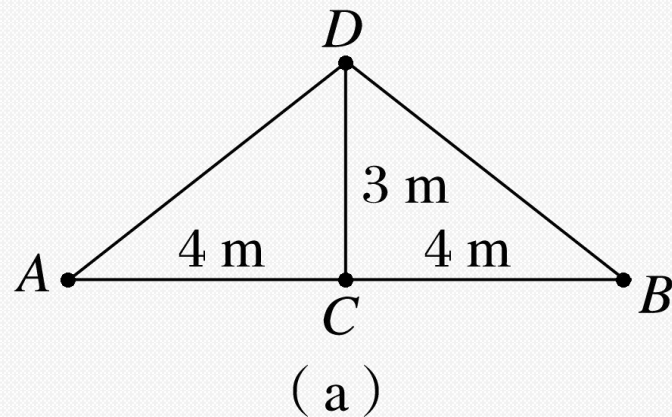
由图(b)的振动图像可知，振动的周期为 4 s，故三列波的波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 1 \text{ m/s}$ ，A 错误；

由图(a)可知，与 D 处距离最近的波源是波源 C，距离为 3 m，故开始振动后波源 C 处的横波传播到 D 处所需的时间为 $t_C = \frac{DC}{v} = 3 \text{ s}$ ，故 $t = 2 \text{ s}$ 时，D 处的质点还未开始振动，B 错误；

解析



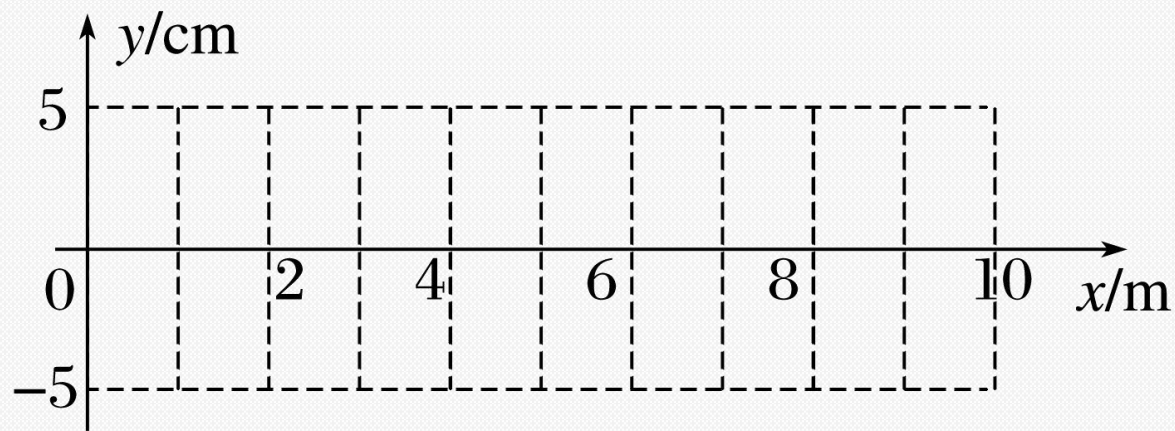
由几何关系可知 $AD=BD=5\text{ m}$ ，波源 A 、 B 产生的横波传播到 D 处所需的时间为 $t_{AB}=\frac{AD}{v}=5\text{ s}$ ，故 $t=4.5\text{ s}$ 时，仅波源 C 处的横波传播到 D 处，此时 D 处的质点振动时间为 $t_1=t-t_C=1.5\text{ s}$ ，由振动图像可知此时 D 处的质点向 y 轴负方向运动，C 正确；



$t=6$ s时，波源 C 处的横波传播到 D 处后振动时间为 $t_2=t-t_C=3$ s，由振动图像可知此时 D 处为波源 C 处传播横波的波谷； $t=6$ s时，波源 A 、 B 处的横波传播到 D 处后振动时间为 $t_3=t-t_{AB}=1$ s，由振动图像可知此时 D 处为波源 A 、 B 处传播横波的波峰。根据波的叠加原理可知此时 D 处质点的位移为 $y=2A-A=2$ cm，故 $t=6$ s时， D 处的质点与平衡位置的距离是2 cm，D错误。

7 (2023·全国甲卷·34(2))分别沿 x 轴正向和负向传播的两列简谐横波 P 、 Q 的振动方向相同振幅均为5 cm，波长均为8 m，波速均为4 m/s。 $t=0$ 时刻， P 波刚好传播到坐标原点处，该处的质点将自平衡位置向下振动； Q 波刚好传到 $x=10$ m处，该处的质点将自平衡位置向上振动。经过一段时间后，两列波相遇。

(1)在给出的坐标图上分别画出 P 、 Q 两列波在 $t=2.5$ s时刻的波形图(P 波用虚线， Q 波用实线)；



答案

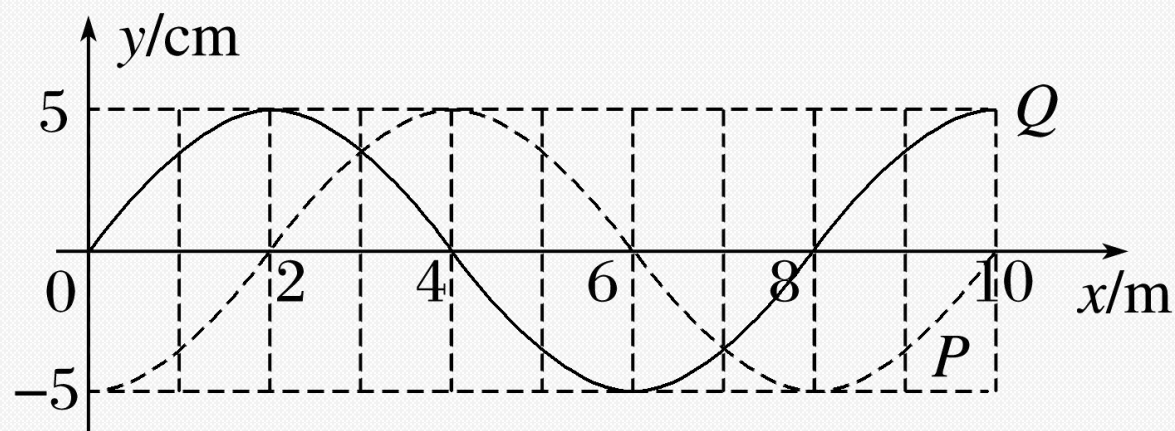
解析

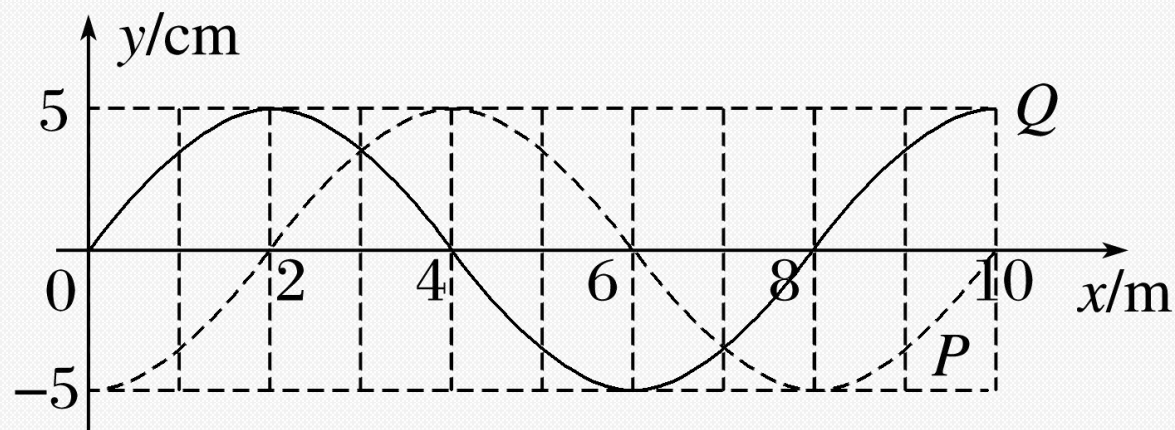
根据 $\Delta x = vt$ 得

$$\Delta x = 4 \times 2.5 \text{ m} = 10 \text{ m}$$

可知 $t = 2.5 \text{ s}$ 时 P 波刚好传播到 $x = 10 \text{ m}$ 处， Q 波刚好传播到 $x = 0$ 处，

根据上下坡法及两波的波长 $\lambda = 8 \text{ m}$ 可得波形图如图所示





(2) 求出图示范围内的介质中，因两列波干涉而振动振幅最大和振幅最小的平衡位置。

答案

解析

根据题意可知, P 、 Q 两波振动频率相同, 振动方向相反, 两波叠加时,

振动加强点的条件为到两波源的距离差 $\Delta x = \frac{(2n+1)\lambda}{2} (n=0,1,2\cdots)$

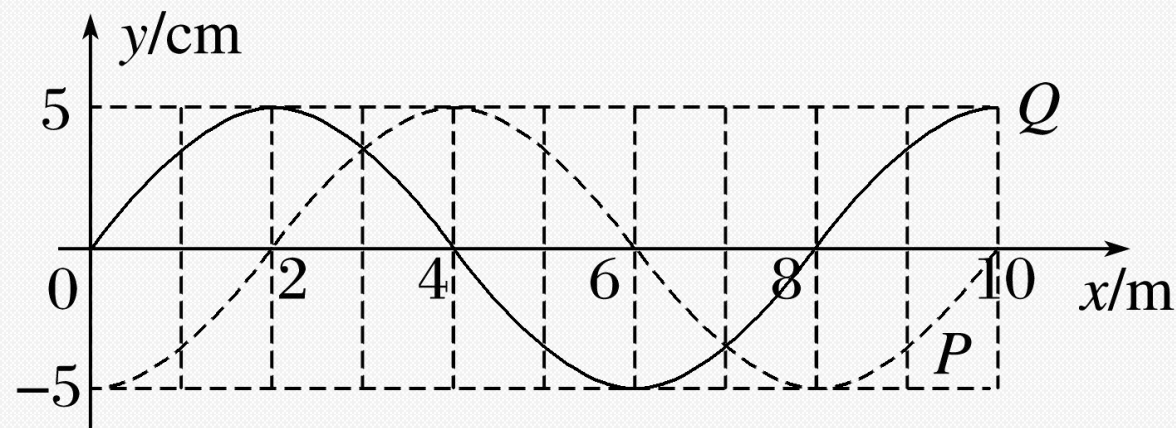
解得在图示范围内, 振幅最大的平衡位置有

$x=3\text{ m}$ 、 $x=7\text{ m}$

振动减弱的条件为 $\Delta x = n\lambda (n=0,1,2\cdots)$

解得在图示范围内, 振幅最小的平衡位置有

$x=1\text{ m}$ 、 $x=5\text{ m}$ 、 $x=9\text{ m}$ 。



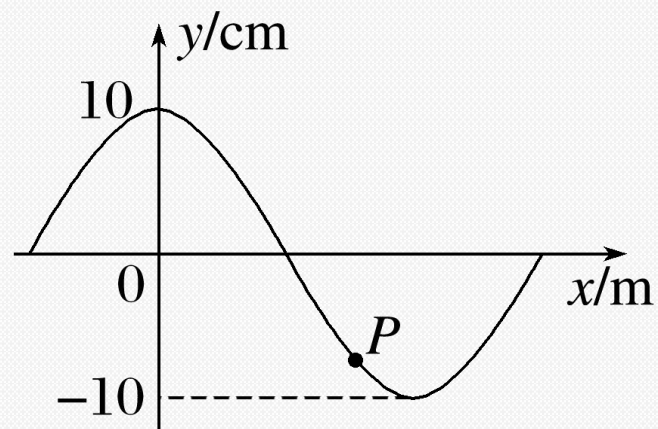


考点三

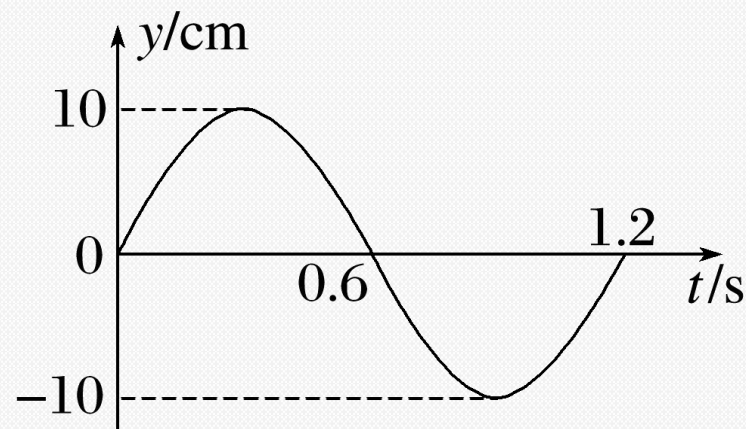
振动图像和波的图像的综合应用

8 (2023·江苏省苏北地区一模) 一列简谐横波在 $t=1.0\text{ s}$ 时的波形图如图甲所示, P 是介质中的质点, 图乙是质点 P 的振动图像, 已知该波在介质中的传播速度为 10 m/s , 则

- A. 该波沿 x 轴负方向传播
- B. 再经过 0.6 s , 质点 P 运动的路程为 6 m
- C. $t=1.0\text{ s}$ 时质点 P 离开平衡位置的位移为 $-5\sqrt{2}\text{ cm}$
- ✓ D. 质点 P 的平衡位置坐标为 $x=5\text{ m}$

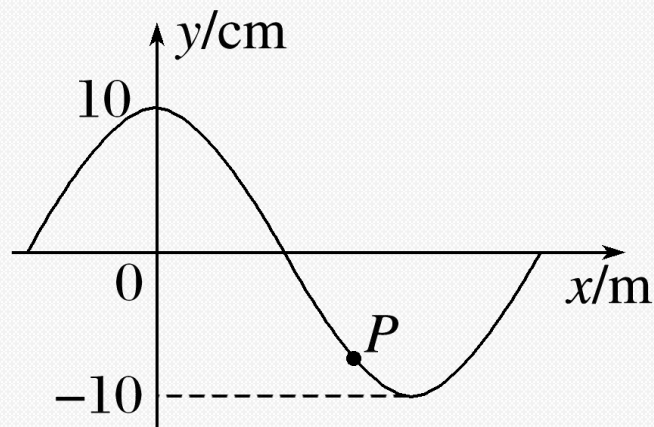


甲

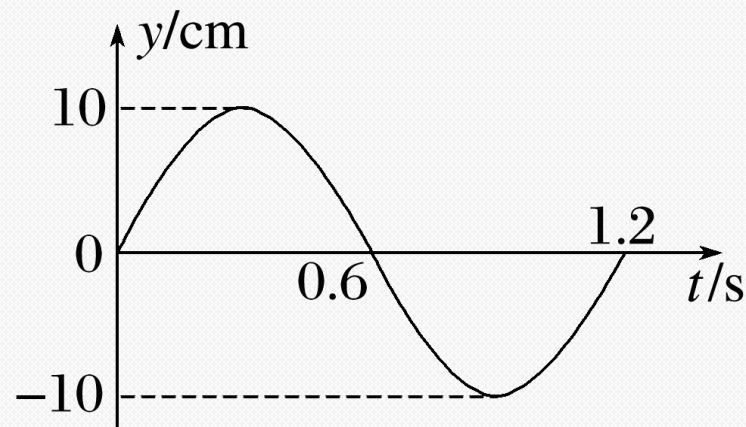


乙

解析



甲

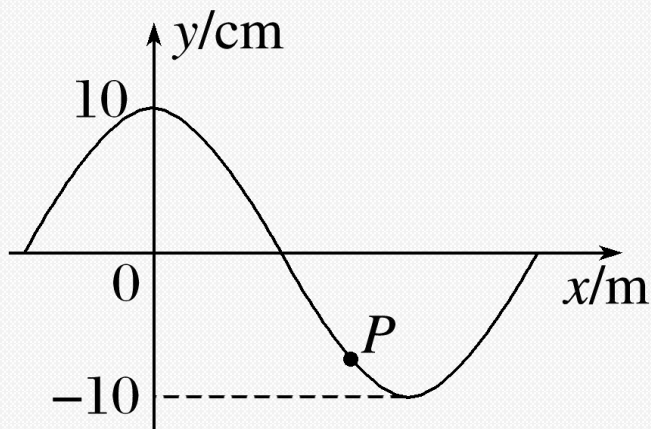


乙

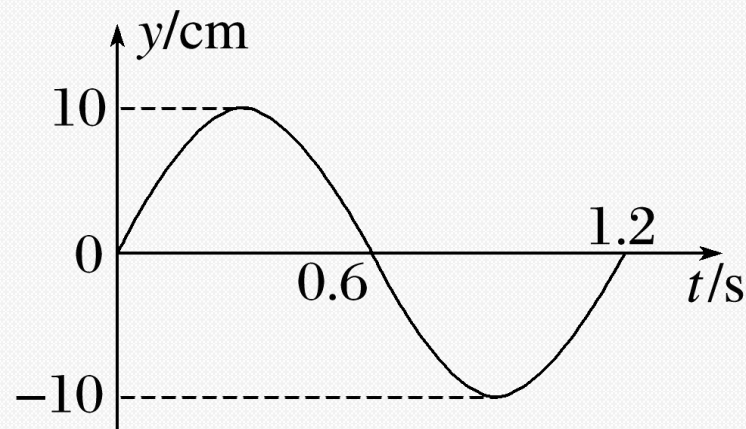
由题图乙可知， $t=1.0\text{ s}$ 时， P 点振动方向向上，根据上下坡法，波沿 x 轴正方向传播，A错误；

经过1个周期，即 1.2 s ，质点经过的路程 $s=4A$ ，经过0.5个周期，即 0.6 s ，经过的路程 $s'=2A$ ，以上规律质点在任何位置开始都适用，故再经过 0.6 s ，质点 P 运动的路程为 0.2 m ，B错误；

解析



甲



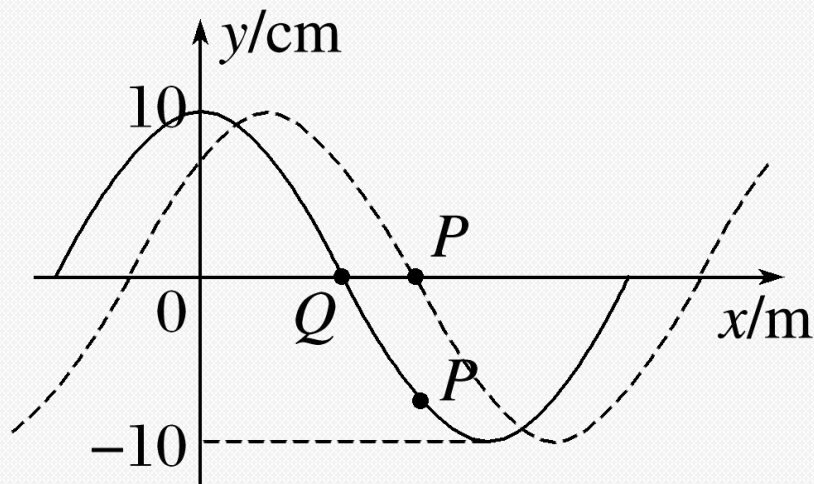
乙

由题图乙可得简谐运动的表达式 $y = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right) = 10 \sin \left(\frac{5\pi}{3} t \right) \text{ cm}$, 当 $t =$

1.0 s 时, 解得质点 P 离开平衡位置的位移为 $y = 10 \sin \left(\frac{5\pi}{3} \right) \text{ cm} = -5\sqrt{3} \text{ cm}$,

C 错误;

解析



由题图乙可知，当 $t' = 1.2 \text{ s}$ 时， P 点振动到平衡位置，该波沿 x 轴正方向传播，此时的波形图如图中虚线，所以 $v = \frac{x_{QP}}{t' - t} = 10 \text{ m/s}$ ，解得 $x_{QP} = 2 \text{ m}$ ，又由 $\lambda = vT = 10 \times 1.2 \text{ m} = 12 \text{ m}$ ，所以 $x_P = \frac{1}{4}\lambda + x_{QP} = 5 \text{ m}$ ，D 正确。



高考预测

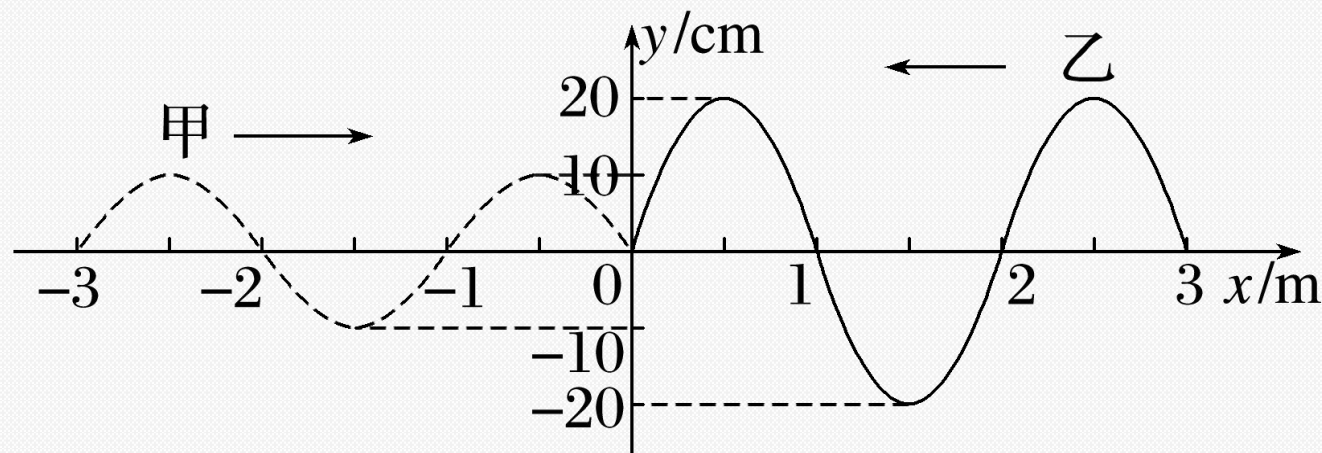
1.(2023·江苏常州市期末)甲、乙两列简谐横波在同一均匀介质中传播,甲波沿 x 轴正方向传播,乙波沿 x 轴负方向传播, $t=0$ 时刻两列波恰好在坐标原点相遇,波形图如图所示。则

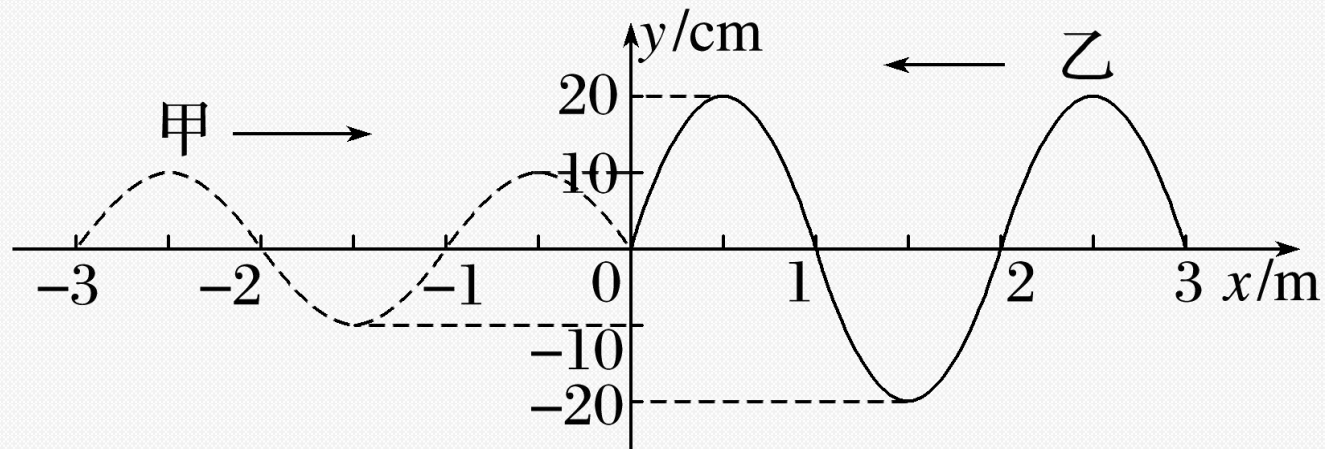
A. $x=-3\text{ m}$ 处的质点起振时向
 y 轴负向运动

B.甲、乙两列波不具有相干性

C.坐标原点为振动减弱点

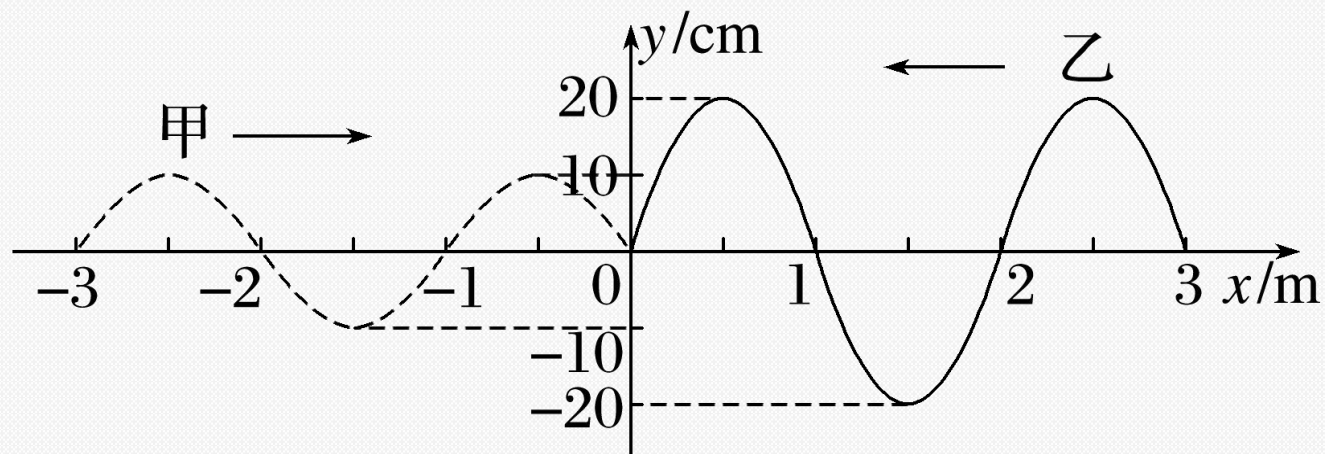
✓D.两个相邻振动加强点间的距离为 1 m





$x = -3 \text{ m}$ 处的质点起振是由甲波引起的，由图像可知甲波在坐标原点的起振方向向 y 轴正向运动，则 $x = -3 \text{ m}$ 处的质点起振时向 y 轴正向运动，故A错误；甲、乙两列简谐横波在同一均匀介质中传播，可知传播速度相等，由图像可知两波波长相等，则甲、乙两列波具有相同的频率，甲、乙两列波具有相干性，故B错误；

由于甲、乙两列波的波速相等，由图像可知，两列波的波峰同时传到坐标原点，则坐标原点为振动加强点，故C错误；



由于甲、乙两波波长相等，波速相等，又同时传播到坐标原点，设乙波波源坐标为 x_0 ，则甲波波源坐标为 $-x_0$ ，设两波源间的两点分别为相邻的振动加强点，坐标分别为 x_1 、 x_2 ，则有 $\Delta x_1 = (x_1 + x_0) - (x_0 - x_1) = 2x_1 = n\lambda$ ， $\Delta x_2 = (x_2 + x_0) - (x_0 - x_2) = 2x_2 = (n+1)\lambda$ ，可知两个相邻振动加强点间的距离为 $\Delta x = x_2 - x_1 = \frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2} \times 2 \text{ m} = 1 \text{ m}$ ，故 D 正确。

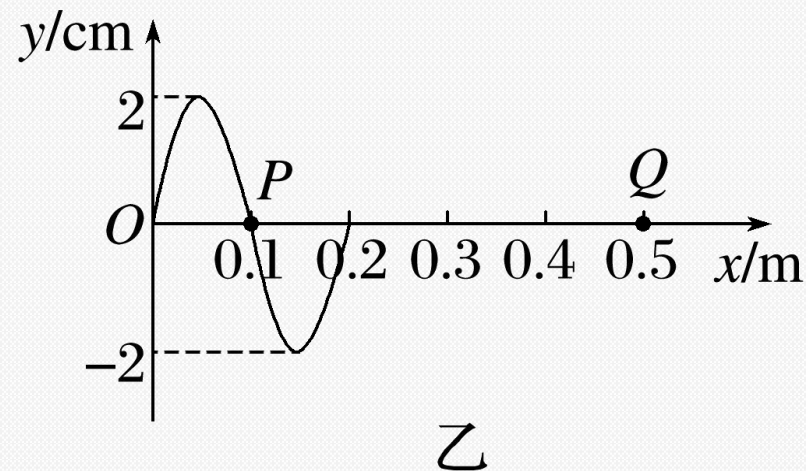
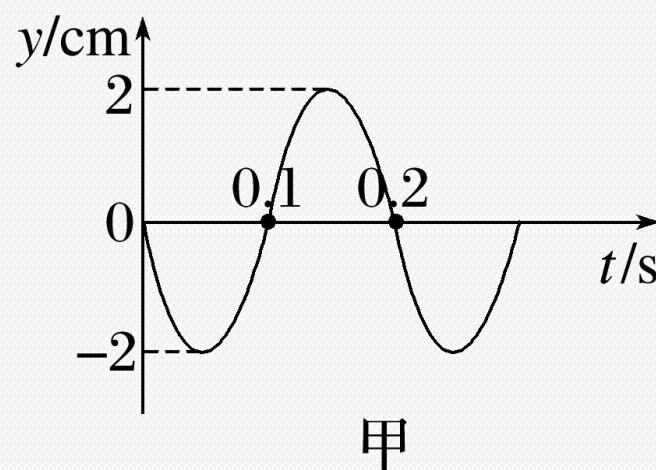
2.(2023·江苏淮安市模拟)如图所示, 甲图为波源的振动图像, 乙图为该波源在某介质中产生的横波 t_0 时刻的波形图像, O 点是波源, 则下列说法正确的是

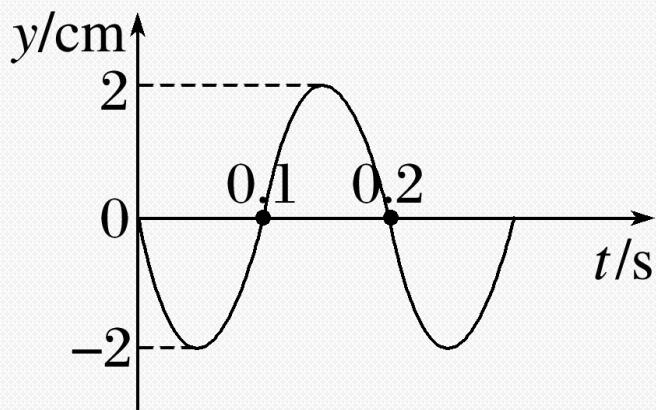
✓ A. 该波的传播速度为1 m/s

B. 再经过0.3 s, 乙图中质点
 Q 刚好开始振动, Q 的起振
方向沿 y 轴正方向

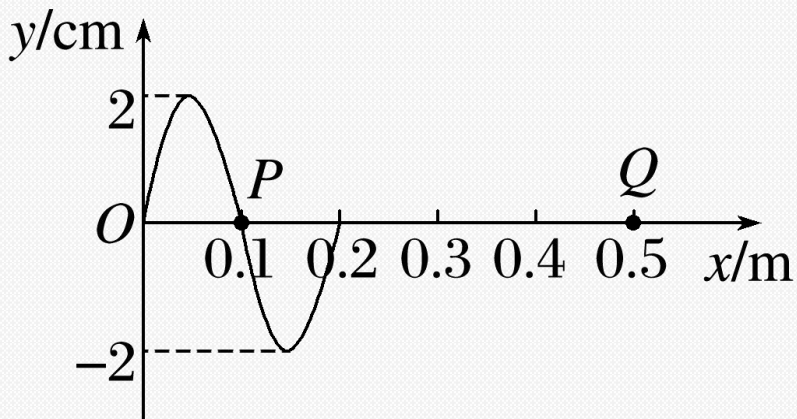
C. 当乙图中质点 Q 第一次到达波峰时, 质点 P 正处于平衡位置向下振动

D. 从该时刻到质点 Q 开始振动, 质点 P 运动的路程为0.3 m





甲



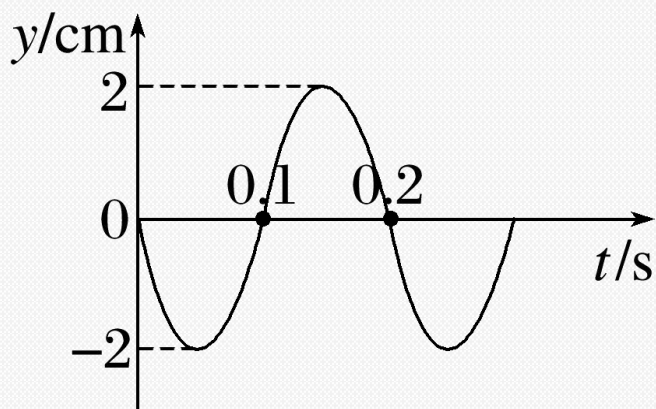
乙

由题图甲可知该波的周期为 0.2 s ，由题图乙可知该波的波长为 0.2 m ，

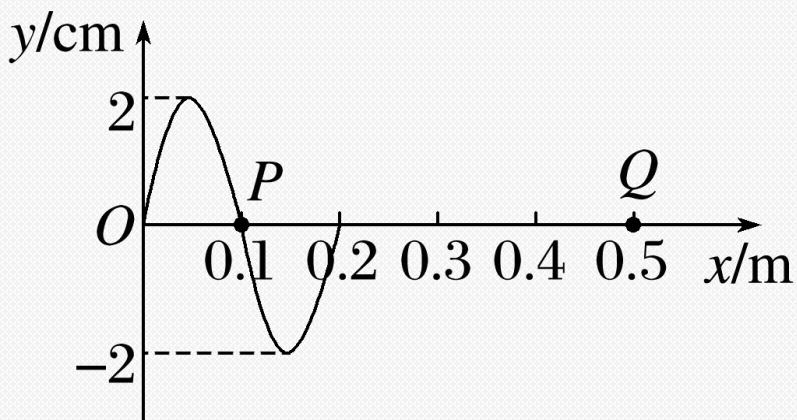
则该波的波速 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0.2}{0.2}\text{ m/s} = 1\text{ m/s}$ ，故 A 正确；

由题图乙可知 t_0 时刻波刚好传播到 $x = 0.2\text{ m}$ 处，经过 0.3 s ，波传播的距离 $x = vt = 1 \times 0.3\text{ m} = 0.3\text{ m}$ ，可知波传播到 $x = 0.5\text{ m}$ 处的质点 Q ，结合题图甲可知 Q 的起振方向沿 y 轴负方向，故 B 错误；

解析



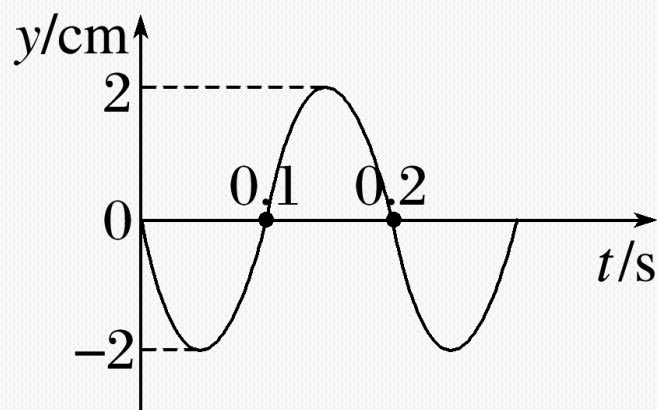
甲



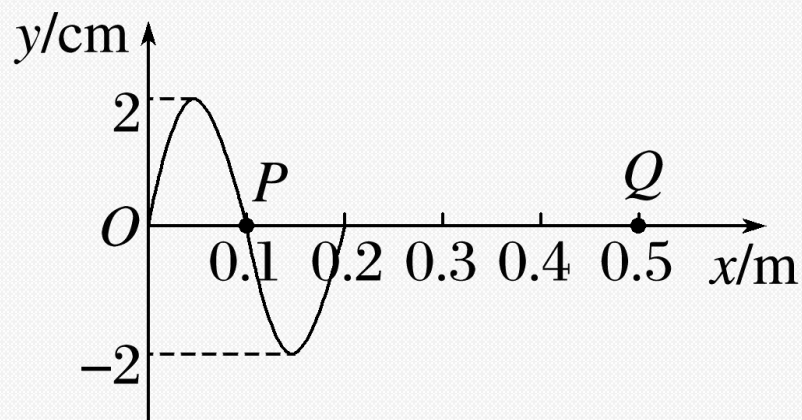
乙

由 B 选项分析可知波传播到 $x=0.5\text{ m}$ 处的质点 Q 后，第一次到达波峰还需要的时间 $t' = \frac{3}{4}T = 0.15\text{ s}$ ，即从 t_0 时刻起，经过的时间为 0.45 s ，即 $\frac{9}{4}T$ ，由同侧法可知， t_0 时刻质点 P 向 y 轴正方向振动，经过 $\frac{9}{4}T$ 后，质点 P 正处于波峰位置，故 C 错误；

解析



甲



乙

从该时刻到质点 Q 开始振动, 经过的时间为 0.3 s , 即 $\frac{3}{2}T$, 质点 P 运动的路程 $s=6A=6\times 2\text{ cm}=0.12\text{ m}$, 故 D 错误。



专题强化练



1.(2023·江苏省盐城中学三模)某同学用音频发生器产生两个特定频率音调do和sol, 其振动图像分别为如图甲和图乙所示。下列说法正确的是

A.do和sol的周期之比

约为2:1

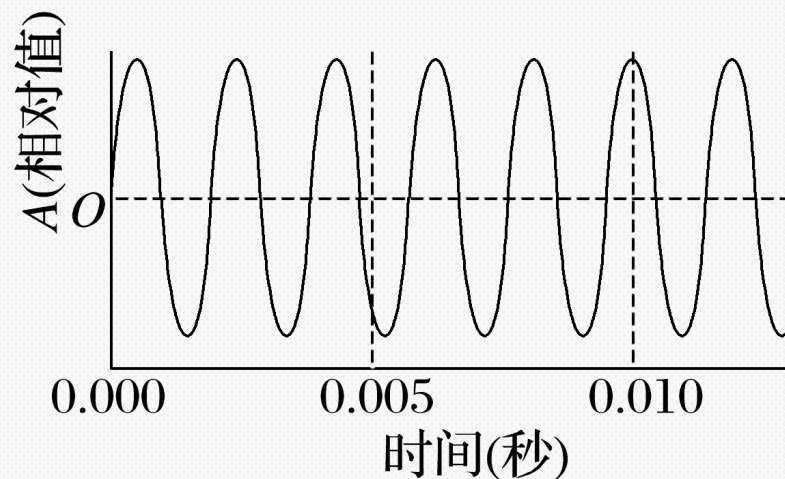
B.do和sol的频率之比

约为3:2

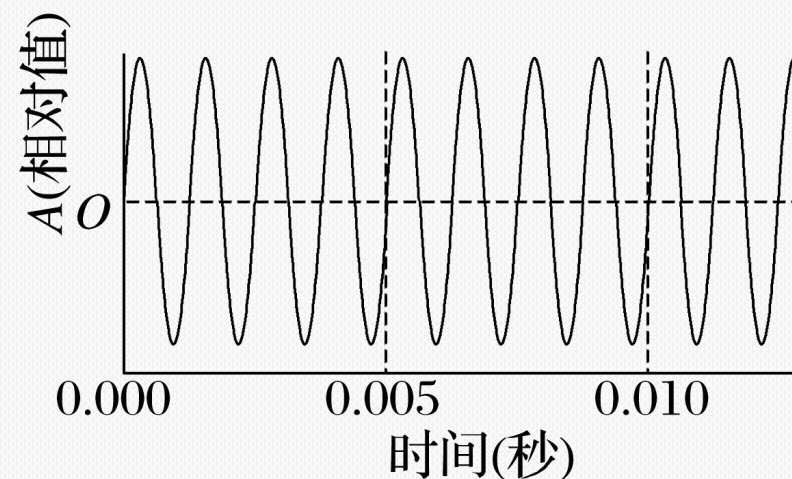
✓C.do和sol在空气中传

播的波长之比约为3:2

D.do和sol在空气中传播的速度大小之比约为2:3

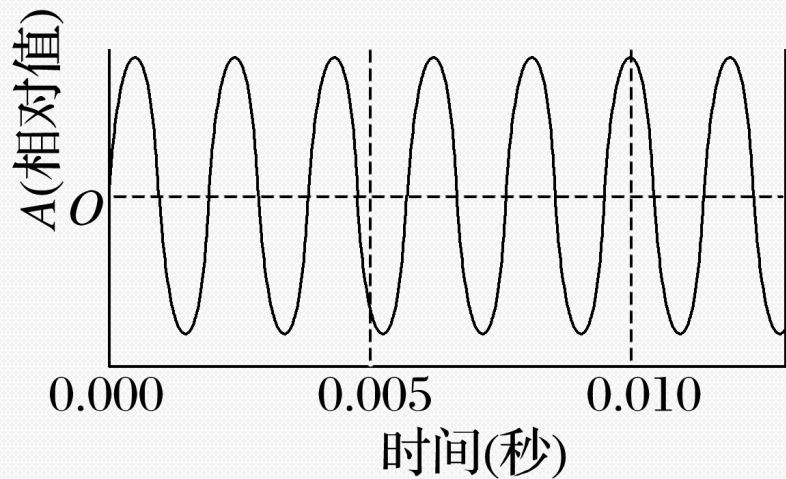


甲

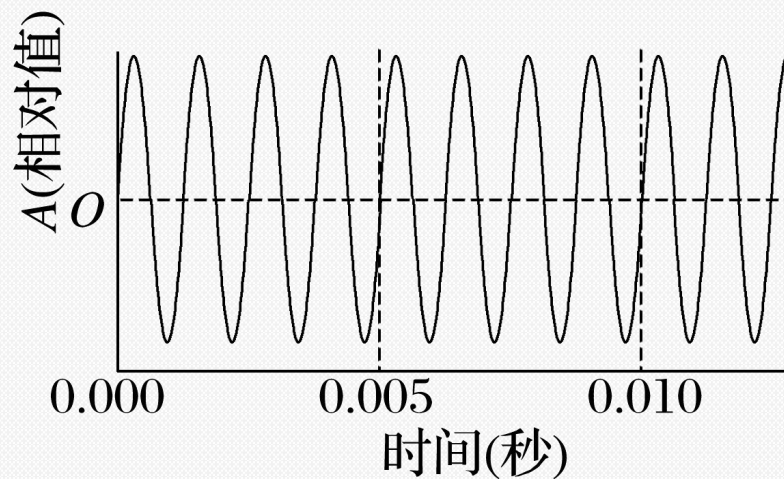


乙

解析



甲

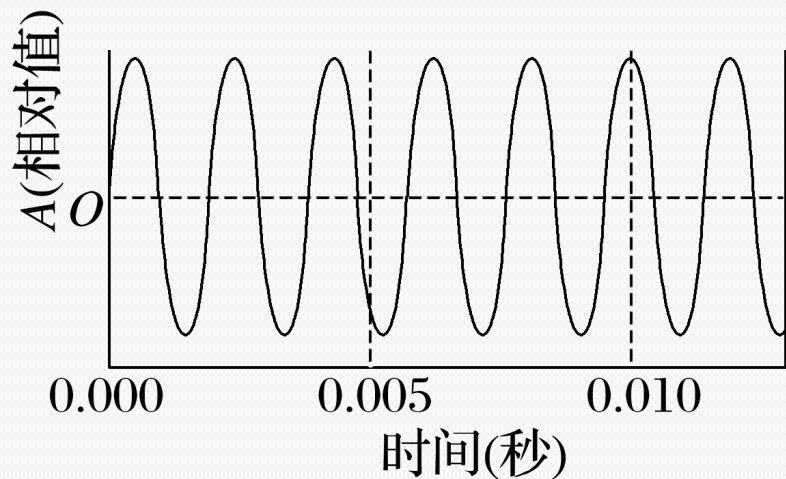


乙

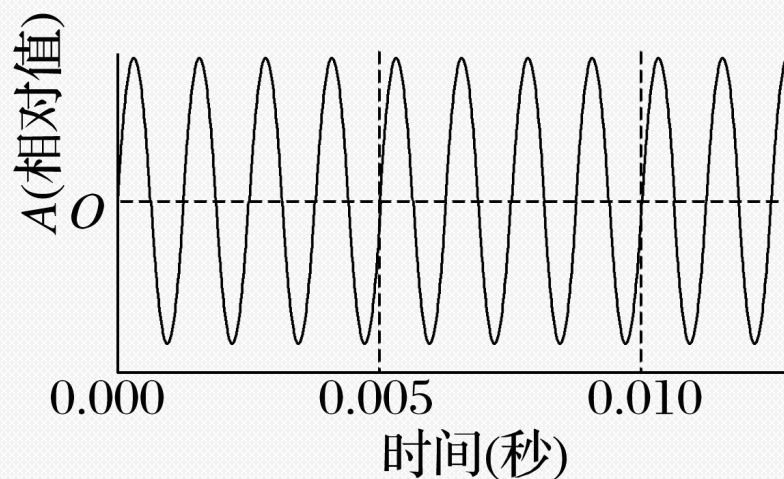
由图像可知，do 和 sol 的周期分别为 $T_1 = \frac{0.01}{5.25} \text{ s} = \frac{1}{525} \text{ s}$ ， $T_2 = \frac{0.005}{4} \text{ s} = \frac{1}{800} \text{ s}$ ，所以周期之比为 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{800}{525} = \frac{32}{21} \approx \frac{3}{2}$ ，则频率之比为 $\frac{f_1}{f_2} = \frac{T_2}{T_1} \approx \frac{2}{3}$ ，

故 A、B 错误；

解析



甲



乙

do 和 sol 两者在空气中传播速度大小相等, 由公式 $\lambda = v \cdot T$, do 和 sol 在空气中传播的波长之比约为 $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{T_1}{T_2} \approx \frac{3}{2}$, 故 C 正确, D 错误。

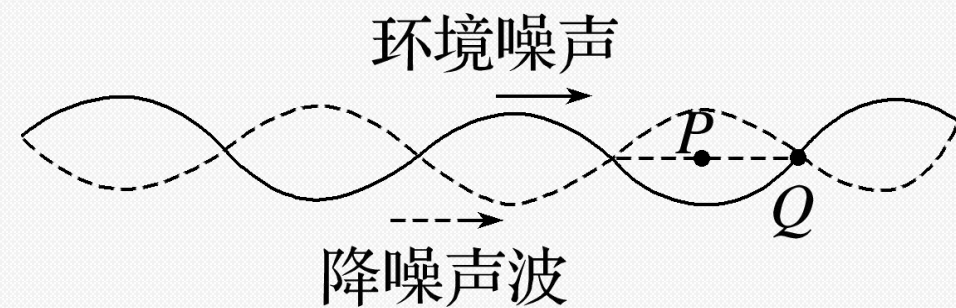
2.手机上一般会有两个麦克风，一个位于手机下方，另一个位于手机顶部。位于手机顶部的麦克风为降噪麦克风。降噪麦克风通过降噪系统产生与外界噪音等幅、等频的声波，与噪音叠加从而实现降噪的效果。理想降噪过程如图所示，实线对应环境噪声，虚线对应降噪系统产生的声波。下列说法正确的是

A.图示两列波叠加会产生振动加强点与振动减弱点相间的稳定干涉波形

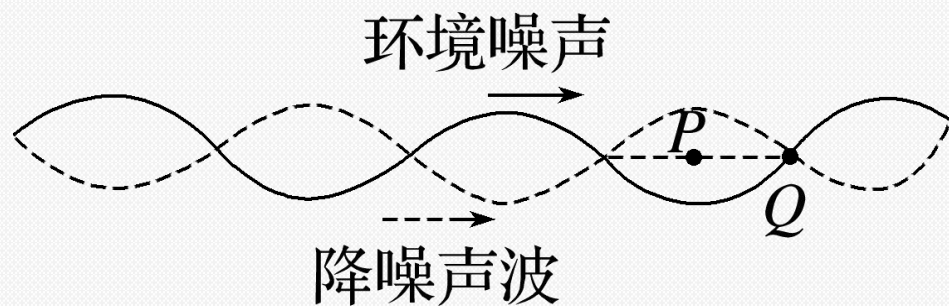
B.图中 P 点为振动加强点， Q 点为振动减弱点

C.图中 P 点为振动减弱点， Q 点为振动加强点

✓ D.噪音声波与降噪系统产生的声波相位相反



解析



降噪声波总是和环境噪声的相位相反，使两列波叠加区域内处处振动减弱，实现降噪的效果，A错误，D正确；

P 、 Q 两点均为振动减弱点，B、C错误。

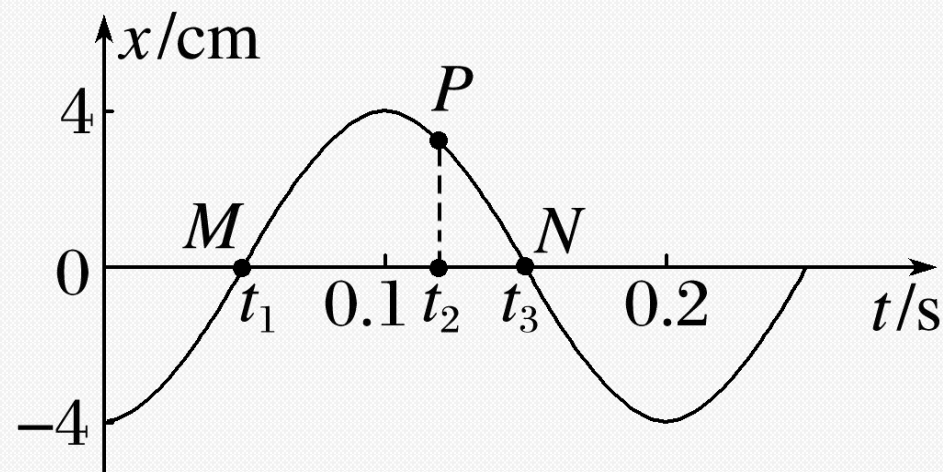
3.如图所示是某水平弹簧振子做简谐运动的 $x-t$ 图像， M 、 P 、 N 是图像上的3个点，分别对应 t_1 、 t_2 、 t_3 时刻。下列说法正确的是

A.该振子的周期是0.2 s，振幅是8 cm

B.在 t_2 时刻振子的速度方向就是图像上
 P 点的切线方向

C.在 t_1 到 t_2 过程振子的速度先增大后减小

✓D.在 t_2 到 t_3 过程振子的加速度逐渐减小



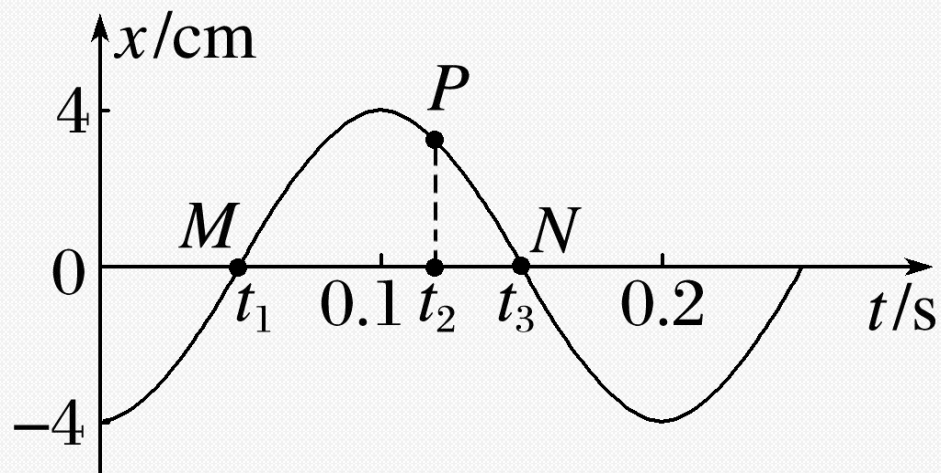
解析

由振动图像可知，该振子的周期是 $T=0.2\text{ s}$ ，振幅是 $A=4\text{ cm}$ ，故A错误；

振动图像不是弹簧振子的运动轨迹，所以在 t_2 时刻振子的速度方向不是图像

上 P 点的切线方向，在 t_2 时刻振子的速度方向指向振子的平衡位置，故B错误；

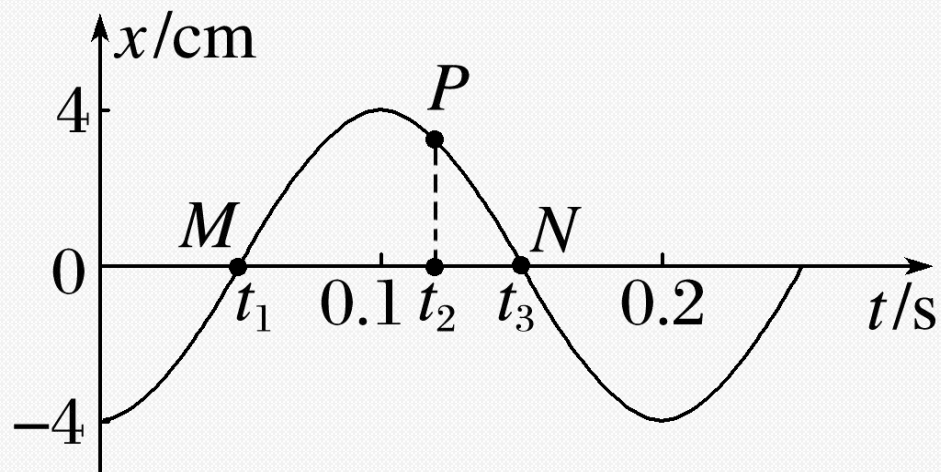
由振动图像可知，在 t_1 到 t_2 过程振子先向正向最大位移方向运动，到达正向最大位移处后接着又朝着平衡位置运动，所以振子的速度先减小后增大，故C错误；



解析

力可逐渐减小，振子逐渐向平衡位置运动。

逐渐运动，振子偏离平衡位置的位移 x 逐渐减小，速度减小，根据 $a = \frac{kx}{m}$ 可知，振子的力逐渐减小，故 D 正确。



4.(2023·江苏徐州市第一次调研)“战绳”是一种近年流行的健身器材，健身者把两根相同绳子的一端固定在同一点，用双手分别握住绳子的另一端，上下抖动绳子使绳子振动起来(图甲)。以手的平衡位置为坐标原点，图乙是健身者右手在抖动绳子过程中某时刻的波形，若右手抖动的频率是 0.5 Hz ，下列说法正确的是

A.该时刻 P 点的位移为 $10\sqrt{3}\text{ cm}$

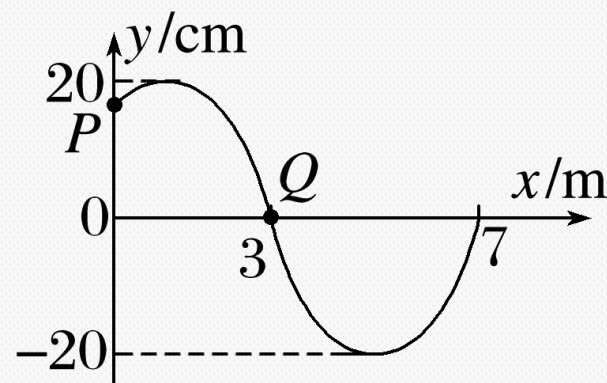
☒ B.再经过 0.25 s ， P 点到达平衡位置

C.该时刻 Q 点的振动方向沿 y 轴负方向

D.从该时刻开始计时，质点 Q 的振动方程为 $y=20\sin(\pi t+\pi)\text{ cm}$



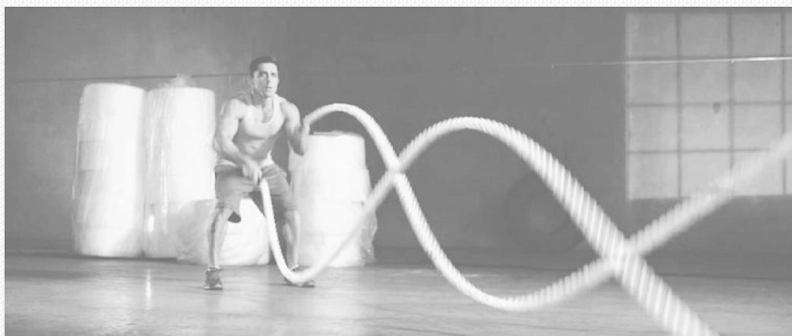
甲



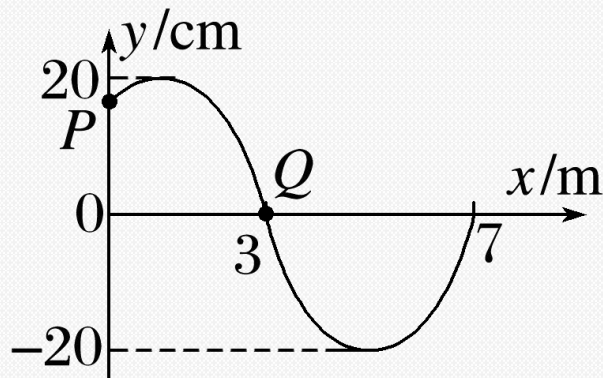
乙

解析

频率 $f=0.5\text{ Hz}$ ，由题图可知波的波长为 $\lambda=8\text{ m}$ ，振幅 $A=20\text{ cm}$ ，波向右传播，该时刻 P 点的振动方



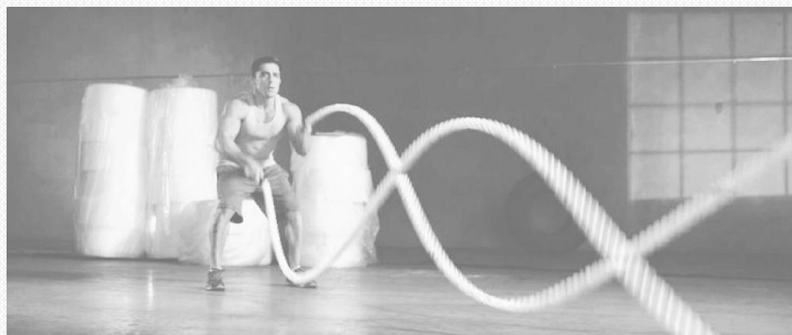
甲



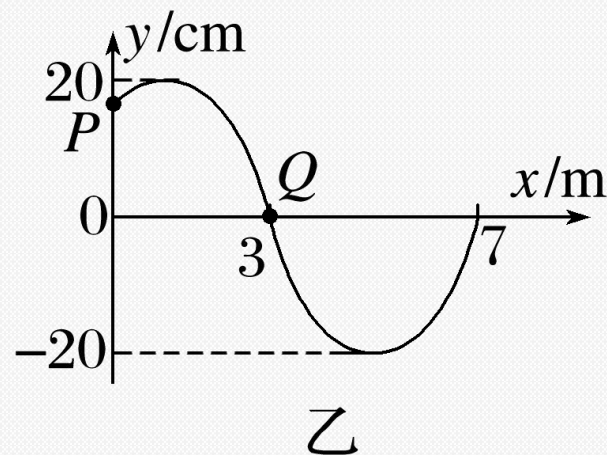
乙

向沿 y 轴负方向， Q 点的振动方向沿 y 轴正方向，故从该时刻开始计时， P 点的振动方程为 $y=20\sin(\pi t+\frac{3\pi}{4})\text{ cm}$ ，故 $t=0$ 时 P 点的位移为 $y=10\sqrt{2}\text{ cm}$ ，当 $t=0.25\text{ s}$ 时 P 点的位移为 $y'=0$ ， P 点到达平衡位置，A、C 错误，B 正确；

解析



甲



乙

从该时刻开始计时，质点 Q 从平衡位置向上振动，故质点 Q 的振动方程为 $y=20\sin(\pi t)$ cm，D错误。

5.(2023·江苏南京市外国语学校期末)一列简谐横波在同一均匀介质中沿 x 轴方向传播, $t=0.2\text{ s}$ 时刻的波形图如图甲所示, 质点 M 的平衡位置在 $x=7.5\text{ cm}$ 处, 质点 N 的平衡位置在 $x=3\text{ cm}$ 处, 质点 N 的振动图像如图乙所示。

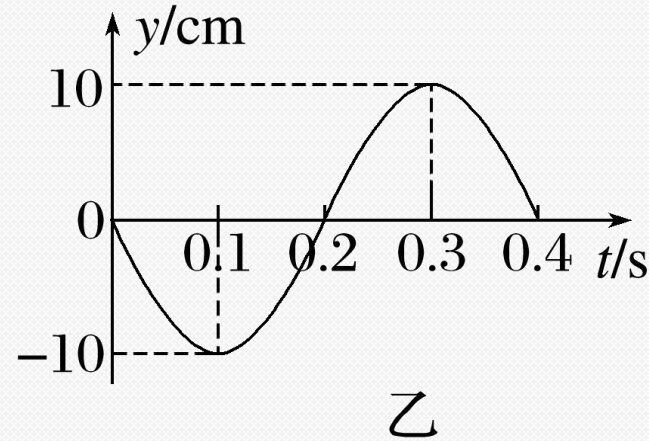
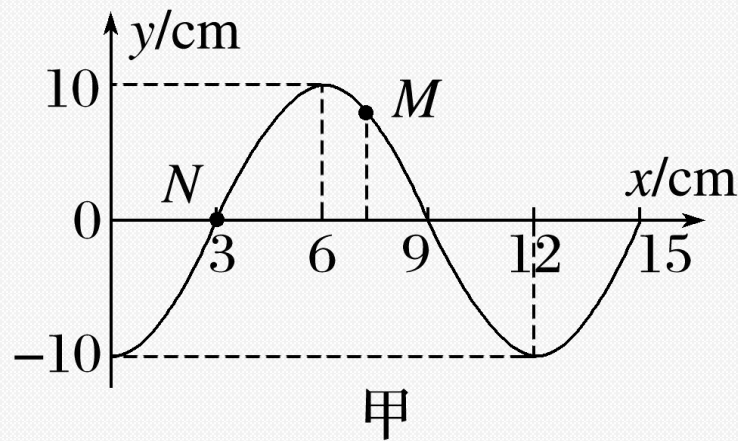
下列说法正确的是

A.该波沿 x 轴正方向传播

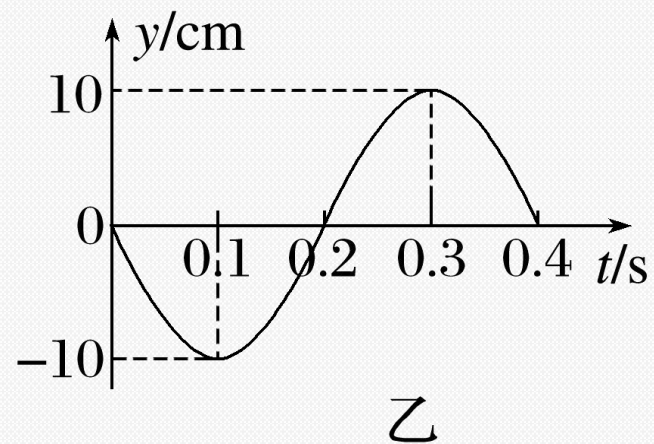
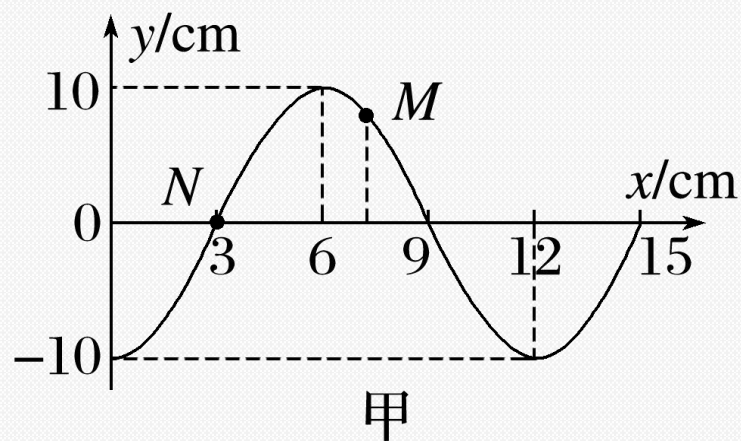
☒ B. $t=0$ 时刻, 质点 M 回复力的方向沿 y 轴正向

C.该波的传播速度大小为 0.2 m/s

D. $0\sim 2\text{ s}$ 内质点 M 运动的路程为 1.8 m

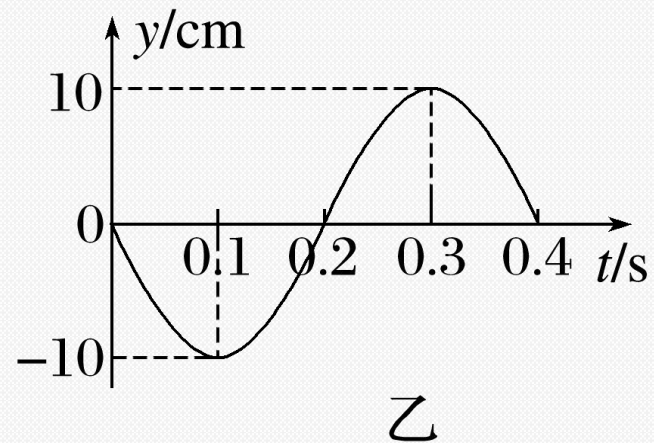
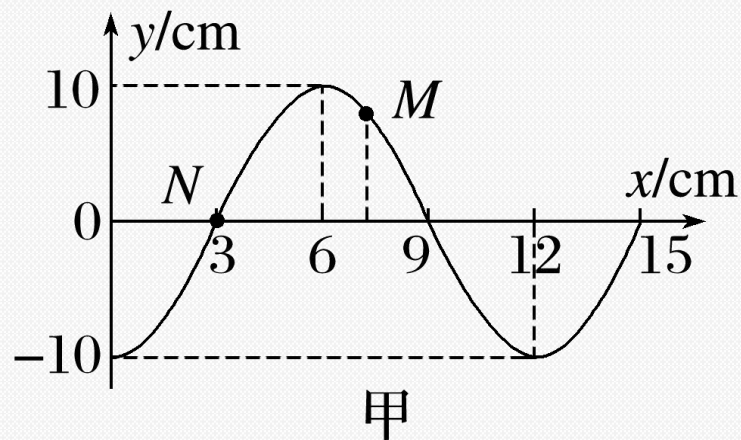


解析



由题图乙可知， $t=0.2\text{ s}$ 时刻质点 N 经过平衡位置沿 y 轴正方向运动，结合题图甲由同侧法可知，该波沿 x 轴负方向传播，A错误；

由题图甲可知该波的波长为 $\lambda=12\text{ cm}$ ，由题图乙可知该波的周期为 $T=0.4\text{ s}$ ，故该波的传播速度大小为 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{0.12}{0.4}\text{ m/s}=0.3\text{ m/s}$ ，C错误；



在0.2 s内该波向左传播的距离为 $x = vt = 0.3 \times 0.2 \text{ m} = 0.06 \text{ m}$ ，根据平移法可知， $t = 0$ 时刻，质点 M 在平衡位置下方，所以质点 M 回复力的方向沿 y 轴正向，B正确；

该波的周期 $T = 0.4 \text{ s}$ ，故2 s内质点 M 振动了5个周期，由图像可知该波的振幅为 $A = 10 \text{ cm}$ ，故0~2 s内质点 M 运动的路程为 $s = 5 \times 4A = 2 \text{ m}$ ，D错误。

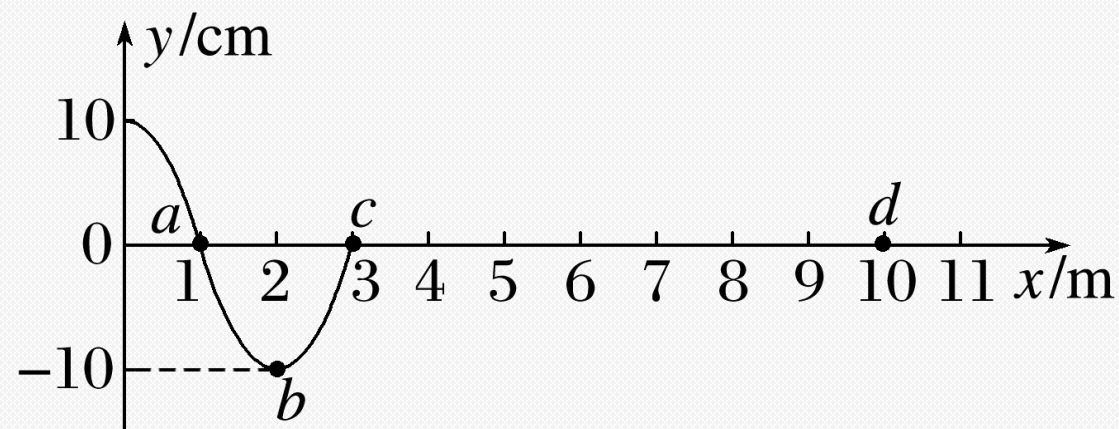
6. 一列沿 x 轴正向传播的简谐波， $t=0$ 时刻的波形如图所示， $t=7\text{ s}$ 时 d 质点第二次位于波峰位置，下列说法正确的是

A. 波上各质点的起振方向向上

B. 波的传播速度大小为 4 m/s

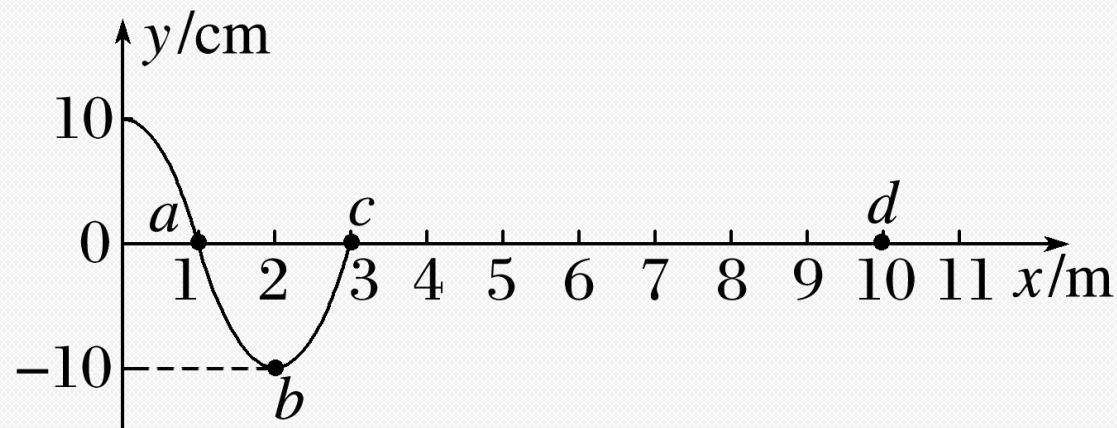
✓ C. $0\sim 7\text{ s}$ 内 a 、 b 两质点运动路程均为 1.4 m

D. b 质点的振动方程为 $y_b = -10\cos 2\pi t(\text{ cm})$



解析

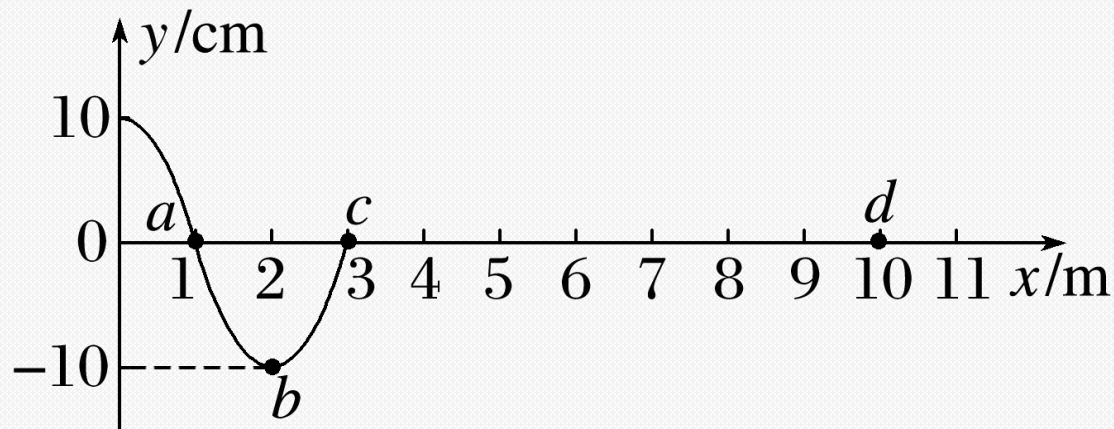
根据 $t=0$ 时刻的波形图，波沿 x 轴正向传播，此时波恰好传到 c 点，根据波的传播方向与振动方向的关系， c 点振动方向向下，故各质点的起振方向向下，故A错误；



由波形图可知，波长为 $\lambda=4\text{ m}$ ，设波速大小为 v ，周期为 T ，有 $v=\frac{\lambda}{T}$ ， $t=7\text{ s}$ 时 d 质点第二次位于波峰，则 $\Delta t=\frac{x_d-x_c}{v}+\frac{7}{4}T=7\text{ s}$ ，解得 $T=2\text{ s}$ ， $v=2\text{ m/s}$ ，故B错误；

解析

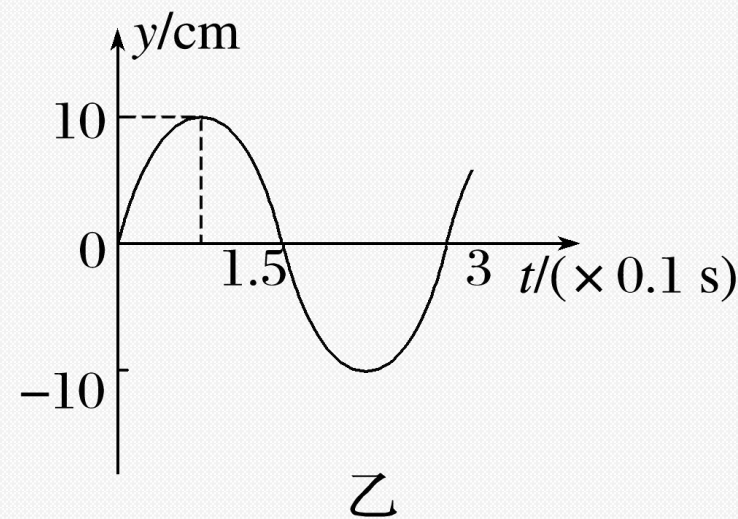
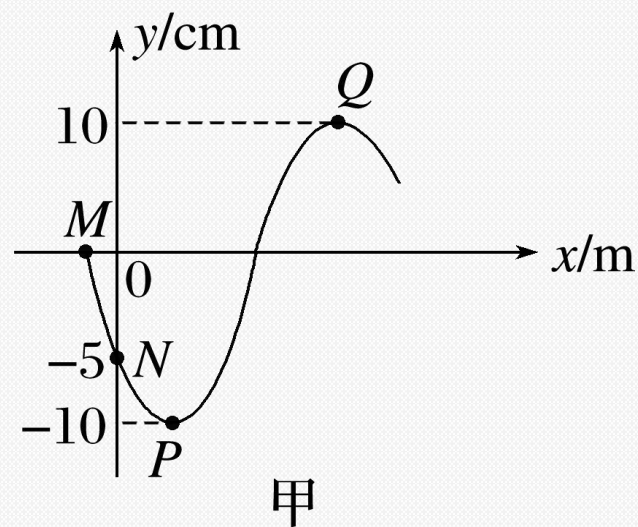
由于 $7\text{ s} = 3.5T$ ，且 $t=0$ 时刻 a 、 b 两点均在特殊位置，所以两质点振动的总路程相等，大小为 $s = 4A \times 3.5 = 140\text{ cm} = 1.4\text{ m}$ ，故C正确； b 点的振动方程为 $y_b = -10\cos \pi t\text{ (cm)}$ ，故D错误。



7.(2023·江苏南京市金陵中学模拟)一列沿 x 轴传播的简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形如图甲所示, M 、 N 、 P 、 Q 是介质中的四个质点, M 点位于平衡位置、 P 点和 Q 点分别位于波谷和波峰, M 、 Q 两质点平衡位置之间的距离为9 m, M 点的振动情况如图乙所示。

(1)求该波的传播速度大小 v ;

答案 40 m/s

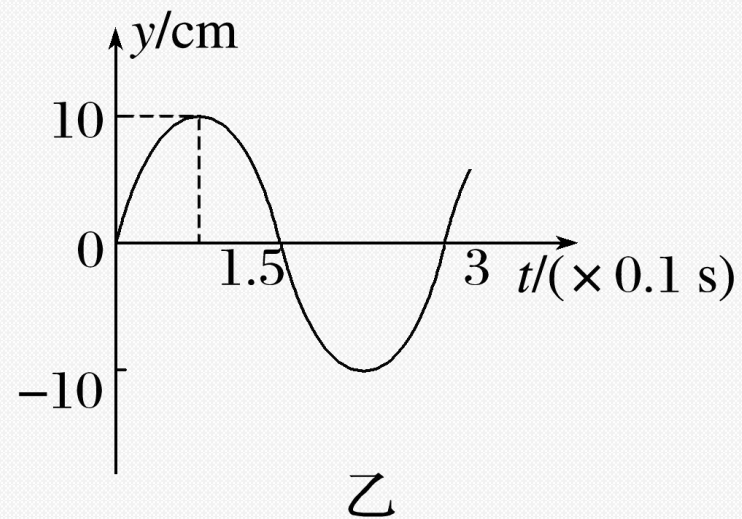
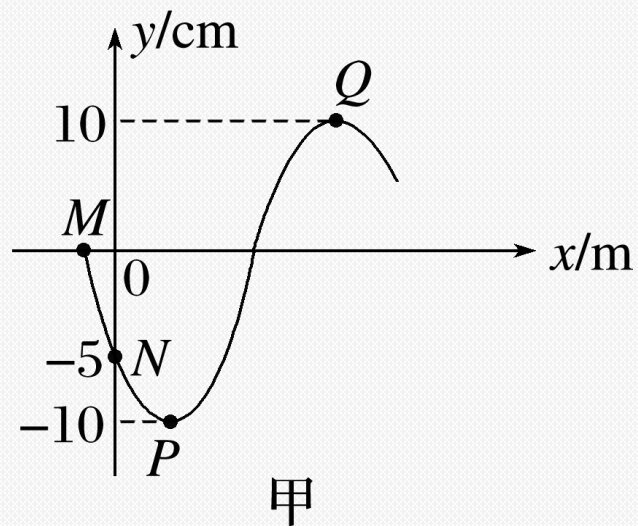


解析

由题可知 $\frac{3}{4}\lambda = 9\text{ m}$,

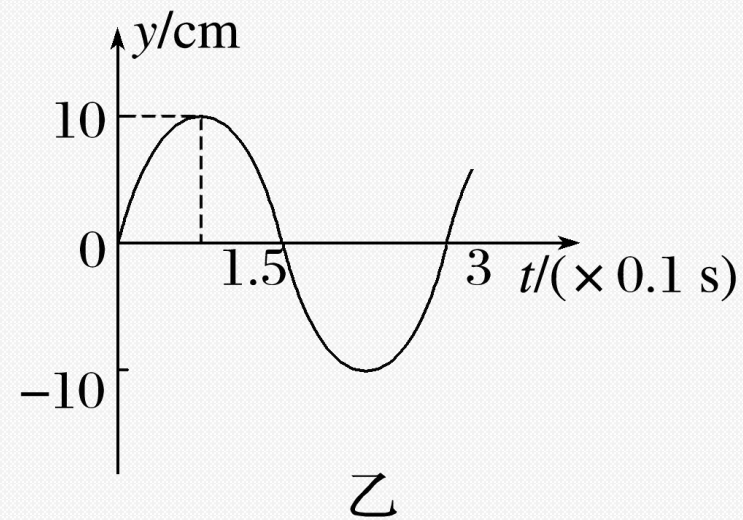
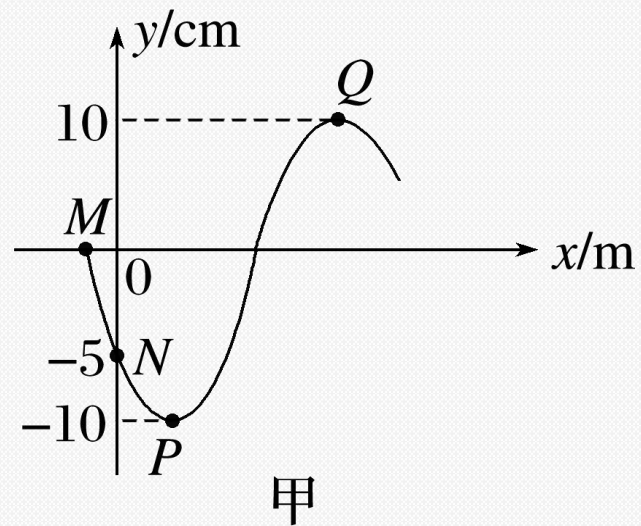
则 $\lambda = 12\text{ m}$, $T = 0.3\text{ s}$,

则 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{12}{0.3}\text{ m/s} = 40\text{ m/s}$



(2)求 Q 质点的平衡位置坐标 x 。

答案 8 m



解析

从 $t=0$ 时刻开始, M 点向上振动, 波向右传播,

对 N 点 $x=10\sin(\frac{20\pi}{3}t-\frac{\pi}{6})\text{ cm}$

当其第一次回到平衡位置,

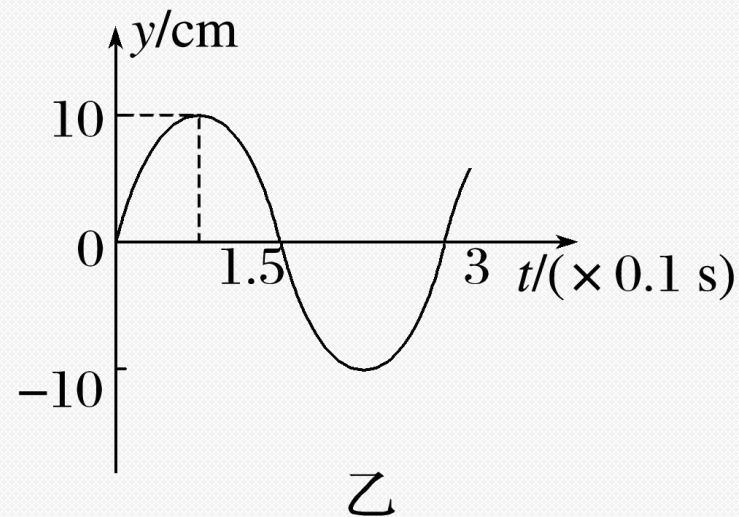
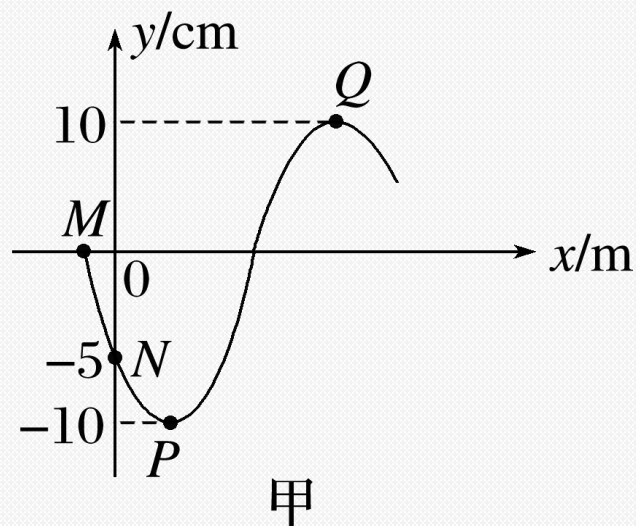
即 $x=0$, 此时 $\frac{20\pi}{3}t_0-\frac{\pi}{6}=0$

解得 $t_0=\frac{1}{40}\text{ s}$, $\frac{\Delta x_{MN}}{v}=t_0$

$\Delta x_{MN}=1\text{ m}$

$x_M=-1\text{ m}$

故 Q 质点的平衡位置坐标 $x_Q=8\text{ m}$ 。



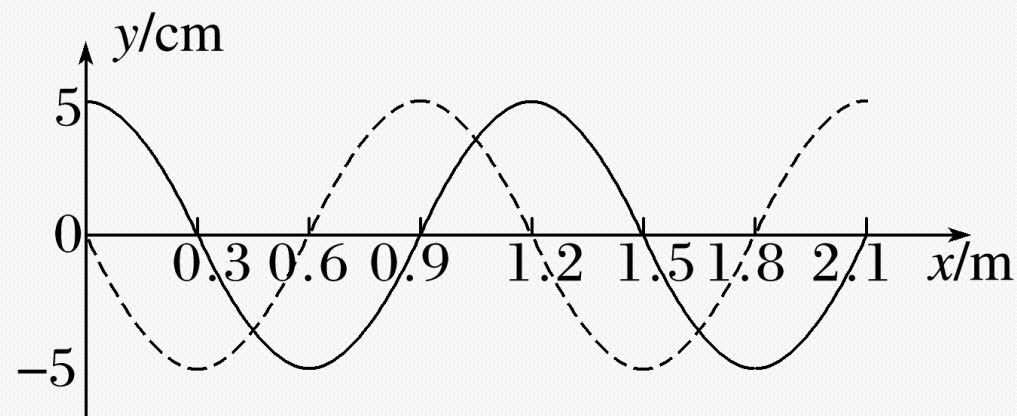
8.(2023·江苏南通市期末)如图所示, 实线和虚线分别是沿 x 轴正方向传播的一列简谐横波在 $t_1=0$ 和 $t_2=0.06\text{ s}$ 时刻的波形图, 则该波的

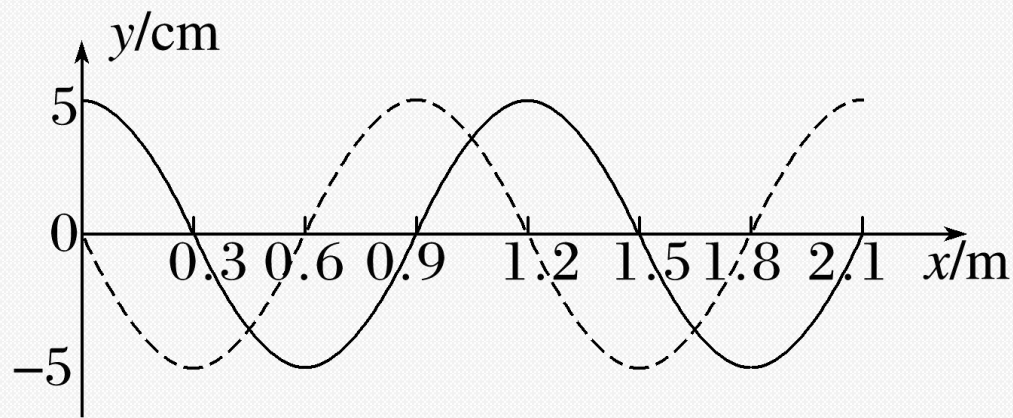
A.周期可能为 0.04 s

B.周期可能为 0.24 s

✓C.传播速度可能为 35 m/s

D.传播速度可能为 65 m/s



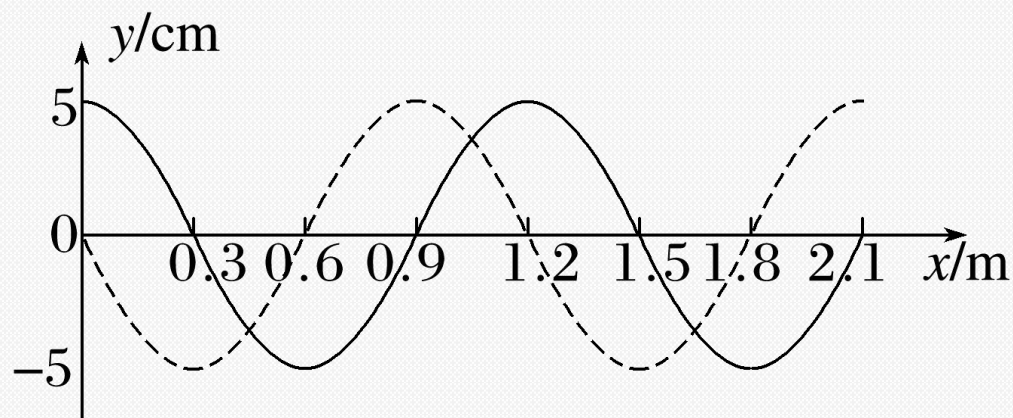


由题图可知，在 0.06 s 内，简谐波向 x 轴正方向传播了 $(n+\frac{3}{4})\lambda$ ($n=0,1,2, \dots$)，即经过了 $n+\frac{3}{4}$ 个周期，故有 $0.06\text{ s}=(n+\frac{3}{4})T$ ($n=0,1,2, \dots$)，

解得该简谐波的周期为 $T=\frac{0.24}{4n+3}\text{ s}$ ($n=0,1,2, \dots$)，无论 n 取何值，周期

都不可能为 0.04 s 和 0.24 s ，故 A、B 错误；

解析



由题图可知，该简谐波的波长 $\lambda = 1.2 \text{ m}$ ，则该简谐波的传播速度为 $v = \frac{\lambda}{T} = (20n + 15) \text{ m/s}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$)，无论 n 取何值，传播速度都不可能为 65 m/s ，当 $n = 1$ 时，传播速度为 35 m/s ，故 C 正确，D 错误。

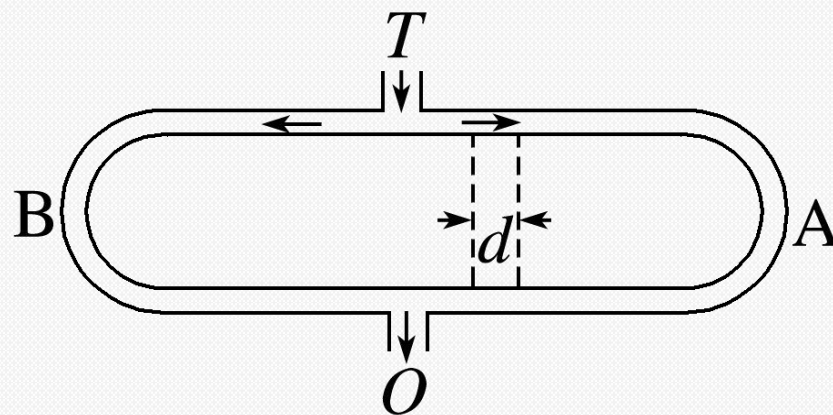
9.(2023·浙江6月选考·11)如图所示, 置于管口 T 前的声源发出一列单一频率声波, 分成两列强度不同的声波分别沿A、B两管传播到出口 O 。先调节A、B两管等长, O 处探测到声波强度为400个单位, 然后将A管拉长 $d=15\text{ cm}$, 在 O 处第一次探测到声波强度最小, 其强度为100个单位。已知声波强度与声波振幅平方成正比, 不计声波在管道中传播的能量损失, 则

A. 声波的波长 $\lambda=15\text{ cm}$

B. 声波的波长 $\lambda=30\text{ cm}$

✓ C. 两声波的振幅之比为3 : 1

D. 两声波的振幅之比为2 : 1

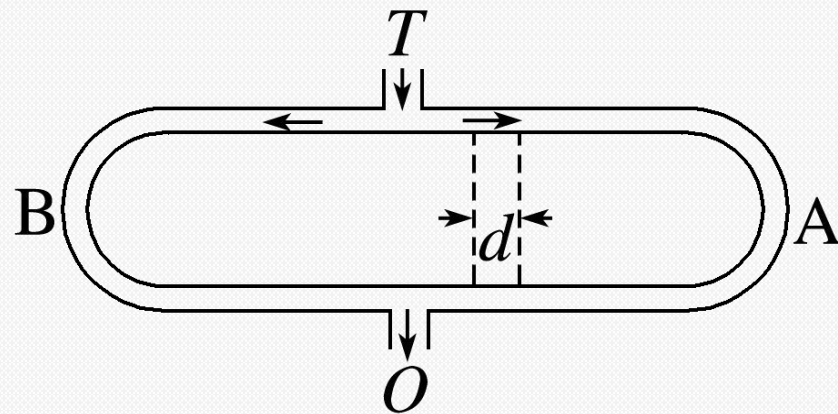


解析

分析可知A、B两管等长时，声波的振动加强，将A管拉长 $d=15\text{ cm}$ 后，两声波在O点减弱，根据题意设声波加强时振幅为20，

声波减弱时振幅为10，则 $A_1 + A_2 = 20$ ， $A_1 - A_2 = 10$ ，可得两声波的振幅之比 $\frac{A_1}{A_2} = \frac{3}{1}$ ，故C正确，D错误；

根据振动减弱的条件可得 $\frac{\lambda}{2} = 2d$ ，解得 $\lambda = 60\text{ cm}$ ，故A、B错误。



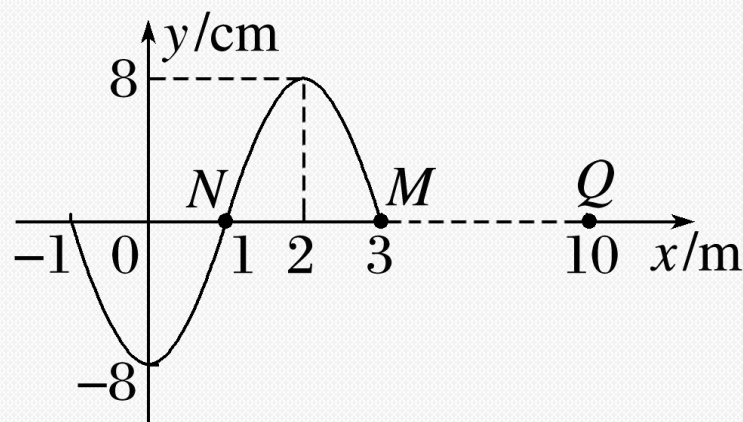
10. 一列沿 x 轴传播的简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形如图甲所示，图乙是位于 $x=1\text{ m}$ 处的质点 N 此后的 $a-t$ 图像， Q 是位于 $x=10\text{ m}$ 处的质点。则下列说法正确的是

A. 波沿 x 轴正方向传播，波源的起振方向向下

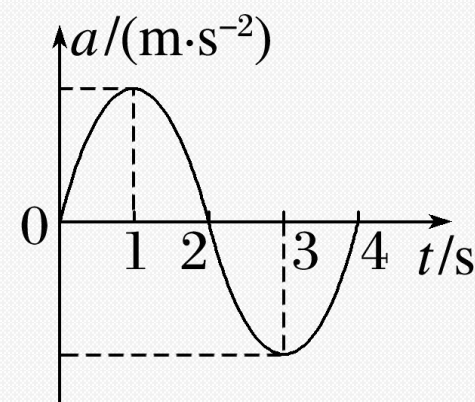
☒ B. 在 $5\sim 5.5\text{ s}$ 时间内，质点 M 的速度在增大，加速度在减小

C. 在 $t=12\text{ s}$ 时，质点 Q 的位置坐标为 $(10\text{ m}, -8\text{ cm})$

D. 在 $t=7\text{ s}$ 时，质点 Q 开始向下振动



甲



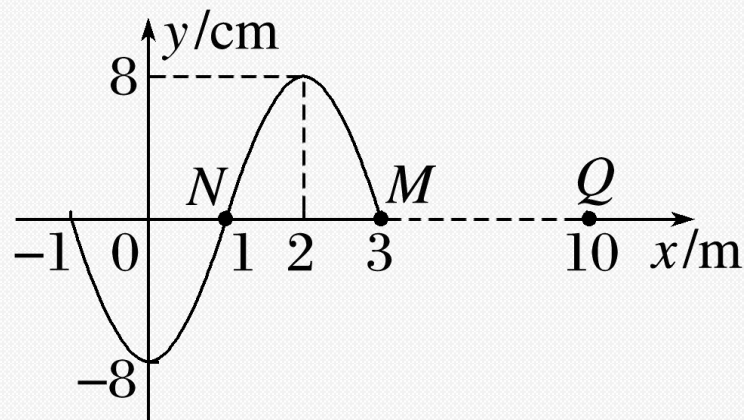
乙

解析

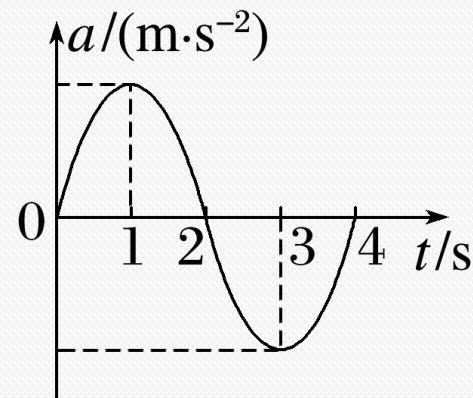
由题图乙可知0时刻之后质点N的加速度先为正方向，所以质点N先向下振动，所以波沿x轴正方向

传播。由“前一质点带动后一质点”可知0时刻质点M的振动方向向上，即波源的起振方向向上，故A错误；

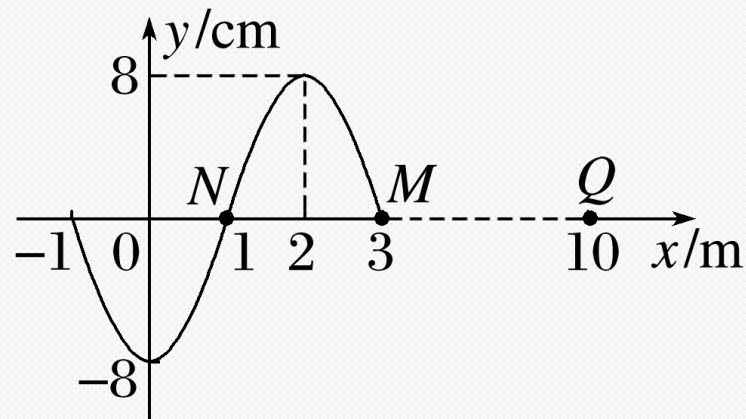
由题图乙可知 $T=4\text{ s}$ ，5 s 时质点 M 刚振动了 $1\frac{1}{4}$ 周期，5.5 s 时质点 M 振动不到 $1\frac{1}{2}$ 周期，则在 5~5.5 s 时间内质点 M 正处于 x 轴上方且正向 y 轴负方向运动，所以其速度在增大，加速度在减小，故 B 正确；



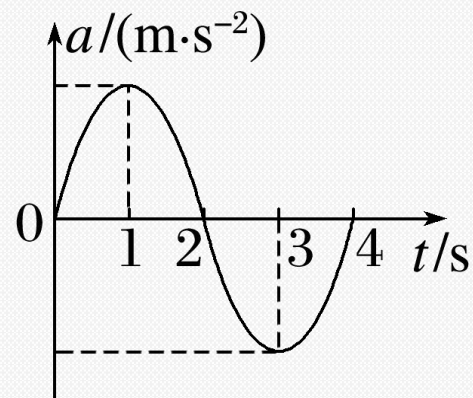
甲



乙



甲



乙

波的传播速度为 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4}{4} \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$, 波从质点 M 处传播到质点 Q 处所需要的时间 $t = \frac{7}{1} \text{ s} = 7 \text{ s}$, $t = 12 \text{ s}$ 时质点 Q 振动了 $\frac{12-7}{4}T = 1\frac{1}{4}T$, 此时质点 Q 处于 x 轴上方最大位移处, 即 $(10 \text{ m}, 8 \text{ cm})$ 处, 故 C 错误; 由 C 项分析可知 $t = 7 \text{ s}$ 时波正好传播到质点 Q 处, 其振动方向向上, 故 D 错误。

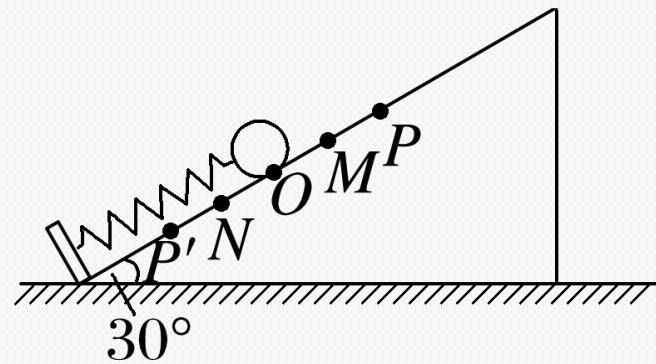
11.如图所示,倾角为 30° 的斜面固定在水平地面上,其下端有一垂直于斜面的固定挡板。轻质弹簧的一端与挡板相连,另一端连接一质量为 0.4 kg 的光滑小球(可视为质点)。现将小球由平衡位置 O 沿斜面向上拉动 15 cm 至 P 点,使其在 P 、 P' 之间做简谐运动, M 、 N 为斜面上关于 O 点对称的两点。规定沿斜面向上为正方向,已知弹簧的劲度系数为 20 N/m ,且弹簧始终处于弹性限度内,取 $g=10\text{ m/s}^2$ 。则

A.小球在 P 点的回复力为 -5 N

☒ B.小球在 P' 点时弹簧的形变量为 25 cm

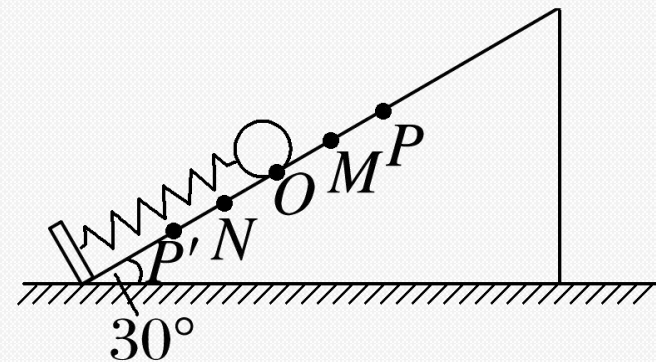
C.小球从 N 点向上运动,经四分之三个周期,其运动的路程小于 45 cm

D.在 M 、 N 两点,小球的速度大小相等,弹簧的弹性势能也相等



解析

O 点为平衡位置，沿斜面向上拉动15 cm后，小球受到的合力大小为 $F_{\text{合}} = kx_{OP} = 3 \text{ N}$ ，则小球在 P 点的回复力为 -3 N ，故A错误；

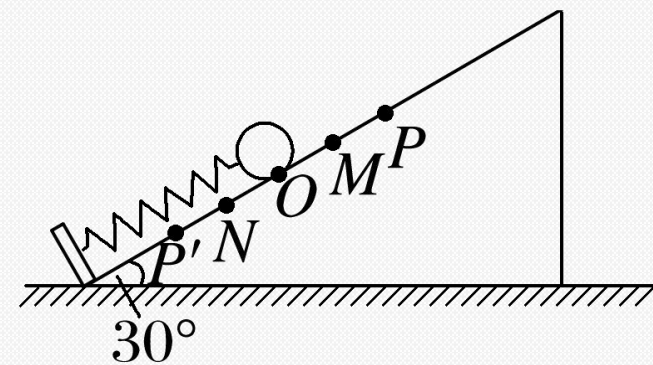


由简谐运动的对称性可知，小球在 P' 点的回复力为 3 N ，有 $k\Delta x - mg\sin 30^\circ = 3 \text{ N}$ ，解得 $\Delta x = 25 \text{ cm}$ ，故B正确；

小球经平衡位置 O 时，速度最大，从 N 点向上运动，前四分之一周期内运动的路程要大于15 cm，后二分之一周期内运动的路程为30 cm，总路程大于45 cm，故C错误；

解析

根据简谐运动的对称性可知，小球在 M 、 N 两点的速度大小相等，由系统机械能守恒可知，小球在 N 点时弹簧的弹性势能大于小球在 M 点时弹簧的弹性势能，故D错误。



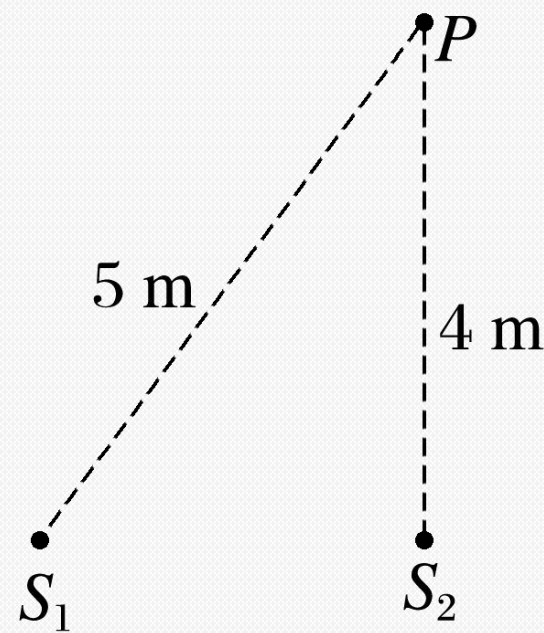
12.(2023·江苏南通市期末)如图所示,波源 S_1 、 S_2 垂直纸面做简谐运动,产生的两列波的波速均为 1 m/s ,纸面内的 P 点与 S_1 、 S_2 的距离分别为 5 m 、 4 m 。 S_1 的振动方程为 $x_1 = A\sin(\pi t + \frac{\pi}{2})$, P 点振幅恒为 $2A$, 则 S_2 的振动方程可能为

☒ A. $x_2 = A\sin(\pi t - \frac{\pi}{2})$

B. $x_2 = A\sin(\pi t + \pi)$

C. $x_2 = A\sin(\pi t + \frac{\pi}{2})$

D. $x_2 = A\sin \pi t$



解析

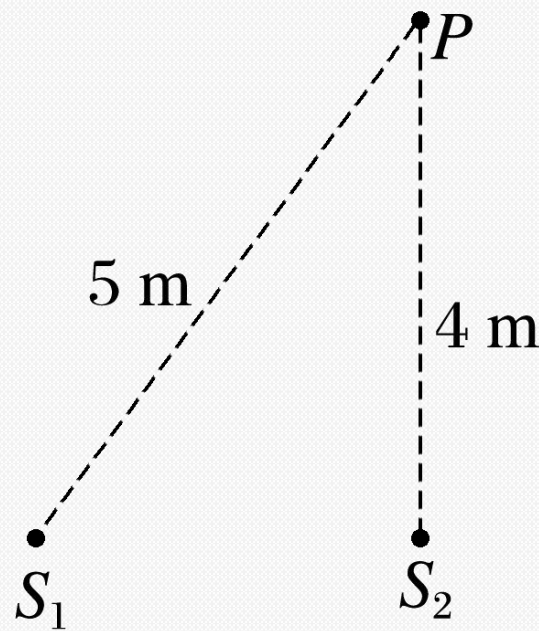
若两波源振动同向, P 点振幅恒为 $2A$, 为振动加强点, 则 $5\text{ m} - 4\text{ m} = n\lambda (n=1, 2, 3, \cdots)$,

$$\text{周期 } T = \frac{\lambda}{v} = \frac{1}{n} \text{ s} (n=1, 2, 3, \cdots),$$

$$\text{所以 } x_2 = A \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = A \sin(2\pi n t + \frac{\pi}{2}) (n=1, 2, 3, \cdots).$$

若两波源振动反向, P 点振幅恒为 $2A$, 为振动加强点, 则 $5\text{ m} - 4\text{ m} = \frac{2n+1}{2}\lambda (n=0, 1, 2, \cdots)$,

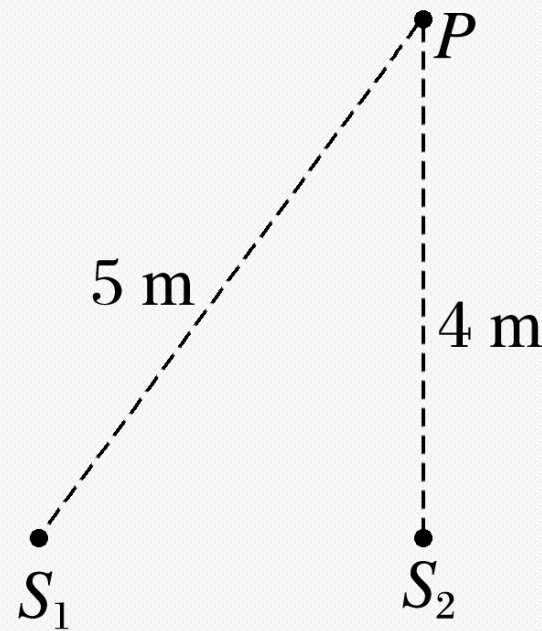
$$\text{周期 } T = \frac{\lambda}{v} = \frac{2}{2n+1} \text{ s} (n=0, 1, 2, \cdots),$$



解析

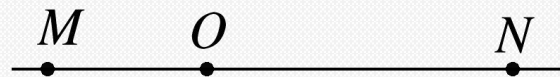
所以 $x_2 = A \sin [(2n+1)\pi t - \frac{\pi}{2}] (n=0,1,2, \cdots)$,

当 $n=0$ 时, $x_2 = A \sin (\pi t - \frac{\pi}{2})$, 故 A 正确, B、C、D 错误。

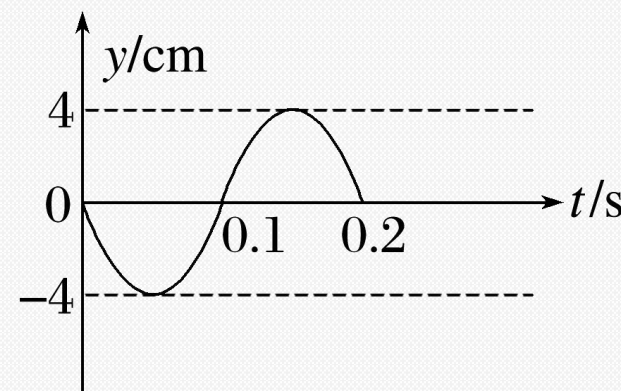


13.如图甲所示，在水平面放置的一条弹性绳上有 M 、 O 、 N 三点， M 、 O 间的距离为 $x_1=5\text{ m}$ ， N 、 O 间的距离为 $x_2=10\text{ m}$ ， O 点在外力作用下在竖直方向做简谐运动，若选向上为正方向，其振动图像如图乙所示。观察到 M 、 N 两点的位移大小总是相等。求：

(1)质点 M 、 N 开始振动的时间差；



甲



乙

答案

解析

因为观察到 M 、 N 两点的位移大小始终相等，有

$$x_2 - x_1 = \frac{n\lambda}{2} (n=1, 2, 3, \dots)$$

$$\text{解得 } \lambda = \frac{10}{n} \text{ m} (n=1, 2, 3, \dots)$$

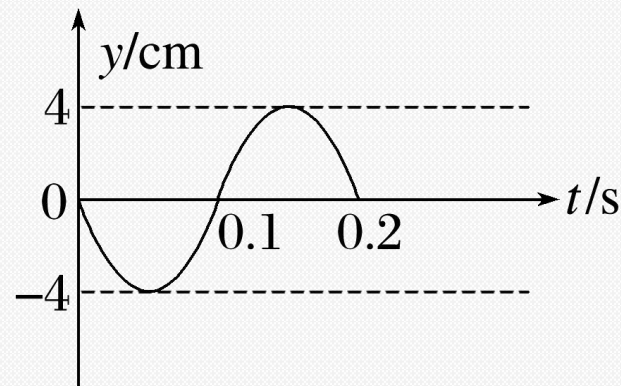
$$\text{又 } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{50}{n} \text{ m/s} (n=1, 2, 3, \dots)$$

则 M 、 N 开始振动的时间差为

$$\Delta t = \frac{5 \text{ m}}{v} = \frac{n}{10} \text{ s} (n=1, 2, 3, \dots)$$



甲

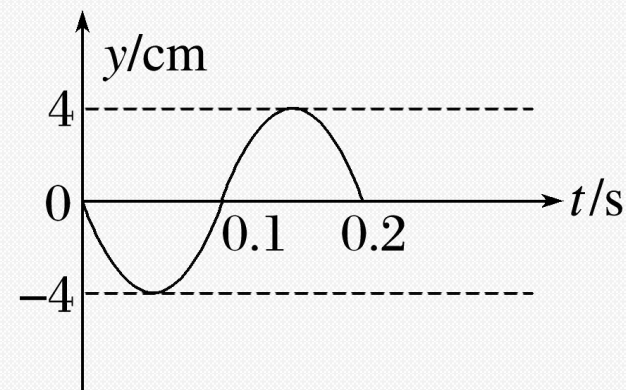


乙

(2)在(1)中所求时间差最小的情况下，求该波传播到 N 点的时间。



甲



乙

答案

解析

最小时间差为 $t_{\min}=0.1\text{ s}$

则 M 、 N 开始振动的的时间差最小时，波速为 $v_{\max}=50\text{ m/s}$

$$\text{则 } t = \frac{10\text{ m}}{v_{\max}} = 0.2\text{ s}$$

即 $t=0.2\text{ s}$ 时该波传播到 N 点。



本课结束

更多精彩内容请登录：www.xinjiaoyu.com

