

### 3.2 波的描述（共 2 课时）

班级：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_

#### 一、学习目标

1. 能用描点法作横波的图像，理解波的图像的物理意义。
2. 理解波长，频率和波速的意义及其关系。
3. 能判断波的传播方向和质点的振动方向。

#### 二、学习过程

##### 1. 波的图像

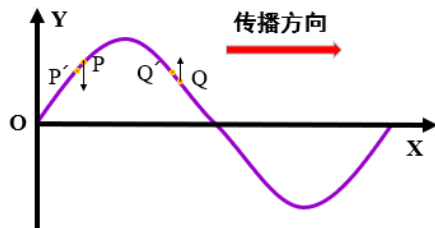
【情景导入】我们可以用照象机把波的形状摄下来，就是按下快门瞬间各个质点离开各自平衡位置时的情形。我们就把这些质点连成曲线，就是该时刻的波的图像。



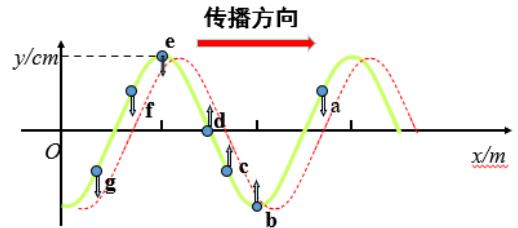
##### 【问题探究】

1.1 我们怎么准确描述上述图形中各个质点的位置？

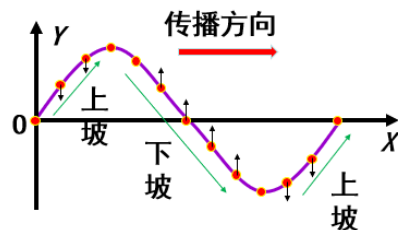
1.2 如何根据波的图像传播方向判断质点振动方向？



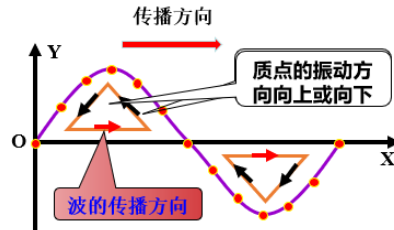
质点带动法：



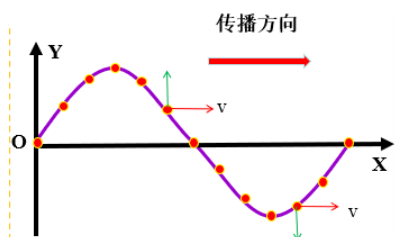
图像微平移法：



上下坡法：



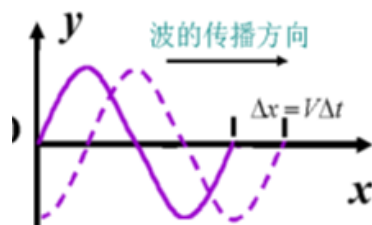
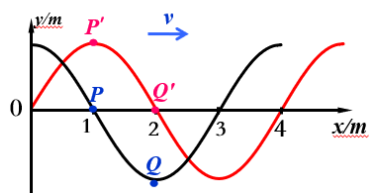
三角形法：



同侧法:

1.3 如何根据某时刻波形图, 判断经历时间  $t$  后的波形图?

画出经  $t=T/4$  后的波形图



描点法:

平移法:

### 【知识点 1】

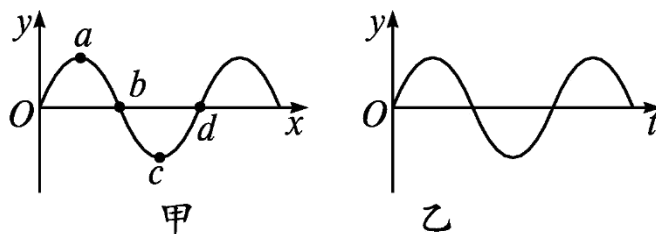
1.1 波的图像是在波的传播方向上介质中各振动质点的连线在某一时刻的波形, 也称为波形图或波形曲线;

1.2 可以建立直角坐标系表达波的图像: 用横坐标表示在波传播方向上各质点的\_\_\_\_\_ ; 用纵坐标表示某时刻各质点偏离平衡位置的\_\_\_\_\_。

1.3 图像的物理意义: 反应某一时刻各个质点相对平衡位置的\_\_\_\_\_。

1.4 简谐波: 如果波的图像是正弦函数, 这样的波叫做\_\_\_\_\_, 也叫做\_\_\_\_\_。简谐运动在介质中传播形成简谐波, 简谐波是一种最基本、最简单的波。

**例题 1:** (多选) 一列简谐横波在  $t=0$  时刻的波形如图甲所示, 图乙表示该波传播的介质中某质点此后一段时间内的振动图像, 下列说法正确的是( )



- A. 若波沿  $x$  轴正方向传播, 乙图应为  $a$  点的振动图像
- B. 若波沿  $x$  轴正方向传播, 乙图应为  $b$  点的振动图像
- C. 若波沿  $x$  轴负方向传播, 乙图应为  $c$  点的振动图像

D. 若波沿  $x$  轴负方向传播, 乙图应为  $d$  点的振动图像

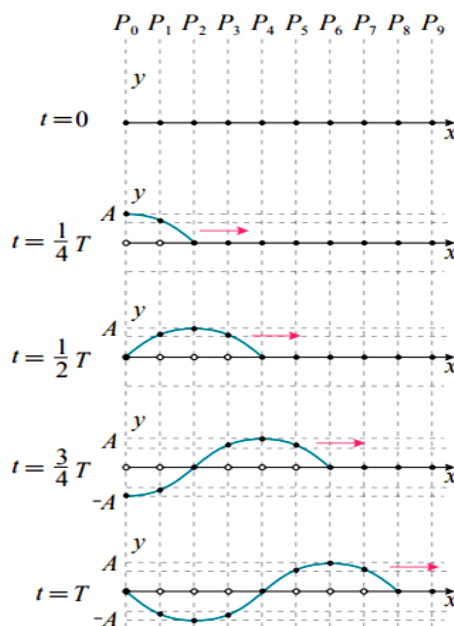
## 2. 波长、频率和波速

【情景导入】在上节图中, 从  $t=0$  到  $t=T$  这段时间里, 由质点  $P_0$  发出的振动传到质点  $P_8$ , 使质点  $P_8$  开始振动。这时质点  $P_0$  恰好结束了一次全振动而开始下一次全振动。

### 【问题探究】

2.1 质点  $P_0$  和质点  $P_8$  的振动步调相位是否完全一致?

2.2 振动步调相位一致的点有哪些? 它们有什么特征?



2.3 在振源  $P_0$  完成一次全振动的时间内, 波是否也完成了一次周期性的波动?

2.4 每个质点是否都在做受迫振动? 如果都在做受迫振动, 那么每个质点的振动周期与波源振动的关系是怎样的?

### 【知识点 2】

2.1 波长: 在波动中, 对平衡位置的位移总是\_\_\_\_\_两个相邻质点间的距离。就是波长。

2.2 周期: 波源质点振动的周期 (或频率) 就是波的周期 (或频率)。两者互为倒数关系, 波的周期 (或频率) 应由\_\_\_\_\_决定, 与传播介质\_\_\_\_\_。

2.3 每经过一个周期的时间波就沿传播方向传播\_\_\_\_\_的距离; 每经历一个周期的时间, 当前的波形图与原有的波形图\_\_\_\_\_。

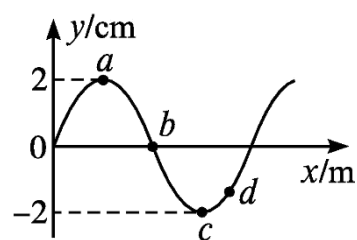
2.4 波速: 单位时间内振动所传播的距离叫做波速, 即:  $v = \frac{\lambda}{T}$  或  $v = \frac{\lambda}{\frac{1}{f}}$ 。反映了振动在介质中传播的快慢程度。值得注意的是: 波速大小由\_\_\_\_\_的性质决定, 同一列波在不同介质中传播速度不同; 同一列波在同一均匀介质中是匀速传播的。

**例题 2:** (多选) 下图为一列沿  $x$  轴正方向传播的简谐横波在某个时刻的波形, 由图像可知 ( )

- A. 质点  $b$  此时位移为零
- B. 质点  $b$  此时向  $-y$  方向运动

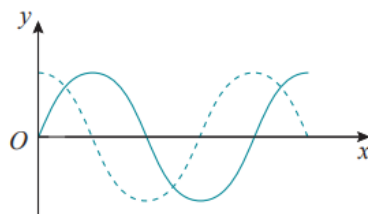
C. 质点  $d$  的振幅是  $2\text{ cm}$

D. 质点  $a$  再经过  $T/2$  通过的路程是  $4\text{ cm}$ , 偏离平衡位置的位移是  $4\text{ cm}$



### 3. 波的多解性

【思考与讨论】图中实线为  $t=0$  时刻的波形图, 虚线为  $t=0.1\text{ s}$  时刻的波形图。据此能否判定波的传播方向?



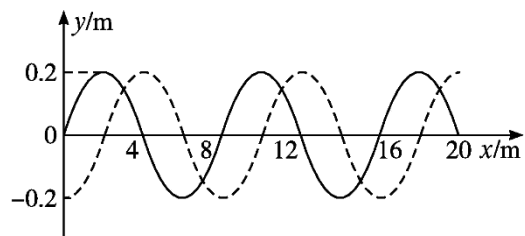
问题: 若波长为  $2\text{ m}$ , 尝试求解波速?

【思考与讨论】波的多解性产生原因?

**例题 3:** 一列横波在  $x$  轴上传播,  $t_1=0$  和  $t_2=0.005\text{ s}$  时的波形如图中的实线和虚线所示。

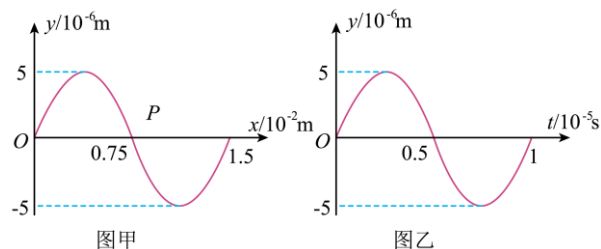
(1) 设周期大于  $(t_2-t_1)$ , 求波速。

(2) 设周期小于  $(t_2-t_1)$ , 并且波速为  $6\,000\text{ m/s}$ , 求波的传播方向。



### 三、课后练习

1. 渔船上的声呐利用超声波来探测远方鱼群的方位，某渔船发出的一系列超声波在  $t=0$  时的波动图像如图甲所示，图乙为  $x=0.75 \times 10^{-2} \text{m}$  处的质点  $P$  的振动图像。则（ ）

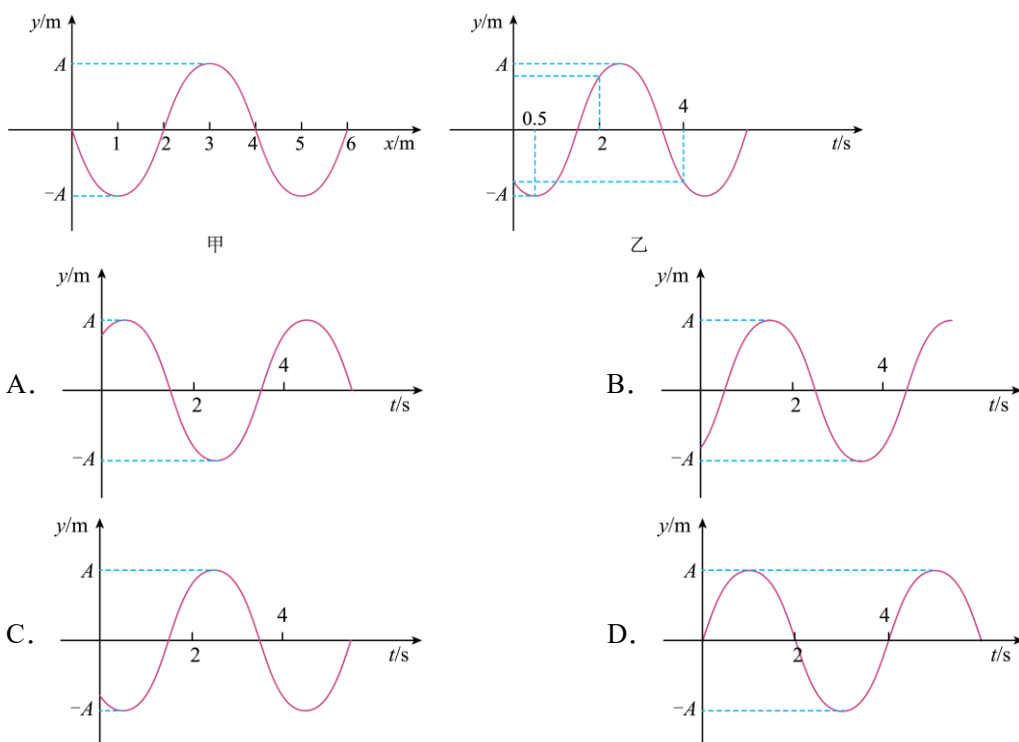


- A. 这列波沿  $x$  轴负方向传播  
B. 超声波的传播速度为  $1.5 \text{m/s}$   
C.  $t=1.2 \text{s}$  时，质点  $P$  的位移为  $-5 \text{m}$   
D.  $0 \sim 2 \text{s}$  时间内，质点  $P$  经过的路程为  $4 \text{m}$

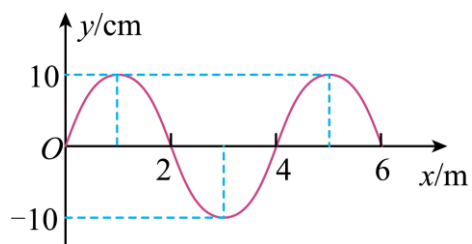
2. 一列平面简谐横波沿  $x$  轴正方向传播，已知  $A=0.1 \text{m}$ ， $T=2 \text{s}$ ， $\lambda=2.0 \text{m}$ ，在  $t=0$  时，原点处的质点处于平衡位置且沿  $y$  轴正方向运动，下列说法不正确的是（ ）

- A. 该在此介质中的传播速度为  $1 \text{m/s}$   
B. 原点  $O$  处的振动表达式为  $y_0 = 0.1 \sin(\pi t - \frac{\pi}{2}) \text{m}$   
C.  $t=2 \text{s}$  时，位于  $x=2.5 \text{m}$  处的质点正处于波谷  
D.  $x=1.0 \text{m}$  处的振动表达式为  $y_1 = 0.1 \cos(\pi t - \frac{3\pi}{2}) \text{m}$

3. 如图，图甲为  $t=2 \text{s}$  时某横波的波形图像，图乙为该波传播方向上某一质点的振动图像，距该质点  $1 \text{m}$  处另一质点的振动图像可能是（ ）

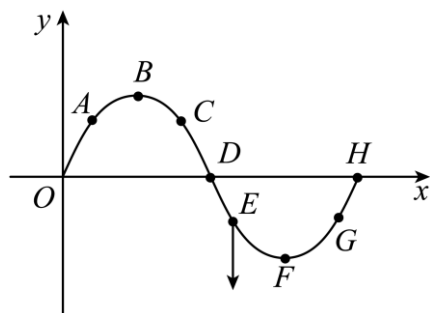


4. 一列简谐横波沿  $x$  轴正方向传播,  $t=0$  时刻的波形图如图所示。  $t_1=0.1\text{s}$  时, 平衡位置在  $2\text{m}$  处的质点从零时刻起第一次到达波峰。则 ( )



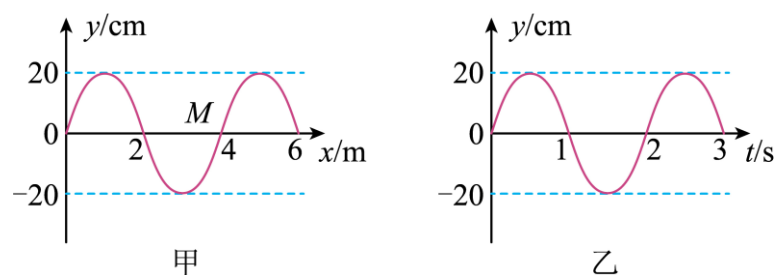
- A. 该波的周期为0.2s
- B. 该波的波速为40m/s
- C.  $t_2 = 0.4\text{s}$ 时，平衡位置在 1m 处的质点正处于波峰
- D.  $t_3 = 0.3\text{s}$ 时，平衡位置在 4m 处的质点的加速度沿  $y$  轴正向

5. 一简谐横波沿  $x$  轴传播, 某时刻的波形如图所示。已知此时质点  $E$  向  $y$  轴负方向运动, 下列说法正确的是 ( )



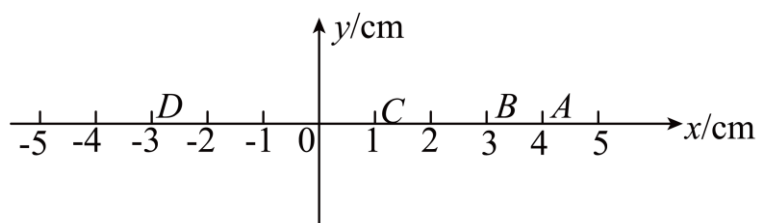
- A. 波沿  $x$  轴正方向传播  
B. 质点  $D$  此时向  $y$  轴负方向运动  
C. 质点  $A$  将比质点  $B$  先回到平衡位置  
D. 质点  $D$  的振幅为零

6. 地震局收到地震波后，先解波后分析。如图甲所示为 $t=0$ 时刻的简谐波形图， $M$ 是平衡位置在 $x=4\text{m}$ 处的质点，图乙为质点 $M$ 的振动图像，则（ ）



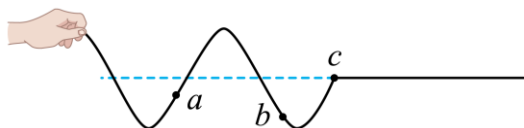
- A. 此波沿  $x$  轴负向传播  
B. 此波的传播速度为 4000m/s  
C. 质点  $M$  在  $0 \sim 1 \times 10^{-3}$ s 内通过的位移为 40cm  
D. 质点  $M$  在  $0 \sim 2 \times 10^{-3}$ s 内沿  $x$  轴运动了 4m

7. (多选) 在  $x=5\text{ cm}$  处有一质点做简谐运动, 产生一列沿  $x$  轴负方向传播的简谐横波, 波长为  $\lambda=4\text{ cm}$ , 经过一段时间  $x=1\text{ cm}$  处的质点  $C$  刚开始振动, 振动方向沿  $y$  轴正方向, 将该时刻作为计时起点  $t=0$ , 经  $0.3\text{ s}$  时  $x=3\text{ cm}$  处的质点  $B$  第一次处在波峰, 则下列说法正确的是 ( )



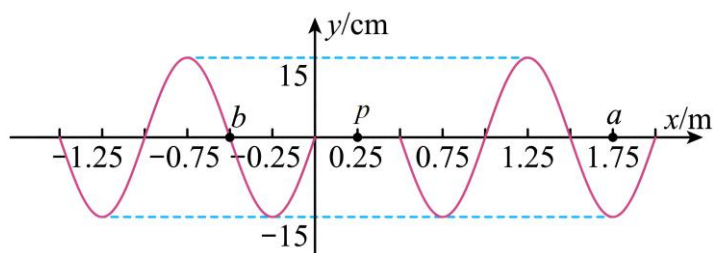
- A. 该简谐波的波速大小为  $0.1\text{ m/s}$
- B.  $t=0$  时质点  $B$  振动方向沿  $y$  轴正方向
- C. 在  $t=0.3\text{ s}$  时  $x=4\text{ cm}$  处的质点  $A$  位于平衡位置且运动方向沿  $y$  轴正方向
- D. 在  $t=0.5\text{ s}$  时位于  $x=-3\text{ cm}$  处的质点  $D$  第一次处在波峰

8. (多选) 取一条较长的软绳, 用手握住一端拉平后连续周期性地向上、向下抖动, 可以看到在绳上产生一列波,  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为绳上的质点, 某时刻波刚好传播到质点  $c$ , 绳上形成的波形如图所示, 下列说法正确的是 ( )



- A. 手开始抖动时运动方向向下
- B. 质点  $a$  比质点  $b$  先回到平衡位置
- C. 该时刻质点  $a$  的速度比质点  $b$  的速度大
- D. 图中为波源开始振动后  $1.5$  个周期时的波形

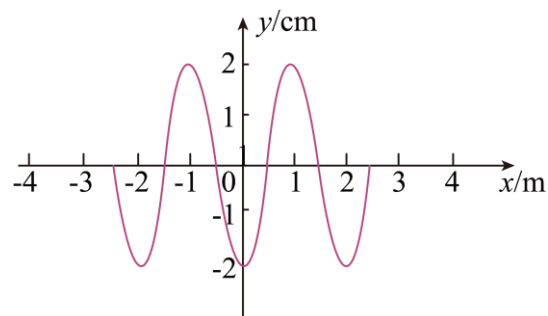
9. (多选) 位于  $x=0.25\text{ m}$  的波源  $p$  从  $t=0$  时刻开始振动, 形成的简谐横波沿  $x$  轴正负方向传播, 在  $t=2.0\text{ s}$  时波源停止振动,  $t=2.1\text{ s}$  时的部分波形如图所示, 其中质点  $a$  的平衡位置  $x_a=1.75\text{ m}$ , 质点  $b$  的平衡位置  $x_b=-0.5\text{ m}$ 。下列说法正确的是 ( )



- A. 波源  $p$  周期为  $2.5\text{ s}$
- B.  $t=0.47\text{ s}$  时, 波源的位移为正

C.  $t = 2.25\text{s}$  时, 质点  $a$  沿  $y$  轴负方向振动 D. 在  $0$  到  $2\text{s}$  内, 质点  $b$  运动总路程是  $2.55\text{m}$

10. (2023·天津·高考真题 多选) 在均匀介质中, 位于坐标原点的波源从  $t = 0$  时刻开始沿  $y$  轴做简谐运动, 形成沿  $x$  轴传播的简谐横波,  $t = 0.5\text{s}$  时的波形如图所示, 此刻平衡位置在  $x = 2.5\text{m}$  处的质点刚开始振动, 则下列说法正确的有 ( )



- A. 该波在次介质中波速  $v = 4\text{m/s}$  B.  $x = 1\text{m}$  处质点在  $t = 0.3\text{s}$  时位于波谷
- C. 波源的位移表达式为  $y = 0.02 \sin(5\pi t + \pi)\text{m}$
- D. 经过半个周期  $x = -1\text{m}$  处的质点向左迁移半个波长

11. 一列简谐横波在  $t = 0$  时刻的波动图像如图 1 所示, 质点  $M$ 、 $N$  刚好在平衡位置, 质点  $P$  在波峰。质点  $N$  的振动图像如图 2 所示, 则下列说法正确的是 ( )

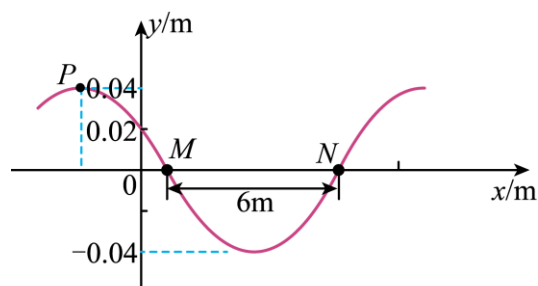


图1

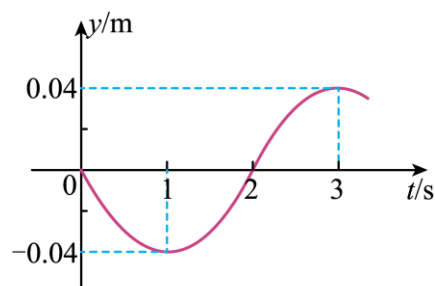


图2

- A. 波沿  $x$  轴负方向传播 B. 当  $t = 0.5\text{s}$  时  $P$  点和  $M$  点的位移相同
- C. 质点  $M$  在  $t = \frac{1}{3}\text{s}$  时位移为  $-0.02\text{m}$  D. 质点  $N$  的平衡位置坐标  $x_N = 7.5\text{m}$

参考答案:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
D	B	B	C	B	A	AD	AC	BD	BC	B