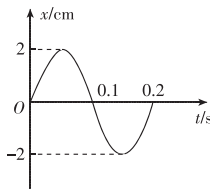


第十一章 机械振动

1 简谐运动

1. B 【解析】物体在平衡位置附近所做的往复运动属于机械振动；竖直向上抛出的物体到最高点后返回落地，不具有运动的往复性，因此不属于机械振动。
2. B 【解析】乒乓球的运动为机械振动，但因它在空中受恒力作用，它的振动图像不是正弦曲线，故它的振动不是简谐运动，A 错误；B 项为弹簧振子，其运动为简谐运动，B 正确；地球的同步卫星做的是圆周运动，而非简谐运动，C 错误；D 项中小钢球不存在平衡位置，故它的运动不是机械振动，更不是简谐运动，D 错误。
3. BC 【解析】对于一般的机械振动来说，平衡位置可以不在振动范围的中心位置，例如乒乓球竖直落在球台上的运动是一个机械振动，显然其运动过程中受到的回复力等于零的位置不在振动范围的中心位置，而在很靠近球台的位置，故 A 错误，B 正确。为了便于描述做机械振动的质点的位置随时间的变化规律，人们总是把机械振动位移的起点定在平衡位置上，故 C 正确。无论物体运动了多少路程，只要它回到了平衡位置，其位移总是为零，可见位移并不是随路程增大而增大，故 D 错误。
4. AB 【解析】由于振子在平衡位置 O 点的右侧由 A 向 O 运动，故振子的位移方向向右，运动方向向左，位移的大小在不断减小，A、B 正确。
5. B 【解析】做简谐运动的弹簧振子的速度越来越大，说明振子正向平衡位置运动，而振子的位移从平衡位置指向振子所在的位置，所以振子的位移越来越小，速度方向与位移方向相反，振子逐渐接近平衡位置，故 B 正确，A、C、D 错误。
6. B 【解析】因以向右为正方向，振子运动到 N 点时，具有正向最大位移，所以振子运动到 N 点时开始计时的振动图像应是余弦曲线，故 B 正确。
7. BC 【解析】 $t=0$ 时，质点的速度最大，位移为零，A 错误。 $t=1$ s 时，质点的位移最大，速度为零，B 正确。 $t=2$ s 时，质点经过平衡位置，位移为零，速度为负向最大值，C 正确。 $t=4$ s 时，质点的位移为零，速度最大，D 错误。
8. D 【解析】根据振动图像可知，质点在 1.8 s 时速度向下，故 A 错误；质点在 3 s 时处于负向最大位移处，速度为零，故 B 错误；根据振动图像可知，质点在 0.5 s 时速度方向向上，在 2.5 s 时速度方向向下，根据对称性可知，这两时刻的速度大小相等，方向相反，故 C 错误；根据振动图像可知，质点在 1.5 s 时和 2.5 s 时速度方向均向下，根据对称性可知，这两时刻的速度大小相等，方向相同，故 D 正确。
9. B 【解析】该图像的坐标原点建立在弹簧振子上小球的平衡位置，图像表示位移随时间的变化规律，不是运动轨迹，故 A 正确，B 错误。由获得图像的方法知 C 正确。频闪照相是将相同时间间隔内留下的小球的像显示在同一张照片上，因此小球的疏密显示了它的位置变化的快慢，D 正确。
10. B 【解析】振动图像表示位移随时间的变化规律，并不是运动的轨迹，图像中某点的切线的方向只表示质点的速度方向与规定的正方向相同还是相反，不表示速度的方向，B 正确，A、C、D 错误。
11. AD 【解析】若 $t=0$ 时质点处于 a 状态，则此时 $x=+3$ cm，运动方向为正方向，对应图像为①，A 正确；若 $t=0$ 时质点处于 b 状态，则此时 $x=+2$ cm，运动方向为负方向，对应图像不是②，B 错误；若 $t=0$ 时质点处于 c 状态，则此时 $x=-2$ cm，运动方向为负方向，对应图像不是③，C 错误；若 $t=0$ 时质点处于 d 状态，则此时 $x=-4$ cm，运动方向为正方向，对应图像为④，D 正确。
12. (1)b、e、f (2)4 cm
【解析】(1)由图像可得，a、b、e、f 四点的位移均为 1 cm，c、d 两点的位移都是 -1 cm，故与 a 点位移相同的点为 b、e、f 三点。
(2)从图像上 a 点到 b 点，对应质点从正向 1 cm 处先运动到 2 cm 处又返回到 1 cm 处，通过的路程为 2 cm，而从 b 点到 c 点，对应质点从正向 1 cm 处经平衡位置运动到负向 1 cm 处，通过的路程也为 2 cm，故从 a 点到 c 点总共通过的路程为 4 cm。
13. B 【解析】质点通过平衡位置时速度最大，到达最大位移处时速度为零，且开始计时时质点速度方向沿 x 轴负向，故 B 正确。

14. 如图所示



【解析】纸带运动的位移可以转换成相应的时间，由 $s=vt$ 可知，当纸带运动的位移 $s=20$ cm 时，对应时间 $t=\frac{s}{v}=0.2$ s，作出图像如图所示。

2 简谐运动的描述

1. CD 【解析】离平衡位置最大的距离叫作振幅，故 A 错误；物体先后以相同的运动状态通过同一位置所经历的时间叫作振动周期，故 B 错误；物体在 1 s 内完成全振动的次数叫作振动频率，故 C 正确；物体在各个时刻所处的不同状态叫作相位，故 D 正确。
2. B 【解析】如果振子从平衡位置或最大位移处开始振动，则经过 $\frac{1}{4}T$ 时间，振子通过的路程一定等于 A，现从振子向右通过 P 点时开始计时，振子先是速度越来越小直至为零，后反向加速，所以经过 $\frac{1}{4}T$ 时间，振子通过的路程一定小于 A，故 B 正确。
3. B 【解析】从第一次经过 P 点开始计时，则第三次经过 P 点所用的时间为一个周期，B 正确，A、C 错误。振子从 A 到 B 或从 B 到 A 的时间间隔为半个周期，D 错误。
4. C 【解析】弹簧振子在 B、C 两点间做简谐运动，B、C 间距离为 10 cm，O 是平衡位置，则该弹簧振子的振幅为 5 cm，故 A 错误。振子从 C 运动到 B 的时间为 $\frac{1}{2}T$ ，即 $\frac{1}{2}T=0.5$ s，该弹簧振子的周期为 $T=1$ s，故 B 错误。该弹簧振子的频率 $f=\frac{1}{T}=1$ Hz，故 C 正确。振子从 O 点出发到再次回到 O 点的过程是一次全振动的一半，故 D 错误。
5. CD 【解析】振幅为振动物体离开平衡位置的最大距离，是标量，故 A 错误；由 A、B 两物体的振动位移表达式可知， $\omega_A=\omega_B=100$ rad/s，所以周期为 $T_A=T_B=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{100}$ s $=\frac{\pi}{50}$ s，故 B 错误；由 $T_A=T_B$ 可知，A 振动的频率 f_A 等于 B 振动的频率 f_B ，故 C 正确；A 的相位是 $100t+\frac{\pi}{2}$ ，B 的相位是 $100t+\frac{\pi}{6}$ ，相位差 $\Delta\varphi=(100t+\frac{\pi}{2})-(100t+\frac{\pi}{6})=\frac{\pi}{3}$ ，所以 A 的相位始终超前 B 的相位 $\frac{\pi}{3}$ ，故 D 正确。
6. AD 【解析】根据 $x=A\sin\frac{\pi}{4}t$ 可得，该质点的振动周期 $T=8$ s，则该质点振动图像如图所示，图像的斜率表示质点的速度，由图可以看出，第 1 s 末和第 3 s 末的位移相同，但速度方向相反，选项 A 正确，选项 B 错误；第 3 s 末和第 5 s 末的位移方向相反，但第 3 s 末至第 5 s 末的速度方向都相同，选项 C 错误，选项 D 正确。
7. (1) $x=0.08\sin\left(\pi t+\frac{5}{6}\pi\right)$ m (2)1.6 m
【解析】(1)简谐运动的振动方程的一般表达式为 $x=A\sin(\omega t+\varphi)$ 。根据题意可知， $A=0.08$ m， $\omega=2\pi f=\pi$ rad/s，所以 $x=0.08\sin(\pi t+\varphi)$ m。
将 $t=0$ 时 $x=0.04$ m 代入，解得初相位 $\varphi=\frac{\pi}{6}$ 或 $\varphi=\frac{5}{6}\pi$ 。
因为 $t=0$ 时速度方向沿 x 轴负方向，即位移在减小，所以取 $\varphi=\frac{5}{6}\pi$ ，故所求的振动方程为 $x=0.08\sin\left(\pi t+\frac{5}{6}\pi\right)$ m。

- (2) 周期 $T = \frac{1}{f} = 2 \text{ s}$, 则 $10 \text{ s} = 5T$, 因 1 个周期内通过的路程是 $4A$, 故 10 s 内通过的路程 $s = 5 \times 4A = 20 \times 8 \text{ cm} = 1.6 \text{ m}$.
8. BCD [解析] 由图像可知, 周期为 $T = 4 \text{ s}$, 则频率为 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} \text{ Hz} = 0.25 \text{ Hz}$, 故 A 错误; 质点在一个周期内通过的路程是 4 个振幅, $10 \text{ s} = 2.5T$, 则在 10 s 内质点通过的路程是 $s = 2.5 \times 4A = 10 \times 2 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$, 故 B 正确; 在 5 s 末, 质点位于最大位移处, 速度为零, 故 C 正确; 由图像可知, 在 $t = 1.5 \text{ s}$ 和 $t = 4.5 \text{ s}$ 两时刻质点的位移相同, 故 D 正确.
9. A [解析] 根据振动图像可知, 周期 $T = 0.4 \text{ s}$, 振幅 $A = 2 \text{ cm}$, 故 A 正确, B 错误; 位移—时间图像反映了质点的位置随时间的变化情况, 不是物体的运动轨迹, 故 C 错误; 物体经过图像中 A 点时速度方向沿 x 轴正方向, 故 D 错误.
10. B [解析] 质点振动的周期为 $T = \frac{1}{f} = 0.4 \text{ s}$, 则 $2.5 \text{ s} = \left(6 + \frac{1}{4}\right)T$, 由于从平衡位置开始振动, 所以经过 2.5 s , 质点到达最大位移处, 其位移大小为 $x = A = 4 \text{ cm}$, 质点通过的路程为 $s = \left(6 + \frac{1}{4}\right) \times 4A = 25 \times 4 \text{ cm} = 100 \text{ cm}$, 故选项 B 正确.
11. (1) 0.5 0.4 0.2 0.8

$$(2) x_A = 0.5 \sin(5\pi t + \pi) \text{ cm} \quad x_B = 0.2 \sin\left(2.5\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ cm}$$

$$(3) -\frac{\sqrt{2}}{4} \text{ cm} \quad 0.2 \sin \frac{5}{8} \pi \text{ cm}$$

[解析] (1) 由图像知, A 的振幅是 0.5 cm , 周期是 0.4 s ; B 的振幅是 0.2 cm , 周期是 0.8 s .

(2) 由图像知, $t = 0$ 时 A 中振动的质点已经先从平衡位置向正方向振动了 $\frac{1}{4}$ 周期, 又向负方向振动了 $\frac{1}{4}$ 周期回到平衡位置,

$\varphi = \pi$, 由 $T_A = 0.4 \text{ s}$, 得 $\omega_A = \frac{2\pi}{T_A} = 5\pi \text{ rad/s}$, 则简谐运动的表达式为 $x_A = 0.5 \sin(5\pi t + \pi) \text{ cm}$; $t = 0$ 时 B 中振动的质点已经从平衡位置沿正方向振动了 $\frac{1}{4}$ 周期, $\varphi = \frac{\pi}{2}$, 由 $T_B = 0.8 \text{ s}$, 得

$$\omega_B = \frac{2\pi}{T_B} = 2.5\pi \text{ rad/s}, \text{ 则简谐运动的表达式为 } x_B = 0.2 \sin\left(2.5\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ cm}.$$

(3) 将 $t = 0.05 \text{ s}$ 分别代入两个表达式中, 可得

$$x_A = 0.5 \sin(5\pi \times 0.05 + \pi) \text{ cm} = -0.5 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ cm} = -\frac{\sqrt{2}}{4} \text{ cm},$$

$$x_B = 0.2 \sin\left(2.5\pi \times 0.05 + \frac{\pi}{2}\right) \text{ cm} = 0.2 \sin \frac{5}{8} \pi \text{ cm}.$$

$$12. \sqrt{\frac{s_2 - s_1}{a}}$$

[解析] 由于纸带做匀加速直线运动, 且运动长度 s_1 和 s_2 所用时间均等于弹簧振子的振动周期 T , 由匀变速直线运动规律知

$$s_2 - s_1 = aT^2, \text{ 所以 } T = \sqrt{\frac{s_2 - s_1}{a}}.$$

$$13. \frac{2x_0}{v} \quad \frac{y_1 - y_2}{2}$$

[解析] 设周期为 T , 振幅为 A . 由题意得 $T = \frac{2x_0}{v}$, $A = \frac{y_1 - y_2}{2}$.

3 简谐运动的回复力和能量

1. A
2. AC [解析] $t = 2.5 \text{ s}$ 时, 质点在平衡位置下方向上振动, 此时加速度也向上, 速度与加速度同向, 选项 A 正确; $t = 0.5 \text{ s}$ 时质点的速度向下, $t = 1.5 \text{ s}$ 时质点的速度也向下, 则两时刻的速度等大同向, 选项 B 错误; $t = 3.5 \text{ s}$ 时, 质点向上振动, 速度减小, 动能减小, 势能变大, 则质点正处在动能向势能转化的过程之中, 选项 C 正确; $t = 0.1 \text{ s}$ 时和 $t = 2.1 \text{ s}$ 时质点的位移大小相同、方向相反, 则质点受到大小相同、方向相反的回复力, 选项 D 错误.
3. C [解析] 由简谐运动的回复力公式 $F = -kx$ 可知, 弹簧振子做简谐运动的回复力和位移的关系图像应如图 C 所示.
4. D [解析] 弹簧振子在振动过程中的加速度越来越大, 则位移越来越大, 振子正在远离平衡位置, 速度越来越小, 故 A、B 错误; 由以上分析可知, 振子正在远离平衡位置, 速度方向背离平衡位置, 加速度方向指向平衡位置, 所以振子的速度方向与加速度方向相反, 故 C 错误, D 正确.
5. ABD [解析] 在任意时刻, 做简谐运动的弹簧振子的机械能守

恒, D 正确; 振子在平衡位置时, 速度达到最大, 动能最大, 势能最小, A 正确; 振子在最大位移处时, 速度为零, 动能最小, 势能最大, B 正确; 振幅的大小与振子的位置无关, C 错误.

6. A [解析] 由图像知, 在 0.3 s 时与 0.5 s 时图线的切线斜率的绝对值相等, 说明物体在这两个时刻的速度大小相同, 但方向不同, 所以速度不相同, 动能相等, 故 A 正确, B 错误; 由图像可知, 0.1 s 时与 0.3 s 时位移大小相等, 方向相反, 根据回复力 $F = -kx$ 可知, 回复力大小相等, 方向相反, 故 C、D 错误.
7. A [解析] 当物体的位移减小时, 物体向平衡位置运动, 速度的方向指向平衡位置, 加速度的方向始终指向平衡位置, 所以其速度和加速度的方向一定相同, 故 A 正确; 当物体的速度变化最快时, 其加速度最大, 物体处于最大位移处, 速度为零, 所以其动能也为零, 故 B 错误; 由于加速度的方向始终指向平衡位置, 所以当物体的加速度与速度反向时, 速度的方向背离平衡位置, 位移增大, 所以其回复力正在增大, 故 C 错误; 物体的动能相等时, 速度大小相等, 位移的大小相等, 但位移方向可能相同, 也可能相反, 其加速度不一定相同, 故 D 错误.
8. B [解析] 回复力是做简谐运动的物体所受到的指向平衡位置的力, 不一定是物体所受到的合力, 可以是物体所受到的某一个力的分力, 故 A 错误, B 正确; 回复力的方向总是指向平衡位置, 所以回复力的方向总是跟物体离开平衡位置的位移方向相反, 但回复力的方向可能跟物体的速度方向相反, 也可能跟物体的速度方向相同, 故 C、D 错误.
9. BC [解析] 物体在从 O 点向 A 点运动过程中, 物体远离平衡位置, v 减小, E_p 、 x 、 a 增大, 故 A 错误; 物体在从 B 点向 O 点运动过程中, 物体靠近平衡位置, v 、 E_k 增大, x 、 F 、 E_p 减小, 故 B 正确. 根据对称性可知, 当物体运动到平衡位置两侧的对称点时, v 、 x 、 F 、 a 、 E_k 、 E_p 的大小均相同, 故 C 正确, D 错误.
10. AD [解析] 弹簧振子在半个周期内刚好到达与初位置关于平衡位置对称的位置, 在两位置的速度大小相等, 由动能定理知, 回复力做的功一定为零, A 正确, B 错误. 在半个周期内速度变化量的大小为初速度大小的 2 倍, 因此在半个周期内速度变化量的大小应为 0 到 $2v$ 之间的某一个值, C 错误, D 正确.

11. (1) 证明见解析 (2) $mg + \frac{\rho g L^2 b}{2}$, 方向竖直向上 $mg - \frac{\rho g L^2 b}{2}$, 方向竖直向上

[解析] (1) 物体刚开始漂浮时, 有 $F_{\text{浮}} = 2mg$

A 向下产生位移 x 时, 有 $F_{\text{浮}} = 2mg + \rho g L^2 x$

撤掉外力的瞬间, 整体所受的合力 $F = -\rho g L^2 x$

令 $k = \rho g L^2$, 则 $F = -kx$, 因 k 为定值, 所以该振动为简谐运动.

(2) 整体在最低点时, 所受合力大小 $F_{\text{合}} = \rho g L^2 b$

由牛顿第二定律可知, 整体的加速度大小 $a = \frac{\rho g L^2 b}{2m}$

对 B 受力分析, 由牛顿第二定律得 $F_1 - mg = ma$

解得 $F_1 = mg + \frac{\rho g L^2 b}{2}$, 方向竖直向上

由对称性可知, 在最高点 B 时, 有 $mg - F_2 = ma$

解得 $F_2 = mg - \frac{\rho g L^2 b}{2}$, 方向竖直向上.

12. D [解析] 若振子从 O 点开始先经 P 点向最大位移处振动, 则振子的振动周期为 $T_1 = 4 \times \left(0.3 + \frac{1}{2} \times 0.2\right) \text{ s} = 1.6 \text{ s}$, 故该振子再经过时间 $\Delta t_1 = T - 0.2 \text{ s} = 1.4 \text{ s}$ 第三次经过 P 点; 若振子从 O 点开始先向最大位移处振动, 再返回 O 点后向 P 点振动, 设从 P 到 O 的时间为 t , 则 $\frac{1}{2} \times 0.2 \text{ s} + t = \frac{1}{2} (0.3 \text{ s} - t)$, 解得 $t = \frac{1}{30} \text{ s}$, 所以周期 $T = 4 \times \left(\frac{1}{30} + 0.1\right) \text{ s} = \frac{8}{15} \text{ s}$, 故该振子再经时间 $\Delta t_2 = T - 0.2 \text{ s} = \frac{1}{3} \text{ s} \approx 0.33 \text{ s}$ 第三次经过 P 点, A、B、C 错误, D 正确.

13. D [解析] 振动过程中木块 A 与弹簧整体的机械能守恒, 但木块 A 的机械能不守恒, A 错误; 当弹簧伸长至最长状态时, 木块 B 刚好对地面的压力为零, 此时弹簧弹力 $F = Mg$, 木块 A 有最大加速度, 由 $F + mg = ma$, 得 $a = \frac{Mg + mg}{m}$, 由对称性可知, 当木块 A 运动至最低点时, 弹簧弹力大小为 F' , 但此时弹簧处于压缩状态, 根据牛顿第二定律得 $F' - mg = ma$, 即 $F' = m(g + a) = 2mg + Mg$, 所以 $F_{\text{压}} = F' + Mg = 2(m + M)g$, D 正确; 振幅为最大位移与平衡位置的距离, 即 $\frac{Mg}{k} + \frac{mg}{k}$, B、C 错误.

14. (1) $\frac{kA}{(M+m)g}$ (2) $v_0 \sqrt{\frac{M}{M+m}}$ A

[解析] (1) 轻放上物体后, 假定物体可以与振子一起振动, 则

产生的最大加速度 $a = \frac{kA}{M+m}$

此时物体和振子之间的静摩擦力最大,以物体为研究对象,根据牛顿第二定律,有 $f = ma = \frac{mkA}{M+m}$

又 $f = \mu mg$

解得 $\mu = \frac{kA}{(M+m)g}$

即要保持物体和振子一起振动,二者间的动摩擦因数至少是 $\frac{kA}{(M+m)g}$.

(2)由于物体是在振子处于最大位移处时放在振子上的,放上后并没有改变系统的机械能,振动中机械能守恒,经过平衡位置时,弹簧为原长,弹性势能为零,则有

$$\frac{1}{2}(M+m)v^2 = \frac{1}{2}Mv_0^2$$

$$\text{解得 } v = v_0 \sqrt{\frac{M}{M+m}}$$

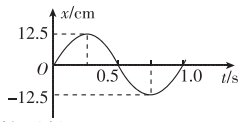
物体和振子在最大位移处时,动能为零,势能最大,这个势能与没放物体前相同,所以弹簧的最大形变是相同的,即振幅还是 A .

题型练 简谐运动的动力学特征与图像

- AD [解析] 回复力是把物体拉回到平衡位置的力, A 正确;加速度方向始终指向平衡位置,而速度方向可能指向平衡位置,也可能背离平衡位置, B 错误;在平衡位置时,位移为零,根据 $a = -\frac{kx}{m}$ 可知,加速度为零,势能最小,动能最大,速度最大, C 错误, D 正确.
- B [解析] 做简谐运动的物体在有相同的速度时,所处的位置可以是相同位置,也可以是关于平衡位置对称的位置.若是同一位置,则位移相同,加速度也相同,但若是关于平衡位置对称的位置,则位移方向不同,故加速度的方向不同, A、D 错误;做简谐运动的物体机械能守恒,每次有相同的速度时,动能一定相同,则势能也一定相同, B 正确;力是矢量,有相同的速度时,所处的位置如果是关于平衡位置对称的位置,则回复力的方向相反, C 错误.
- C [解析] 由牛顿第二定律可得 $f = \frac{1}{2}ma$, $kA = \frac{3}{2}ma$, 联立解得 $A = \frac{3f}{k}$.
- AD [解析] 由图像可知,振幅 $A = 2$ cm, 周期 $T = 1.2$ s, 则频率 $f = \frac{1}{T} = \frac{5}{6}$ Hz, 选项 A 正确, 选项 B 错误; $t = 0$ 时刻, 振子处于平衡位置, 即在图甲中 O 点, 选项 C 错误; 由 C 到 O 最少经历 $\frac{1}{4}$ 周期, $t = \frac{1}{4} \times 1.2$ s = 0.3 s, 选项 D 正确.
- B [解析] 由图像可知, A 点对应的位移 $x = 0.25$ cm, 所以弹力 $F = -kx = -5$ N, 即弹力大小为 5 N, 方向指向 x 轴的负方向, 此时振子的速度方向指向 x 轴的正方向, 选项 A 错误, 选项 B 正确; $t = 0$ 时和 $t = 4$ s 时振子的位移都是正向最大, 在 $0 \sim 4$ s 内振子完成 2 次全振动, 所以在 $0 \sim 4$ s 内振子的位移为零, 振子通过的路程为 $2 \times 4 \times 0.5$ cm = 4 cm, 故选项 C、D 错误.
- C [解析] $t = 0$ 时刻, 质点在平衡位置, 速度最大且沿 x 轴的正方向, 所以图(2)可作为 $v-t$ 图像; 根据回复力 $F = -kx$ 和牛顿第二定律, 加速度和回复力总与位移方向相反, 且与位移大小成正比, 所以图(3)可作为 $F-t$ 图像和 $a-t$ 图像, A、B、D 错误, C 正确.
- BC [解析] 由图读出周期 $T = 4$ s, 振幅为 10 cm. 由图可知, $t = 1.5$ s 时和 $t = 0.5$ s 时质点的速度方向相同, A 错误; 由图可知, $t = 2.5$ s 时, 质点在平衡位置下方向平衡位置靠近, 所以加速度方向向上, 速度方向也向上, 速度与加速度同向, B 正确; 由图可知, $t = 3.5$ s 时, 质点在平衡位置上方远离平衡位置, 势能增大, 动能减小, 正处于动能向势能转化的过程中, C 正确; 由图可知, 质点的周期是 4 s, $t = 0.1$ s 和 $t = 2.1$ s 这两个时刻相差半个周期, 所以质点一定处于相对于平衡位置对称的位置上, 回复力大小相等, 方向相反, D 错误.
- BD [解析] 由振动图像可知, $t = 0$ 时, 振子的位移为负向最大, 说明振子处于 B 位置, 故 A 错误; 根据对称性可知, $t = 1.0$ s 时和 $t = 1.4$ s 时振子的位移相同, 由 $a = -\frac{kx}{m}$ 可知, 振子的加速度相同, 故 B 正确; $t = 0.9$ s 时振子经过平衡位置, 向负方向运动, 所以振子具有负方向的最大速度, 故 C 错误; 弹簧振子的周期为 $T = 1.2$ s, 振幅为 $A = 10$ cm, 振动方程为 $x = -A \cos \frac{2\pi}{T}t =$

$-10 \cos \frac{2\pi}{1.2}t$ cm = $-10 \cos \frac{5\pi}{3}t$ cm, 将 $t = 0.4$ s 代入, 可得 $x =$

5 cm, 故 D 正确.

- C [解析] 由振动图像读出两弹簧振子的周期之比 $T_{\text{甲}} : T_{\text{乙}} = 2 : 1$, 两弹簧振子不完全相同, 故 A 错误. 由振动图像读出两振子的位移最大值之比 $x_{\text{甲}} : x_{\text{乙}} = 2 : 1$, 根据简谐运动的回复力的特征 $F = -kx$, 由于弹簧的劲度系数 k 可能不相等, 所以回复力最大值之比 $F_{\text{甲}} : F_{\text{乙}}$ 不一定等于 $2 : 1$, 故 B 错误. 由图像可看出, 在 $t = 0.5$ s 时, 甲在最大位移处, 乙在平衡位置, 所以振子甲速度为零, 振子乙速度最大, 故 C 正确. 两弹簧振子的周期之比 $T_{\text{甲}} : T_{\text{乙}} = 2 : 1$, 则频率之比是 $f_{\text{甲}} : f_{\text{乙}} = 1 : 2$, 故 D 错误.
- ABC [解析] 由图像可知, t_1 、 t_2 两时刻振子的加速度大小相等、方向相反, A 正确; 在 $t_1 \sim t_2$ 的中间时刻, 振子处于平衡位置, B 正确; 在 $t_1 \sim t_2$ 时间内, 振子的运动方向都沿 x 轴的正方向, 故运动方向不变化, C 正确; 在 $t_1 \sim t_2$ 时间内, 位移方向发生了变化, 故振子所受回复力的方向发生了变化, D 错误.
- C [解析] 要使货物对车厢底板的压力最大, 即车厢底板对货物的支持力最大, 则要求货物向上的加速度最大, 由振动图像可知, 在 $t = \frac{3}{4}T$ 时, 货物向上的加速度最大, 故选项 A 错误, C 正确; 要使货物对车厢底板的压力最小, 即车厢底板对货物的支持力最小, 则要求货物向下的加速度最大, 由振动图像可知, 在 $t = \frac{1}{4}T$ 时, 货物向下的加速度最大, 故选项 B、D 错误.
- (1)见解析 (2)34 cm 2 cm
[解析] (1)由图像可知, 在 $t = 1.5 \times 10^{-2}$ s 到 $t = 2 \times 10^{-2}$ s 内, 振子从平衡位置处向最大位移处运动, 位移变大, 速度变小, 回复力变大, 动能变小, 势能变大.
(2)由图像可知 $A = 2$ cm, $T = 2 \times 10^{-2}$ s, 从 $t = 0$ 到 $t = 8.5 \times 10^{-2}$ s 的时间间隔为 $\frac{17}{4}$ 个周期, 所以振子的路程为 $s = 17A = 34$ cm, 位移为 2 cm.
- (1)1 s (2)见解析
[解析] (1)由图像可知, 在计时开始时, 振子以沿 x 轴正方向的速度通过平衡位置 O , 此时弹簧振子具有最大动能, 随着时间的延续, 速度不断减小, 而位移逐渐增大, 经 $t = \frac{1}{4}T = 1$ s, 其位移达到最大, 此时弹性势能最大.
(2)由图像可知, 在 $t = 2$ s 时, 振子在平衡位置, 此时加速度为零, 随着时间的延续, 位移不断增大, 加速度也变大, 速度不断变小, 动能不断变小, 弹性势能逐渐增大. 当 $t = 3$ s 时, 加速度达到最大值, 速度等于零, 动能等于零, 弹性势能达到最大值.
- (1)1.0 s (2)200 cm (3) $x = 12.5 \sin 2\pi t$ (cm) 如图所示

[解析] (1)由对称性可得 $T = 0.5 \times 2$ s = 1.0 s.
(2)若 B 、 C 之间距离为 25 cm, 则振幅 $A = \frac{1}{2} \times 25$ cm = 12.5 cm, 因 4.0 s = $4T$, 故振子在 4.0 s 内通过的路程 $s = 4 \times 4A = 16 \times 12.5$ cm = 200 cm.
(3)根据 $x = A \sin \omega t$, 其中 $A = 12.5$ cm, $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi$ rad/s, 得 $x = 12.5 \sin 2\pi t$ (cm), 振动图像如图所示.
- (1) $L + \frac{mg \sin \alpha}{k}$ (2)证明见解析
[解析] (1)物块在斜面上平衡时, 设弹簧伸长量为 ΔL , 有 $mg \sin \alpha - k\Delta L = 0$
解得 $\Delta L = \frac{mg \sin \alpha}{k}$
此时弹簧的长度为 $L + \frac{mg \sin \alpha}{k}$.
(2)当物块偏离平衡位置向下的位移为 x 时, 弹簧伸长量为 $x + \Delta L$, 物块所受合力为 $F_{\text{合}} = mg \sin \alpha - k(x + \Delta L)$, 联立可得 $F_{\text{合}} = -kx$, 可知物块做简谐运动.

4 单摆

- A [解析] 这些装置都是实际摆, 我们在研究单摆的摆动过程时, 通常忽略空气对单摆的阻力, 因此实验中我们总是尽量选择质量大、体积小、球和尽量细的、不可伸长的线组成单摆. 单摆是实际摆的理想化模型, 所以只有 A 装置可视为单摆.
- D [解析] 当单摆的摆角较小时, 摆球的回复力由重力沿摆球运动轨迹切向的分力提供, 是摆球所受的绳的拉力与重力的合

力沿切线方向的分量,故 A、B 错误;单摆运动中,摆球在最低点做圆周运动,所以摆球经过平衡位置时所受的合外力提供小球的向心力,而摆球的回复力等于 0,故 C 错误,D 正确。

3. D 【解析】在相等的时间内,甲完成 10 次全振动,乙完成 20 次全振动,可知 $T_{\text{甲}} : T_{\text{乙}} = 2 : 1$,根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知摆长 $l = \frac{gT^2}{4\pi^2}$,因甲、乙的周期之比为 2 : 1,故摆长之比为 4 : 1,已知甲摆的摆长为 1 m,则乙摆的摆长为 0.25 m。
4. B 【解析】单摆在运动过程中,摆球的回复力等于摆球重力沿圆弧切线方向的分力,而不是摆线的张力和重力的合力,故 A 错误,B 正确;摆球摆动过程中经过平衡位置时,受到重力和摆线的拉力,因做圆周运动,所以合力不为零,向心加速度不为零,故 C 错误;根据单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知,单摆的周期与振幅无关,故 D 错误。
5. C 【解析】将单摆从地球赤道移到南(北)极,重力加速度增大,根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知,振动的周期变小,故振动频率将变大,故 A 正确;重力等于万有引力,即 $mg = G\frac{Mm}{r^2}$,解得 $g = \frac{GM}{r^2}$,将单摆从地面移至距地面高度为地球半径的高度时, r 增大为原来的 2 倍,故 g 减小为原来的 $\frac{1}{4}$,根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知,振动的周期增大为原来的 2 倍,故 B 正确;将单摆移至绕地球运行的人造卫星中,单摆处于完全失重状态,不能工作,故 C 错误;根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知,振动的周期与振幅无关,在摆角很小的情况下,将单摆的振幅增大或减小,单摆的振动周期保持不变,故 D 正确。
6. AB 【解析】由图像可知,甲、乙两摆的振幅分别为 2 cm、1 cm,故振幅之比为 2 : 1,选项 A 正确; $t = 2$ s 时,甲摆的摆球在平衡位置处,乙摆的摆球在最大位移处,故甲摆的重力势能最小,乙摆的动能为零,选项 B 正确;由图像可知,甲、乙两摆的周期分别为 4 s、8 s,由单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知,甲、乙两摆的摆长之比为 1 : 4,选项 C 错误;甲、乙两摆的振幅之比为 2 : 1,摆长之比为 1 : 4,则摆动过程中甲摆的最大偏角 θ 较大,故甲、乙两摆摆球在最低点时向心加速度大小 $a = \frac{v^2}{l} = 2g(1 - \cos \theta)$ 一定不相等,选项 D 错误。
7. AD 【解析】由图像可知,甲和乙两摆的周期相同,由单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知,两摆的摆长一定相同,故 A 正确;因为单摆的周期与摆球、摆角无关,所以甲、乙的摆球质量无法比较,故 B 错误;由图像可知,甲的振幅较大,由于摆长相同,根据几何关系可知,甲的摆角较大,故 C 错误;在平衡位置时,摆球所受的拉力与摆球的重力的合力提供向心力,有 $F - mg = m\frac{v^2}{r}$,解得 $F = m\left(g + \frac{v^2}{r}\right)$,因为摆长相等,摆角不同,故到达平衡位置时的速度不同,又因为摆球质量可能不同,所以摆球所受的拉力有可能相同,故 D 正确。
8. A 【解析】设每相邻两次闪光的时间间隔为 t_0 ,则摆球从 M 到 P 所用时间为 $t_1 = 4t_0$,从 P 到 N 所用时间为 $t_2 = 2t_0$, $t_1 : t_2 = 2 : 1$,设左侧摆长为 l ,则 $t_1 = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$, $t_2 = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$,联立解得 $l = \frac{1}{4}L$,所以小钉与悬点的距离 $s = L - l = \frac{3}{4}L$,选项 A 正确。
9. D 【解析】小球的运动可视为简谐运动(单摆运动),根据周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ 可知,小球在 A 点和 BO 弧的中点释放后运动到 O 点的时间相等,都等于 $\frac{1}{4}T$,根据动能定理有 $mg\Delta h = \frac{1}{2}mv^2 - 0$,所以从 A 点释放的小球到达 O 点的速度大,故 D 正确。
10. A 【解析】设板长为 L ,则 $T_1 = \frac{L}{v_1}$, $2T_2 = \frac{L}{v_2}$,根据题意知 $v_2 = 4v_1$,所以 $T_1 = 8T_2$,故 A 正确。
11. (1)98.50 99.8 s (2)B
- 【解析】(1)由摆长公式 $l = l' + \frac{d}{2}$ 可知, $l = 98.50$ cm;由秒表的示数可得单摆振动 50 次所用的时间 $t = 3 \times 30$ s + 9.8 s =

99.8 s。

(2)根据 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ 可知, g 偏小的可能原因有二:一是摆长 l 的测量值偏小,即测量值小于实际值,A 错误,B 正确;二是周期 T 的测量值偏大,如开始计时时,过早按下秒表,或者停止计时时,过迟按下秒表,以及误把 $n+1$ 次全振动数记为 n 次等,C、D 错误。

12. (1)BD (2)12.0 0.993 0 (3) $\frac{4\pi^2}{y_2 - y_1}(x_2 - x_1)$

【解析】(1)摆球运动过程中摆角应小于 5° ,否则就不是简谐运动,选项 A 错误;应在摆球到达平衡位置时开始计时,即摆球经过最低点开始计时,选项 B 正确;摆球应选用质量大、体积较小的球,不能选泡沫球,选项 C 错误;应保证摆球在同一竖直平面内摆动,选项 D 正确。

(2)该摆球的直径为 12 mm + 0.1 mm $\times 0 = 12.0$ mm,单摆摆长 l 为 0.999 0 m - 6.0 mm = 0.993 0 m。

(3)根据单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,即 $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}l$,有 $y_1 = \frac{4\pi^2}{g}x_1$, $y_2 = \frac{4\pi^2}{g}x_2$,联立解得 $g = \frac{4\pi^2}{y_2 - y_1}(x_2 - x_1)$ 。

13. (1)1.256 s 0.4 m (2)0.2 m/s
- 【解析】(1)摆球在一个周期内两次经过最低点,根据该规律并结合图像可知,周期 $T = 0.4\pi$ s = 1.256 s

由单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知,摆长 $l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{10 \times 0.16\pi^2}{4\pi^2}$ m = 0.4 m。

(3)在最低点 B 时,摆球的速度最大,此时细线对摆球的拉力最大,根据牛顿第二定律得 $F_{\text{max}} - mg = m\frac{v^2}{l}$ 解得最大速度 $v = 0.2$ m/s。

5 外力作用下的振动

1. B 【解析】单摆做阻尼振动,根据阻尼振动的定义可知,其振幅越来越小,而单摆振动的周期是其固有周期,是由单摆本身条件决定的,故周期是不变的,A 错误,B 正确。单摆做阻尼振动过程中,振幅逐渐减小,振动的能量也在减少,即机械能在减少,而周期不变,故频率不变,C、D 错误。
2. AD 【解析】振动物体在周期性外力作用下所做的运动叫受迫振动,符合受迫振动的是 A、D。
3. D 【解析】洗衣机正常工作时,洗衣机机壳的振动频率等于波轮的运转频率,它比洗衣机的固有频率大,故 A 错误;鼓手随音乐敲击鼓面时鼓面的振动是受迫振动,故 B 错误;部队要便步通过桥梁,避免桥发生共振,故 C 错误;较弱声音可震碎玻璃杯,是因为玻璃杯发生了共振,故 D 正确。
4. D 【解析】昆虫落在丝网上挣扎时,丝网做受迫振动,丝网振动的频率与昆虫在丝网上挣扎时的振动频率 f 相同,振动周期也相同,故 C 错误,D 正确;当昆虫在丝网上挣扎时的振动频率 f 靠近丝网固有频率 f_0 时,丝网振幅才增大,故 A、B 错误。
5. AD 【解析】洗衣机切断电源后,脱水缸的转动逐渐慢下来,在某一小段时间内洗衣机发生了强烈的振动,说明此时脱水缸转动的频率与洗衣机固有频率相同,发生了共振,此后脱水缸转速减慢,则驱动力频率小于洗衣机固有频率,所以共振现象消失,洗衣机的振动幅度随之减弱,A、D 正确,B、C 错误。
6. B 【解析】当驱动力的频率与物体的固有频率相等时,受迫振动的振幅最大,达到共振,根据固有频率为 60 Hz 的钢丝达到共振,而机器工作时,每转一转,活塞上下运动一次,产生一次振动,可得机器的转速为 60 r/s = 3600 r/min,故 B 正确。
7. D 【解析】由于弹簧振子做阻尼振动,所以弹簧振子在 A 点对应的时刻的机械能大于在 B 点对应的时刻的机械能,选项 C 错误,选项 D 正确;由于曲线上 A、B 两点偏离平衡位置的距离相等,所以弹簧振子在 A 点对应的时刻的势能等于在 B 点对应的时刻的势能,由此可知,弹簧振子在 A 点对应的时刻的动能大于在 B 点对应的时刻的动能,选项 A、B 错误。
8. C 【解析】对于受迫振动,当驱动力的频率与固有频率相等时将发生共振现象,所以列车的危险速率 $v = \frac{L}{T} = 40$ m/s,A 正确,C 错误。列车过桥时减速行驶是为了防止共振现象发生,B 正确。由 $v = \frac{L}{T}$ 知,当 L 增大时,因 T 不变,则 v 变大,D 正确。
9. A 【解析】 α 摆振动后提供驱动力迫使其他三个摆做受迫振动,受迫振动的周期(或频率)等于驱动力的周期(或频率),而和自身的固有周期(或固有频率)无关,A 正确,D 错误。三个摆做受迫振动的振幅与驱动力的频率跟自身的固有频率接近程度有

- 关,两个频率越接近,做受迫振动的振幅越大,在 a 、 b 、 c 、 d 四个摆中, a 的摆长跟 c 的摆长相等,因此 c 摆做受迫振动的振幅最大, B、C 错误.
10. BD [解析] 当 $f=f_0$ 时,系统达到共振,振幅最大,故当 $f<f_0$ 时,随着 f 的增大,驱动力的频率接近固有频率,该振动系统的振幅增大,而当 $f>f_0$ 时,随着 f 的减小,驱动力的频率接近固有频率,该振动系统的振幅增大,故 A 错误, B 正确;该振动系统的振动稳定后,振动的频率一定等于驱动力的频率 f ,故 C 错误, D 正确.
11. B [解析] 当驱动力的频率 f 等于弹簧振子的固有频率 f_0 时,系统达到共振,振幅最大,故当 $f<f_0$ 时,随着 f 的增大,振幅增大,而当 $f>f_0$ 时,随着 f 的增大,振幅减小,所以在驱动力的频率逐渐增大过程中,弹簧振子的振幅先增大后减小,故 A 错误, B 正确;受迫振动的频率等于驱动力的频率,若驱动力的频率由小逐渐变大,则弹簧振子的频率由小逐渐变大,故 C、D 错误.
12. C [解析] 当受迫振动的频率等于单摆的固有频率时,将发生共振,振幅最大.若两次受迫振动分别在月球上和地球上进行,因为图线 I 对应的单摆的固有频率较小,则固有周期较大,根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,可知周期大的重力加速度小,则图线 I 是月球上的单摆共振曲线,故 A 错误.若两次受迫振动是在地球上同一地点进行的,则重力加速度相等,因为固有频率之比为 $2:5$,则固有周期之比为 $5:2$,根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知摆长之比为 $25:4$,故 B 错误.图线 II 若是在地球表面上完成的,则固有频率为 0.5 Hz ,固有周期为 $T=\frac{1}{f}=2\text{ s}$,由 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,解得 $l=1\text{ m}$,故 C 正确.图线 I 若是在地球表面上完成的,则固有频率为 0.2 Hz ,固有周期为 $T=\frac{1}{f}=5\text{ s}$,由 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,解得 $l=6.25\text{ m}$,故 D 错误.
13. 5 个
[解析] 当人的固有频率与弹簧振动的频率相等时,人会感觉最难受,则 $f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}=2\text{ Hz}$
对汽车和所有的人,由平衡条件得 $kl=(M+nm)g$
联立解得 $n=5$ (个).
14. (1)2.82 m (2)向右 (3)向左
[解析] (1)由图可知,单摆的固有频率为 0.3 Hz ,固有周期 $T=\frac{1}{0.3}\text{ s}=\frac{10}{3}\text{ s}$
由单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
解得 $l=\frac{T^2g}{4\pi^2}=2.82\text{ m}$.
(2)摆长减小时,单摆的固有频率增大,共振曲线的高峰向右移动.
(3)由北京移到广州时,重力加速度减小,则固有频率减小,共振曲线的峰值将向左移动.
- ### 章末基础排查(一)
1. B [解析] 根据回复力公式 $F=-kx$ 及牛顿第二定律可知,位移方向总跟加速度方向相反,而速度方向可能与位移方向相同,也可能与位移方向相反, A 错误;位移减小时,物体靠近平衡位置,加速度减小,速度增大, B 正确;物体的运动方向指向平衡位置时,位移方向背离平衡位置,速度方向跟位移方向相反, C 错误;物体通过平衡位置前后,其运动方向不变,但加速度方向改变, D 错误.
2. A [解析] 由图像可知,在 P 点对应的时刻,振子的位移 $x=0.025\text{ m}$,所以回复力 $F=-kx=-20\times 0.025\text{ N}=-0.5\text{ N}$,即所受的弹力大小为 0.5 N ,方向指向 x 轴负方向,故 A 正确;过 P 点作图线的切线,该切线斜率为正值,即振子的速度方向指向 x 轴正方向,故 B 错误;由 $t=0$ 时刻到图线上 P 点对应的时刻,振子所经过的路程为 $s=7A+2.5\text{ cm}=7\times 5\text{ cm}+2.5\text{ cm}=37.5\text{ cm}$,故 C 错误;由图像可知,振幅 $A=5\text{ cm}$,周期为 $T=2\text{ s}$,则 $\omega=\frac{2\pi}{T}=\pi\text{ rad/s}$,弹簧振子的振动方程为 $x=A\cos\omega t=0.05\cos\pi t(\text{m})$,故 D 错误.
3. B [解析] 摆长等于摆线的长度加上摆球的半径,故 A 错误;若实验时摆球做了圆锥摆运动,则等效摆长变小,测得的周期将会

- 变小,故 B 正确;在测量单摆的周期时,为了减小实验误差,应选择摆球在平衡位置处时开始计时,故 C 错误;伽利略发现了单摆振动的周期性,惠更斯确定了计算单摆周期的公式,故 D 错误.
4. C [解析] 物体做受迫振动时,其振动的频率等于驱动力的频率,其振动的周期也等于驱动力的周期,故 A 错误;振幅越来越小的振动叫作阻尼振动,阻尼导致能量的耗散,但其周期不变,故 B 错误;当系统做受迫振动时,如果驱动力的频率等于系统的固有频率,则发生共振,此时受迫振动的振幅最大,故 C 正确;为避免共振现象发生,应使驱动力频率远离振动系统的固有频率,故 D 错误.
5. AB [解析] 由表达式可得, $t=0.6\text{ s}$ 时物块的位移为 $y=-0.1\text{ m}$,对小球有 $h+|y|=\frac{1}{2}gt^2$,解得 $h=1.7\text{ m}$,故 A 正确;由公式可知,简谐运动的周期为 $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{2.5\pi}\text{ s}=0.8\text{ s}$,故 B 正确;振幅为 0.1 m , $0.6\text{ s}=\frac{3}{4}T$,则 $0\sim 0.6\text{ s}$ 内物块运动的路程为 $3A=0.3\text{ m}$,故 C 错误; $0.4\text{ s}=\frac{T}{2}$,则 $t=0.4\text{ s}$ 时物块在平衡位置向下振动,此时物块与小球运动方向相同,故 D 错误.
6. A [解析] 剪断 A 、 B 间细线后, A 将做简谐运动,在平衡位置,有 $kx_1=mg$,在初位置,有 $kx_2=2mg$,故振幅为 $x_2-x_1=\frac{mg}{k}$,根据简谐运动的对称性,当 A 到达最高点时,弹簧处于原长,此时支架只受重力和支持力,二力平衡,故支持力等于重力 Mg ,由牛顿第三定律可知,支架对地面的压力等于 Mg , A 正确.
7. C [解析] 加速度与位移的关系为 $a=-\frac{kx}{m}$,而 $x=A\sin(\omega t+\varphi)$,所以 $a=-\frac{k}{m}A\sin(\omega t+\varphi)$,可知加速度—时间图像为 C 图.
8. AD [解析] 甲、乙两振子的振幅分别为 $A_{\text{甲}}=2\text{ cm}$ 和 $A_{\text{乙}}=1\text{ cm}$, A 正确;甲、乙两振子的频率不相等,相位差为一变量, B 错误;前 2 s 内,甲振子的加速度为负值,乙振子的加速度为正值, C 错误;第 2 s 末甲振子在平衡位置,速度最大,而乙振子在最大位移处,加速度最大, D 正确.
9. 最低点 放大法
[解析] 为使周期的测量尽可能准确,开始计时的位置应在单摆摆动到最低点.摆球完成 N 次全振动的时间为 t ,则计算单摆周期的表达式为 $T=\frac{t}{N}$,这是应用了放大法来减小测量的误差.
10. (1) $x=12\sin\left(\pi t+\frac{\pi}{6}\right)\text{ cm}$ (2) $6\sqrt{3}$
[解析] (1)简谐运动的表达式为 $x=A\sin(\omega t+\varphi)$
振幅为 12 cm ,由周期 $T=2\text{ s}$ 得频率为 $f=0.5\text{ Hz}$,故圆频率为 $\omega=2\pi f=\pi\text{ rad/s}$
在 $t=0$ 时,位移是 6 cm ,有 $6=12\sin\varphi$
解得 $\varphi=30^\circ=\frac{\pi}{6}$
故表达式为 $x=12\sin\left(\pi t+\frac{\pi}{6}\right)\text{ cm}$.
(2)将 $t=10.5\text{ s}$ 代入表达式,可得 $x=6\sqrt{3}\text{ cm}$.
11. (1)1.54 (2) $\frac{400\pi^2}{k}$ 9.76 (3)D
12. (1) $\frac{1.4mg}{k}$ 或 $\frac{0.6mg}{k}$ (2) $2.4mg$ 或 $1.6mg$,方向竖直向上
(3) $\frac{2\pi^2mg}{k}\left(n+\frac{1}{2}\right)^2$ ($n=0,1,2,\dots$)
[解析] (1)在平衡位置时,弹簧的伸长量 $x_0=\frac{mg}{k}$;运动到最高点时,弹簧的弹力大小为 $0.4mg$,此时弹簧的形变量为 $x=\frac{0.4mg}{k}$.若在最高点弹簧处于压缩状态,则振幅为 $A_1=x_0+x=\frac{1.4mg}{k}$;若在最高点弹簧处于拉伸状态,则振幅为 $A_2=x_0-x=\frac{0.6mg}{k}$.
(2)若在最高点时弹簧处于压缩状态,则到最低点时弹簧弹力 $F_1=k(2x_0+x)=2.4mg$;若在最高点时弹簧处于伸长状态,则到最低点时弹簧弹力 $F_2=k(2x_0-x)=1.6mg$.
(3) A 运动到最高点时所需的时间为 $t=\left(\frac{1}{2}+n\right)T=\left(\frac{1}{2}+n\right)2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ($n=0,1,2,\dots$)

B 开始下落时距地面的高度 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{2\pi^2 mg}{k} \left(n + \frac{1}{2}\right)^2$ ($n = 0, 1, 2, \dots$).

13. (1) 1.25 Hz (2) 0.16 m (3) 0.1 kg

【解析】(1) 由图像可知 $T = 0.8$ s, 则 $f = \frac{1}{T} = 1.25$ Hz.

(2) 由 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, 解得 $l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = 0.16$ m.

第十二章 机械波

1 波的形成和传播

1. A 【解析】波源和介质是形成机械波的两个必不可少的条件, 故 A 正确. 简谐运动在介质中传播时, 介质中各质点都做简谐运动, 各质点的振动步调不一致, 沿波的传播方向上, 后面的质点比前面的质点要晚一些开始振动, 而且质点本身并不随波的传播而发生迁移, 故 B、C、D 均错误.
2. B 【解析】纵波中质点的振动方向与波的传播方向虽然在一条直线上, 但质点的振动方向与波的传播方向可能相同, 也可能相反, 故 B 正确, A、C 错误. 纵波没有波峰和波谷, 只有密部和疏部, 故 D 错误.
3. B 【解析】有机械波必有机械振动, 而有机械振动时, 若没介质, 则不会形成机械波, 故 A 错误; 由机械振动产生机械波, 波的频率与振源的频率相同, 故 B 正确; 波的传播速度与介质有关, 而振源的振动速度与波的传播速度无关, 故 C 错误; 在波传播过程中, 质点并不随波迁移, 只是在其平衡位置附近振动, 故 D 错误.
4. C 【解析】波形成后, 当波源停止振动时, 波不会立即消失, A、B 错误; 波中能量不断向远处传播, 故离波源较近的质点先停止振动, C 正确, D 错误.
5. C 【解析】横波与纵波的分类标准是看质点的振动方向和波的传播方向的关系, 若相互垂直, 则为横波, 若相互平行, 则为纵波, 只有选项 C 正确.
6. BD 【解析】地震波是机械波, 是由机械振动引起的, 故 A 正确; 波源停止振动后, 波要继续向前传播, 不会立即停止, 故 B 错误; 地震波既有横波成分, 也有纵波成分, 故 C 正确; 地震波具有的能量随着波的传播将愈来愈弱, 故 D 错误.
7. C 【解析】波传播的是振动这种形式, 各质点在各自平衡位置附近运动, 不随波向前移动, C 正确.
8. CD 【解析】根据题中叙述的现象, 无法说明声波是纵波, 选项 A 错误; 抽去玻璃罩内的空气, 不会使闹钟停止敲铃, 选项 B 错误; 抽去玻璃罩内的空气前, 在玻璃罩外仍然可以听到闹钟的铃声, 说明玻璃罩和空气都能传播声音, 选项 C 正确; 抽去玻璃罩内的空气后, 就听不到闹钟的铃声了, 说明声波不能在真空中传播, 选项 D 正确.
9. A 【解析】波源带动了后面的质点依次振动, 且后面的质点总是重复前面质点的振动状态, 所以介质中各质点开始振动时的运动方向都与波源开始振动时的运动方向相同, 此时波刚传播至 Q 点, Q 点此时的振动状态与波源 P 开始振动时的状态相同. 由波的传播特点可知, Q 点此时是向上运动的, 所以波源 P 刚开始振动时的运动方向也向上, 由质点的振动方向和波的传播方向的关系可知, 该波为横波, 选项 A 正确.
10. BD 【解析】由于后一个质点重复前一个质点的振动, 而质点 1 开始振动时是向上振动, 故质点 5 开始振动时也是向上振动, 故 A 错误. 振动从质点 1 传播到质点 5 经过 $\frac{T}{4}$ 时间, 质点 1 和质点 5 之间的距离为 $\frac{1}{4}$ 波长, 则质点 1 和质点 8 之间的距离为 $\frac{7}{16}$ 波长, 所以波从质点 1 传到质点 8 所需时间为 $\frac{7T}{16}$, 故在 $t = \frac{T}{2}$ 时质点 8 已振动了 $\frac{1}{2}T - \frac{7}{16}T = \frac{T}{16}$, 即质点 8 在从平衡位置向波峰的运动过程中, 根据 $a = -\frac{kx}{m}$, 可知加速度方向向下, 故 B 正确. 质点 1 和质点 12 之间的距离为 $\frac{11}{16}$ 波长, 在 $t = \frac{3T}{4}$ 时质点 12 已振动了 $\frac{3}{4}T - \frac{11}{16}T = \frac{T}{16}$, 故在 $t = \frac{3T}{4}$ 时质点 12 的运动方向向上, C 错误. 一个周期内波传播的距离等于一个波长, 可知 $t = T$ 时质点 17 开始振动, 故 D 正确.
11. AD 【解析】由图可知, 此波上各质点的振幅相同, A 正确; 波向右传播, 右方质点比左方质点后运动, 故此时 A 点向下运动, C 点向上运动, D 点向上运动, F 点向下运动, B 点比 C 点先回

(3) 摆球在 B 处时, 沿绳子方向受力平衡, 有 $F_1 = mg \cos \alpha$

摆球在 O 处时, 有 $F_2 - mg = m \frac{v^2}{l}$

摆球从 B 处运动到 O 处, 根据机械能守恒定律得

$$mgl(1 - \cos \alpha) = \frac{1}{2}mv^2$$

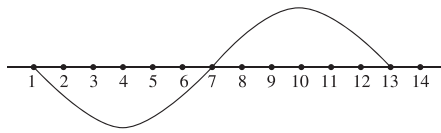
联立可得 $m = 0.1$ kg.

到平衡位置, B、C 错误, D 正确.

12. 如图所示

【解析】由于波源带动了后面的质点依次振动, 且后面的质点总是重复前面质点的振动状态, 所以介质中各质点开始振动时的运动方向都与波源开始振动时的运动方向相同, 此时波刚好传播至 P 点, P 点此时的振动状态即与波源 A 开始振动时的状态相同. 由波的传播特点可知 P 点此时是从平衡位置向下运动的.

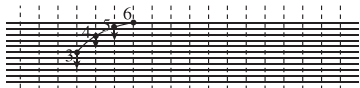
13. BD 【解析】由题可知, 质点 1 的起振方向向上, 介质中各质点起振方向均向上, 波向右传播, 画出 1~13 个质点间的波形如图所示, 由图可以看出, 质点 9 正在向下运动, 速度方向向下, 位移减小, 加速度也正在减小, 且方向竖直向下, 故 B、D 正确, A、C 错误.



14. 纵 8

【解析】因纵波的传播速度大于横波, 可知福建地震局的观测系统首先捕捉到纵波: $t = \frac{x}{v_{\text{纵}}} = \frac{140}{4}$ s = 35 s, 即从地震发生到横波传到距离地震中心 140 km 的厦门市需要时间为 35 s, 市民在手机上于 07 时 57 分 52 秒收到预警信息, 此时地震已经发生了 27 s, 则再过 8 s 才会有强烈的震撼.

15. 如图所示

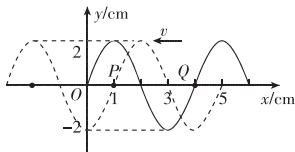


【解析】根据横波的形成原理, 由题中给出的 9、10、11、12 四点的位置和运动方向, 可画出其他各点此时的位置和运动方向, 即可找到再过 $\frac{3}{4}$ 周期时各个质点的位置和运动方向.

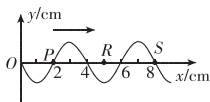
2 波的图像

1. B 【解析】区分波的图像和振动图像时应看横坐标表示的是位置还是时间.
2. D 【解析】若 B 点此时振动的速度是向上的, 根据“上下坡”法可知, 波向左传播, 故 A 错误; 若波向左传播, 根据“上下坡”法可知, A、C 两点振动的速度都是向下的, 故 B 错误; 质点不会随波迁移, 故 C 错误; 若 C 点比 D 点先回到平衡位置, 则在图示时刻, C 的速度方向向上, D 的速度方向向下, 根据“上下坡”法可知, 波向右传播, 故 D 正确.
3. D 【解析】简谐横波沿 x 轴传播, 此时质点 F 的运动方向是沿 y 轴负方向, 由“上下坡”法可知, 该波沿 x 轴负方向传播, 故 A 错误; 根据“上下坡”法可知, 此时质点 H 的运动方向是沿 y 轴正方向, 与质点 F 的运动方向相反, 故 B 错误; 根据“上下坡”法可知, 此时质点 E 的运动方向是沿 y 轴负方向, 故 C 错误; 根据“上下坡”法可知, 此时质点 B 沿 y 轴正方向运动, 所以质点 C 将比质点 B 先回到平衡位置, 故 D 正确.
4. A 【解析】波沿 x 轴正方向传播, 则坐标为 (3 cm, 0) 的质点此时正沿 y 轴正方向运动, 经过 $\frac{1}{4}$ 周期, 该质点到达波峰处, 坐标为 (3 cm, 2 cm), 故 A 正确.
5. C 【解析】由图乙可知, $t = 0$ 时刻, 质点在接近正向最大位移处向上振动, 由图甲可知, $x = 0$ 处的质点处在平衡位置向下振动, $x = 0.5$ m 处的质点在向下振动, $x = 2.5$ m 处的质点在接近负向最大位移处向上振动, 只有 $x = 1.5$ m 处的质点的位置和振动方向符合要求, 故 C 正确.
6. A 【解析】当 Q 处质点在 $t = 0$ 时的振动状态传到 P 处时, 波形图如图中虚线所示, Q 处质点在波谷位置, 其加速度沿 y 轴正方

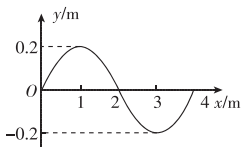
向,振动速度是0,而P处质点处于平衡位置,振动速度最大,故A正确,B、C错误;该波沿x轴负方向传播,由“上下坡”法可知,1 cm<x<2 cm范围内的质点正在向y轴正方向运动,2 cm<x<3 cm范围内的质点正在向y轴负方向运动,故D错误。



7. D [解析] 波上的各质点的振幅是相同的,与具体的时刻无关,故A错误; $t=T$ 时质点a位于正向最大位移处,质点b经过平衡位置,所以质点a的速度比质点b的小,故B错误;由图乙知, $t=T$ 时刻质点经过平衡位置向下运动,图甲是 $t=T$ 时刻的波形,此时a位于波峰,位移最大,与图乙中 $t=T$ 时刻质点的状态不符,而质点b在 $t=T$ 时刻经过平衡位置向下运动,与图乙中 $t=T$ 时刻质点的状态相符,所以图乙不能表示质点a的振动,可以表示质点b的振动,故C错误,D正确。
8. D [解析] a、c处质点在该时刻位移最大,它们的加速度最大,故A错误;根据同侧法可知,b处质点的振动方向向上,e处质点的振动方向向下,在该时刻它们的速度方向相反,故B错误;根据同侧法可知,d、f处质点的振动方向向下,在该时刻它们的速度方向相同,故C错误;该时刻d处质点的振动方向向下,此后a处质点比d处质点先回到平衡位置,故D正确。
9. C [解析] 当R点在 $t=0$ 时的运动状态传到S点时,其波形如图所示,由图可判断出,正在向y轴负方向运动的质点的x坐标范围为1 cm<x<3 cm和5 cm<x<7 cm,故选项C正确。



10. A [解析] 由图乙可知,该质点在 $t=1$ s时处于平衡位置且在沿y轴负方向运动,图甲中波沿x轴负方向传播,可知图乙可能是图甲中 $x=0$ 处的质点的振动图像,故选项A正确。
11. 如图所示 [解析] 由图甲可知, $t=0$ 时刻质点a正处于平衡位置且沿y轴正方向运动,经过 $\frac{T}{4}$ 时间到达正向最大位移处,因波传播的方向为x轴正方向,利用波形与质点振动方向关系的判断方法,得出 $t=0$ 时的波形如图所示。
12. D [解析] 波传播的是振动这种运动形式,而不是将原有波形向波的传播方向顺延,当波刚传到坐标原点时,原点O的振动方向是沿y轴负方向,故介质中各点起振方向均沿y轴负方向,由于 $x=2$ cm处的质点起振后还需经过 $\frac{5}{4}$ 个周期波才传到N点,所以波传到N点时, $x=2$ cm处的质点的位移为 $y=-1$ cm,通过的路程 $s=\frac{5}{4} \times 4A=5$ cm,选项D正确。
13. (1)见解析 (2)见解析 (3)如图所示 (4)2.8 m 0



[解析] (1)甲图中AA'表示 $x=1$ m处的质点的振幅,也表示 $t=1.0$ s时 $x=1$ m处的质点的位移大小为0.2 m,方向为负;乙图中AA'表示质点P的振幅,也表示质点P在 $t=0.25$ s时的位移大小为0.2 m,方向为负。

(2)甲图中OA'B段图线表示从O到B之间所有质点在 $t=1.0$ s时的位移,位移方向均为负,由乙图可看出质点P在 $t=1.0$ s时向y轴负方向运动,所以甲图中波向x轴负方向传播,则O、A'间各质点正向远离平衡位置方向振动,A'、B间各质点正向靠近平衡位置方向振动。

(3)再经过3.5 s时波传播的距离 $\Delta x=v\Delta t=4 \times 3.5$ m=14 m= $(3+\frac{1}{2})\lambda$

所以只需将波形向x轴负方向平移 $\frac{\lambda}{2}$ 即可,如图所示。

(4)因 3.5 s= $(3+\frac{1}{2})T$,所以再经过3.5 s时质点P通过的路程 $s=3.5 \times 4A=14 \times 0.2$ m=2.8 m

由时间的周期性可知,经历时间为周期的整数倍时位移不变,

所以只需求出从图示时刻起质点P经过 $\frac{T}{2}$ 时的位移即可,可知经过3.5 s时质点P的位移仍为0。

3 波长、频率和波速

1. AC
2. BC [解析] 从图像中可以看出质点A、C、E、G、I在该时刻的位移都是零,由于波的传播方向是x轴正方向,故可以判断出质点A、E、I的速度方向是y轴负方向,而质点C、G的速度方向是y轴正方向,因而这五个点的位移并不总是相同,选项A错误。质点B、F是处于相邻的两个波峰的点,它们的振动步调完全相同,在振动过程中位移总是相同,选项B正确。质点D、H是处于相邻的两个波谷的点,它们的平衡位置间的距离等于一个波长,选项C正确。虽然质点A、I在振动过程中位移总是相同,振动步调也完全相同,但由于它们不是相邻的振动步调完全相同的两个点,它们的平衡位置间的距离不是一个波长(应为两个波长),选项D错误。
3. D [解析] 由图A可知,波长 $\lambda=2$ s,周期 $T=\frac{2s}{v}$,由图知质点a向上振动,经 $\frac{3}{4}T$ 第一次到达波谷,用时 $t_1=\frac{3}{4}T=\frac{3s}{2v}$;由图B可知波长 $\lambda=s$,周期 $T=\frac{s}{v}$,由图知质点a向下振动,经 $\frac{T}{4}$ 第一次到达波谷,用时 $t_2=\frac{1}{4}T=\frac{s}{4v}$;由图C可知,波长 $\lambda=s$,周期 $T=\frac{s}{v}$,由图知质点a向上振动,经 $\frac{3}{4}T$ 第一次到达波谷,用时 $t_3=\frac{3}{4}T=\frac{3s}{4v}$;由图D可知,波长 $\lambda=\frac{2}{3}s$,周期 $T=\frac{2s}{3v}$,由图知质点a向下振动,经 $\frac{1}{4}T$ 第一次到达波谷,用时 $t_4=\frac{1}{4}T=\frac{s}{6v}$,故D正确。
4. CD [解析] 由图像知,波长 $\lambda=8$ m,故A错误,C正确;由图像知,该波的振幅 $A=2$ cm,质点P从该时刻起经过0.6 s通过的路程为6 cm,即通过的路程为3A,经历的时间为 $\frac{3}{4}T$,则 $\frac{3}{4}T=0.6$ s,解得 $T=0.8$ s,故波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{8}{0.8}$ m/s=10 m/s,在0~0.6 s内波传播的距离为 $s=vt=10 \times 0.6$ m=6 m,故B错误;因 $t=0.6$ s= $\frac{3}{4}T$,则在 $t=0.6$ s时刻,质点P的振动方向沿y轴负方向,故D正确。
5. BCD [解析] 简谐横波向右传播,根据微平移法可知, $t=0.3$ s时刻,质点1和质点8均向下运动,故A错误,B正确。 $t=0$ 时刻波恰传到质点1,质点1立即开始向上振动,图中质点9的振动方向向下,因1~9号质点间第一次出现如图乙所示的波形,故波传播了1.5T,由 $\Delta t=1.5T=0.3$ s,解得 $T=0.2$ s,则质点5运动的时间为一个周期T,由图读出波长为 $\lambda=0.8$ m,则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{0.8}{0.2}$ m/s=4 m/s,故C、D正确。
6. C [解析] 波的频率与波源的振动频率相同,与介质无关,所以 $f_1=f_2$;由图知 $\frac{3}{2}\lambda_1=L$, $3\lambda_2=L$,得 $\lambda_1=2\lambda_2$,由 $v=\lambda f$,得 $v_1=2v_2$,故选项C正确。
7. A [解析] 波沿x轴正方向传播,根据波形图可知, $(n+\frac{1}{2})T=0.20$ s,其中 $n=0,1,2,\dots$,由于该波的周期 $T>0.20$ s,所以n只能等于0,则 $T=0.40$ s,根据波形图可知,波长 $\lambda=16$ cm=0.16 m,所以波速 $v=\frac{\lambda}{T}=0.40$ m/s,故A正确,B错误; $x=0.08$ m处的质点在 $t=0$ 时位于平衡位置向上振动,而 0.70 s= $(1+\frac{3}{4})T$,所以 $t=0.7$ s时 $x=0.08$ m处的质点位于波谷,故C错误;由于 $\frac{1}{4}T<0.12$ s< $\frac{1}{2}T$,所以 $t=0.12$ s时 $x=0.08$ m处的质点位于最大位移处下方向平衡位置振动,故D错误。
8. AC [解析] 由图乙知,此时质点P沿y轴负方向运动,根据微平移法可判断,波沿x轴正方向传播,此时质点Q沿y轴正方向运动,周期 $T=0.2$ s,经过 $t=0.35$ s= $(1+\frac{3}{4})T$,质点P到达波峰,质点Q到达平衡位置下方但未到达波谷,质点Q到平衡位置的距离小于质点P到平衡位置的距离,故A正确。经过 $t=0.25$ s= $(1+\frac{1}{4})T$,质点P到达波谷,质点Q到达平衡位置上方但未到达波峰,质点Q的加速度小于质点P的加速度,故B

错误.因波沿 x 轴正方向传播,波长 $\lambda=4\text{ m}$,则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=20\text{ m/s}$,经过 0.15 s ,波传播距离 $x=vt=3\text{ m}$,故 C 正确.经过 $t=0.1\text{ s}=\frac{1}{2}T$,质点 Q 的运动方向沿 y 轴负方向,故 D 错误.

9. CD [解析] 由图甲得波长为 4 m ,由图乙得周期为 4 s ,故波速 $v=\frac{\lambda}{T}=1\text{ m/s}$,A 错误;各个质点开始振动的方向均与波源的起振方向相同,由图示时刻 M 点的起振方向可知,波源起振方向沿 y 轴负方向,故 M 点以后的各质点开始振动时的方向都沿 y 轴负方向,B 错误; $x=4\text{ m}$ 处的质点的振动传到 Q 点时,质点 Q 第一次到达波谷,所用时间 $\Delta t=\frac{\Delta x}{v}=\frac{6}{1}\text{ s}=6\text{ s}$,故 C 正确;这列波由 M 点传播到 Q 点的时间 $t=\frac{\Delta x'}{v}=5\text{ s}=\frac{5}{4}T$,这段时间内 M 点通过的路程为 $s=\frac{5}{4}\times 4A=50\text{ cm}$,故 D 正确.

10. AD [解析] 由振动图像知,质点振动周期 $T=4\text{ s}$,在 $t=0$ 时刻, a 点位于波谷, b 点经过平衡位置向上振动,结合波形得 $x_{ab}=(n+\frac{3}{4})\lambda(n=0,1,2,\dots)$,则 $\lambda=\frac{4x_{ab}}{4n+3}=\frac{8}{4n+3}\text{ m}(n=0,1,2,\dots)$,当 $n=0$ 时, $\lambda=\frac{8}{3}\text{ m}$,A 正确;因为 $n\geq 0$,故 $0<\lambda\leq\frac{8}{3}\text{ m}$,B 错误;波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{2}{4n+3}\text{ m/s}(n=0,1,2,\dots)$,因为 $n\geq 0$,故 $0<v\leq\frac{2}{3}\text{ m/s}$,C 错误;当 $n=1$ 时, $v=\frac{2}{7}\text{ m/s}$,D 正确.

11. AB [解析] 简谐横波沿长绳向右传播,当 a 点的位移达到正向最大值时, b 点的位移恰为零,且向下运动,则 a, b 间的距离 $x_{ab}=14.0\text{ m}=(n+\frac{3}{4})\lambda(n=0,1,2,\dots)$,可得波长 $\lambda=\frac{56}{4n+3}\text{ m}(n=0,1,2,\dots)$;经过 1.0 s , a 点的位移为零,且向下运动,而 b 点的位移恰达到负向最大值,则时间 $t=1.0\text{ s}=(k+\frac{1}{4})T(k=0,1,2,\dots)$,可得周期 $T=\frac{4}{4k+1}\text{ s}(k=0,1,2,\dots)$,则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{14(4k+1)}{4n+3}\text{ m/s}(n=0,1,2,\dots;k=0,1,2,\dots)$,当 $k=0, n=0$ 时, $v=\frac{14}{3}\text{ m/s}$;当 $k=1, n=0$ 时, $v=\frac{70}{3}\text{ m/s}$;由于 n, k 是整数, v 不可能等于 7 m/s 和 14 m/s ,故 A、B 正确, C、D 错误.

12. C [解析] 水中的声速在 $1300\sim 1600\text{ m/s}$ 之间,接收器与发射器之间的距离为 2.1 m ,则接收到信号需要时间在 $\frac{2.1}{1600}\text{ s}=1.3\times 10^{-3}\text{ s}$ 至 $\frac{2.1}{1300}\text{ s}=1.6\times 10^{-3}\text{ s}$ 之间,由音频信号发生器的频率可知发射信号的周期 $T=\frac{1}{f}=5\times 10^{-4}\text{ s}$,即图乙中两条短

线之间的时间间隔 $t_0=\frac{1}{10}T=5\times 10^{-5}\text{ s}$,所以以发射信息 P 对应计时起点,则①对应的时间大约为 $4\times 10^{-4}\text{ s}$,②对应的时间大约为 $9\times 10^{-4}\text{ s}$,③对应的时间大约为 $1.4\times 10^{-3}\text{ s}$,④对应的时间大约为 $1.9\times 10^{-3}\text{ s}$,故 C 正确.

13. AC [解析] 由图像知,波长 $\lambda_A=24\text{ cm}$, $\lambda_B=12\text{ cm}$,又知 $t=\frac{T_A}{2}, t=kT_B$,可得 $T_A:T_B=2k:1(k=1,2,\dots)$,由波速 $v=\frac{\lambda}{T}$,可得 $v_A:v_B=1:k$,当 $k=1$ 时, $v_A:v_B=1:1$;当 $k=3$ 时, $v_A:v_B=1:3$;因为 k 为整数, $v_A:v_B$ 不可能等于 $3:1$,也不可能等于 $3:2$,故 A、C 正确, B、D 错误.

14. (1) 2 m/s 方向沿 x 轴负方向 (2) 120 cm (3) 2.5 cm
[解析] (1) $t=0$ 时质点 P 的运动方向沿 y 轴负方向,所以此波沿 x 轴负方向传播,在 $t=0.35\text{ s}$ 时刻,质点 P 恰好第 2 次到达 y 轴正方向最大位移处,则有 $(1+\frac{3}{4})T=0.35\text{ s}$

解得 $T=0.2\text{ s}$

由图像可知,简谐波的波长 $\lambda=0.4\text{ m}$

故波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{0.4}{0.2}\text{ m/s}=2\text{ m/s}$.

(2) 从 $t=0$ 至 $t=1.2\text{ s}$,恰经过了 6 个周期,由于振幅 $A=5\text{ cm}$,所以质点 Q 运动的路程为 $L=6\times 4A=24\times 5\text{ cm}=120\text{ cm}$.

(3) 因 $t=1\text{ s}=5T$,故当 $t=1\text{ s}$ 时,质点 Q 经过 5 个周期后恰好回到原位置,则相对于平衡位置的位移 $s=2.5\text{ cm}$.

15. (1) 若波沿 x 轴正方向传播,波速为 $(16n+4)\text{ m/s}(n=0,1,2,\dots)$,若波沿 x 轴负方向传播,波速为 $(16n+12)\text{ m/s}(n=0,1,$

$2,\dots)$ (2) x 轴正方向

[解析] (1) 若波沿 x 轴正方向传播,根据波的周期性可知,波在 Δt 时间内传播的距离 $\Delta x=(n+\frac{1}{4})\lambda=(n+\frac{1}{4})\times 8\text{ m}=(8n+2)\text{ m}(n=0,1,2,\dots)$,则波速 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=(16n+4)\text{ m/s}(n=0,1,2,\dots)$;

若波沿 x 轴负方向传播,根据波的周期性可知,波在 Δt 时间内传播的距离 $\Delta x=(n+\frac{3}{4})\lambda=(n+\frac{3}{4})\times 8\text{ m}=(8n+6)\text{ m}(n=0,1,2,\dots)$,则波速 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=(16n+12)\text{ m/s}(n=0,1,2,\dots)$.

(2) 若波速为 68 m/s ,则波在 $\Delta t=0.5\text{ s}$ 内传播的距离 $\Delta x=v\Delta t=34\text{ m}=(4+\frac{1}{4})\lambda$,故波沿 x 轴正方向传播.

题型练 机械波的双向与多解问题

1. B [解析] 由题意可知 P、Q 的平衡位置间的距离应该为 $(n+\frac{1}{2})\lambda$,即 $(n+\frac{1}{2})\lambda=0.15\text{ m}$,当 $n=0$ 时, $\lambda=0.30\text{ m}$,当 $n=1,2,3,\dots$ 时, $\lambda=0.10\text{ m}, 0.06\text{ m}, \frac{3}{70}\text{ m}, \dots$,故只有选项 B 正确.

2. B [解析] 质点 a 运动到波峰位置时,质点 b 刚好处于平衡位置向上运动,则 a, b 间距离 $x_{ab}=(n+\frac{1}{4})\lambda(n=0,1,2,3,\dots)$,所以波长 $\lambda=\frac{4x_{ab}}{4n+1}=\frac{4\times 0.5}{4n+1}\text{ m}=\frac{2}{4n+1}\text{ m}$,当 $n=0$ 时, $\lambda=2\text{ m}$,当 $n=1,2,3,\dots$ 时, $\lambda=0.4\text{ m}, \frac{2}{9}\text{ m}, \frac{2}{13}\text{ m}, \dots$,故只有 B 正确.

3. B [解析] 由振动图像可知,两质点的振动情况相反,所以两质点间的距离满足 $1.8\text{ m}=(2n+1)\frac{\lambda}{2}$,即 $\lambda=\frac{3.6}{2n+1}\text{ m}(n=0,1,2,\dots)$,由图像知 $T=4\text{ s}$,所以波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{0.9}{2n+1}\text{ m/s}$,当 $n=0$ 时, $v=0.9\text{ m/s}$;当 $n=1$ 时, $v=0.3\text{ m/s}$;当 $n=2$ 时, $v=0.18\text{ m/s}$,故只有 B 正确.

4. B [解析] 由图可知,甲波的波长为 4 m ,乙波的波长为 6 m ,故甲波的波长小于乙波的波长, A 错误;经过 0.5 s 后,甲、乙的波形分别变成图中虚线所示,且周期均大于 0.3 s ,则根据 $nT+\frac{1}{2}T=0.5\text{ s}$ 可知,两波的周期可能为 1 s 或 $\frac{1}{3}\text{ s}$,若甲波的周期为 $\frac{1}{3}\text{ s}$,乙波的周期为 1 s ,根据波速 $v=\frac{\lambda}{T}$ 可知,甲波的波速大于乙波的波速,根据频率 $f=\frac{1}{T}$ 可知,甲波的频率大于乙波的频率,故 B 正确, C、D 错误.

5. (1) 0.1 s 时 (2) 2.8 m
[解析] (1) P 所在的波向右传播, $t=0$ 时质点 P 向下振动,由图可知,其振动方程为 $y=20\sin(\frac{2\pi}{T}t+\frac{5\pi}{6})\text{ cm}$,当 $t=0.1\text{ s}$ 时, y 第一次变为零,即质点 P 从图示位置第一次回到平衡位置.

(2) 由 $\frac{\pi}{6}=\frac{1}{2}\frac{2\pi}{T}$ 得波长 $\lambda=12\text{ m}$,则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{12}{1.2}\text{ m/s}=10\text{ m/s}$,由图可知, $t=0$ 时向左传播的第一个波峰在 $x=-\frac{\lambda}{4}=-3\text{ m}$ 处,故质点 N 第一次到达波峰位置的时间为 $t_2=\frac{45-3}{10}\text{ s}=4.2\text{ s}=(3+\frac{1}{2})T$,此时间内 M 点运动的路程 $s=(3+\frac{1}{2})\times 4A=14\times 20\text{ cm}=2.8\text{ m}$.

6. (1) 10 m/s (2) 0.25 s 时

[解析] (1) 由波形图可知该波的波长为 $\lambda=3\text{ m}$

若波向 x 轴负方向传播,从 $t=0\text{ s}$ 到 $t_1=0.2\text{ s}$ 过程,波向 x 轴负方向传播的距离为 $\Delta x_1=(n+\frac{2}{3})\lambda=(3n+2)\text{ m}(n=0,1,2,\dots)$

波传播的波速为 $v_1=\frac{\Delta x_1}{\Delta t}=(15n+10)\text{ m/s}(n=0,1,2,\dots)$

当 $n=0$ 时,波速最小,为 $v_{1\min}=10\text{ m/s}$.

(2) 若波向 x 轴正方向传播,由波形图可知 $t_1=(\frac{1}{3}+n)T$,因

$t_1 < T$, 故 $t_1 = \frac{1}{3}T$, 可得周期 $T = 0.6 \text{ s}$

则波速为 $v_2 = \frac{\lambda}{T} = 5 \text{ m/s}$

实线波形图中波峰的平衡位置到 P 点的距离为 $\Delta x_2 = x_P - \frac{\lambda}{4} = \frac{5}{4} \text{ m}$

所以 P 点第一次出现波峰的时刻为 $t_2 = \frac{\Delta x_2}{v_2} = 0.25 \text{ s}$.

7. (1) 18 cm/s x 轴负方向 (2) 9 cm

【解析】(1) 由图甲可以看出, 该波的波长为 $\lambda = 36 \text{ cm}$ ①

由图乙可以看出, 周期为 $T = 2 \text{ s}$ ②

波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 18 \text{ cm/s}$ ③

由图乙知, 当 $t = \frac{1}{3} \text{ s}$ 时, Q 点向上运动, 结合图甲可得, 波沿 x 轴负方向传播.

(2) 设质点 P 、 Q 平衡位置的 x 坐标分别为 x_P 、 x_Q . 由图甲知, $x = 0$ 处 $y = -\frac{A}{2} = A \sin(-30^\circ)$, 因此

$x_P = \frac{30^\circ}{360^\circ} \lambda = 3 \text{ cm}$ ④

由图乙知, 在 $t = 0$ 时 Q 点处于平衡位置, 经 $\Delta t = \frac{1}{3} \text{ s}$, 其振动状态向 x 轴负方向传播至 P 点处, 由此及③式有 $x_Q - x_P = v \Delta t = 6 \text{ cm}$ ⑤

由④⑤式得, 质点 Q 的平衡位置的 x 坐标为 $x_Q = 9 \text{ cm}$ ⑥

8. (1) 0.75 m/s 沿 x 轴正方向 (2) 7.75 m 、 13.75 m 、 19.75 m

【解析】(1) 由图甲可知, 周期 $T = 8 \text{ s}$, 由图乙可知, 波长 $\lambda = 6 \text{ m}$,

则波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 0.75 \text{ m/s}$,

由图乙可知, 4 s 末质点 P 位于平衡位置, 则图甲中虚线为 P 的振动图像, 实线为 Q 的振动图像, 由图甲可知 $t = 4 \text{ s}$ 时质点 P 在向下振动, 由图乙可知, 波沿 x 轴正方向传播.

(2) 由题意可知, Q 在 P 右侧, 即波由 P 传到 Q , 由 P 、 Q 两质点的振动图像可知, P 比 Q 多振动 $\Delta t = (8k + 5) \text{ s}$ ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$), Q 到 P 的距离为 $\Delta x = v \Delta t = (6k + 3.75) \text{ m}$ ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$), 由于 $\Delta x < 20 \text{ m}$, 则 $k = 0, 1, 2$, $\Delta x = 3.75 \text{ m}$ 、 9.75 m 、 15.75 m , 所以 $x_Q = x + \Delta x$, 代入数据得 $x_Q = 7.75 \text{ m}$ 、 13.75 m 、 19.75 m .

9. (1) $(20n + 15) \text{ m/s}$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) (2) 0.8 s (3) 20 cm

【解析】(1) 若波沿 x 轴负方向传播, 则传播的距离为 $\Delta x = \left(n + \frac{3}{4}\right) \lambda = (4n + 3) \text{ m}$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$),

传播的速度为 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = (20n + 15) \text{ m/s}$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$).

(2) 若波沿 x 轴正方向传播, 则传播的时间为 $\Delta t = \left(n + \frac{1}{4}\right) T$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$),

可得周期 $T = \frac{4 \Delta t}{4n + 1} = \frac{0.8}{4n + 1} \text{ s}$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$),

当 $n = 0$ 时, 周期最大, 为 0.8 s .

(3) 波沿 x 轴正方向传播时, 波速 $v = (20n + 5) \text{ m/s}$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$),

当 $n = 1$ 时, $v = 25 \text{ m/s}$, 则周期 $T = \frac{\lambda}{v} = 0.16 \text{ s}$,

由波形图可知, 质点的振幅 $A = 5 \text{ cm}$, 在 $t = 0.16 \text{ s} = T$ 内, 质点 P 运动的路程 $s = 4 \times 5 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$.

10. (1) 54 m/s (2) 58 m/s (3) 向左

【解析】(1) 由图像可知, 该波的波长 $\lambda = 8 \text{ m}$. 波在一个周期内传播的距离是一个波长, 由 $3T < t_2 - t_1 < 4T$ 知, 波传播距离 Δx 满足 $3\lambda < \Delta x < 4\lambda$

若波向右传播, 则波传播距离为 $\Delta x = (3\lambda + 3) \text{ m} = (3 \times 8 + 3) \text{ m} = 27 \text{ m}$,

波速为 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{27}{0.5} \text{ m/s} = 54 \text{ m/s}$.

(2) 若波向左传播, 则波传播距离为 $\Delta x = (3\lambda + 5) \text{ m} = (3 \times 8 + 5) \text{ m} = 29 \text{ m}$,

波速为 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{29}{0.5} \text{ m/s} = 58 \text{ m/s}$.

(3) 若波速大小为 74 m/s , 则在 $\Delta t = t_2 - t_1 = 0.5 \text{ s}$ 内波传播的距离为 $\Delta x = v \Delta t = 74 \times 0.5 \text{ m} = 37 \text{ m}$, 因为 $37 \text{ m} = (4\lambda + 5) \text{ m}$, 所以波向左传播.

4 波的衍射和干涉

5 多普勒效应

6 惠更斯原理 (略)

1. A 【解析】当波源与观察者相互靠近或远离时, 会发生多普勒效应, 选项 C 正确. 多普勒效应是由奥地利物理学家多普勒首先发现的, 发生多普勒效应时, 观察者接收到的波的频率相对波源的振动频率发生了变化, 而波源的频率没有发生变化, 选项 A 错误, 选项 B、D 正确.

2. C 【解析】一切波均能发生衍射现象, 但发生明显的衍射现象的条件是障碍物尺寸与波长相差不多, 或者比波长更小, 而发生干涉现象的条件是两列波的频率相同, 故 A、B 错误, C 正确; 波速越小, 则波长越小, 越不容易发生明显的衍射现象, 故 D 错误.

3. BC 【解析】根据多普勒效应产生的原因, 该图表示波源正在向 B 点移动, 当波源和观察者间的距离变小时, 观察者接收到的波的频率一定比波源的频率高, 而当波源和观察者间的距离变大时, 观察者接收到的波的频率一定比波源的频率低, 故 A、D 错误, B、C 正确.

4. D 【解析】在振动减弱的区域, 由于两列波叠加使质点振动的方向相反, 故质点振动的位移为两位移的矢量和, 该质点可能仍然振动, 合位移可能大于 0, 也可能等于 0, 还可能小于 0, 故 A、B 错误; 在振动加强的区域, 两个独立的振动使质点振动的方向相同, 合位移可能大于 0, 也可能等于 0, 还可能小于 0, 故 C 错误, D 正确.

5. A 【解析】此时 b 点处是两列波的波峰与波峰叠加的地方, 随着时间推移, 可以是波谷与波谷叠加的地方, 但振动始终是加强的, 因此是振动加强点, 故 A 正确; c 点处是两列波的波谷与波谷叠加的地方, 随着时间推移, 可以是波峰与波峰叠加的地方, 但振动始终是加强的, 因此是振动加强点, 故 B 错误; a 点处是两列波的波峰与波谷叠加的地方, 由于两列波振幅相同, 所以该时刻 a 点的位移为 0, 故 C 错误; d 点与最近的两个波峰距离相等, 随着时间推移, 可以是波谷与波谷叠加的地方, 也可以是波峰与波峰叠加的地方, 因此是振动加强点, 故 D 错误.

6. D 【解析】由图可看出, 波源 S_1 形成的水波波长大于波源 S_2 形成的水波波长大, 两列波在同一介质中传播, 波速相等, 由波速公式 $v = \lambda f$ 知, 两列波的频率不相等, 不会产生干涉现象, 但能发生叠加现象, 故 A 错误; 两列水波波源 S_1 和 S_2 的振幅分别为 A 和 $2A$, 则波谷和波谷相遇处位移大小为 $3A$, 并不为零, 故 B 错误; 因两列水波波源 S_1 和 S_2 的振幅分别为 $2A$ 和 A , 由图可知, 此时 A 点是波峰与波谷相遇, 则 $x_A = A$, 故 C 错误; 结合图可知, 此刻 A 点和 B 点的位移大小分别是 A 和 $3A$, 故 D 正确.

7. BD 【解析】由题意可知, A 点处于挡板 M 后面的“阴影区”内. 要使 A 点有明显振动, 需使波发生明显衍射, 关键在于狭缝的尺寸要跟波长相差不多, 或者比波长更小, 因此, 本题为使 A 点有明显振动, 有两条途径: 其一, 若保持狭缝宽度不变, 可减小波源振动频率以增大波长, 当波长大于缝的宽度时, 由于衍射而使 A 点有明显振动; 其二, 若波源振动频率不变, 可将 N 板向左平移, 使缝的宽度减小, 当缝的宽度小于波长时, 波发生明显衍射, 也可使 A 点有明显振动.

8. A 【解析】相干波的叠加是稳定的, 即质点 P 的振幅一直为 $A_1 + A_2$, 故 A 正确, B 错误; 质点的位移是随时间变化的, 故 C 错误; 此刻, 质点 P 在波峰, 半个周期后, 质点 P 在波谷, 位移大小为 $A_1 + A_2$, 故 D 错误.

9. CD 【解析】由 $v = \lambda f$ 得, 两列波的波长均为 $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{1360} \text{ m} = 0.25 \text{ m}$, 故 C 正确. B 点与两波源的距离差 $\Delta x = 1 \text{ m} = 4\lambda$, 该点为振动加强点, 但位移并不总是最大, B 点仍在振动, 其位移做周期性变化, 故 A 错误. B 点与两波源的距离差为 $d_1 = 4\lambda$, A 点与两波源的距离差为 $d_3 = 3 \text{ m} = 12\lambda$, A 、 B 间还有一个点与两波源的距离差为零, 所以 A 、 B 间有与两波源的距离差分别为 11λ 、 10λ 、 9λ 、 \dots 、 0 、 λ 、 \dots 、 3λ 共 15 个振动加强的点, 故 B 错误. 与两波源的距离差为半个波长的奇数倍的点振动减弱, B 点与两波源的距离差为 $d_1 = 1 \text{ m} = 4\lambda$, C 点与两波源与距离差为 $d_2 = 3 \text{ m} = 12\lambda$, 所以 B 、 C 间有与两波源的距离差分别为 4.5λ 、 5.5λ 、 6.5λ 、 7.5λ 、 8.5λ 、 9.5λ 、 10.5λ 、 11.5λ 共 8 个振动减弱的点, 故 D 正确.

10. B 【解析】由波的叠加原理知, 波在相遇时互不影响, 而通过各自保持原有的状态继续传播. 在图乙所对应的时刻, 根据波的传播方向和质点的振动方向之间的关系可以判定, a 向下振动, b 向上振动, 选项 B 正确.

11. C 【解析】根据干涉特点知, 当某一点与两相干波源的距离之差为波长的整数倍时, 此点为振动加强点; 当某一点与两相干波源的距离之差为半波长的奇数倍时, 此点为振动减弱点, 本题目的为削弱噪音, 故 C 正确, A、B、D 错误.

12. (1)明显的衍射现象 (2)干涉现象 (3)D点 B点 A、C两点

【解析】(1)只保留 S_2 , 波源 S 产生的波传播到狭缝 S_2 时, 由于狭缝的尺寸比波长大, 于是水面波在狭缝 S_2 处发生明显的衍射现象, 水面波以狭缝 S_2 处为波源向挡板另一侧传播开来。

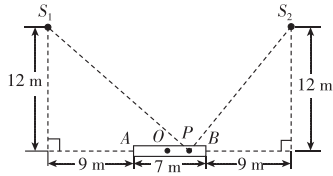
(2)由于 $SS_1=SS_2$, 从波源发出的水面波传播到 S_1 、 S_2 处时, 它们的振动情况完全相同, 当 S_1 、 S_2 都保留时, 将会产生干涉波, 它们在挡板另一侧空间相遇时产生干涉现象, 一些地方振动加强, 一些地方振动减弱, 加强区与减弱区相互隔开。

(3)D点是波峰与波峰相遇处, 是该时刻向上振动的最强点, B点是波谷与波谷相遇处, 是该时刻向下振动的最强点, A、C两点都是波峰与波谷相遇处, 该时刻这两点振动最弱。

13. 4个

【解析】频率为 $f=136\text{ Hz}$ 的声波的波长 $\lambda=\frac{v}{f}=2.5\text{ m}$ 。

如图所示, O 是 AB 的中点, P 是 OB 上任一点。



将 S_1P-S_2P 表示为 $S_1P-S_2P=k\cdot\frac{\lambda}{2}$, k 为整数。

当 $k=0, 2, 4, \dots$ 时, 从两个喇叭传来的声波因干涉而加强;

当 $k=1, 3, 5, \dots$ 时, 从两个喇叭传来的声波因干涉而相消。

由此可知, O 是振动加强点,

对于 B 点, $S_1B-S_2B=20\text{ m}-15\text{ m}=5\text{ m}=2\lambda$, 所以 B 点也是振动加强点。

因而 O 、 B 之间有两个振动减弱的点, 由对称性可知, A 、 O 之间也有两个振动减弱的点, 则 AB 上有 4 个振动相消点, 故讲台上这样的位置共有 4 个。

章末基础排查(二)

- D 【解析】同一列声波在各种介质中传播的速度不同, 根据 $v=\lambda f$ 可得 $\lambda=\frac{v}{f}$, 由于频率不变, 故同一列声波在不同的介质中传播时的波长不同, A 错误。不同频率的声波在相同的介质中传播的速度相同, B 错误。根据波的叠加原理可知, 不同的波相遇时发生叠加, 再分开时各自独立传播互不影响, 故人能辨别不同乐器同时发出的声音, C 错误。衍射是波特有的现象, 声波是机械波, 故能够发生衍射现象, D 正确。
- BCD
- B 【解析】只有两列机械波频率完全相同, 才会出现稳定的干涉现象, 故 A 错误; 机械波在介质中的传播速度由介质本身的性质决定, 同一列机械波在不同介质中传播速度不同, 故 B 正确; 质点的振动速度与波的传播速度无关, 故 C 错误; 一切波都能发生多普勒效应, 故 D 错误。
- D 【解析】波沿 x 轴负方向传播, 则质点 a 在 0.15 s 时由平衡位置向负的最大位移处运动, 由波的图像可知, 波长 $\lambda=2\text{ m}$, 波的周期 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{2}{10}\text{ s}=0.2\text{ s}$, 故 D 正确。
- CD 【解析】A、C 两点是振动减弱点, A 错误; 直线 BD 上的所有点都是振动加强点, B 错误, C 正确; B 点是波谷与波谷相遇处, D 点是波峰与波峰相遇处, 所以 B 、 D 两点在该时刻的高度差为 8 cm , D 正确。
- D 【解析】由图像可知, 波长为 $\lambda=8\text{ m}$, 周期为 $T=0.2\text{ s}$, 振幅为 $A=10\text{ cm}$ 。这列波波长小于 20 m , 所以传播时碰到尺寸为 20 m 的障碍物不能发生明显衍射现象, 故 A 错误; $t=0.10\text{ s}$ 时质点 Q 沿 y 轴负方向运动, 故波的传播方向为 x 轴负方向, 由“上下坡”法知, $t=0.10\text{ s}$ 时质点 P 沿 y 轴正方向运动, 故 B 错误; 波速 $v=\frac{\lambda}{T}=40\text{ m/s}$, 0.15 s 内该波沿 x 轴负方向传播的距离为 $s=vt=40\times 0.15\text{ m}=6\text{ m}$, 故 C 错误; 质点运动的通式为 $y=A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\varphi_0\right)$, φ_0 为初相位, 从图看出 $\varphi_0=0$, 将其他已知量代入, 可得 $y=10\sin 10\pi t(\text{cm})$, 故 D 正确。
- B 【解析】简谐横波沿 x 轴正方向传播, 质点 P 在垂直于 x 轴的方向上振动, 选项 A 错误。因为 $t=0.3\text{ s}$ 时刻第一次出现图中虚线所示的波形, 可得 $\frac{T}{4}=0.3\text{ s}$, 则周期 $T=1.2\text{ s}$, 选项 B 正确。由图可知, 这列波的波长为 24 m , 选项 C 错误; 这列波的传播速度为 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{24}{1.2}\text{ m/s}=20\text{ m/s}$, 选项 D 错误。

- AD 【解析】这列波的波速一定为 $v=\frac{x}{t}=\frac{30}{3}\text{ m/s}=10\text{ m/s}$, 故 A 正确; 由题意知, 当 a 振动到最高点时, b 恰好经过平衡位置向上振动, 且波沿 x 轴正方向传播, 则有 $s=\left(n+\frac{1}{4}\right)\lambda(n=0, 1, 2, \dots)$, 得 $\lambda=\frac{4s}{4n+1}=\frac{120}{4n+1}\text{ m}(n=0, 1, 2, \dots)$, 当 $n=1$ 时, $\lambda=24\text{ m}$, 故 D 正确; 由 $v=\frac{\lambda}{T}$ 可得 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{12}{4n+1}\text{ s}(n=0, 1, 2, \dots)$, 由于 n 是整数, 所以周期 T 不可能等于 0.8 s 和 3 s , 故 B、C 错误。

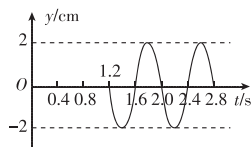
9. 多普勒效应 向着

10. 50 正向最大位移

【解析】波沿 x 轴正方向传播, 由图可知, 此时质点 A 沿 y 轴负方向运动, 质点 A 经过 $t=\frac{3}{4}T=0.03\text{ s}$ 到达正向最大位移处,

则波的周期 $T=0.04\text{ s}$, 由图可知 $AB=\frac{1}{2}\lambda=1\text{ m}$, 则波长 $\lambda=2\text{ m}$, 所以波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{2\text{ m}}{0.04\text{ s}}=50\text{ m/s}$; 由图可知, $t=0$ 时刻质点 B 从平衡位置沿 y 轴正方向运动, 经过时间 $t=0.05\text{ s}=\left(1+\frac{1}{4}\right)T$, 质点 B 到达正向最大位移处。

11. (1)如图所示 (2)0.22 m



【解析】(1)波速 $v=2\text{ m/s}$, 波长 $\lambda=1.6\text{ m}$, 故周期 $T=\frac{\lambda}{v}=0.8\text{ s}$

质点 Q 开始振动的时刻为 $t_0=\frac{x_{PQ}}{v}-\frac{T}{2}=1.2\text{ s}$

质点 Q 的振动图像如图所示。

(2)从 $t=0$ 时到质点 Q 第二次处于波谷所需时间

$$t=\frac{\Delta x}{v}+T=\frac{3.2-0.4}{2}\text{ s}+0.8\text{ s}=2.2\text{ s}=\frac{11}{5}T$$

在这 2.2 s 内质点 P 通过的路程为 $s=\frac{11}{4}\times 4A=0.22\text{ m}$ 。

12. (1)0.6 m/s 沿 x 轴负方向 (2)0.2 m

【解析】(1)从 $t=0$ 时起, $x=0.9\text{ m}$ 处的质点在 5 s 内的路程为 2 m , 该波的振幅为 $A=20\text{ cm}=0.2\text{ m}$, 由 $n\cdot 4A=2\text{ m}$, 解得 $n=2.5$

$$\text{则 } T=\frac{5\text{ s}}{n}=2\text{ s}$$

当 $t=0.5\text{ s}=\frac{1}{4}T$ 时, 波传播的距离为 $\frac{1}{4}\lambda$, 对比虚线与实线的图可知, 该波沿 x 轴负方向传播

由图可知, 该波的波长 $\lambda=1.2\text{ m}$, 所以波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{1.2}{2}\text{ m/s}=0.6\text{ m/s}$

(2)由于 $8\text{ s}=4T$, 则 $t=8\text{ s}$ 时刻的波形图与 $t=0$ 时刻的波形图是相同的; 由于波长为 1.2 m , 则 $x=3.6\text{ m}$ 处的质点的振动情况与 $x=0$ 处的质点的振动情况是完全相同的, 则 $t=8\text{ s}$ 时 $x=3.6\text{ m}$ 处的质点的位移等于 $t=0$ 时刻 $x=0$ 处的质点的位移, 为 0.2 m 。

13. (1)0.2 s 10 cm 130 cm (2)沿 x 轴正方向

【解析】(1)由题意知, B 点的振动状态传播到 P 点用时 0.6 s , 所以波的传播速度 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=10\text{ m/s}$, 由图知波长为 2 m , 所以周期 $T=\frac{\lambda}{v}=0.2\text{ s}$; 由图知 B 点开始振动时方向向下, 故 P 点开始振动时方向也是向下, 从 $t=0$ 起至 P 点第一次到达波谷用时为 $\left(3+\frac{1}{4}\right)T$, 在 $t=0$ 时刻 O 点向上振动, 经过 $\left(3+\frac{1}{4}\right)T$ 时间, O 点到达波峰, O 点相对平衡位置的位移为 10 cm , 通过的路程为 $\left(3+\frac{1}{4}\right)\times 4\times 10\text{ cm}=130\text{ cm}$ 。

(2)波传播的距离 $\Delta x=v\Delta t=11.5\text{ m}=\left(5+\frac{3}{4}\right)\lambda$, 结合波形图可判断该波沿 x 轴正方向传播。