

专题十四 机械振动与机械波

考情解读

本专题解决两大类问题：一是机械振动和机械波；二是光和电磁波。作为选修模块之一，每年高考试题中都独立于其他模块而单独命题，《考试说明》中除对波的图象、波速公式的应用和折射率要求较高外，其它内容要求都较低，命题方式仍然是小题的拼盘。

高考对本部分内容考查的重点和热点有以下几个方面：①波的图象；②波长、波速和频率及其相互关系；③光的折射及全反射；④光的干涉、衍射及双缝干涉实验；⑤简谐运动的规律及振动图象；⑥电磁波的有关性质。

机械波是高中物理的一个比较重要的知识，也是每年高考的必考内容，高考中的热点内容主要包括振动和波的关系；波长、频率和波速的关系；波的图象及其应用等。高考中机械波相关试题的特点是：(1)试题容量大、综合性强，一道题往往要考查多个概念或多个规律；(2)用图象考查理解能力和推理能力，特别是对波的图象的理解和应用。本章所占的分值约为全卷总分的 5%，个别年份将达到 10%以上，因此要认真对待，熟练掌握相关内容。

重点知识梳理

知识点一、机械振动

1. 简谐运动的对称性

(1)振动质点经过关于平衡位置对称的两点时，位移 x 、回复力 F 、速度 v 、加速度 a 、动能 E_k 、势能 E_p

的大小都相等，其中回复力 F 、加速度 a 与位移 x 方向相反，速度与位移 x 的方向可能相同，也可能相反。

(2)振动质点通过关于平衡位置对称的两段等长线段的时间相等。

2. 简谐运动的周期性

(1)周期性：简谐运动的位移 x 、速度 v 、加速度 a 、回复力 F 、动能 E_k 和势能 E_p 都随时间作周期性变化，

x 、 v 、 a 、 F 的变化周期为 T ， E_k 和 E_p 的变化周期为 $\frac{T}{2}$ 。

(2)质点在任意时刻开始计时的一个周期内通过的路程 $s=4A$ (A 为振幅)，半个周期内通过的路程 $s=2A$ 。

但从不同时刻开始计时的四分之一周期内，路程不一定等于振幅 A 。

知识点二、机械波

1. 波长、波速与频率(周期)的关系

$$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$$

波的频率(周期)等于振源的频率(周期)，与介质无关，波从一种介质进入另一种介质，频率(周期)是不

变的；波在介质中的传播速度 v 由介质的性质决定；波长等于波在一个周期内向外传播的距离，其大小取决于波的频率及介质的性质(波速 v)。

波速也可用公式 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算，其中 Δx 为 Δt 时间内波沿传播方向传播的距离。

2. 振动图象与波的图象的比较

振动图象反映了一个质点的位移 x (位置坐标)随时间 t 变化的关系，波动图象反映了一系列质点在某一时刻相对其平衡位置的位移随质点的平衡位置变化的关系；由振动图象可确定周期 T 、振幅 A 、各时刻的位移及速度方向，由波动图象可确定波长 λ 、振幅 A 、波峰和波谷的位置、各个质点的位置及速度方向(结合传播方向)。

注意：(1)简谐运动与其在介质中的传播形成的简谐波的振幅、频率均相同。

(2)简谐振动和简谐波的图象均为正弦(或余弦)曲线。

(3)振动和波动的图象中质点振动方向判断方法不同。

3. 波的干涉：频率相同的两列波叠加，使某些区域的振动加强，某些区域的振动减弱，而且振动加强的区域和振动减弱的区域互相隔开，这种现象叫波的干涉。

路程差 $\Delta x = \frac{2n+1}{2}\lambda$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 的点为振动减弱点；路程差 $\Delta x = n\lambda$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 的点为振动加强点。

4. 波的衍射：波绕过障碍物继续传播的现象。发生明显衍射的条件是，波长大于障碍物、小孔的尺寸或差不多。

知识点三、振动图象与波动图象问题

1. 由振动图象判定质点在某时刻的振动方向

振动图象中质点在某时刻的振动方向可根据下一个时刻(远小于 $\frac{T}{4}$)质点的位移(位置坐标)确定，也可根据图象中该时刻对应的曲线斜率的正负确定。

2. 波动图象中质点的振动方向与波的传播方向

(1)“上下坡法”：将波形想象成一段坡路，沿着波传播的方向看，位于“上坡”处的各质点振动方向向下，位于“下坡”处的各质点振动方向向上。

(2)微平移法：波的传播过程其实是波形沿传播方向的平移，作出微小时间 Δt 后的波形，可确定各质点经 Δt 后到达的位置，由此可确定各质点的振动方向。

3. 振动图象与波动图象结合

解答振动图象和波动图象结合的问题，应注意两种图象意义的理解，波动图象是某时刻一系列质点的振动情况的反映，振动图象是某一质点在不同时刻的振动情况的反映；其次要从一种图象中找到某一质点的振动信息，由此结合题设条件及相应的振动或波动规律推导另一种图象的相关情况。

高频者点突破

高频考点一 机械振动

例1. (2019·新课标全国III卷) 水槽中, 与水面接触的两根相同细杆固定在同一个振动片上。振动片做简谐振动时, 两根细杆周期性触动水面形成两个波源。两波源发出的波在水面上相遇。在重叠区域发生干涉并形成了干涉图样。关于两列波重叠区域内水面上振动的质点, 下列说法正确的是

- A. 不同质点的振幅都相同
- B. 不同质点振动的频率都相同
- C. 不同质点振动的相位都相同
- D. 不同质点振动的周期都与振动片的周期相同
- E. 同一质点处, 两列波的相位差不随时间变化

【变式探究】(多选)如图, 轻弹簧上端固定, 下端连接一小物块, 物块沿竖直方向做简谐运动。以竖直向上为正方向, 物块简谐运动的表达式为 $y = 0.1 \sin(2.5\pi t) \text{ m}$ 。 $t = 0$ 时刻, 一小球从距物块 h 高处自由落下; $t = 0.6 \text{ s}$ 时, 小球恰好与物块处于同一高度。取重力加速度的大小 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。 以下判断正确的是()



- a. $h = 1.7 \text{ m}$
- b. 简谐运动的周期是 0.8 s
- c. 0.6 s 内物块运动的路程是 0.2 m
- d. $t = 0.4 \text{ s}$ 时, 物块与小球运动方向相反

【变式探究】在科学研究中, 科学家常将未知现象同已知现象进行比较, 找出其共同点, 进一步推测未知现象的特性和规律。法国物理学家库仑在研究异种电荷的吸引力问题时, 曾将扭秤的振动周期与电荷间距离的关系类比单摆的振动周期与摆球到地心距离的关系。已知单摆摆长为 l , 引力常量为 G , 地球质量为 M , 摆球到地心的距离为 r , 则单摆振动周期 T 与距离 r 的关系式为()

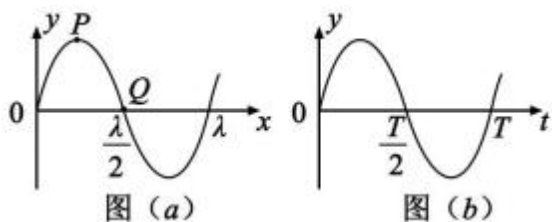
C. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\frac{GM}{r}}}$

B. $T = 2\pi r \sqrt{\frac{l}{GM}}$

D. $T = 2\pi l \sqrt{\frac{r}{GM}}$

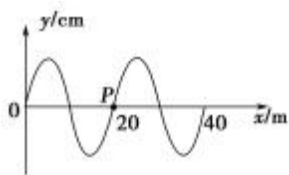
例2. (2019·新课标全国 I 卷) 一简谐横波沿 x 轴正方向传播, 在 $t = \frac{T}{2}$ 时刻, 该波的波形图如图 (a)

所示, P 、 Q 是介质中的两个质点。图 (b) 表示介质中某质点的振动图像。下列说法正确的是



- A. 质点 Q 的振动图像与图 (b) 相同
- B. 在 $t=0$ 时刻, 质点 P 的速率比质点 Q 的大
- C. 在 $t=0$ 时刻, 质点 P 的加速度的大小比质点 Q 的大
- D. 平衡位置在坐标原点的质点的振动图像如图 (b) 所示
- E. 在 $t=0$ 时刻, 质点 P 与其平衡位置的距离比质点 Q 的大

【变式探究】周期为 2.0 s 的简谐横波沿 x 轴传播, 该波在某时刻的图象如图所示, 此时质点 P 沿 y 轴负方向运动, 则该波()



- A. 沿 x 轴正方向传播, 波速 $v = 20$ m/s
- B. 沿 x 轴正方向传播, 波速 $v = 10$ m/s
- C. 沿 x 轴负方向传播, 波速 $v = 20$ m/s
- D. 沿 x 轴负方向传播, 波速 $v = 10$ m/s

【变式探究】平静湖面传播着一列水面波(横波), 在波的传播方向上有相距 3 m 的甲、乙两小木块随波上下运动, 测得两小木块每分钟都上下 30 次, 甲在波谷时, 乙在波峰, 且两木块之间有一个波峰。这列水面波()

- A. 频率是 30 Hz
- B. 波长是 3 m
- C. 波速是 1 m/s
- D. 周期是 0.1 s

高频考点三 实验：探究单摆的运动 用单摆测定重力加速度

例 3. 某同学利用单摆测量重力加速度.

①为了使测量误差尽量小, 下列说法正确的是_____.

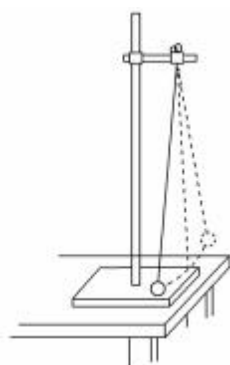
A. 组装单摆须选用密度和直径都较小的摆球

B. 组装单摆须选用轻且不易伸长的细线

C. 实验时须使摆球在同一竖直面内摆动

D. 摆长一定的情况下, 摆的振幅尽量大

②如图所示, 在物理支架的竖立柱上固定有摆长约 1 m 的单摆. 实验时, 由于仅有量程为 20 cm 、精度为 1 mm 的钢板刻度尺, 于是他先使摆球自然下垂, 在竖立柱上与摆球最下端处于同一水平面的位置做一标记点, 测出单摆的周期 T_1 ; 然后保持悬点位置不变, 设法将摆长缩短一些, 再次使摆球自然下垂, 用同样方法在竖立柱上做另一标记点, 并测出单摆的周期 T_2 ; 最后用钢板刻度尺量出竖立柱上两标记点之间的距离 ΔL . 用上述测量结果, 写出重力加速度的表达式 $g = \underline{\hspace{2cm}}$.



【变式探究】用单摆测定重力加速度的实验装置如图所示.



①组装单摆时, 应在下列器材中选用 _____ (选填选项前的字母).

A. 长度为 1 m 左右的细线

B. 长度为 30 cm 左右的细线

C. 直径为 1.8 cm 的塑料球

D. 直径为 1.8 cm 的铁球

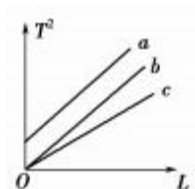
②测出悬点 O 到小球球心的距离(摆长) L 及单摆完成 n 次全振动所用的时间 t , 则重力加速度 $g = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 L 、 n 、 t 表示).

③下表是某同学记录的 3 组实验数据, 并做了部分计算处理.

组次	1	2	3
----	---	---	---

摆长 L/cm	80.00	90.00	100.00
50 次全振动时间 t/s	90.0	95.5	100.5
振动周期 T/s	1.80	1.91	
重力加速度 $g/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$	9.74	9.73	

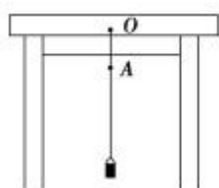
请计算出第 3 组实验中的 $T=\underline{\hspace{2cm}}\text{s}$, $g=\underline{\hspace{2cm}}\text{m/s}^2$.



④用多组实验数据做出 T^2L 图象,也可以求出重力加速度 g .已知三位同学做出的 $T^2\cdot L$ 图线的示意图如图中的 a 、 b 、 c 所示,其中 a 和 b 平行, b 和 c 都过原点,图线 b 对应的 g 值最接近当地重力加速度的值.则相对于图线 b ,下列分析正确的是_____ (选填选项前的字母).

- A. 出现图线 a 的原因可能是误将悬点到小球下端的距离记为摆长 L
- B. 出现图线 c 的原因可能是误将 49 次全振动记为 50 次
- C. 图线 c 对应的 g 值小于图线 b 对应的 g 值

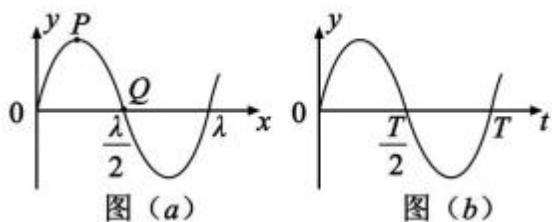
⑤某同学在家里测重力加速度.他找到细线和铁锁,制成一个单摆,如图所示,由于家里只有一根量程为 30cm 的刻度尺,于是他在细线上的 A 点做了一个标记,使得悬点 O 到 A 点间的细线长度小于刻度尺量程.保持该标记以下的细线长度不变,通过改变 O 、 A 间细线长度以改变摆长.实验中,当 O 、 A 间细线的长度分别为 l_1 、 l_2 时,测得相应单摆的周期为 T_1 、 T_2 .由此可得重力加速度 $g=\underline{\hspace{2cm}}$ (用 l_1 、 l_2 、 T_1 、 T_2 表示).



真题感悟

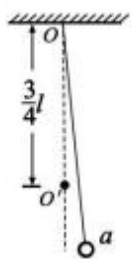
1. (2019·新课标全国 I 卷)一简谐横波沿 x 轴正方向传播,在 $t=\frac{T}{2}$ 时刻,该波的波形图如图 (a) 所示,

P 、 Q 是介质中的两个质点.图 (b) 表示介质中某质点的振动图像.下列说法正确的是



- 图 (a) 图 (b)
- A. 质点 Q 的振动图像与图 (b) 相同
- B. 在 $t=0$ 时刻, 质点 P 的速率比质点 Q 的大
- C. 在 $t=0$ 时刻, 质点 P 的加速度的大小比质点 Q 的大
- D. 平衡位置在坐标原点的质点的振动图像如图 (b) 所示
- E. 在 $t=0$ 时刻, 质点 P 与其平衡位置的距离比质点 Q 的大

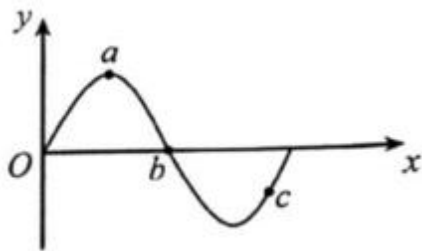
2. (2019·新课标全国 II 卷) 如图, 长为 l 的细绳下方悬挂一小球 a 。绳的另一端固定在天花板上 O 点处, 在 O 点正下方 $\frac{3}{4}l$ 的 O' 处有一固定细铁钉。将小球向右拉开, 使细绳与竖直方向成一小角度 (约为 2°) 后由静止释放, 并从释放时开始计时。当小球 a 摆至最低位置时, 细绳会受到铁钉的阻挡。设小球相对于其平衡位置的水平位移为 x , 向右为正。下列图像中, 能描述小球在开始一个周期内的 $x-t$ 关系的是



3. (2019·新课标全国 III 卷) 水槽中, 与水面接触的两根相同细杆固定在同一个振动片上。振动片做简谐振动时, 两根细杆周期性触动水面形成两个波源。两波源发出的波在水面上相遇。在重叠区域发生干涉并形成了干涉图样。关于两列波重叠区域内水面上振动的质点, 下列说法正确的是

- A. 不同质点的振幅都相同
- B. 不同质点振动的频率都相同
- C. 不同质点振动的相位都相同
- D. 不同质点振动的周期都与振动片的周期相同
- E. 同一质点处, 两列波的相位差不随时间变化

4. (2019·北京卷) 一列简谐横波某时刻的波形如图所示, 比较介质中的三个质点 a 、 b 、 c , 则



- A. 此刻 a 的加速度最小
- B. 此刻 b 的速度最小
- C. 若波沿 x 轴正方向传播, 此刻 b 向 y 轴正方向运动
- D. 若波沿 x 轴负方向传播, a 比 c 先回到平衡位置

5. (2019·天津卷) 一列简谐横波沿 x 轴传播, 已知 x 轴上 $x_1 = 1\text{ m}$ 和 $x_2 = 7\text{ m}$ 处质点的振动图像分别

如图1、图2所示, 则此列波的传播速率可能是

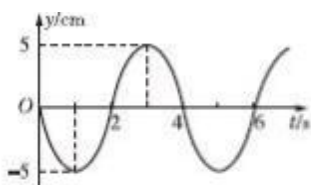


图 1

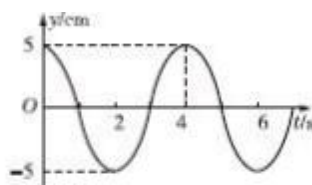


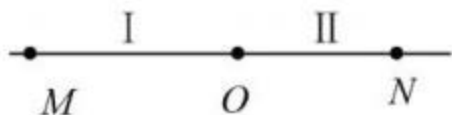
图 2

- A. 7 m/s
- B. 2 m/s
- C. 1.2 m/s
- D. 1 m/s

6. (2019·江苏卷) 一单摆做简谐运动, 在偏角增大的过程中, 摆球的()

- A. 位移增大
- B. 速度增大
- C. 回复力增大
- D. 机械能增大

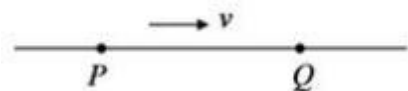
7. (2019·浙江选考) 如图所示, 两种不同材料的弹性细绳在 O 处连接, M 、 O 和 N 是该绳上的三个点, OM 间距离为 7.0 m , ON 间距离为 5.0 m 。 O 点上下振动, 则形成以 O 点为波源向左和向右传播的简谐横波 I 和 II, 其中波 II 的波速为 1.0 m/s 。 $t=0$ 时刻 O 点处在波谷位置, 观察发现 5 s 后此波谷传到 M 点, 此时 O 点正通过平衡位置向上运动, OM 间还有一个波谷。则()



- A. 波 I 的波长为 4 m
- B. N 点的振动周期为 4 s
- C. $t=3\text{ s}$ 时, N 点恰好处于波谷

D. 当 M 点处于波峰时, N 点也一定处于波峰

1. (2018 年北京卷) 如图所示, 一列简谐横波向右传播, P 、 Q 两质点平衡位置相距 0.15 m 。当 P 运动到上方最大位移处时, Q 刚好运动到下方最大位移处, 则这列波的波长可能是

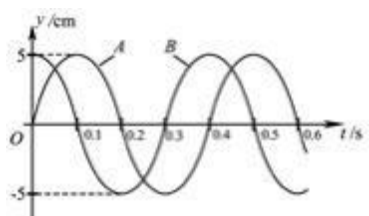


- A. 0.60 m B. 0.30 m C. 0.20 m D. 0.15 m

2. (2018 年天津卷) 一振子沿 x 轴做简谐运动, 平衡位置在坐标原点。 $t=0$ 时振子的位移为 -0.1 m , $t=1\text{ s}$ 时位移为 0.1 m , 则

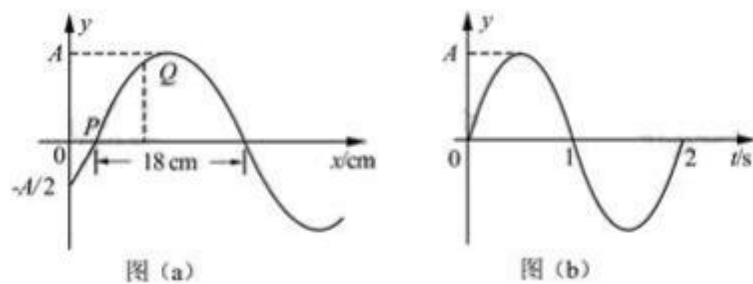
- A. 若振幅为 0.1 m , 振子的周期可能为 $\frac{2}{3}\text{ s}$
 B. 若振幅为 0.1 m , 振子的周期可能为 $\frac{4}{5}\text{ s}$
 C. 若振幅为 0.2 m , 振子的周期可能为 4 s
 D. 若振幅为 0.2 m , 振子的周期可能为 6 s

3. (2018 年江苏卷) 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, 在 $x=0$ 和 $x=0.6\text{ m}$ 处的两个质点 A 、 B 的振动图象如图所示。已知该波的波长大于 0.6 m , 求其波速和波长



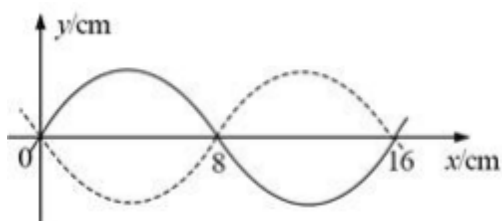
4. (2018 年全国 I 卷) 一列简谐横波在 $t=\frac{1}{3}\text{ s}$ 时的波形图如图 (a) 所示, P 、 Q 是介质中的两个质点, 图 (b) 是质点 Q 的振动图像。求

- (i) 波速及波的传播方向;
 (ii) 质点 Q 的平衡位置的 x 坐标。



5. (2018 年全国 II 卷) 声波在空气中的传播速度为 340m/s ，在钢铁中的传播速度为 4900m/s 。一平直

桥由钢铁制成，某同学用锤子敲击一铁桥的一端而发出声音，分别经空气和桥传到另一端的时间之差为 1.00s 。桥的长度为_____m，若该波在空气中的波长为 λ ，则它在钢铁中波长为 λ 的_____倍。6. （2018 年全国 III 卷）一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，在 $t=0$ 和 $t=0.20\text{ s}$ 时的波形分别如图中实线和虚线所示。已知该波的周期 $T>0.20\text{ s}$ 。下列说法正确的是_____



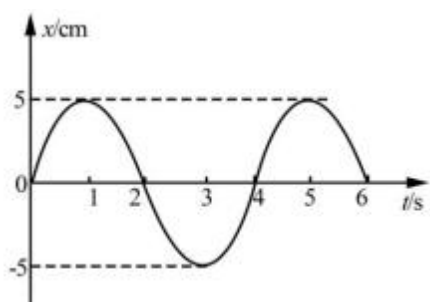
- A. 波速为 0.40 m/s
- B. 波长为 0.08 m
- C. $x=0.08\text{ m}$ 的质点在 $t=0.70\text{ s}$ 时位于波谷
- D. $x=0.08\text{ m}$ 的质点在 $t=0.12\text{ s}$ 时位于波谷
- E. 若此波传入另一介质中其波速变为 0.80 m/s ，则它在该介质中的波长为 0.32 m

1. 【2017·天津卷】手持较长软绳端点 O 以周期 T 在竖直方向上做简谐运动，带动绳上的其他质点振动形成简谐波沿绳水平传播，示意如图。绳上有另一质点 P ，且 O 、 P 的平衡位置间距为 L 。 $t=0$ 时， O 位于最高点， P 的位移恰好为零，速度方向竖直向上，下列判断正确的是



- A. 该简谐波是纵波
- B. 该简谐波的最大波长为 $2L$
- C. $t = \frac{T}{8}$ 时， P 在平衡位置上方
- D. $t = \frac{3T}{8}$ 时， P 的速度方向竖直向上

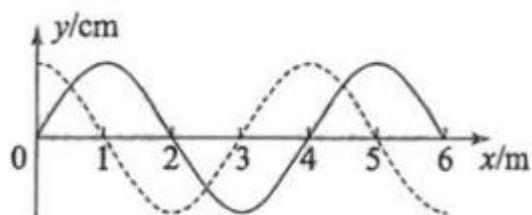
2. 【2017·北京卷】某弹簧振子沿 x 轴的简谐运动图象如图所示，下列描述正确的是



A. $t=1\text{ s}$ 时，振子的速度为零，加速度为负的最大值

- B. $t=2\text{ s}$ 时, 振子的速度为负, 加速度为正的最大值
- C. $t=3\text{ s}$ 时, 振子的速度为负的最大值, 加速度为零
- D. $t=4\text{ s}$ 时, 振子的速度为正, 加速度为负的最大值

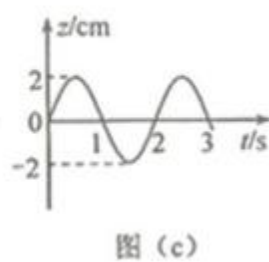
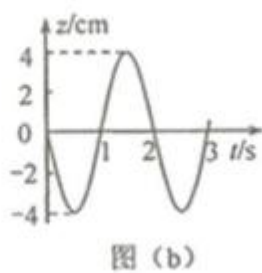
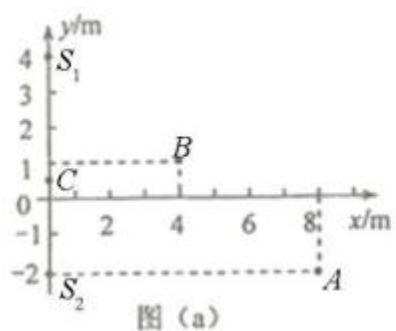
3. 【2017·新课标Ⅲ卷】如图, 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, 实线为 $t=0$ 时的波形图, 虚线为 $t=0.5\text{ s}$ 时的波形图。已知该简谐波的周期大于 0.5 s 。关于该简谐波, 下列说法正确的是_____ (填正确答案标号。选对 1 个得 2 分, 选对 2 个得 4 分, 选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分, 最低得分为 0 分)。



- A. 波长为 2 m
- B. 波速为 6 m/s
- C. 频率为 1.5 Hz
- D. $t=1\text{ s}$ 时, $x=1\text{ m}$ 处的质点处于波峰
- E. $t=2\text{ s}$ 时, $x=2\text{ m}$ 处的质点经过平衡位置

4. 【2017·江苏卷】野生大象群也有自己的“语言”。研究人员录下象群“语言”交流时发出的声音, 发现以 2 倍速度快速播放时, 能听到比正常播放时更多的声音。播放速度变为原来的 2 倍时, 播出声波的_____ (选填“周期”或“频率”) 也变为原来的 2 倍, 声波的传播速度_____ (选填“变大”、“变小”或“不变”)。

5. 【2017·新课标 I 卷】如图 (a), 在 xy 平面内有两个沿 z 方向做简谐振动的点波源 $S_1(0, 4)$ 和 $S_2(0, -2)$ 。两波源的振动图线分别如图 (b) 和图 (c) 所示, 两列波的波速均为 1.00 m/s 。两列波从波源传播到点 $A(8, -2)$ 的路程差为_____ m , 两列波引起的点 $B(4, 1)$ 处质点的振动相互_____ (填“加强”或“减弱”), 点 $C(0, 0.5)$ 处质点的振动相互_____ (填“加强”或“减弱”)。



1. 【2016·北京卷】如图 1 所示，弹簧振子在 M 、 N 之间做简谐运动。以平衡位置 O 为原点，建立 Ox

轴. 向右为 x 轴正方向. 若振子位于 N 点时开始计时, 则其振动图像为()

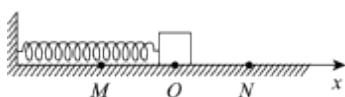


图 1

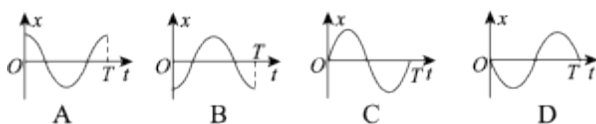


图 1

2. 【2016·全国卷 I】某同学漂浮在海面上, 虽然水面波正平稳地以 1.8 m/s 的速率向着海滩传播, 但他并不向海滩靠近. 该同学发现从第 1 个波峰到第 10 个波峰通过身下的时间间隔为 15 s . 下列说法正确的是_____.

- A. 水面波是一种机械波
- B. 该水面波的频率为 6 Hz
- C. 该水面波的波长为 3 m
- D. 水面波没有将该同学推向岸边, 是因为波传播时能量不会传递出去
- E. 水面波没有将该同学推向岸边, 是因为波传播时振动的质点并不随波迁移

3. 【2016·全国卷 II】一列简谐横波在介质中沿 x 轴正向传播, 波长不小于 10 cm . O 和 A 是介质中平衡位置分别位于 $x=0$ 和 $x=5 \text{ cm}$ 处的两个质点. $t=0$ 时开始观测, 此时质点 O 的位移为 $y=4 \text{ cm}$, 质点 A 处于波峰位置; $t=\frac{1}{3} \text{ s}$ 时, 质点 O 第一次回到平衡位置, $t=1 \text{ s}$ 时, 质点 A 第一次回到平衡位置. 求:

- (i) 简谐波的周期、波速和波长;
- (ii) 质点 O 的位移随时间变化的关系式.

4. 【2016·全国卷 III】由波源 S 形成的简谐横波在均匀介质中向左、右传播. 波源振动的频率为 20 Hz , 波速为 16 m/s . 已知介质中 P 、 Q 两质点位于波源 S 的两侧, 且 P 、 Q 和 S 的平衡位置在一条直线上, P 、 Q 的平衡位置到 S 的平衡位置之间的距离分别为 15.8 m 、 14.6 m . P 、 Q 开始振动后, 下列判断正确的是_____.

- A. P 、 Q 两质点运动的方向始终相同
- B. P 、 Q 两质点运动的方向始终相反
- C. 当 S 恰好通过平衡位置时, P 、 Q 两点也正好通过平衡位置
- D. 当 S 恰好通过平衡位置向上运动时, P 在波峰

E. 当 S 恰好通过平衡位置向下运动时, Q 在波峰

5. 【2016·北京卷】 下列说法正确的是()

- A. 电磁波在真空中以光速 c 传播
- B. 在空气中传播的声波是横波
- C. 声波只能在空气中传播
- D. 光需要介质才能传播

6. 【2016·天津卷】 在均匀介质中坐标原点 O 处有一波源做简谐运动，其表达式为 $y = 5\sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)$ ，它在介质中形成的简谐横波沿 x 轴正方向传播，某时刻波刚好传播到 $x = 12\text{ m}$ 处，波形图像如图 1 所示，则()

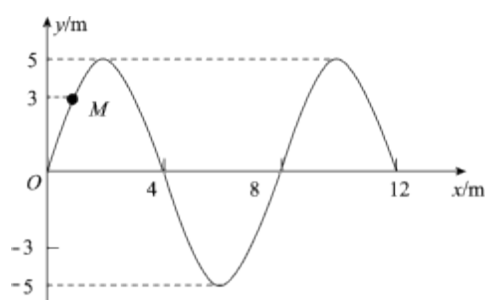
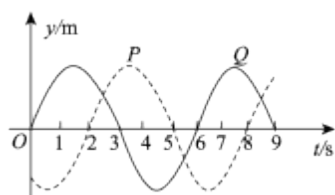


图 1

- A. 此后再经 6 s 该波传播到 $x = 24\text{ m}$ 处
- B. M 点在此后第 3 s 末的振动方向沿 y 轴正方向
- C. 波源开始振动时的运动方向沿 y 轴负方向
- D. 此后 M 点第一次到达 $y = -3\text{ m}$ 处所需时间是 2 s

7. 【2016·四川卷】 简谐横波在均匀介质中沿直线传播， P 、 Q 是传播方向上相距 10 m 的两质点，波先传到 P ，当波传到 Q 时开始计时， P 、 Q 两质点的振动图像如图所示。则()



- A. 质点 Q 开始振动的方向沿 y 轴正方向
- B. 该波从 P 传到 Q 的时间可能为 7 s
- C. 该波的传播速度可能为 2 m/s
- D. 该波的波长可能为 6 m

专题十四 机械振动与机械波

考情解读

本专题解决两大类问题：一是机械振动和机械波；二是光和电磁波。作为选修模块之一，每年高考试题中都独立于其他模块而单独命题，《考试说明》中除对波的图象、波速公式的应用和折射率要求较高外，其它内容要求都较低，命题方式仍然是小题的拼盘。

高考对本部分内容考查的重点和热点有以下几个方面：①波的图象；②波长、波速和频率及其相互关系；③光的折射及全反射；④光的干涉、衍射及双缝干涉实验；⑤简谐运动的规律及振动图象；⑥电磁波的有关性质。

机械波是高中物理的一个比较重要的知识，也是每年高考的必考内容，高考中的热点内容主要包括振动和波的关系；波长、频率和波速的关系；波的图象及其应用等。高考中机械波相关试题的特点是：(1)试题容量大、综合性强，一道题往往要考查多个概念或多个规律；(2)用图象考查理解能力和推理能力，特别是对波的图象的理解和应用。本章所占的分值约为全卷总分的 5%，个别年份将达到 10%以上，因此要认真对待，熟练掌握相关内容。

重点知识艳理

知识点一、机械振动

1. 简谐运动的对称性

(1)振动质点经过关于平衡位置对称的两点时，位移 x 、回复力 F 、速度 v 、加速度 a 、动能 E_k 、势能 E_p

的大小都相等，其中回复力 F 、加速度 a 与位移 x 方向相反，速度与位移 x 的方向可能相同，也可能相反。

(2)振动质点通过关于平衡位置对称的两段等长线段的时间相等。

2. 简谐运动的周期性

(1)周期性：简谐运动的位移 x 、速度 v 、加速度 a 、回复力 F 、动能 E_k 和势能 E_p 都随时间作周期性变化，

x 、 v 、 a 、 F 的变化周期为 T ， E_k 和 E_p 的变化周期为 $\frac{T}{2}$ 。

(2)质点在任意时刻开始计时的一个周期内通过的路程 $s=4A$ (A 为振幅)，半个周期内通过的路程 $s=2A$ 。

但从不同时刻开始计时的四分之一周期内，路程不一定等于振幅 A 。

知识点二、机械波

1. 波长、波速与频率(周期)的关系

$$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$$

波的频率(周期)等于振源的频率(周期)，与介质无关，波从一种介质进入另一种介质，频率(周期)是不

变的；波在介质中的传播速度 v 由介质的性质决定；波长等于波在一个周期内向外传播的距离，其大小取决于波的频率及介质的性质(波速 v)。

波速也可用公式 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算，其中 Δx 为 Δt 时间内波沿传播方向传播的距离。

2. 振动图象与波的图象的比较

振动图象反映了一个质点的位移 x (位置坐标)随时间 t 变化的关系，波动图象反映了一系列质点在某一时刻相对其平衡位置的位移随质点的平衡位置变化的关系；由振动图象可确定周期 T 、振幅 A 、各时刻的位移及速度方向，由波动图象可确定波长 λ 、振幅 A 、波峰和波谷的位置、各个质点的位置及速度方向(结合传播方向)。

注意：(1)简谐运动与其在介质中的传播形成的简谐波的振幅、频率均相同。

(2)简谐振动和简谐波的图象均为正弦(或余弦)曲线。

(3)振动和波动的图象中质点振动方向判断方法不同。

3. 波的干涉：频率相同的两列波叠加，使某些区域的振动加强，某些区域的振动减弱，而且振动加强的区域和振动减弱的区域互相隔开，这种现象叫波的干涉。

路程差 $\Delta x = \frac{2n+1}{2}\lambda$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 的点为振动减弱点；路程差 $\Delta x = n\lambda$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 的点为振动加强点。

4. 波的衍射：波绕过障碍物继续传播的现象。发生明显衍射的条件是，波长大于障碍物、小孔的尺寸或差不多。

知识点三、振动图象与波动图象问题

1. 由振动图象判定质点在某时刻的振动方向

振动图象中质点在某时刻的振动方向可根据下一个时刻(远小于 $\frac{T}{4}$)质点的位移(位置坐标)确定，也可根据图象中该时刻对应的曲线斜率的正负确定。

2. 波动图象中质点的振动方向与波的传播方向

(1)“上下坡法”：将波形想象成一段坡路，沿着波传播的方向看，位于“上坡”处的各质点振动方向向下，位于“下坡”处的各质点振动方向向上。

(2)微平移法：波的传播过程其实是波形沿传播方向的平移，作出微小时间 Δt 后的波形，可确定各质点经 Δt 后到达的位置，由此可确定各质点的振动方向。

3. 振动图象与波动图象结合

解答振动图象和波动图象结合的问题，应注意两种图象意义的理解，波动图象是某时刻一系列质点的振动情况的反映，振动图象是某一质点在不同时刻的振动情况的反映；其次要从一种图象中找到某一质点的振动信息，由此结合题设条件及相应的振动或波动规律推导另一种图象的相关情况。

高频考点突攻

高频考点一 机械振动

例1. (2019·新课标全国Ⅲ卷)水槽中,与水面接触的两根相同细杆固定在同一个振动片上。振动片做简谐振动时,两根细杆周期性触动水面形成两个波源。两波源发出的波在水面上相遇。在重叠区域发生干涉并形成了干涉图样。关于两列波重叠区域内水面上振动的质点,下列说法正确的是

- A. 不同质点的振幅都相同
- B. 不同质点振动的频率都相同
- C. 不同质点振动的相位都相同
- D. 不同质点振动的周期都与振动片的周期相同
- E. 同一质点处,两列波的相位差不随时间变化

【答案】BDE

【解析】两列波叠加形成稳定的干涉现象的条件是两列波的频率相同;任何质点都在按照相同的频率在振动,不同区域的质点振幅和位移不一定相同,两列波在水面上相遇时发生干涉,有的质点振动加强,有的振动减弱,可知不同的质点的振幅不一定相同,选项 A 错误;各质点振动的频率与波源频率相同,波源振动频率又与振动片的振动频率相同,不同质点的振动频率相同,都等于振源的频率,选项 B 正确;因各质点距离振源的距离不一定相同,则各质点振动的相位不一定相同,选项 C 错误;不同的质点振动的周期都与细杆的振动周期相同,细杆的振动周期与振动片的周期相同,则不同的质点振动的周期都与振动片的振动周期相同,选项 D 正确;同一质点处因与振源的位置关系一定,则两列波的相位差不随时间变化,选项 E 正确;故选 BDE。

【变式探究】(多选)如图,轻弹簧上端固定,下端连接一小物块,物块沿竖直方向做简谐运动。以竖直向上为正方向,物块简谐运动的表达式为 $y = 0.1\sin(2.5\pi t)\text{m}$ 。 $t = 0$ 时刻,一小球从距物块 h 高处自由落下; $t = 0.6\text{ s}$ 时,小球恰好与物块处于同一高度。取重力加速度的大小 $g = 10\text{ m/s}^2$ 。以下判断正确的是()



- a. $h = 1.7\text{ m}$
- b. 简谐运动的周期是 0.8 s

c. 0.6 s 内物块运动的路程是 0.2 m

d. $t=0.4\text{ s}$ 时, 物块与小球运动方向相反

【解析】 $t=0.6\text{ s}$ 时, 物块的位移为 $y=0.1\sin(2.5\pi\times 0.6)\text{ m}=-0.1\text{ m}$, 则对小球 $h+|y|=\frac{1}{2}gt^2$, 解得 $h=1.7\text{ m}$, 选项 a 正确; 简谐运动的周期是 $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{2.5\pi}\text{ s}=0.8\text{ s}$, 选项 b 正确; 0.6 s 内物块运动的路程是 $3A=0.3\text{ m}$, 选项 c 错误; $t=0.4\text{ s}=\frac{T}{2}$, 此时物块在平衡位置向下振动, 则此时物块与小球运动方向相同, 选项 d 错误.

【答案】ab

【变式探究】在科学研究中, 科学家常将未知现象同已知现象进行比较, 找出其共同点, 进一步推测未知现象的特性和规律. 法国物理学家库仑在研究异种电荷的吸引力问题时, 曾将扭秤的振动周期与电荷间距离的关系类比单摆的振动周期与摆球到地心距离的关系. 已知单摆摆长为 l , 引力常量为 G , 地球质量为 M , 摆球到地心的距离为 r , 则单摆振动周期 T 与距离 r 的关系式为()

A. $T=2\pi r\sqrt{\frac{l}{GM}}$
C. $T=\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{l}{GM}}}$

B. $T=2\pi r\sqrt{\frac{l}{GM}}$
D. $T=2\pi l\sqrt{\frac{r}{GM}}$

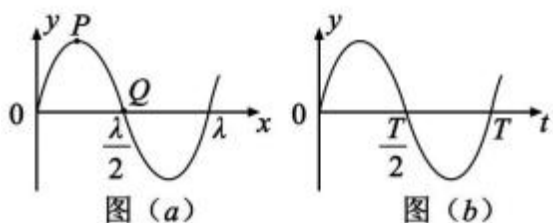
【解析】由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 及黄金代换式 $GM=gr^2$, 得 $T=2\pi r\sqrt{\frac{l}{GM}}$.

【答案】B

高频考点二 机械波

例2. (2019·新课标全国 I 卷) 一简谐横波沿 x 轴正方向传播, 在 $t=\frac{T}{2}$ 时刻, 该波的波形图如图 (a)

所示, P 、 Q 是介质中的两个质点. 图 (b) 表示介质中某质点的振动图像. 下列说法正确的是



A. 质点 Q 的振动图像与图 (b) 相同

B. 在 $t=0$ 时刻, 质点 P 的速率比质点 Q 的大

C. 在 $t=0$ 时刻, 质点 P 的加速度的大小比质点 Q 的大

以上内容仅为本文档的试下载部分, 为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文, 请访问: <https://d.book118.com/328042141113006133>