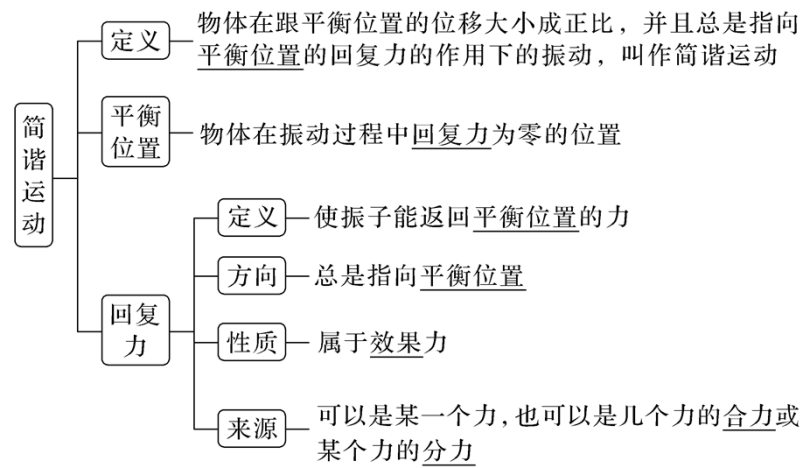


第 1 讲 机械振动

学习目标 1.认识简谐运动，理解简谐运动的表达式和图像。 2.知道单摆，理解并熟记单摆的周期公式。 3.认识受迫振动，了解产生共振的条件及其应用。

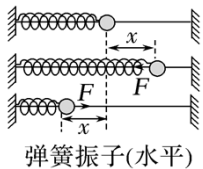
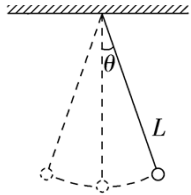
■ 夯实 必备知识

一、简谐运动



1.

2.两种模型

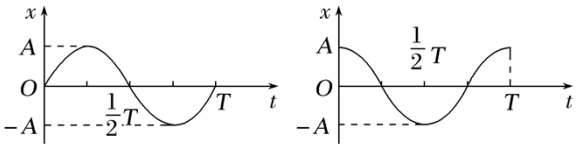
模型	弹簧振子	单摆
示意图	 弹簧振子(水平)	
简谐运动条件	(1)弹簧质量可忽略 (2)无摩擦等阻力 (3)在弹簧弹性限度内	(1)摆线为不可伸缩的轻细线 (2)无空气阻力 (3)摆角小于等于 5°
回复力	弹簧的弹力提供	摆球重力沿与摆线垂直方向(即切向)的分力

平衡位置	弹簧处于 <u>原长处</u>	最低点
周期	与振幅无关	$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
能量转化	<u>弹性势能</u> 与动能的相互转化，系统的机械能守恒	<u>重力势能</u> 与动能的相互转化，摆球机械能守恒

二、简谐运动的表达式和图像

1. **表达式**
- 动力学表达式** — $F=-kx$ ，其中“-”表示回复力与位移的方向相反
 - 运动学表达式** — $x=Asin(\omega t+\varphi)$ ，其中A代表振幅， $\omega=2\pi f$ 代表简谐运动的快慢， $\omega t+\varphi$ 代表简谐运动的相位， φ 叫作初相

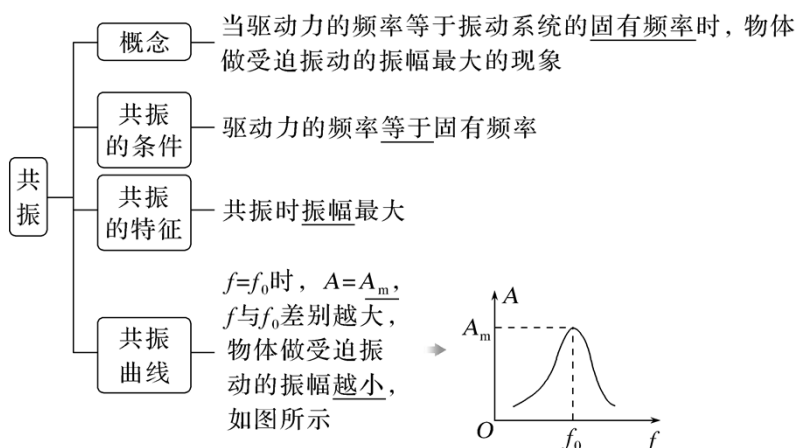
2. **图像**
- 从平衡位置开始计时** — 函数表达式为 $x=Acos(\omega t+\frac{\pi}{2})$ ，图像如图甲所示
 - 从最大位移处开始计时** — 函数表达式为 $x=Acos\omega t$ ，图像如图乙所示



甲 乙

三、受迫振动和共振

1. **受迫振动**
- 概念** — 系统在外界驱动力作用下的振动
 - 特征** — 做受迫振动的物体的周期(或频率)等于驱动力的周期(或频率)，而与物体的固有周期(或频率)无关



2.

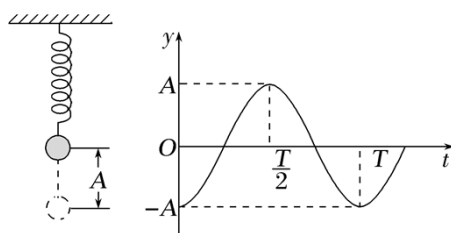
1. 思考判断

- (1) 简谐运动的平衡位置就是质点所受合力为零的位置。(×)
- (2) 做简谐运动的质点先后通过同一点，回复力、速度、加速度、位移都是相同的。(×)
- (3) 做简谐运动的质点，速度增大时，其加速度一定减小。(√)
- (4) 振动物体经过半个周期，路程等于 2 倍振幅，经过 $\frac{1}{4}$ 个周期，路程等于振幅。(×)
- (5) 单摆在任何情况下的运动都是简谐运动。(×)
- (6) 物体做受迫振动时，其振动频率与固有频率无关。(√)
- (7) 简谐运动的图像描述的是振动质点的轨迹。(×)
- (8) 简谐运动的振动图像一定是正弦曲线。(√)

2.[2021·广东卷，16(1)]如图所示，一个轻质弹簧下端挂一小球，小球静止。现将小球向下拉动距离 A 后由静止释放，并开始计时，小球在竖直方向做简谐运动，

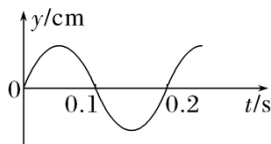
周期为 T 。经 $\frac{T}{8}$ 时间，小球从最低点向上运动的距离 $\frac{A}{2}$ (填“大于”“小于”

或“等于”)；在 $\frac{T}{4}$ 时刻，小球的动能 (填“最大”或“最小”)。



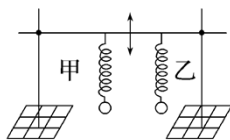
答案 小于 最大

3.[2022·河北卷, 16(1)]一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, 波速为 10 m/s 。在传播方向上有 P 、 Q 两质点, 坐标分别为 $x_P=1\text{ m}$, $x_Q=6\text{ m}$ 。波传播到 P 点开始计时, 该点的振动图像如图所示, 则简谐波的波长为_____m, 经过_____s, Q 点第一次到达正向最大位移处。



答案 2 0.55

4.如图所示, 两个弹簧振子悬挂在同一支架上, 已知甲弹簧振子的固有频率为 8 Hz , 乙弹簧振子的固有频率为 72 Hz 。当支架受到沿竖直方向且频率为 9 Hz 的驱动力作用做受迫振动时, 两个弹簧振子的振动情况是()



- A. 甲的振幅较大, 且振动频率为 8 Hz
- B. 甲的振幅较大, 且振动频率为 9 Hz
- C. 乙的振幅较大, 且振动频率为 9 Hz
- D. 乙的振幅较大, 且振动频率为 72 Hz

答案 B

■ 研透 核心考点

考点一 简谐运动的基本特征

简谐运动的五个特征

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、动能、势能均相等，相对平衡位置的位移大小均相等

角度1 简谐运动基本物理量的分析

例 1 如图 1 所示，小球在 BC 之间做简谐运动，当小球位于 O 点时，弹簧处于原长，在小球从 C 点运动到 O 点的过程中()

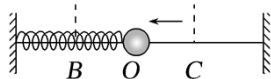


图 1

- A. 动能不断增大，加速度不断减小
- B. 回复力不断增大，系统机械能守恒
- C. 弹性势能不断减小，加速度不断增大
- D. 弹性势能不断增大，加速度不断减小

答案 A

解析 做简谐运动的小球，从 C 点到 O 点的过程中逐渐靠近平衡位置，速度方向指向平衡位置，弹簧弹力充当回复力，也指向平衡位置，故速度方向与受力方向相同，合外力做正功，动能不断增大；同时由于偏离平衡位置的位移减小，由回复力公式 $F = -kx$ 可知，回复力逐渐减小，根据牛顿第二定律可知 $F = -kx = ma$ ，故加速度不断减小，故 A 正确；由上述分析可知回复力不断减小，整个系统只有弹簧弹力做功，故系统的机械能守恒，故 B 错误；在小球从 C 点到 O 点的过程中，弹簧形变量逐渐减小，故弹性势能逐渐减小，同时由上述分析可知，加速度也逐渐减小，故 C、D 错误。

角度2 简谐运动的周期性与对称性

例 2 小球做简谐运动，若从平衡位置 O 开始计时，经过 0.5 s，小球第一次经过 P 点，又经过 0.2 s，小球第二次经过 P 点，则再过多长时间该振子第三次经过 P 点

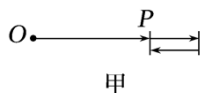
()

A.1.0 s

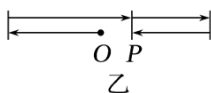
B.2.4 s

C.0.8 s

D.2.2 s

答案 D**解析** 若小球从 O 点开始向指向 P 点的方向振动, 作出示意图如图甲所示

则小球的振动周期为 $T_1 = (0.5 + 0.1) \times 4 \text{ s} = 2.4 \text{ s}$, 则该小球再经过时间 $\Delta t = T_1 - 0.2 \text{ s} = 2.2 \text{ s}$, 第三次经过 P 点; 若小球从 O 点开始向背离 P 点的方向振动, 作出示意图如图乙所示



则有 $0.5 \text{ s} + 0.1 \text{ s} = \frac{3}{4}T_2$, 小球的振动周期为 $T_2 = 0.8 \text{ s}$, 则该小球再经过时间 $\Delta t' = T_2$

$- 0.2 \text{ s} = 0.6 \text{ s}$, 第三次经过 P 点, A、B、C 错误, D 正确。

▪ 方法总结 ▪

以位移为桥梁分析简谐运动中各物理量的变化情况

(1) 位移增大时, 振动质点的回复力、加速度、势能均增大, 速度、动能均减小; 反之, 则产生相反的变化, 各矢量均在位移为零时均改变方向。

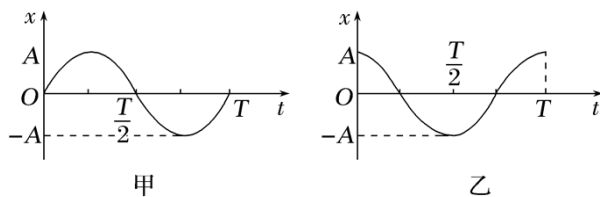
(2) 位移相同时, 回复力、加速度、动能、势能可以确定, 但速度可能有两个方向, 由于周期性, 运动时间也不确定。

考点二 简谐运动的表达式和图像

1. 简谐运动的振动方程和图像

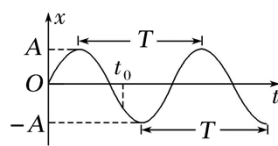
(1) 从平衡位置开始计时: $x = A \sin \omega t$, 如图甲所示。

(2) 从最大位移处开始计时: $x = A \cos \omega t$, 如图乙所示。



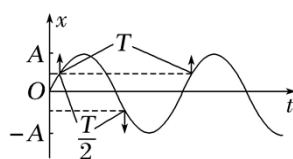
(3) 图像反映的是位移随时间的变化规律, 随时间的增加而延伸, 图像不代表质点运动的轨迹。

2.由图像可获取的信息



- (1)振幅 A 、周期 T (或频率 f)和初相位 φ (如图所示)。
- (2)某时刻振动质点离开平衡位置的位移。
- (3)某时刻质点速度的大小和方向: 曲线上各点切线的斜率的大小和正负分别表示各时刻质点的速度大小和方向, 速度的方向也可根据下一相邻时刻质点的位移的变化来确定。
- (4)某时刻质点的回复力和加速度的方向: 回复力总是指向平衡位置, 回复力和加速度的方向相同。
- (5)某段时间内质点的位移、回复力、加速度、速度、动能和势能的变化情况。

3.简谐运动的对称性(如图)



- (1)相隔 $\Delta t = nT$ ($n=1, 2, 3\cdots$) 的两个时刻, 弹簧振子在同一位置, 位移和速度都相同。
- (2)相隔 $\Delta t = (n + \frac{1}{2})T$ ($n=0, 1, 2\cdots$) 的两个时刻, 弹簧振子的位置关于平衡位置对称, 位移等大反向(或都为零), 速度也等大反向(或都为零)。

例 3 (多选)如图 2 所示是一简谐运动的振动图像, 则下列说法正确的是()

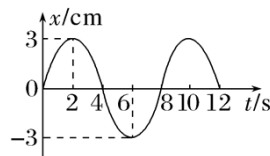


图 2

- A.该简谐运动的振幅为 6 cm, 周期为 8 s
- B.6~8 s 时间内, 振子由负向最大位移处向平衡位置运动
- C.图中的正弦曲线表示振子的运动轨迹
- D.该振动图像对应的表达式为 $x = 3\sin\left(\frac{\pi}{4}t\right)$ cm

答案 BD

解析 由题图可知,该简谐运动的振幅为 3 cm,周期为 8 s,故 A 错误;6~8 s 时间内,振子负方向的位移大小减小,8 s 末回到平衡位置,所以振子由负向最大位移处向平衡位置运动,故 B 正确;题图中的正弦曲线表示振子偏离平衡位置的位移随时间变化的规律,不是振子的运动轨迹,故 C 错误;振动图像表达式为

$x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ cm,代入振幅 A 和周期 T ,则该振动图像对应的表达式为

$x = 3 \sin\left(\frac{\pi}{4}t\right)$ cm,故 D 正确。

跟踪训练

1.(多选)如图 3 所示,为一个水平弹簧振子的振动图像,下列说法正确的是()

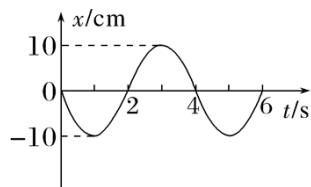


图 3

A. $t=1$ s 到 $t=2$ s 内,弹簧振子的动能不断减小

B. 该弹簧振子的振动方程为 $x = -10 \sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)$ cm

C. $t=3$ s 时,弹簧振子的加速度沿 x 轴负方向

D. $t=0$ 到 $t=10$ s 内弹簧振子的路程为 50 cm

答案 BC

解析 $t=1$ s 到 $t=2$ s 内,弹簧振子从位移最大位置向平衡位置运动,则振子的

动能不断增加,选项 A 错误;因为 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2}$ rad/s,振幅 $A=10$ cm,该弹簧振子

的振动方程为 $x = -10 \sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)$ cm,选项 B 正确; $t=3$ s 时,弹簧振子的位移正

向最大,则加速度沿 x 轴负方向,选项 C 正确;因 10 s $= 2.5T$,则 $t=0$ 到 $t=10$ s 内弹簧振子的路程为 $2.5 \times 4A = 100$ cm,选项 D 错误。

考点三 单摆及周期公式

1. 单摆的受力特征

(1)回复力：摆球重力沿与摆线垂直方向的分力， $F_{\text{回}} = -mg\sin\theta = -\frac{mg}{L}x = -kx$ ，

负号表示回复力 $F_{\text{回}}$ 与位移 x 的方向相反。

(2)向心力：摆线的拉力和摆球重力沿摆线方向分力的合力提供向心力， $F = F_T - mg\cos\theta$ 。

(3)两点说明

①当摆球在最高点时， $v=0$ ， $F = \frac{mv^2}{L} = 0$ ， $F_T = mg\cos\theta$ 。

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

2. 周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 的两点说明

(1) L 为等效摆长，表示从悬点到摆球重心的距离。

(2) g 为当地重力加速度。

例 4 如图 4 甲所示，一个单摆做小角度摆动，从某次摆球由左向右通过平衡位置时开始计时，相对平衡位置的位移 x 随时间 t 变化的图像如图乙所示。不计空气阻力， g 取 10 m/s^2 。对于这个单摆的振动过程，下列说法中正确的是()

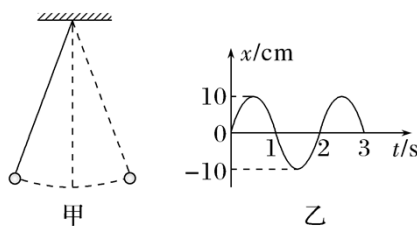


图 4

A. 单摆的位移 x 随时间 t 变化的关系式为

$$x = 10 \sin(2\pi t) \text{ cm}$$

B. 单摆的摆长约为 10 cm

C. 从 $t = 2.5 \text{ s}$ 到 $t = 3 \text{ s}$ 的过程中，摆球所受的回复力逐渐增大

D.从 $t=2.5\text{ s}$ 到 $t=3\text{ s}$ 的过程中，摆球所受绳子拉力逐渐增大

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/588012002060006076>