

## 课时作业 39 机械振动

### 基础达标练

1. [2021·浙江1月选考卷·15, 2分] 多选 为了提高松树上松果的采摘率和工作效率, 工程技术人员利用松果的惯性发明了用打击杆、振动器使松果落下的两种装置, 如图甲、乙所示。则 ( )



- A. 针对不同树木, 落果效果最好的振动频率可能不同
- B. 随着振动器频率的增加, 树干振动的幅度一定增大
- C. 打击杆对不同粗细树干打击结束后, 树干的振动频率相同
- D. 稳定后, 不同粗细树干的振动频率始终与振动器的振动频率相同

**【答案】AD**

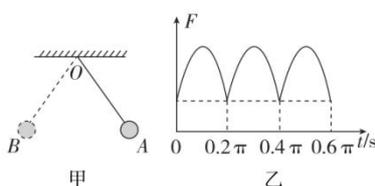
2. 一单摆做简谐运动, 在偏角减小的过程中, 摆球的 ( )

- A. 向心加速度减小
- B. 速度减小
- C. 回复力减小
- D. 机械能减小

**【答案】C**

**【解析】**当偏角减小时, 球向平衡位置运动, 所以速度越来越大, 根据  $a_n = \frac{v^2}{R}$  可知, 向心加速度越来越大, A、B 错误; 根据回复力公式  $F = -kx$  可知, 位移减小, 回复力减小, C 正确; 摆球做简谐运动, 机械能守恒, D 错误。

3. [2024·江苏镇江三模] 如图甲,  $O$  点为单摆的固定悬点, 现将摆球拉到  $A$  点, 释放摆球, 摆球将在竖直面内的  $A$ 、 $B$  之间来回摆动。图乙表示细线对摆球的拉力大小  $F$  随时间  $t$  变化的曲线, 图中  $t = 0$  为摆球从  $A$  点开始运动的时刻, 则该单摆的周期为 ( )

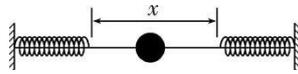


- A.  $0.1\pi s$       B.  $0.2\pi s$       C.  $0.4\pi s$       D.  $0.8\pi s$

【答案】C

【解析】小球在一个周期内两次经过最低点，对小球受力分析有  $F - mg = m\frac{v^2}{R}$ ，在最低点时，细线对摆球的拉力  $F$  最大，结合图乙可得，小球的振动周期  $T = 0.4\pi s$ ，故选 C。

4. [2022·浙江6月选考卷·11, 3分]如图所示，一根固定在墙上的水平光滑杆，两端分别固定着相同的轻弹簧，两弹簧自由端相距  $x$ 。套在杆上的小球从中点以初速度  $v$  向右运动，小球将做周期为  $T$  的往复运动，则 ( )

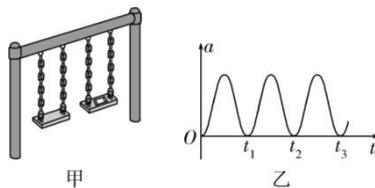


- A. 小球做简谐运动  
 B. 小球动能的变化周期为  $\frac{T}{2}$   
 C. 两根弹簧的总弹性势能的变化周期为  $T$   
 D. 小球的初速度为  $\frac{v}{2}$  时，其运动周期为  $2T$

【答案】B

【解析】小球与弹簧接触前一段时间内速度大小不变，因此，小球的运动不是简谐运动，A 错误；动能和弹性势能都是标量，由对称性知，小球动能与两根弹簧的总弹性势能的变化周期均为  $\frac{T}{2}$ ，C 错误，B 正确；若小球初速度为  $\frac{v}{2}$ ，由弹簧振子的模型特点知，每个周期内，小球与弹簧的作用时间不变，做匀速直线运动的时间为原来的 2 倍，因此周期小于  $2T$ ，D 错误。

5. 将一台智能手机水平粘在秋千的座椅上，使手机边缘与座椅边缘平行(图甲)，让秋千以小摆角(小于  $5^\circ$ )自由摆动，在较短时间内，秋千可看作一个理想的单摆，摆长为  $L$ ，从手机传感器中得到了垂直手机平面方向的加速度  $a$  与  $t$  的关系图像如图乙所示。则以下说法正确的是 ( )



- A. 秋千从摆动到停下的过程可看作受迫振动

B. 当秋千摆至最低点时，秋千对手机的支持力小于手机所受的重力

C. 秋千摆动的周期为 $t_2 - t_1$

D. 当地的重力加速度 $g = \frac{4\pi^2 L}{(t_3 - t_1)^2}$

**【答案】D**

**【解析】**秋千从摆动到停下的过程受空气阻力作用，振幅不断减小，为阻尼振动，故 A 错误；在最低点，根据牛顿第二定律得 $N - mg = m\frac{v^2}{L}$ ，可得秋千对手机的支持力 $N = mg + m\frac{v^2}{L}$ ，故 B 错误；秋千摆动一个周期两次经过最低点，有两次向心加速度最大，则周期为 $T = t_3 - t_1$ ，故 C 错误；根据 $T = t_3 - t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ，可得当地重力加速度 $g = \frac{4\pi^2 L}{(t_3 - t_1)^2}$ ，故 D 正确。

6. **多选** 弹簧振子做简谐运动， $O$ 为平衡位置，当它经过点 $O$ 时开始计时，经过 $0.3s$ ，第一次到达点 $M$ ，再经过 $0.2s$ 第二次到达点 $M$ ，则弹簧振子的周期不可能为（ ）

A.  $0.53s$

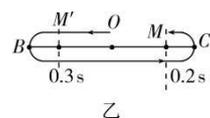
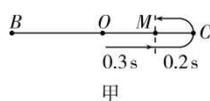
B.  $1.4s$

C.  $1.6s$

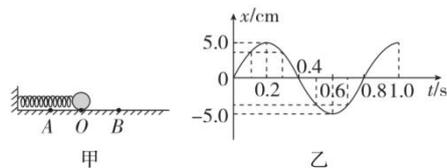
D.  $2s$

**【答案】BD**

**【解析】**如图甲所示， $O$ 为平衡位置， $OB(OC)$ 代表振幅，振子从 $O \rightarrow C$ 所需时间为 $\frac{T}{4}$ ，因为简谐运动具有对称性，所以振子从 $M \rightarrow C$ 所用时间和从 $C \rightarrow M$ 所用时间相等，故 $\frac{T}{4} = 0.3s + \frac{0.2}{2}s = 0.4s$ ，解得 $T = 1.6s$ ；如图乙所示，若振子一开始从平衡位置向点 $B$ 运动，设点 $M'$ 与点 $M$ 关于点 $O$ 对称，由对称性可知，振子从 $M$ 到 $O$ 所用时间为 $\frac{0.3-0.2}{3}s = \frac{1}{30}s$ ，故周期为 $T = 0.5s + \frac{1}{30}s \approx 0.53s$ ，所以选 B、D。



7. 图甲为以 $O$ 点为平衡位置，在 $A$ 、 $B$ 两点间运动的弹簧振子，图乙为这个弹簧振子的振动图像，则下列说法中正确的是（ ）



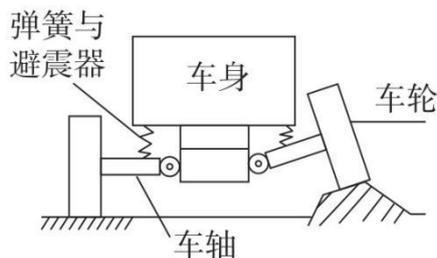
- A. 在  $t = 0.2\text{s}$  时，弹簧振子的加速度为正向最大
- B. 在  $t = 0.1\text{s}$  与  $t = 0.3\text{s}$  两个时刻，弹簧振子的速度相同
- C. 从  $t = 0$  到  $t = 0.2\text{s}$  时间内，弹簧振子做加速度增大的减速运动
- D. 在  $t = 0.6\text{s}$  时，弹簧振子有最小的位移

**【答案】C**

**【解析】**在  $t = 0.2\text{s}$  时，弹簧振子的位移为正向最大，加速度为负向最大；在  $t = 0.1\text{s}$  与  $t = 0.3\text{s}$  两个时刻，弹簧振子的位移相同，说明弹簧振子在同一位置，速度大小相等，但是方向相反；从  $t = 0$  到  $t = 0.2\text{s}$  时间内，弹簧振子的位移增大，加速度增大，速度减小，弹簧振子做加速度增大的减速运动；在  $t = 0.6\text{s}$  时，弹簧振子的位移为负向最大。故选 C。

### 能力强化练

8. 轿车的“悬挂系统”是指由车身与轮胎间的弹簧及避震器组成的整个支持系统。当遇到路面不平时，“悬挂系统”会使得一侧车轮的跳动对车身影响较小，从而提高汽车的平稳性。已知某型号轿车“悬挂系统”的固有频率是  $2\text{Hz}$ 。若这辆汽车在一条起伏不平的路上行驶，路面凸起之处大约都相隔  $7\text{m}$ ，该车匀速通过这一路面的过程中，下列说法正确的是（ ）

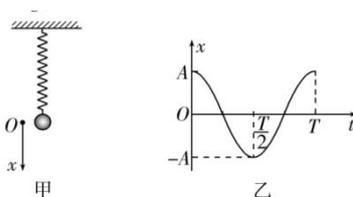


- A. 当该轿车通过该路面时，车身上下振动的频率均为  $2\text{Hz}$ ，与车速无关
- B. 该轿车通过该路面的速度越大，车身上下颠簸得越剧烈
- C. 当该轿车以  $14\text{m/s}$  的速度通过该路面时，车身上下颠簸得最剧烈
- D. 当该轿车以不同速度通过该路面时，车身上下颠簸的剧烈程度一定不同

**【答案】C**

【解析】当轿车以速度 $v$ 通过路面凸起之处时，车身上下振动的周期为 $T = \frac{L}{v}$ ，则车身上下振动的频率为 $f = \frac{1}{T} = \frac{v}{L}$ ，该值与车速有关；车身上下振动的频率与车身系统的固有频率越接近，车身上下振动的幅度越大，当车速满足 $f = \frac{v}{L} = 2\text{Hz}$ ，即 $v = 14\text{m/s}$ 时，车身上下颠簸得最剧烈；当该轿车以不同速度通过该路面时，车身上下振动的频率可能分别大于或小于车身系统的固有频率，车身上下颠簸的剧烈程度可能相同。故选 C。

9. 多选 如图甲所示，轻质弹簧上端固定，下端连接质量为 $m$ 的小球，构成竖直方向的弹簧振子。取小球平衡位置为 $x$ 轴原点，竖直向下为 $x$ 轴正方向，设法让小球在竖直方向振动起来后，小球在一个周期内的振动曲线如图乙所示，若 $\frac{T}{2}$ 时刻弹簧弹力为 0，重力加速度为 $g$ ，则有（ ）



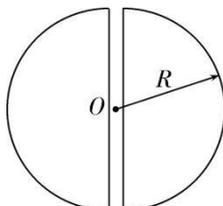
- A. 0 时刻弹簧弹力大小为  $2mg$
- B. 弹簧劲度系数为  $\frac{2mg}{A}$
- C.  $\frac{T}{2} \sim T$  时间段，回复力冲量为 0
- D.  $\frac{T}{2} \sim T$  时间段，小球的动能与重力势能之和减小

【答案】ACD

【解析】小球平衡位置为 $x$ 轴原点，竖直向下为 $x$ 轴正方向， $\frac{T}{2}$ 时刻弹簧弹力为 0，位移大小为 $A$ ，有 $kA = mg$ ，可得弹簧劲度系数为 $k = \frac{mg}{A}$ ，故 B 错误；0 时刻小球在正的最大位移处，弹簧的伸长量为 $2A$ ，则弹簧弹力大小为 $F = k \cdot 2A = 2mg$ ，故 A 正确； $\frac{T}{2} \sim T$  时间段，小球从最高点振动到最低点，回复力方向在前 $\frac{T}{4}$ 时间沿正方向，在后 $\frac{T}{4}$ 时间沿负方向，两段时间的回复力平均值 $\bar{F}$ 大小相等，则有 $I = \bar{F} \cdot \frac{T}{4} + (-\bar{F} \cdot \frac{T}{4}) = 0$ ，故 C 正确； $\frac{T}{2} \sim T$  时间段，小球从最高点振动到最低点，根据

能量守恒定律可知弹簧的弹性势能和小球的机械能相互转化,因弹簧的弹性势能一直增大,则小球的动能与重力势能之和减小,故D正确。

10. 地心隧道是一条假想隧道,它是一条穿过地心的笔直隧道,如图所示。假设地球的半径为 $R$ ,质量分布均匀,地球表面的重力加速度为 $g$ 。已知均匀球壳对壳内物体引力为零。



(1) 不计阻力,若将物体从隧道口静止释放,试证明物体在地心隧道中的运动为简谐运动;

(2) 理论表明:做简谐运动的物体的周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ,其中 $m$ 为物体的质量,物体的回复力为 $F = -kx$ ,求物体从隧道一端静止释放后到达另一端需要的时间 $t$ (地球半径 $R = 6400\text{km}$ ,地球表面的重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ , $\pi$ 取3.14)。

【答案】(1) 见解析

(2) 2512s

【解析】

(1) 物体在地球表面时重力近似等于万有引力,有 $\frac{GMm}{R^2} = mg$ , $M = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$ 以地心为位移起点,设某时刻物体的运动位移为 $x$ 则半径为 $|x|$ 的球的质量 $M' = \rho \cdot$

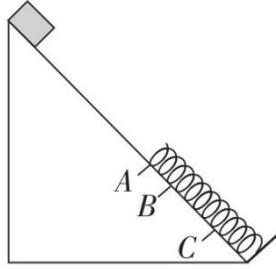
$\frac{4}{3}\pi \cdot |x|^3$ 由于均匀球壳对壳内物体引力为零,则此时物体所受引力满足 $F = G \frac{mM'}{x^2}$

考虑到 $F$ 与 $x$ 方向相反,联立可得 $F = -\frac{mg}{R}x$ , $\frac{mg}{R}$ 为常数,即该物体的运动为简谐运动。

(2) 由 $F = -kx$ , $F = -\frac{mg}{R}x$ ,得 $k = \frac{mg}{R}$ 由 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 得,该物体做简谐运动的周期为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ 物体从隧道一端静止释放后到达另一端所用的时间 $t = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ 代入数据可得 $t = 2512\text{s}$ 。

素养综合练

11. [2024·山东泰安模拟] **多选** 如图所示，一倾角为 $45^\circ$ 的光滑斜面固定在水平地面上，底端固定一轻质弹簧。将质量为 $m$ 的物块（可视为质点）从斜面上由静止释放，物块在 $A$ 点与弹簧接触，在 $B$ 点时速度最大，在 $C$ 点时，弹簧被压缩至最短。已知 $AC = \frac{3\sqrt{2}mg}{2k}$ ，弹簧弹性势能为 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ ，其中 $x$ 是弹簧形变量， $k$ 为弹簧劲度系数。则下列说法正确的是（重力加速度为 $g$ ）（ ）



- A. 物块在 $A$ 点时的动能为 $\frac{m^2g^2}{2k}$
- B. 物块在 $A$ 点时的动能为 $\frac{3m^2g^2}{4k}$
- C. 物块从 $A$ 点到 $B$ 点和从 $B$ 点到 $C$ 点所用时间之比为 1:2
- D. 物块从 $A$ 点到 $B$ 点和从 $B$ 点到 $C$ 点所用时间之比为 1:3

**【答案】BD**

**【解析】**物块从 $A$ 点运动到 $C$ 点，根据能量守恒定律有 $E_{kA} + mg \cdot AC \cdot \sin 45^\circ = \frac{1}{2}k \cdot AC^2$ ，解得物块在 $A$ 点时的动能 $E_{kA} = \frac{3m^2g^2}{4k}$ ；物块在 $B$ 点时速度最大，有 $mg \sin 45^\circ = k \cdot AB$ ，解得 $AB = \frac{\sqrt{2}mg}{2k}$ ，物块开始压缩弹簧后，到分离前做简谐运动，物块所受合力为 $0$ 的位置（速度最大位置）为平衡位置，则物块做简谐运动的振幅为 $A = AC - AB = BC = \frac{\sqrt{2}mg}{k}$ ，物块从开始压缩弹簧（ $A$ 点）到平衡位置（ $B$ 点）所用时间为 $t_1 = \frac{T}{12}$ ，物块从 $B$ 点到 $C$ 点所用时间为 $t_2 = \frac{T}{4}$ ，则 $t_1:t_2 = 1:3$ 。故选 B、D。