

第1章《机械振动》单元测试

本试卷分第I卷(选择题)和第II卷(非选择题)两部分.满分100分,考试用时90分钟.

第I卷(选择题,共40分)

一、选择题(每小题4分,共40分.在每小题给出的四个选项中,至少有一个选项是正确的,全部选对得4分,对而不全得2分。)

1. 有一弹簧振子做简谐运动,则 ()
 - A. 加速度最大时,速度最大
 - B. 速度最大时,位移最大
 - C. 位移最大时,回复力最大
 - D. 回复力最大时,加速度最大
2. 一平台在竖直方向上做简谐运动,一物体置于其上一一起振动,则有 ()
 - A. 当平台振动到最低点时,物体对平台的正压力最大
 - B. 当平台振动到最高点时,物体对平台的正压力最小
 - C. 当平台向上振动经过平衡位置时,物体对平台的正压力最大
 - D. 当平台向下振动经过平衡位置时,物体对平台的正压力最小
3. 物体做简谐运动的过程中,有两点 A 、 A' 关于平衡位置对称,则物体 ()
 - A. 在 A 点和 A' 点的位移相同
 - B. 在两点处的速度可能相同
 - C. 在两点处的加速度可能相同
 - D. 在两点处的动能一定相同
4. 关于做简谐运动的物体的位移、加速度和速度间的关系,下列说法中正确的是 ()
 - A. 位移减小时,加速度减小,速度增大
 - B. 位移的方向总跟加速度的方向相反,跟速度的方向相同
 - C. 物体的运动方向指向平衡位置时,速度方向跟位移方向相同
 - D. 物体的运动方向改变时,加速度的方向不变
5. 如图1所示.弹簧振子在振动过程中,振子经 a 、 b 两点的速度相同,若它从 a 到 b 历时 0.2s ,从 b 再回到 a 的最短时间为 0.4s ,则该振子的

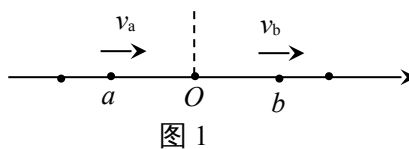


图1

- 振动频率为 ()
- A. 1Hz
 - B. 1.25Hz
 - C. 2Hz
 - D. 2.5Hz
6. 如图2中两单摆摆长相同,平衡时两摆球刚好接触,现将摆球 A 在两摆线所在平面内向左拉开一小角度后释放,碰撞后,两摆球分开各自做简谐运动,以 m_A 、 m_B 分别表示摆球 A 、 B 的质量,则 ()

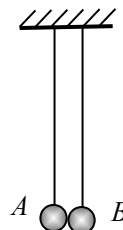


图2

- A. 如果 $m_A > m_B$, 下一次碰撞将发生在平衡位置右侧
 B. 如果 $m_A < m_B$, 下一次碰撞将发生在平衡位置左侧
 C. 无论两摆球的质量之比是多少, 下一次碰撞不可能在平衡位置右侧
 D. 无论两摆球的质量之比是多少, 下一次碰撞不可能在平衡位置左侧
7. 一弹簧振子做简谐运动, 周期为 T , 则下列说法正确的是 ()
- A. 若 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动速度的大小相等、方向相反, 则 Δt 一定等于 $\frac{T}{2}$ 的整数倍
 B. 若 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动位移的大小相等、方向相同, 则 Δt 一定等于 T 的整数倍
 C. 若 $\Delta t=T/2$, 则在 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻弹簧的长度一定相等
 D. 若 $\Delta t=T$, 则在 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动的加速度一定相同
8. 做简谐运动的弹簧振子, 质量为 m , 最大速率为 v . 从某时刻算起, 在半个周期内 ()
- A. 弹力做的功一定为零
 B. 弹力做的功可能是零到 $\frac{1}{2}mv^2$ 之间的某一值
 C. 弹力的冲量大小可能是零到 $2mv$ 之间的某一值
 D. 弹力的冲量大小一定不为零
9. 甲、乙两弹簧振子, 振动图象如图 3 所示, 则可知 ()
- A. 两弹簧振子完全相同
 B. 两弹簧振子所受回复力最大值之比 $F_{甲}:F_{乙}=2:1$
 C. 振子甲速度为零时, 振子乙速度最大
 D. 振子的振动频率之比 $f_{甲}:f_{乙}=1:2$
10. 如图 4 所示, $\theta < 5^\circ$, 将摆球 A 释放的同时, 使另一小球 B 自悬点释放, 则它们第一次到达最低点 C 经历的时间 t_A 和 t_B 符合 ()

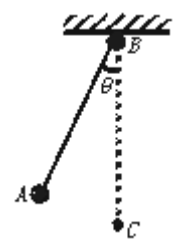
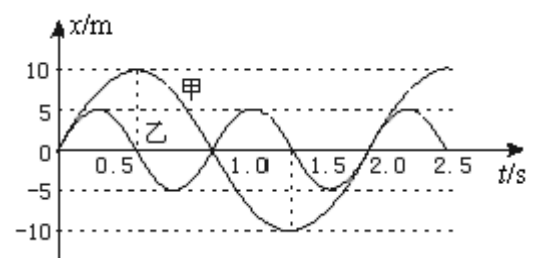


图 4

第 II 卷 (非选择题, 共 60 分)

二、填空题 (每小题 6 分, 共 24 分。把正确答案填写在题中的横线上, 或按题目要求作答。)

11. 一弹簧振子分别拉离平衡位置 5 cm 和 1 cm 处放手, 使它们都做简谐运动, 则前后两次振幅之比为_____, 周期之比为_____, 回复力的最大值之比为_____。
12. 甲、乙两个做简谐运动的弹簧振子, 在甲振动 20 次时间里, 乙振动了 40 次, 则甲、

乙振动周期之比为_____；若甲的振幅加倍而乙的不变，则甲、乙振动频率之比为_____。

13. 如图 5 所示，为了测一凹透镜凹面的半径 R ，让一个半径为 r 的光滑钢珠在凹面内做振幅很小的振动。若测出它完成 N 次全振动的时间为 t ，则此凹透镜凹面的半径 $R =$ _____ (重力加速度为 g)。

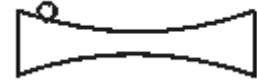


图 5

14. 振动周期为 2 s 的单摆叫秒摆，秒摆的摆长为_____m。若将此秒摆移至离地球表面距离等于地球半径的高空，其周期是_____s. ($g=9.8\text{m/s}^2$)

三、计算题 (共 36 分。要求写出必要的文字说明、主要方程式和重要演算步骤，有数值计算的要明确写出数值和单位，只有最终结果的不得分。)

15. (12 分) 在光滑水平面上有一弹簧振子，弹簧的劲度系数为 k ，振子质量为 M ，振动的最大速度为 v_0 。如图 6 所示。当振子在最大位移为 A 的时刻把质量为 m 的物体轻放其上，则

- (1) 要保持物体和振子一起振动，二者间摩擦因数至少是多少?
- (2) 一起振动时，二者经过平衡位置的速度多大? 振幅又是多大?

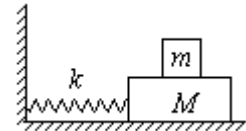


图 6

16. (12 分) 如图 7 所示，一块涂有碳黑的玻璃板，质量为 2 kg，在拉力 F 的作用下，由静止开始竖直向上做匀变速运动。一个装有水平振针的振动频率为 5 Hz 的固定电动音叉在玻璃板上画出了图示曲线，量得 $OA = 1\text{ cm}$ ， $OB = 4\text{ cm}$ ， $OC = 9\text{ cm}$ 。求外力 F 的大小。 ($g = 10\text{ m/s}^2$)

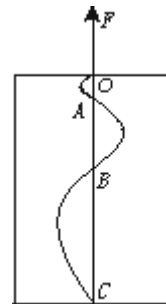


图 7

17. (12 分) 在用单摆测重力加速度的实验中，如果摆球质量不均匀，按照正常的方法进行实验，会给测量结果造成误差。一个同学设计了一个巧妙的方法，可以避免上述误差。实验分两次进行，第一次测得悬线长为 L_1 ，测得振动周期 T_1 ；第二次改变悬线长度为 L_2 ，并测得此时单摆的振动周期 T_2 。试根据测量数据导出重力加速度的表达式。

参考答案

1. 【答案】 CD

【解析】 振子加速度最大时，处在最大位移处，此时振子的速度为零，由 $F=-kx$ 知道，此时振子所受回复力最大，所以选项 A 错，C、D 对. 振子速度最大时，是经过平衡位置时，此时位移为零，所以选项 B 错.

2. 【答案】 AB

【解析】 平台在竖直方向做简谐运动，放在平台上的物体也在竖直方向上随平台一起做简谐运动，物体做简谐运动的回复力由它所受的重力 mg 和平台对它的支持力 F_N 的合力提供，物体在最高点时，回复力和加速度均向下且最大，由牛顿第二定律得 $mg - F_N = ma_m$

所以，在最高点时，平台对物体的支持力最小，由牛顿第三定律知，物体对平台的压力也最小. 在最低点时，回复力和加速度均向上且最大，由牛顿第二定律得 $F_N - mg = ma_m$

所以，在最低点时，平台对物体的支持力最大，由牛顿第三定律知，物体对平台的压力也最大. 物体通过平衡位置时，加速度和回复力均为零，则 $F_N = mg$ ，即平台对物体的支持力等于物体的重力，与运动方向没关系.

3. 【答案】 BD

【解析】 由于 A 、 A' 关于平衡位置对称，所以物体在 A 、 A' 点时位移大小相等方向相反；速率一定相同，但速度方向可能相同也可能相反；加速度一定大小相等方向相反；动能一定相同. 正确选项 B、D.

4. 【答案】 AD

【解析】 回复力和加速度总是跟位移大小成正比，方向相反. 位移增大时速度减小，两者方向相同，位移减小时速度增大，两者方向相反. 在最大位移处速度改变方向而加速度不改变方向，在平衡位置加速度改变方向，而速度不改变方向. 正确选项为 A、D.

5. 【答案】 B

【解析】 振子经 a 、 b 两点速度相同，振子的运动特点，不难判断 a 、 b 两点对平

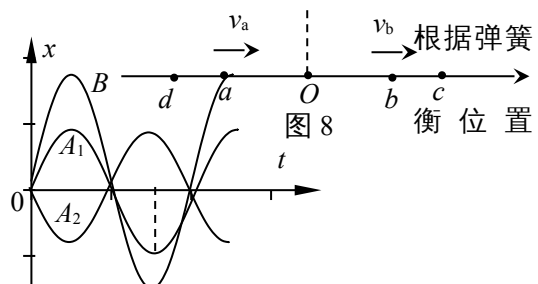


图 9

(O点)

一定是对称的, 振子由 b 经 O 到 a 所用的时间也是

$0.2s$, 由于“从 b 再回到 a 的最短时间是 $0.4s$ ”, 说明振子运动到 b 后是第一次回到 a 点, 且 Ob 不是振子的最大位移。设图 8 中的 c 、 d 为最大位移处, 则振子从 b 经 c 到 b 历时 $0.2s$, 同理, 振子从 a 经 d 到 a , 也历时 $0.2s$, 故该振子的周期 $T=0.8s$, 根据周期和频率互为倒数的关系, 不难确定该振子的振动频率为 $1.25Hz$. 故本题答 B。

6. 【答案】 CD

【解析】 由于碰撞后两摆球分开各自做简谐运动的周期相同, 任作出 B 球的振动图象如图 9 所示, 而 A 球碰撞后可能向右运动, 也可能向左运动, 因此 A 球的振动图象就有两种情况, 如图 9 中 A_1 和 A_2 。从图中很容易看出无论两摆球的质量之比是多少, 下一次碰撞只能发生在平衡位置。

7. 【答案】 D

【解析】 若 $\Delta t=T/2$ 或 $\Delta t=nT-T/2$ ($n=1, 2, 3, \dots$), 则在 t 和 $(t+\Delta t)$ 两时刻振子必在关于平衡位置对称的两位置 (包括平衡位置), 这两时刻, 振子的位移、回复力、加速度、速度等均大小相等, 方向相反, 但在这两时刻弹簧的长度并不一定相等 (只有当振子在 t 和 $(t+\Delta t)$ 两时刻均在平衡位置时, 弹簧长度才相等)。反过来, 若在 t 和 $(t+\Delta t)$ 两时刻振子的位移 (回复力、加速度) 和速度 (动量) 均大小相等, 方向相反, 则 Δt 一定等于 $\Delta t=T/2$ 的奇数倍, 即 $\Delta t=(2n-1)\frac{T}{2}$ ($n=1, 2, 3, \dots$)。如

果仅仅是振子的速度在 t 和 $(t+\Delta t)$ 两时刻大小相等方向相反, 那么不能得出 $\Delta t=(2n-1)\frac{T}{2}$, 更不能得出 $\Delta t=n\frac{T}{2}$ ($n=1, 2, 3, \dots$)。根据以上分析, A、C 选项均错。

若 t 和 $(t+\Delta t)$ 时刻, 振子的位移 (回复力、加速度)、速度 (动量) 等均相同, 则 $\Delta t=nT$ ($n=1, 2, 3, \dots$), 但仅仅根据两时刻振子的位移相同, 不能得出 $\Delta t=nT$ 。所以 B 选项错。若 $\Delta t=T$, 在 t 和 $(t+\Delta t)$ 两时刻, 振子的位移、回复力、加速度、速度等均大小相等方向相同, D 选项正确。

8. 【答案】 AC

【解析】 半个周期的初、末两时刻动能相同, 动量大小相等, 方向相反, 所以, 半个周期内动能的改变量为零, 弹力做的功为零。若半个周期的初时刻质点正经过平衡位置, 则半个周期的动量变化最大为 $2mv$, 冲量也最大, 为 $2mv$, 若半个周期的初时刻质点在最大位移处, 则半个周期内质点动量的变化最小为零, 冲量也最小, 为零。A、C 选项正确。

9. 【答案】 CD

【解析】 从图象中可以看出, 两弹簧振子周期之比 $T_{甲}:T_{乙}=2:1$, 得频率之比 $f_{甲}:f_{乙}=1:2$, D 选项正确。弹簧振子周期与振子质量、弹簧劲度系数 k 有关, 周期不同, 说明两弹簧振子不同, A 错误。由于弹簧的劲度系数 k 不一定相同, 所以两振子受回复力 ($F=kx$) 的最大值之比 $F_{甲}:F_{乙}$ 不一定为 $2:1$, 所以 B 错误。对简谐运动进行分析可知, 在振子到达平衡位置时位移为零, 速度最大; 在振子到达最大位移处时, 速度为零。从图象中可以看出, 在振子甲到达最大位移处时, 振子乙恰到达平衡位置, 所以 C 正确。

10. 【答案】 C

【解析】 $t_A=\frac{1}{4}T_1=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$, $t_B=\sqrt{\frac{2l}{g}}$, $\frac{t_A}{t_B}=\frac{\pi/2}{\sqrt{2}}>1$, $t_A>t_B$ 。

11. 【答案】 $5:1$; $1:1$; $5:1$

【解析】周期、频率跟振幅无关，所以两次周期之比为 1:1，振幅之比为 5:1，由 $F=kx$ 知回复力的最大值为 $F_m=kA$ ，则回复力的最大值之比为 5:1。

12. 【答案】 2:1 ; 1:2

【解析】设甲振动 20 次的时间为 t 。则甲、乙弹簧振子的周期分别为 $T_{甲}=\frac{t}{20}$ ， $T_{乙}=\frac{t}{40}$ 。所以，甲、乙的周期之比为 $T_{甲}:T_{乙}=2:1$ 。甲改变振幅后其周期、频率不变，所以甲、乙的频率之比为 $f_{甲}:f_{乙}=T_{乙}:T_{甲}=1:2$

13. 【答案】 $\frac{gt^2}{4\pi^2 N^2} + r$

【解析】小球的运动类似于摆长为 $l=R-r$ 的单摆。其振动周期为 $T=\frac{t}{N}$ ，由单摆的周期

公式得 $R-r=\frac{gT^2}{4\pi^2}=\frac{gt^2}{4\pi^2 N^2}$ ，所以 $R=\frac{gt^2}{4\pi^2 N^2} + r$ 。

14. 【答案】 1 ; 4

【解析】由周期公式得，秒摆的摆长为 $l=\frac{gT^2}{4\pi^2}=\frac{9.8 \times 4}{4 \times 3.14^2} \text{ m} = 1 \text{ m}$ 。由万有引力定律得离

地面等于地球半径高空的重力加速度为 $g'=G\frac{M}{(2R)^2}=\frac{1}{4}g$ 则秒摆的周期变为 $T'=2\pi$

$$\sqrt{\frac{l}{g'}}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g/4}}=4\pi\sqrt{\frac{l}{g}}=4 \text{ s}.$$

15. (12 分) 【解析】放物体前最大回复力 $F=kA$ ，振动的最大机械能 $E=\frac{1}{2}Mv_0^2$ 。(2 分)

(1) 放物体后，假定一起振动，则可产生最大加速度 $a=\frac{kA}{M+m}$ (2 分)

对物体来说，所需要的回复力是振子给它的摩擦力，刚放时所需的摩擦力最大，最大

静摩擦力为 μmg ，当 $\mu mg \geq ma$ 时一起振动。所以 $\mu \geq \frac{a}{g} = \frac{kA}{(M+m)g}$ (2 分)

(2) 由于物体 m 是在最大位移处放在 M 上，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。

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

$$v = \sqrt{\frac{M}{M+m}}v_0 \quad (2 \text{ 分})$$

物体和振子在最大位移处，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应是相同的，即振幅仍为 A 。(2 分)

16. (12 分) 【解析】设板竖直向上的加速度为 a ，则有：

$$s_{BA} - s_{AO} = aT^2 \quad \text{①} \quad (3 \text{ 分})$$

$$s_{CB} - s_{BA} = aT^2 \quad \text{②} \quad (3 \text{ 分})$$

由牛顿第二定律得 $F - mg = ma$ ③ (3分)

解①②③式可求得 $F = 24 \text{ N}$. (3分)

17. (12分) 【解析】设摆球的重心到球面悬线点的距离为 r , 根据单摆的周期公式可得 (2分)

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{L_1 + r}{g}} \quad (3 \text{分})$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{L_2 + r}{g}} \quad (3 \text{分})$$

$$\text{由上式可解得 } g = \frac{4\pi^2(L_1 - L_2)}{T_1^2 - T_2^2} \quad (4 \text{分})$$

g 的表达式中不含有 r , 说明用这种方法测量可以避免由于摆球质量不均匀所造成的误差.