

2025—2026 学年核心突破(五)一(十)

参考答案与解析

核心突破(五)

1. C

【提示】根据万有引力公式 $F = G \frac{Mm}{r^2}$ 可

知,图中 a 、 b 、 c 和 d 处,单位质量的海水受到月球引力最小的是 c 处,选项 C 正确。

2. B

【提示】由题图可知,从 C 点运动到 E 点和从 D 点运动到 F 点的两个过程的路程相等,在 C 、 D 两点的速率大小相等,飞船沿顺时针方向从 C 点运动到 E 点做减速运动,从 D 点运动到 F 点做加速运动,两个过程运动时间不相等,从 C 点运动到 E 点的平均速率比从 D 点运动到 F 点的小,选项 A 错误, B 正确。从 C 点运动到 E 点和从 D 点运动到 F 点的两个过程的时间不相等,根据开普勒第二定律可知,这两个过程飞船与地心连线扫过的面积不相等,选项 C 错误。根据 $F = G \frac{Mm}{r^2}$ 可知,由于 C 点到地心的距离比 F 点到地心的距离远,故飞船在 C 点所受万有引力大小小于在 F 点所受万有引力大小,选项 D 错误。

3. D

【提示】地球绕太阳沿椭圆轨道加速运动的半长轴 $a = \frac{r+7r}{2} = 4r$,由开普勒第三定律有 $\frac{a^3}{T^2} = \frac{r^3}{T_0^2}$,其中 $T_0 = 1$ 年,解得 $T = 8$ 年,即地球的公转周期变为 8 年,选项 D 正确。

4. A

【提示】设在极短时间 Δt 内,哈雷彗星在

近日点与太阳中心的距离为 r_1 ,哈雷彗星在远日点与太阳中心的距离为 r_2 ,则由开普勒

第二定律有 $\frac{1}{2}v_1 \cdot \Delta t \cdot r_1 = \frac{1}{2}v_2 \cdot \Delta t \cdot r_2$;

根据牛顿第二定律,哈雷彗星在近日点时有

$G \frac{Mm}{r_1^2} = ma_1$,在远日点时有 $G \frac{Mm}{r_2^2} = ma_2$,解

得 $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{a_1}{a_2}}$,选项 A 正确。

5. B

【提示】对太阳坍缩前有 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$,又

$M = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$,联立解得 $v = R \sqrt{\frac{4\pi G \rho}{3}}$,则

坍缩后太阳的第一宇宙速度 $v' =$

$nR \sqrt{\frac{4\pi G k \rho}{3}} = nv \sqrt{k}$,选项 B 正确。

6. C

【提示】在 A 处的物体受到的重力大小等于万有引力大小,有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$,在 D 处由

牛顿第二定律有 $G \frac{Mm}{R^2} = m \cdot \frac{3}{4}g + m\omega^2 R$,

解得 $\omega = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{R}}$,选项 A 错误。该星球的自

转周期 $T = \frac{2\pi}{\omega} = 4\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$,选项 B 错误。OM

连线与赤道平面的夹角为 60° ,由 $a_n = \omega^2 r$ 可知, M 处的自转向心加速度大小 $a_M =$

$\omega^2 R \cos 60^\circ = \frac{1}{8}g$,选项 C 正确。该星球 D

位置的自转向心加速度大小 $a_D = \omega^2 R =$

$\frac{1}{4}g$,选项 D 错误。

7. D

【提示】由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 可得

$T=\frac{2\pi}{\sqrt{g}}\cdot\sqrt{L}$, 则在 $T-\sqrt{L}$ 图像中, 图线的

斜率 $k=\frac{2\pi}{\sqrt{g}}$, 由题图可得 $\frac{k_A}{k_B}=2$, 则地球表面

重力加速度大小与行星 X 表面的重力加速度大小之比 $\frac{g_A}{g_B}=\frac{1}{4}$; 忽略行星 X 和地球自转

的影响, 在行星 X 和地球表面的物体受到的重力大小等于相应的万有引力大小, 有

$G\frac{Mm}{R^2}=mg$, 又 $M=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$, 联立解得

$g=\frac{4}{3}\pi G\rho R$, 则行星 X 与地球的半径之比

$\frac{R_B}{R_A}=\frac{g_B}{g_A}=4$, 由 $V=\frac{4}{3}\pi R^3$ 可知, 行星 X 的

体积为地球的 64 倍, 由于行星 X 和地球的密度相等, 所以行星 X 的质量为地球的 64 倍,

选项 A、B、C 均错误。由 $\frac{GMm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}$, $M=$

$\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$ 可得, 第一宇宙速度 $v=$

$R\sqrt{\frac{4\pi G\rho}{3}}$, 由于行星 X 和地球的密度相等,

所以行星 X 与地球的第一宇宙速度之比

$\frac{v_B}{v_A}=\frac{R_B}{R_A}=4$, 选项 D 正确。

8. BC

【提示】若忽略其他星球的影响, 将地月系统看成双星系统, 地月绕其共同中心做匀速圆周运动, 则地球、月球运动中一定相同的物理量是角速度大小和周期, 选项 B、C 均正确。由于向心力由相互作用的万有引力提供, 所以二者的向心力大小相同, 方向相反, 选项 D 错误。地球、月球的质量不相等, 由

$F=m\omega^2 r=m\omega v$ 可知, 地球、月球运动时的线速度大小不相等, 选项 A 错误。

9. BD

【提示】B 卫星从椭圆轨道 2 上 Q 点变轨进入轨道 3 时需要在 Q 点喷气加速, 选项 A 错误。B 卫星沿椭圆轨道 2 从 P 点运动到 Q 点过程中, 受到的万有引力做负功, 则其动能减小, 选项 B 正确。圆轨道 1 的半径小于椭圆轨道 2 的半长轴, 由开普勒第三定律 $\frac{r_1^3}{T_1^3}=$

$\frac{r_2^3}{T_2^3}$ 可知, A 卫星在圆轨道 1 的运行周期小

于 B 卫星在椭圆轨道 2 的运行周期, 选项 C 错误。第一宇宙速度为卫星的最大环绕速度, 则 B 卫星在圆轨道 3 的运行速度小于地球的第一宇宙速度, 选项 D 正确。

10. AB

【提示】当 MN 与北斗导航卫星运动圆轨道相切即 ON 与 MN 垂直时 θ 最大, 此时 $\sin\theta$ 最大, 有 $\sin\theta=p$ 。设北斗导航卫星和月球绕地球运动的轨道半径分别为 r_1 和 r_2 ,

由几何关系有 $\sin\theta=\frac{r_1}{r_2}=p<1$, 则北斗导航

卫星距地球表面的高度与月球距地球表面的

高度之比 $\frac{r_1-R}{r_2-R}<p$, 选项 A 正确。北斗导航

卫星和月球绕地球做匀速圆周运动所需的向心力均由万有引力提供, 则对北斗导航卫星

有 $G\frac{Mm_1}{r_1^2}=m_1\frac{v_1^2}{r_1}=m_1\left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 r_1$, 对月球有

$G\frac{Mm_2}{r_2^2}=m_2\frac{v_2^2}{r_2}=m_2\left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2 r_2$, 则北斗导航

卫星绕地球运动的线速度大小与月球绕地球

运动的线速度大小之比 $\frac{v_1}{v_2}=\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^{\frac{1}{2}}=$

$\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{-\frac{1}{2}}=p^{-\frac{1}{2}}$, 北斗导航卫星绕地球运动的

周期与月球绕地球运动的周期之比 $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{\frac{3}{2}} = p^{\frac{3}{2}}$, 选项 B 正确, C 错误。北斗导航卫星与月球绕地球运动的向心力即为受到的万有引力, 则对北斗导航卫星有 $F_{n1} = G \frac{Mm_1}{r_1^2}$, 对月球有 $F_{n2} = G \frac{Mm_2}{r_2^2}$, 北斗导航卫星绕地球运动的向心力大小与月球绕地球运动的向心力大小之比 $\frac{F_{n1}}{F_{n2}} = \frac{m_1}{m_2} \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{-2} < p^{-2}$, 选项 D 错误。

$$11. \frac{g_2 R^2}{G} \quad (2 \text{ 分}) \quad \sqrt{g_2 R} \quad (2 \text{ 分})$$

$$2\pi \sqrt{\frac{R}{g_2 - g_1}} \quad (3 \text{ 分})$$

【提示】由 $\frac{GMm}{R^2} = mg_2$ 可得, 该天体的质量 $M = \frac{g_2 R^2}{G}$; 由 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v_1^2}{R}$ 可得, 该天体的第一宇宙速度 $v_1 = \sqrt{g_2 R}$; 对该天体表面“赤道”处的物体有 $\frac{GMm'}{R^2} = m' g_1 + m' \frac{4\pi^2}{T^2} R$, 解得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g_2 - g_1}}$ 。

12. (1) 自西向东 (2 分) 靠近赤道

$$(2 \text{ 分}) \quad (2) \frac{v_0 t}{\cos \alpha} \quad (2 \text{ 分}) \quad \frac{2v_0 R^2 \tan \alpha}{Gt} \quad (3 \text{ 分})$$

【提示】(1) 地球自西向东自转, 要充分利用地球的自转速度, 在地球上发射卫星时应沿着地球自转的方向发射卫星, 即自西向东发射; 地球各点随地球自转的角速度大小相等, 由 $v = \omega r$ 可知, 赤道上各点的轨道半径最大, 线速度大小最大, 要充分利用自转的速度, 发射点应建在靠近赤道的位置。

(2) 小球做平抛运动, 则有 $x = v_0 t$ 、 $y = \frac{1}{2} g t^2$, 由几何关系有 $x = s \cos \alpha$ 、 $\tan \alpha = \frac{y}{x}$, 解得 $s = \frac{v_0 t}{\cos \alpha}$ 、 $g = \frac{2v_0 \tan \alpha}{t}$; 不考虑星球自转时, 星球表面物体的重力大小等于星球对它的万有引力大小, 则有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$, 解得 $M = \frac{2v_0 R^2 \tan \alpha}{Gt}$ 。

13. 解 (1) 设卫星 B 的轨道半径为 r , 则卫星 A 的轨道半径为 $r + d$, 卫星 A、B 绕地球做匀速圆周运动所需的向心力均由万有引力提供, 根据牛顿第二定律, 对卫星 A 有:

$$G \frac{Mm_A}{(r+d)^2} = m_A \left(\frac{2\pi}{2\sqrt{2}T}\right)^2 (r+d) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{对卫星 B 有: } G \frac{Mm_B}{r^2} = m_B \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } r = d \quad (1 \text{ 分})$$

则卫星 B 距离地球表面的高度为: $h = d - R$ 。 (1 分)

(2) 卫星 A、B 运行的相对速度最大, 此时卫星 A、B 及地心在同一直线上, 且位于地球异侧; 卫星 A、B 运行的相对速度最小, 此时卫星 A、B 及地心在同一直线上, 且位于地球同侧, 经历最短时间 t 内, 卫星 B 比卫星 A 多转动了 π , 则有:

$$\omega_A t - \omega_B t = \pi \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{又: } \omega_A = \frac{2\pi}{2\sqrt{2}T}, \omega_B = \frac{2\pi}{T} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } t = \frac{4 + \sqrt{2}}{7} T。 \quad (1 \text{ 分})$$

14. 解 (1) 忽略地球自转的影响, 物体在地球表面受到的重力大小等于万有引力大

小, 即有: $G \frac{Mm}{R^2} = mg$ (2分)

$$\text{解得: } M = \frac{gR^2}{G} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{又: } M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得: } \rho = \frac{3g}{4\pi GR} \quad (1 \text{分})$$

(2) 设载人飞船在圆轨道 I 上运行的周期为 T_1 , 则有:

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2 (R+h) \quad (2 \text{分})$$

设载人飞船在椭圆转移轨道 II 上运行的周期为 T_2 , 由开普勒第三定律有:

$$\frac{(R+h)^3}{T_1^2} = \frac{\left(\frac{R+h+r}{2} \right)^3}{T_2^2} \quad (2 \text{分})$$

$$\text{由题意有: } t = \frac{T_2}{2} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得: } t = \frac{\pi(R+h+r)}{2R} \sqrt{\frac{R+h+r}{2g}} \quad (2 \text{分})$$

15. 解 (1) 设地球的质量为 M , 忽略地球自转的影响, 列车在地球表面受到的重力大小等于万有引力大小, 即有:

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg \quad (2 \text{分})$$

$$\text{其中: } M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \quad (1 \text{分})$$

设 P 点到地心的距离为 r , 则列车在 P 点时受到万有引力的大小为:

$$F = G \frac{M'm}{r^2} = G \frac{M'm}{x^2 + \frac{1}{2}R^2} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{其中: } M' = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得: } \frac{F}{mg} = \frac{\sqrt{2x^2 + R^2}}{\sqrt{2}R} \quad (1 \text{分})$$

(2) 设 $\angle POQ = \theta$, 则有:

$$\sin \theta = \frac{x}{r} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + \frac{1}{2}R^2}} \quad (1 \text{分})$$

由第(1)问可知, P 点处的重力加速度大

$$\text{小为: } g' = \frac{r}{R}g \quad (1 \text{分})$$

列车运动到 P 点时, 由牛顿第二定律有:

$$mg' \sin \theta = ma \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得: } a = \frac{x}{R}g \quad (1 \text{分})$$

(3) 列车在 A 点时受到地球的万有引力大小为: $F_0 = mg$ (1分)

列车在 A 点受到地球的万有引力沿隧道 AB 方向的分力大小为:

$$F_A = F_0 \sin \theta_0 = F_0 \frac{\sqrt{R^2 - h^2}}{R} = \frac{\sqrt{2}}{2}mg \quad (1 \text{分})$$

列车在隧道内到 Q 点的距离为 x 时, 受到地球的万有引力沿隧道 AB 方向的分力大小为:

$$F_x = ma = \frac{mg}{R}x \quad (1 \text{分})$$

可知 F_x 随 x 均匀变化, 列车从 A 点到 Q 点过程中, 做加速度减小的加速运动, 则列车在 Q 点时速度最大, 则由动能定理有:

$$\frac{F_A + F_Q}{2} \cdot x_{AQ} = \frac{1}{2}mv_m^2 - 0 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{其中: } F_Q = 0, x_{AQ} = \sqrt{R^2 - h^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}R \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得: } v_m = \frac{\sqrt{2gR}}{2} \quad (1 \text{分})$$

核心突破(六)

1. B

【提示】从抛出到落回抛出点的过程中,小球受到的空气阻力大小不变,方向总是与小球的运动方向相反,则小球克服空气阻力所做的功 $W_f = 2fh$,选项 B 正确。

2. D

【提示】粮食不断均匀地从车上掉落,则卡车和粮食的总质量 $m_{\text{总}} = M - mt$,随时间均匀减小,卡车在平直道路上匀速行驶,故卡车行驶过程中总动能随时间均匀减小,选项 A 错误。卡车行驶过程中受到的阻力大小 $f = km_{\text{总}}g = k(M - mt)g$,由于卡车和粮食的总质量 $m_{\text{总}}$ 随时间均匀减小,所以卡车行驶过程中受到的阻力随时间均匀减小,选项 B 错误。卡车在平直道路上匀速行驶,则牵引力等于阻力,故牵引力随时间均匀减小,卡车的功率 $P = Fv = fv = k(M - mt)gv$,随时间均匀减小,选项 C 错误, D 正确。

3. A

【提示】小球由静止释放运动至与释放点关于水平方向对称的位置(设为 P 点)的过程中,做自由落体运动,由机械能守恒定律有 $E_k = mgh$;小球在 P 点瞬间,细线绷紧,小球的动能瞬间减小 ΔE_k ,此后小球从 P 点开始做圆周运动至最低点,由机械能守恒定律有 $E_k = mgh - \Delta E_k$,选项 A 正确。

4. B

【提示】根据动能定理,物块从斜面底端沿斜面上滑至最高点过程,有 $-mg \sin \theta \cdot s_m - \mu mg \cos \theta \cdot s_m = 0 - E_{k1}$,物块从斜面最高点下滑回到底端过程,有 $mg \sin \theta \cdot s_m - \mu mg \cos \theta \cdot s_m = E_{k2} - 0$,解得 $\mu = \frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2} \tan \theta$,选项 B 正确。

5. C

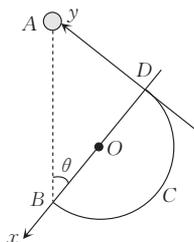
【提示】篮球从距离水平地面高度 h 的手掌处自由下落,由自由落体运动规律有 $v_1^2 = 2gh$,反弹后到达原来高度的 $\frac{4}{5}$ 处,有 $v_2^2 = 2g \cdot \frac{4}{5}h$,则碰撞前的速度大小与碰撞后速度大小的比值 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{5}}{2}$;若篮球反弹后能回到距离水平地面高度 h 的手掌处,则有 $v_3^2 = v_1^2 = 2gh$,根据题意可知,篮球碰撞地面前的速度大小 $v_4 = \frac{\sqrt{5}}{2}v_3 = \frac{\sqrt{10gh}}{2}$,由动能定理有 $W + mgh = \frac{1}{2}mv_4^2$,解得 $W = \frac{1}{4}mgh$,选项 C 正确。

6. C

【提示】由题意可知,小物块恰好随着圆盘一起匀速转动,则小物块运动到最低点 B 点时,受到的静摩擦力达到最大静摩擦力,由牛顿第二定律有 $\mu mg \cos 37^\circ - mg \sin 37^\circ = m\omega^2 R$,解得 $\omega = 1 \text{ rad/s}$,选项 A 错误。小物块从 B 点运动到 A 点的过程中,动能不变,只有重力与摩擦力做功,由动能定理有 $W_f - mg \sin 37^\circ \cdot 2R = 0$,解得 $W_f = 12 \text{ J}$,选项 B 错误。根据匀速圆周运动的规律可知,圆盘转动的线速度大小 $v = \omega R = 1 \text{ m/s}$,则小物块运动到 C 点时重力的瞬时功率 $P_G = mgv \sin 37^\circ \cos 30^\circ = 3\sqrt{3} \text{ W}$,选项 C 正确。小物块从 B 点运动到 A 点的运动时间 $t = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\omega} = \pi \text{ s}$,则小物块从 B 点运动到 A 点的过程中,克服重力做功的平均功率 $\bar{P}_G = \frac{mg \sin 37^\circ \cdot 2R}{t} = \frac{12}{\pi} \text{ W}$,选项 D 错误。

7. D

【提示】设小球经过 D 点的速度大小为 v_D , 小球恰好能通过半圆轨道最高点 D , 则有 $mg \cos \theta = m \frac{v_D^2}{R}$; 沿 BD 和垂直 BD 方向建立直角坐标系如图所示, 则小球从 D 点落到 B 点的过程中, 沿 x 轴方向上有 $2R = \frac{1}{2} a_x t^2$, 其中 $a_x = g \cos \theta$, 沿 y 轴方向上有 $0 = v_D t - \frac{1}{2} a_y t^2$, 其中 $a_y = g \sin \theta$, 解得 $\theta = 45^\circ$, $t = \sqrt{\frac{4\sqrt{2}R}{g}}$, $v_D = \sqrt{\frac{\sqrt{2}gR}{2}}$, 选项 A、B、C 均错误。小球从 A 点运动到 D 点过程中, 由动能定理有 $mg(h - 2R \cos \theta) = \frac{1}{2} m v_D^2 - 0$, 解得 $h = \frac{5\sqrt{2}R}{4}$, 选项 D 正确。



8. AD

【提示】糠秕和米粒在竖直方向均做自由落体运动, 下落的高度相同, 根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$ 可知, 从释放到落地的过程中, 糠秕的运动时间等于米粒的运动时间, 选项 A 正确。落地时, 米粒和糠秕沿竖直方向的分速度大小相等, 米粒的重力大小大于糠秕的重力大小, 由 $P_G = mg v_y$ 可知, 米粒重力的瞬时功率大于糠秕重力的瞬时功率, 选项 B 错误。米粒的重力大小大于糠秕的重力大小, 由 $W_G = mgh$ 可知, 从释放到落地的过程中, 米粒重力做的功比糠秕重力做的功多, 选项 C 错误。从释放到落地的过程中, 米粒的质量大于糠秕的

质量, 则米粒沿水平方向的加速度较小, 落地时水平位移较小, 由 $W = Fx$ 可知, 则风力对米粒做功较少, 即风力对糠秕做功比对米粒做功多, 选项 D 正确。

9. BD

【提示】由 $P = Fv$ 可得 $\frac{1}{v} = \frac{1}{P} \cdot F$, 则在 $\frac{1}{v} - F$ 图像中, 图线的斜率 $k = \frac{1}{P}$, 结合题图可得, 模型车的速度从 2 m/s 增加至 4 m/s 的过程中, 模型车的功率恒为 $P = 8 \text{ W}$, 当速度最大时, 合力为零, 即牵引力大小等于阻力大小, 由题图可知, 当 $F = 2 \text{ N}$ 时, 模型车的速度达到最大值, 因此有 $F = f = 2 \text{ N}$, 选项 B 正确。由题图可知, 模型车开始运动时牵引力大小为 4 N , 且做匀加速直线运动的末速度大小 $v_1 = 2 \text{ m/s}$, 由牛顿第二定律有 $F - f = ma$, 解得 $a = 1 \text{ m/s}^2$, 则模型车做匀加速直线运动的时间 $t_1 = \frac{v_1}{a} = 2 \text{ s}$, 选项 A 错误。根据以上分析可知, 模型车做匀加速直线运动结束时, 牵引力功率最大, 则模型车牵引力的最大功率为 8 W , 选项 C 错误。根据以上分析可知, 模型车以恒定功率运动的时间 $t_2 = 3 \text{ s}$, 由动能定理有 $P t_2 - f x_2 = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$, 式中 $v_2 = 4 \text{ m/s}$, $v_1 = 2 \text{ m/s}$, 解得 $x_2 = 6 \text{ m}$; 模型车做匀加速直线运动的位移大小 $x_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 = 2 \text{ m}$, 故模型车整个启动过程中的总位移大小 $x = x_1 + x_2 = 8 \text{ m}$, 选项 D 正确。

10. CD

【提示】单位时间内经过每台发电机叶片圆面的气流的质量 $\Delta m = \rho \Delta V = \rho S v = \rho \pi r^2 v$, 则单位时间内经过每台发电机叶片圆面的气流的动能 $\Delta E_k = \frac{1}{2} \Delta m v^2 = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3$,

选项 A、B 均错误, C 正确。每台发电机的输出电功率 $P = \frac{E_{\text{电}}}{t} = \frac{\eta \Delta E_k t}{t} = \eta \cdot \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3 \propto v^3$, 由于风速 $v = 15 \text{ m/s}$ 时, 每台发电机输出电功率为 $3\,000 \text{ kW}$, 所以当风速为 20 m/s 时, 每台发电机的输出电功率 $P' = \frac{20^3}{15^3} \times 3\,000 \text{ kW} \approx 7\,100 \text{ kW}$, 选项 D 正确。

$$11. (2) \frac{d}{t} \quad (2 \text{ 分}) \quad (3) g \left(l + \frac{d}{2} \right) = \frac{d^2}{2t^2} \quad (2 \text{ 分}) \quad (4) b \quad (3 \text{ 分})$$

【提示】(2) 小球通过最低点的速度大小 $v = \frac{d}{t}$ 。

(3) 小球由静止释放至最低点过程中, 若机械能守恒, 则有 $mg \left(l + \frac{d}{2} \right) = \frac{1}{2} mv^2$, 又 $v = \frac{d}{t}$, 则在误差允许范围内验证机械能守恒的表达式为 $g \left(l + \frac{d}{2} \right) = \frac{d^2}{2t^2}$ 。

(4) 由 $g \left(l + \frac{d}{2} \right) = \frac{d^2}{2t^2}$ 变形可得 $\frac{d}{t^2} = \frac{2g}{d} l + g$, 则重力加速度测量值 $g' = b$ 。

$$12. (1) \frac{1}{t^2} = -\frac{k}{md^2} l^2 + \frac{2g}{d^2} l \quad (3 \text{ 分})$$

$$(2) \sqrt{gl_2} \quad (2 \text{ 分}) \quad 0 \quad (2 \text{ 分}) \quad (3) k(l_3 - l_1)l_2 \quad (2 \text{ 分})$$

【提示】(1) 若轻弹簧和物块(带有遮光条)组成系统的机械能守恒, 则有 $mgl = \frac{1}{2} kl^2 + \frac{1}{2} m \left(\frac{d}{t} \right)^2$, 整理得 $\frac{1}{t^2} = -\frac{k}{md^2} l^2 + \frac{2g}{d^2} l$, 若在误差允许的范围内, $\frac{1}{t^2} - l$ 图像满足关系式 $\frac{1}{t^2} = -\frac{k}{md^2} l^2 + \frac{2g}{d^2} l$, 则可验证轻弹

簧和物块组成的系统机械能守恒。

(2) 由题图乙可知, 当 $l = l_2$ 时, 遮光板挡光时间最短, 此时物块通过光电门时的速度最大, 则有 $mg = kl_2$, $mgl_2 = \frac{1}{2} kl_2^2 + \frac{1}{2} mv_m^2$, 解得 $v_m = \sqrt{gl_2}$, 此时细线的拉力大小与物块的重力大小相等, 则物块的加速度大小为 0。

(3) 当 $l = l_1$ 和 $l = l_3$ 时, 物块的动能相等, 则有 $mgl_3 = E_{p3} + E_k$, $mgl_1 = E_{p1} + E_k$, 又 $mg = kl_2$, 故有 $E_{p3} - E_{p1} = k(l_3 - l_1)l_2$ 。

13. 解 (1) 滑块从 A 点运动到 B 点过程中, 由机械能守恒定律有:

$$mgR(1 - \cos 60^\circ) = \frac{1}{2} mv_B^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } v_B = \sqrt{10} \text{ m/s.} \quad (1 \text{ 分})$$

设滑块第一次运动到 B 点时, 轨道对滑块的支持力大小为 F_N , 由牛顿第二定律有:

$$F_N - mg = m \frac{v_B^2}{R} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } F_N = 40 \text{ N} \quad (1 \text{ 分})$$

根据牛顿第三定律可知, 滑块第一次运动到 B 点时对轨道的压力大小为 40 N 。

(1 分)

(2) 滑块第一次到达 D 点时, 弹簧的弹性势能最大, 滑块从 B 点运动到 C 点过程中, 由能量守恒定律有: $\frac{1}{2} mv_B^2 = \mu mgl_1 + mgl_2 \sin 30^\circ + E_p$ (2 分)

$$\text{解得: } E_p = 2 \text{ J.} \quad (1 \text{ 分})$$

14. 解 (1) 小物块从 A 点做平抛运动至 B 点过程中, 由平抛运动规律有:

$$x = v_0 t, v_y = gt \quad (2 \text{ 分})$$

小物块运动到 B 点时, 其速度方向恰好沿斜面向下, 则有:

$$\tan 37^\circ = \frac{gt}{v_0} \quad (1 \text{ 分})$$

解得: $v_0 = 2 \text{ m/s}$ 。 (1分)

(2)小物块运动到 B 点时的速度大小为:

$$v_B = \frac{v_0}{\cos 37^\circ} \quad (1 \text{ 分})$$

小物块从 B 点运动到 C 点的过程中,由动能定理有:

$$mgL \sin 37^\circ - \mu mgL \cos 37^\circ = 0 - \frac{1}{2}mv_B^2 \quad (2 \text{ 分})$$

解得: $\mu \approx 0.91$ 。 (1分)

(3)小物块运动到 P 点时刚与轨道分离,对圆弧轨道的压力为 0,设此时 OP 连线与竖直方向的夹角为 θ ,则有:

$$mg \cos \theta = m \frac{v_P^2}{R} \quad (1 \text{ 分})$$

小物块由 C 点运动到 P 点过程中,由动能定理有:

$$mgR(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_P^2 - 0 \quad (1 \text{ 分})$$

由几何关系有: $\cos \theta = \frac{h}{R}$ (1分)

解得: $h = 0.4 \text{ m}$ 。 (1分)

15. 解 (1)小球经过 C 点时,由牛顿第二定律有:

$$F_N + mg = m \frac{v_C^2}{R} \quad (2 \text{ 分})$$

解得: $v_C = \sqrt{\frac{5}{2}gR}$ (1分)

解除锁定,小球离开弹簧后进入管道,运动至 C 点的过程中,由能量守恒定律有:

$$E_p = \frac{1}{2}mv_C^2 + mg \cdot 2R \quad (2 \text{ 分})$$

解得: $E_p = \frac{13}{4}mgR$ 。 (1分)

(2)设小球到达 C 点的速度大小为 v_0 ,根据平抛运动规律,沿 x 轴方向上有:

$$x = v_0 t \quad (1 \text{ 分})$$

沿 y 轴方向上有:

$$2R - y = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{又: } y = \frac{x^2}{2R}$$

整理得: $y = \frac{2Rv_0^2}{v_0^2 + gR}$ (1分)

设小球落在抛物线坡面时速度大小为 v ,小球从 C 点运动到抛物线坡面的过程中,由动能定理有:

$$mg(2R - y) = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (2 \text{ 分})$$

整理得: $v^2 = v_0^2 + \frac{4g^2R^2}{v_0^2 + gR} = v_0^2 +$

$$gR + \frac{4g^2R^2}{v_0^2 + gR} - gR \quad (1 \text{ 分})$$

由数学知识可知,当 $v_0^2 + gR = \frac{4g^2R^2}{v_0^2 + gR}$,即 $v_0 = \sqrt{gR}$ 时,速度 v 最小,最小

速度为: $v_{\min} = \sqrt{3gR}$ (2分)

解除锁定,小球离开弹簧后进入管道,运动至 C 点的过程中,由能量守恒定律有:

$$E_p = \frac{1}{2}m_x v_0^2 + m_x g \cdot 2R \quad (1 \text{ 分})$$

解得: $m_x = \frac{13}{10}m$ 。 (1分)

核心突破(七)

1. A

【提示】先伸出两臂迎接,手接触到球后,两臂随球引至胸前,这样做可以增加球与手接触的时间,选项 A 正确。由动量定理有 $-Ft=0-mv$,解得 $F=\frac{mv}{t}$,当时间增大时,冲量和动量的变化量均不变,球对手的作用力减小,选项 B、C、D 均错误。

2. C

【提示】设物体做斜抛运动至最高点的竖直高度分别为 h_1 、 h_2 、 h_3 ,水平分速度大小分别为 v_{x1} 、 v_{x2} 、 v_{x3} ,则物体在空中运动的时间 $t=2\sqrt{\frac{2h}{g}}$,由于 $h_1>h_2>h_3$,所以有 $t_1>t_2>t_3$,即 3 轨迹的物体在空中运动时间最短,选项 B 错误。物体所受重力的冲量 $I=mgt$,由于 $t_1>t_2>t_3$,所以有 $I_1>I_2>I_3$,即 1 轨迹的物体所受重力的冲量最大,选项 C 正确。物体在最高点时的速度大小 $v_x=\frac{x}{t}$,由于 $x_1<x_2<x_3$ 、 $t_1>t_2>t_3$,所以有 $v_{x1}<v_{x2}<v_{x3}$,即 3 轨迹的物体在最高点的速度最大,选项 A 错误。三个物体均做斜抛运动,加速度大小均为 g ,则单位时间内速度变化量均为 g ,选项 D 错误。

3. B

【提示】设 A 球质量为 m ,碰后 A、B 的速度为 v_1 、 v_2 ,若 A、B 球发生弹性碰撞,则有 $mv=mv_1+3mv_2$ 、 $\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}\times 3mv_2^2$,解得 $v_2=\frac{v}{2}$;若 A、B 球发生完全非弹性碰撞,则有 $mv=(m+3m)v_2$,解得 $v_2=\frac{v}{4}$,所以碰后 B 球的速度满足 $\frac{v}{4}\leq v_2\leq\frac{v}{2}$,选项 B 正确。

4. D

【提示】设排球扣出时速度大小为 v_0 ,从排球扣出到排球的速度与水平方向成 30° 夹

角的过程中,排球的动量变化量大小 $p=mv_y=m\cdot\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$,设扣球过程合力对排球的冲量大小为 I ,则有 $I=mv_0=\sqrt{3}p$,选项 D 正确。

5. B

【提示】由题意可知,在 Δt 时间内,单位面积上由 B 层进入 A 层的分子数为 $n\Delta t$,则这部分分子的质量 $m_0=nm\Delta t$,这部分分子的速度由 v_B 变为 v_A ,取气体流动方向为正方向,由动量定理有 $F\Delta t=m_0(v_A-v_B)$,可得流层 A 对这部分分子的作用力 $F=nm(v_A-v_B)$,方向与气体流动方向相同,由牛顿第三定律可知,B 层对 A 层气体单位面积的黏滞阻力大小 $f=F=nm(v_A-v_B)$,方向与气体流动方向相反,选项 B 正确。

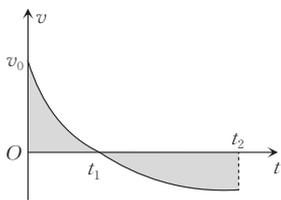
6. C

【提示】设 A 球质量为 km ,则 B 球质量为 m ,给 A 球向右的瞬时冲量 I 后,对 A 球由动量定理有 $I=kmv_0$,两球和弹簧组成的系统动量守恒,当两球速度相等时,弹簧的弹性势能最大,有 $kmv_0=(km+m)v$ 、 $E_p=\frac{1}{2}kmv_0^2-\frac{1}{2}(km+m)v^2$,解得 $E_p=\frac{I^2}{2k(k+1)m}$;同理,给 B 球向左等大的瞬时冲量后,对 B 球有 $I=mv_0'$,对系统由动量守恒定律和能量守恒定律有 $mv_0'=(km+m)v'$ 、 $E_p'=\frac{1}{2}mv_0'^2-\frac{1}{2}(km+m)v'^2$,解得 $E_p'=\frac{kI^2}{2(k+1)m}=k^2E_p$,选项 C 正确。

7. D

【提示】作出气排球运动的 $v-t$ 图像如图所示,设气排球在运动过程中所受空气阻力的大小 $f=kv$,则气排球上升过程中所受空气阻力的冲量大小 $I_1=\sum f_i\cdot\Delta t_i=\sum kv_i\Delta t_i=kh$,其中 h 为上升的最大高度,同理可得,气排球下落过程中所受空气阻力的

冲量大小 $I_2 = kh$, 故有 $I_1 = I_2$, 选项 A 错误。根据功的定义, 气排球在上升过程中克服空气阻力做的功 $W_1 = \overline{f_1}h$, 气排球在下落过程中克服空气阻力做的功 $W_2 = \overline{f_2}h$, 由于上升过程中的平均空气阻力比下落过程中的平均空气阻力大, 所以有 $W_1 > W_2$, 选项 B 错误。由于上升过程中的平均加速度大于下落过程中的平均加速度, 而上升的位移大小 h 与下降的位移大小相等, 所以有 $t_1 < t_2$, 选项 C 错误。根据动量定理, 对气排球上升过程中有 $-mgt_1 - I_1 = 0 - mv_0$, 对气排球下落过程中有 $mgt_2 - I_2 = mv_1 - 0$, 解得 $t_1 + t_2 = \frac{v_0 + v_1}{g}$, 选项 D 正确。



8. BD

【提示】小球在弧形槽上下滑过程中, 小球和弧形槽组成系统在水平方向上动量守恒, 小球离开弧形槽时, 小球的速度方向水平向右, 弧形槽的速度方向水平向左, 可知在小球下滑的过程中小球对弧形槽做正功, 弧形槽对小球的弹力做负功, 选项 A 错误。在小球压缩弹簧的过程中, 弹簧和小球组成的系统机械能守恒, 弹簧对小球的弹力做负功, 则小球机械能减小, 选项 B 正确。在整个运动过程中, 小球和弧形槽、弹簧组成的系统机械能守恒; 在小球压缩弹簧过程中, 由于存在墙壁对弹簧水平方向上的弹力, 则水平方向动量不守恒, 选项 C 错误。由上述分析可知, 小球离开弧形槽时, 小球的速度大小大于弧形槽的速度大小, 小球被弹簧原速率弹回后将追上弧形槽并滑上弧形槽, 小球滑上弧形槽的最高点时, 小球和弧形槽的速度相同, 则从小球由静止开始运动到小球和弧形槽的速度相同的过程中, 系统的动能增加, 小球重力势

能一定减小, 故小球上升的最大高度小于 h , 选项 D 正确。

9. AC

【提示】从释放至小球到达最低点过程中, 小球和小车组成系统水平方向动量守恒, 则有 $0 = mv - 3mv_1$, 由机械能守恒定律有 $mgL = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \times 3mv_1^2$, 解得 $v = \sqrt{\frac{3gL}{2}}$, 选项 A 正确, B 错误。对小球, 由动能定理得 $mgL + W = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $W = -\frac{mgL}{4}$, 选项 C 正确。释放后小车离开初位置的距离最大时, 小球摆至最高点, 此时小球与小车的速度均为零, 由能量守恒定律可知小球回到原高度, 由人船模型有 $mx = 3md$, $d + x = 2L$, 解得 $d = 0.5L$, 选项 D 错误。

10. BC

【提示】设黑球与 1 号球碰撞后速度分别为 v_{01} 和 v_1 , 由动量守恒定律有 $2mv_0 = 2mv_{01} + mv_1$, 由机械能守恒定律有 $\frac{1}{2} \times 2mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 2mv_{01}^2 + \frac{1}{2}mv_1^2$, 解得 $v_{01} = \frac{v_0}{3}$, $v_1 = \frac{4}{3}v_0$, 之后 1 号球依次向右交换速度至 9 号球, 最终 9 号球以 $v_1 = \frac{4}{3}v_0$ 向右运动, 1~8 号球碰后速度为 0; 然后黑球第二次以速度 $v_{01} = \frac{1}{3}v_0$ 与 1 号球相碰, 同理可得第二次碰后, 黑球的速度 $v_{02} = \frac{v_{01}}{3} = \frac{v_0}{3^2}$, 1 号球的速度 $v_{12} = \frac{4}{3} \times \frac{1}{3}v_0$, 之后 1 号球依次向右交换速度至 8 号球, 最终 8 号球以 $v_{12} = \frac{4}{3} \times \frac{1}{3}v_0 = \frac{4}{9}v_0$ 向右运动, 1~7 号球碰后速度为 0, 如此重复下去, 当黑球第九次与 1 号球相

碰,碰后黑球的速度 $v_{09} = \frac{v_0}{3^9}$, 1 号球速度 $v_{19} = \frac{4}{3} \times \frac{1}{3^8} v_0$, 此后黑球与 1 号球不再发生碰撞, 即完成所有碰撞, 选项 A、D 均错误, B、C 均正确。

11. (1) 1.880 (2 分) (2) $\frac{m}{m+M}$ (2 分) $\frac{M}{m+M}$ (3 分)

【提示】(1) 遮光条的宽度 $d = 1.5 \text{ mm} + 38.0 \times 0.01 \text{ mm} = 1.880 \text{ mm}$ 。

(2) 碰前滑块 P 的速度大小 $v_0 = \frac{d}{t_1}$, 碰后滑块 P 和滑块 Q 的速度均为 $v = \frac{d}{t_2}$, 若碰撞过程系统的动量守恒, 则有 $mv_0 = (m+M)v$, 整理得 $\frac{t_1}{t_2} = \frac{m}{m+M}$, 该碰撞过程损失的机械能 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m+M)v^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_1}\right)^2 - \frac{1}{2}(m+M)\left(\frac{d}{t_2}\right)^2$, 初动能 $E_{k0} = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_1}\right)^2$, 所以该碰撞过程损失的机械能与初动能之比 $\frac{\Delta E}{E_{k0}} = 1 - \frac{m+M}{m}\left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2 = \frac{M}{M+m}$ 。

12. (1) 1.000 (1 分) (2) 4.00 (1 分) 2.04 (1 分) 0.604 (2 分)
(3) 1.96 (1 分) 0.588 (1 分)
(4) 2.65% (2 分)

【提示】(1) 滑块 A、B 的遮光片的宽度 $d = 10.00 \text{ mm} = 1.000 \text{ cm}$ 。

(2) 碰撞前、后滑块 A 的速度大小分别为 $v_0 = \frac{d}{\Delta t_{C1}} = 4.00 \text{ m/s}$, $v_1 = \frac{d}{\Delta t_{C2}} = 2.04 \text{ m/s}$, 则碰撞前、后 A 的动量变化量大小 $\Delta p = m_A v_1 - m_A(-v_0) = 0.604 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。

(3) 碰撞后 B 的速度大小 $v_2 = \frac{d}{\Delta t_D} = 1.96 \text{ m/s}$, 碰撞前、后 B 的动量变化量大小

$$\Delta p' = m_B v_2 - 0 = 0.588 \text{ kg} \cdot \text{m/s}。$$

(4) 本实验中相对误差 $\delta = \left| \frac{\Delta p - \Delta p'}{\Delta p} \right| \times 100\% = \left| \frac{0.604 - 0.508}{0.604} \right| \times 100\% = 2.65\%$ 。

13. 解 (1) 铁块在弧形轨道末端时, 由牛顿第二定律有: $F - mg = m \frac{v_0^2}{R}$ (2 分)

$$\text{解得: } F = 25 \text{ N。 (1 分)}$$

(2) 铁块从弧形轨道顶端由静止释放, 到达轨道底端的过程中, 由动能定理有:

$$mgR - W_f = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } W_f = 1.5 \text{ J。 (1 分)}$$

(3) 铁块与木板相互作用过程, 系统动量守恒, 设铁块刚好滑到长木板的右端, 铁块与木板的共同速度为 v , 由动量守恒定律有:

$$mv_0 = (m+M)v \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } v = 1.0 \text{ m/s}$$

由能量守恒定律有: $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(m+M)v^2 + \mu mgl$ (2 分)

$$\text{解得: } \mu = 0.3。 (1 \text{ 分})$$

14. 解 (1) 设网球第一次落地前的运动时间为 t_1 , 由平抛运动规律有:

$$L_1 = v_0 t_1, h = \frac{1}{2}gt_1^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } t_1 = 0.6 \text{ s}, v_0 = 40 \text{ m/s}$$

由动能定理可知, 该同学击球过程对网球所做的功为:

$$W = \frac{1}{2}mv_0^2 = 400 \text{ J。 (1 分)}$$

(2) 由第(1)问可知, 网球第一次落地时, 沿竖直方向的分速度大小为:

$$v_y = gt_1 = 6 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

网球第一次落地时, 根据动量定理, 在水平方向上地面对网球的冲量大小为:

$$I_x = \left| m \cdot \frac{3}{4}v_0 - mv_0 \right| = 5 \text{ N} \cdot \text{s} \quad (1 \text{ 分})$$

在竖直方向上地面对网球的冲量大小为:

$$I_y = m \cdot \frac{1}{2} v_y - (-mv_y) = 4.5 \text{ N} \cdot \text{s} \quad (1 \text{ 分})$$

则网球第一次与地面碰撞过程中,地面对网球的冲量 I 的大小为:

$$I = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} = \frac{\sqrt{181}}{2} \text{ N} \cdot \text{s} \quad (1 \text{ 分})$$

设地面对网球的冲量方向与水平地面间的夹角为 θ , 则有:

$$\tan \theta = \frac{I_y}{I_x} = 0.9. \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 网球在第一次弹起后至再次落到水平地面的过程中做斜抛运动, 设该过程的运动时间为 t_2 , 则有:

$$-\frac{1}{2} v_y = \frac{1}{2} v_y - gt_2, L_2 = \frac{3}{4} v_0 t_2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{又: } L = L_1 + L_2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } L = 42 \text{ m}. \quad (1 \text{ 分})$$

15. 解 (1) 开始时, 小球的速度小于传送带的速度, 则小球受到的摩擦力方向沿传送带向下, 根据牛顿第二定律有:

$$mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma_1 \quad (1 \text{ 分})$$

设小球的速度加速至与传送带速度相同的时间为 t_1 , 则有:

$$v_0 = v_1 + a_1 t_1, x_1 = \frac{v_0 + v_1}{2} t_1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } t_1 = 0.4 \text{ s}, x_1 = 1.2 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

小球的速度与传送带速度相同后, 由于 $\mu < \tan \theta$, 所以小球继续做匀加速直线运动, 小球受到的摩擦力方向沿传送带向上, 根据牛顿第二定律有:

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2 \quad (1 \text{ 分})$$

设小球的速度与传送带速度相同后运动至传送带底端的时间为 t_2 , 则有:

$$\frac{H}{\sin \theta} - x_1 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } t_2 = 0.5 \text{ s}$$

则小球在传送带上的运动时间为:

$$t = t_1 + t_2 = 0.9 \text{ s}. \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 小球运动至传送带底端的速度大小为:

$$v = v_0 + a_2 t_2 = 6 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

小球的质量和小物块的质量相等, 且小球与小物块间的碰撞为弹性碰撞, 则碰撞前后, 小球与小物块的速度进行交换, 故碰撞后小物块的速度大小为: $v = 6 \text{ m/s}$

小物块从滑上长木板至 C 点的过程中, 小物块和长木板组成系统在水平方向动量守恒, 有:

$$mv = (m + M)v_x \quad (1 \text{ 分})$$

由能量守恒定律有: $\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} (m + M)v_x^2 + \frac{1}{2} mv_y^2 + mgR + \mu mgl$ (1分)

小物块离开 C 点后能上升的最大高度 $h = 0.2 \text{ m}$, 则有: $v_y^2 = 2gh$ (1分)

$$\text{解得: } l = 1.8 \text{ m}. \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 设小物块在第二次经过 B 点时, 小物块和长木板的速度分别为 v_1 、 v_2 , 小物块从滑上长木板至第二次经过 B 点的过程中, 对小物块和长木板组成系统, 由动量守恒定律有:

$$mv = mv_1 + Mv_2 \quad (1 \text{ 分})$$

由能量守恒定律有: $\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} mv_1^2 + \frac{1}{2} Mv_2^2 + \mu mgl$ (1分)

$$\text{解得: } v_1 = 0, v_2 = 3 \text{ m/s}$$

则小物块和长木板相对速度大小为:

$$v_{\text{相}} = v_2 - v_1 = 3 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

小物块在第二次经过 B 点时, 由牛顿第二定律有:

$$F_N - mg = m \frac{v_{\text{相}}^2}{R} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } F_N = 100 \text{ N}. \quad (1 \text{ 分})$$

核心突破(八)

1. B

【提示】简谐波向外传播过程中,水面上各质点都在各自平衡位置附近上下振动,不随波逐流,则小树叶将在竖直方向上做简谐运动,选项 A 错误,B 正确。简谐波的波速由介质决定,与振幅无关,选项 C 错误。简谐运动的周期与振幅无关,选项 D 错误。

2. D

【提示】当驱动力的频率等于物体的固有频率时,物体做受迫振动的振幅达到最大,这种现象称为共振,则题中“怪事”所包含的物理知识主要是声波共振,选项 A、B 均错误。为了治愈老和尚的“疾病”,可行措施之一是用锉刀将饭堂里的大钟凿一个口子,改变了驱动力的频率,即可避免与老和尚房间里的磬的固有频率相同,选项 C 错误,D 正确。

3. A

【提示】根据题图可知,该单摆的周期 $T=4t$,单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,解得 $g=\frac{\pi^2 l}{4t^2}$,选项 A 正确。

4. B

【提示】由题意可知,大楼主结构固有频率振动的周期和有效摆长约为 12.1 m 的单摆式减振系统的周期相等,则大楼主结构的

固有周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}=2\times 3.14\times\sqrt{\frac{12.1}{10}}\text{ s}\approx$

6.9 s,选项 B 正确。

5. D

【提示】从题图甲和乙可得,该波的波长

$\lambda=2\text{ m}$,周期 $T=0.4\text{ s}$,则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\$

5 m/s,选项 A 错误。由题图乙可知, $t=0$ 时刻 P 的速度沿 y 轴正方向,根据“同侧法”可知,波沿 x 轴负方向传播,选项 B 错误。 $t=0$ 时刻, P 位于平衡位置,此时速度最大,所以 P 的速度大于 Q 的速度,选项 C 错误。 $t=0$ 时刻, P 位于平衡位置且速度沿 y 轴正方向, Q 位于平衡位置上方且速度沿 y 轴负方向,所以 $t=0$ 时刻之后, P 比 Q 先到达位移最大处,选项 D 正确。

6. C

【提示】质点 P 速度正在增大,则此时质点 P 速度沿 y 轴正方向,根据“同侧法”可知,简谐波沿 x 轴负方向传播,选项 A 错误。离质点 P 最近的波峰传到 P 点,质点 P 第一次到达波峰,故简谐波的波速 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\$

$\frac{1.2-0.6}{0.3}\text{ m/s}=2\text{ m/s}$,选项 B 错误。简谐波的

周期 $T=\frac{\lambda}{v}=0.8\text{ s}$,选项 C 正确。该简谐

波的波动方程 $y=-A\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)=$

$-20\sin\left(\frac{5\pi}{4}x\right)\text{ cm}$,则 $t=0$ 时刻,质点 P 的

位移大小 $y=-10\sqrt{2}\text{ cm}$, $0\sim 0.3\text{ s}$ 内,质点 P 运动的路程 $s=10(\sqrt{2}+2)\text{ cm}$,选项 D 错误。

7. B

【提示】由于两波源处质点振动方向相反,A、B 连线的中点到两波源的路程差为

零,因此该点是振动减弱点,选项 A 错误。两列波的波长 $\lambda = vT = 1 \text{ m}$, A、B 连线上某点到 A、B 的路程差 $0 \leq |\Delta r| < 5 \text{ m}$, 振动加强点应满足 $\Delta r = \frac{\lambda}{2}(2n+1)$, 则 n 可以取 0、±1、±2、±3、±4、-5, 因此 A、B 连线上共有 10 个振动加强点, 选项 B 正确。振动加强点的振动频率与波源振动频率相同, $f = \frac{1}{T} = 1 \text{ Hz}$, 选项 C 错误。由于振动减弱点的振幅为 2 cm, 所以质点 B 振动的振幅可能为 12 cm, 也可能为 8 cm, 则波源 B 处质点的振动方程为 $y = -12\sin(2\pi t) \text{ cm}$ 或 $y = -8\sin(2\pi t) \text{ cm}$, 选项 D 错误。

8. BC

【提示】在两列波的叠加区域, 某质点到两列波源的距离相等, 若两个波源初相位相同, 该质点的振动一定加强, 若两个波源初相位相反, 则该点振动减弱, 选项 A 错误。单摆具有等时性, 根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 可知, 其原因是单摆振动周期取决于摆长与所在处的重力加速度, 与摆球的质量和振幅均无关, 选项 B 正确。隔墙有耳是因为波绕过障碍物继续传播, 即波的衍射现象, 选项 C 正确。弹簧振子做简谐运动时, 若某两个时刻位移相同, 则这两个时刻的速度大小相等, 方向可能相同也可能相反, 选项 D 错误。

9. AC

【提示】小球摆动的周期 $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} =$

$$\frac{1}{2} \times 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} + \frac{1}{2} \times 2\pi\sqrt{\frac{l - \frac{3}{4}l}{g}} = \frac{3\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}},$$

选项 A 正确。小球从 N 摆到最低点, 由动能定理有 $mgl(1 - \cos\theta) = \frac{1}{2}mv^2$, 解得小球到达

最低点时速率 $v = \sqrt{2gl(1 - \cos\theta)}$, 小球摆到最低点以 O' 为圆心做圆周运动时, 细绳拉力最大, 由牛顿第二定律有 $F - mg = m\frac{v^2}{l - \frac{3l}{4}}$, 解得 $F = mg(9 - 8\cos\theta)$, 选项 B 错

误, C 正确。根据能量守恒, 小球从 N 到 P 和 P 到 Q 过程中重力做功相等, 由于 $t_{NP} > t_{PQ}$, 根据 $P = \frac{W}{t}$ 可知, 小球从 N 到 P 重力做功的平均功率小于从 P 到 Q 重力做功的平均功率, 选项 D 错误。

10. BD

【提示】由题图乙可知, 在 $t = \frac{1}{3} \text{ s}$ 时, 质点 Q 沿 y 轴正方向振动, 由同侧法结合题图甲可知, 该列波沿 x 轴负方向传播, 选项 A 错误。由题图甲、乙可知, 该列波的波长 $\lambda = 36 \text{ cm}$, 周期 $T = 2 \text{ s}$, 则该列波的波速 $v = \frac{\lambda}{T} = 0.18 \text{ m/s}$, 选项 B 正确。质点 Q 从平衡位置开始振动, 振动方程 $y = A\sin\frac{2\pi}{T}t$, 当 $t = \frac{1}{3} \text{ s}$ 时, 质点 Q 的位移 $y = A\sin\left(\frac{2\pi}{2} \times \frac{1}{3}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2}A$, 选项 C 错误。由题图甲可知, O、P 的相位差为 $\frac{\pi}{6}$, 故 O、P 间的距离 $d = \frac{\pi}{2\pi} \times \lambda =$

3 cm,即质点 P 的平衡位置的坐标 $x=3$ cm,选项 D 正确。

11. (2) 9.86 (3分) (3) 随着摆线长度 l 的增加, Δg 逐渐减小 随着摆线长度 l 的增加, $l + \frac{d}{2}$ 越接近于 l , 此时计算得到的 g 的差值越小 (每空 2分)

【提示】(2) 单摆的摆长 $L=990.1$ mm + 0.5×19.20 mm = 999.7 mm, 由 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 可得 $g=\frac{4\pi^2 L}{T^2}$, 代入数据解得 $g \approx 9.86$ m/s²。

(3) 由题图乙可知, 随着摆线长度 l 的增加, Δg 逐渐减小, 原因是随着摆线长度 l 的增加, $l + \frac{d}{2}$ 越接近于 l , 此时计算得到的 g 的差值越小。

12. (1) 1.07 (1分) (2) 2.02 (2分) 9.67 (2分) (3) ③ (1分) $\frac{4\pi^2}{k}$ (2分) 没有 (1分)

【提示】(1) 小球直径 $d=1$ cm + 0.1×7 mm = 1.07 cm。

(2) 该单摆的周期 $T=\frac{50.50}{25}$ s = 2.02 s, 摆长 $l=L+\frac{d}{2}=1.00045$ m, 则重力加速度 $g=\frac{4\pi^2 l}{T^2} \approx 9.67$ m/s²。

(3) 根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 、 $l=L+\frac{d}{2}$ 可得 $T^2=\frac{4\pi^2}{g}L+\frac{2\pi^2 d}{g}$, 则以摆线的长度作为摆长, 得到的图像是图丙中的图线③; 由题意可

知 $\frac{4\pi^2}{g}=k$, 解得 $g=\frac{4\pi^2}{k}$, 若测摆长未考虑小球的半径, 对实验测量的结果没有影响。

13. 解 (1) 剪断小球 A 、 B 间的细绳前, 系统静止时, 对小球 A 、 B 整体有:

$$kx=(m_A+m_B)g \quad (1分)$$

$$\text{解得: } k=40 \text{ N/m}$$

剪断小球 A 、 B 间的细绳后, 当小球 A 球的加速度为零时, 有:

$$kx_A=m_A g \quad (1分)$$

$$\text{解得: } x_A=2.5 \text{ cm} \quad (1分)$$

则小球 A 的振幅为:

$$A=x-x_A=12.5 \text{ cm}。 \quad (2分)$$

(2) 剪断小球 A 、 B 间细绳瞬间, 小球 A 的加速度最大, 则有:

$$a_m=\frac{kx-m_A g}{m_A} \quad (2分)$$

根据对称性可知, 当小球 A 运动到最高点时, 小球 A 的加速度大小为 a_m , 方向竖直向下, 此时弹簧的压缩量最大, 由牛顿第二定律有:

$$kx_m+m_A g=m_A a_m \quad (2分)$$

$$\text{解得: } x_m=10 \text{ cm}。 \quad (1分)$$

14. 解 (1) $t_1=6$ s 时, Q 质点第一次运动到波谷, 说明波向右传播了 $\Delta x=3$ m, 则波在该介质中的传播速度为: $v=\frac{\Delta x}{t_1}$ (1分)

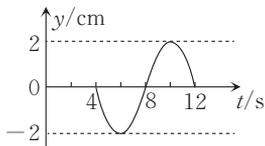
$$\text{解得: } v=0.5 \text{ m/s}。 \quad (1分)$$

(2) 波传播到 $x_Q=6$ m 的时间为:

$$t_2=\frac{6-4}{0.5} \text{ s}=4 \text{ s} \quad (1分)$$

$$\text{波的周期为: } T=\frac{\lambda}{v}=8 \text{ s} \quad (1分)$$

根据“同侧法”可知,波的起振方向沿 y 轴负方向,故 Q 质点的振动图像如图所示。
(3分)



(3) Q 质点经历路程 $s=40$ cm 所需的时间为: $t_3 = \frac{s}{4A} \times T = 40$ s (1分)

从 $t=0$ 时刻开始到 Q 质点经历的路程 $s=40$ cm 的过程, P 质点振动的时间为:

$$\Delta t = t_2 + t_3 = 44 \text{ s} = \left(5 + \frac{1}{2}\right) T \quad (1 \text{分})$$

$t=0$ 时, P 质点的位移为:

$$y_1 = 2 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_P\right) = -\sqrt{2} \text{ cm} \quad (1 \text{分})$$

根据简谐运动的周期性可知,在 $t = \Delta t = \left(5 + \frac{1}{2}\right) T$ 时刻 P 质点的位移与 $t=0$ 时的位移大小相等、方向相反,则此时刻 P 质点的位移大小为: $y_2 = \sqrt{2}$ cm。 (2分)

15. 解 (1) 滑块 1 从 A 点由静止开始第一次运动到 B 点的过程中,由动能定理有:

$$mgR - \frac{1}{2}mv_B^2 - 0 \quad (1 \text{分})$$

在 B 点时,由牛顿第二定律有:

$$F_N - mg = m \frac{v_B^2}{R} \quad (2 \text{分})$$

解得: $F_N = 3mg$ 。 (1分)

(2) 设滑块 1 与滑块 2 碰撞前瞬间速度大小为 v_0 , 滑块 1 从 A 点由静止开始运动到与滑块 2 碰撞前瞬间的过程中,由动能定理有:

$$mgR - \mu mgL = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0 \quad (1 \text{分})$$

设碰撞后滑块 1 与滑块 2 的速度分别为 v_1 和 v_2 , 由动量守恒定律有:

$$mv_0 = mv_1 + 4mv_2 \quad (1 \text{分})$$

由机械能守恒定律有:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \times 4mv_2^2 \quad (1 \text{分})$$

解得: $v_1 = -0.6v_0$ (1分)

碰撞后滑块 1 恰好能静止在 B 点, 则滑块 1 从 C 点向左做匀减速直线运动至 B 点过程中,由动能定理有:

$$-\mu mgL = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (1 \text{分})$$

解得: $\mu = \frac{9R}{34L}$ 。 (2分)

(3) 根据题意可知, 质量为 $6m$ 的弹簧振子振动周期为: $T = 2\pi\sqrt{\frac{6m}{k}}$ (1分)

要使滑块 2 与运动中的滑块 3 在平衡位置相碰后竖直向上运动至与 C 点等高的 D 点, 滑块 2 只能与滑块 3 朝平衡位置向左运动时相碰, 则碰前运动时间 t 满足:

$$t = nT + \frac{T}{2} \quad (n=0, 1, 2, 3, \dots) \quad (2 \text{分})$$

$$\text{又: } h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1 \text{分})$$

解得: $h = \frac{3\pi^2 mg (2n+1)^2}{k}$ ($n=0, 1, 2, 3, \dots$)。 (1分)

核心突破(九)

1. C

【提示】PVC管带电方式属于摩擦起电,选项A错误。塑料扁带丝由于带上同种电荷而排斥,向四周散开,选项B错误。用毛巾摩擦后,“章鱼”与PVC管带同种电荷,选项C正确。PVC管与“章鱼”相互靠近过程中,两者相互排斥,从而“章鱼”处于悬停状态,选项D错误。

2. B

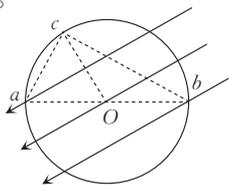
【提示】沿电场线方向电势逐渐降低,由题图可知,放电极带负电,A点电势低于B点电势,选项A错误,B正确。电场线的疏密程度表示电场强度的大小,由题图可知,A点的电场强度大小大于B点的电场强度大小,选项C错误。由电场线的分布可知,集尘板间的电场为非匀强电场,则煤尘仅在静电力的作用下做变加速运动,选项D错误。

3. A

【提示】对小球由平衡条件有 $qE = mg \tan \theta$,解得 $E = 1.5 \times 10^7 \text{ N/C}$,选项A正确。

4. D

【提示】O点的电势 $\varphi_O = \frac{\varphi_a + \varphi_b}{2} = 6 \text{ V}$,则有 $\varphi_O = \varphi_c$,故电场强度方向与OC垂直,如图所示,根据几何关系可知,电场强度方向与水平方向间的夹角 $\theta = 30^\circ$,则该匀强电场的电场强度大小 $E = \frac{U}{d} = \frac{U_\alpha}{R \cos \theta} = 4\sqrt{3} \text{ V/m}$,选项D正确。



5. D

【提示】在向下按键过程中,平行板电容器两极板间的距离 d 减小,根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知,电容器的电容增大,选项A错误。在按键的过程中,电压 U 不变, d 减小,根据 $E = \frac{U}{d}$ 可知,电容器间的电场强度 E 增大,选项B错误。根据 $C = \frac{Q}{U}$ 可知,极板所带的电荷量 Q 增大,则电容器储存的电能增多,选项C错误。按键的过程中,由于电容器所带的电荷量 Q 增大,电容器充电,电流方向从 b 经电流计流向 a ,选项D正确。

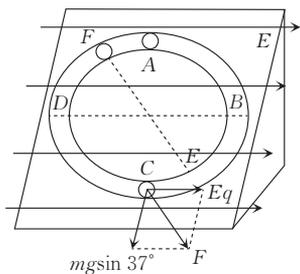
6. B

【提示】带电粒子仅在静电力作用下,在 a 、 b 两点时的速度大小相等,即动能相等,由动能定理可知,带电粒子从 a 点运动到 b 点的过程中,静电力对带电粒子做的功为零,则电场强度方向垂直于 ab 连线,选项A错误。带电粒子在 ab 连线上做匀速直线运动,则从 a 点运动到 b 点的时间 $t = \frac{d}{v \cos \alpha} = \frac{\sqrt{2}d}{v}$,选项B正确。在垂直 ab 连线的方向上,带电粒子先做匀减速直线运动,后做匀加速直线运动,当垂直 ab 方向上的速度减为零时,此时带电粒子的速度最小, $v_{\min} = v \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}v}{2}$,在垂直 ab 方向上,带电粒子的加速度大小 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v \sin \alpha + v \sin \beta}{t} = \frac{v^2}{d}$,由牛顿第二定律有 $qE = ma$,则电场强度大小 $E = \frac{mv^2}{qd}$,选项C、D均错误。

7. C

【提示】小球恰好能运动到管道的最高点

A, 则小球在 A 点时的速度为 0, 小球对管道的压力大小 $F_N = mg$, 选项 A 错误。小球在 C 点的受力分析如图所示, 其中直径 EF 与合力方向平行, 则 E 点为等效重力场的最低点, F 点为等效重力场的最高点, 则从 C 点到 E 点过程合力对小球做正功, 从 E 点到 F 点过程合力对小球做负功, 小球在 E 点动能最大且大于 $\frac{1}{2}mv_0^2$, 选项 B 错误。从 E 点到 F 点合力对小球做负功, 小球在 A 点时的速度为 0, 则小球不能运动到 D 点, 选项 C 正确。从 C 点到 B 点过程, 静电力对小球做正功, 小球机械能逐渐增加, 则小球到达 B 点时的机械能不是最小的, 选项 D 错误。



8. AC

【提示】将四个点电荷产生的电场看成两对等量异种电荷产生的电场, 则在中垂线 GH 上各点的电势均为零, 故 O 点的电势为零, 将电子从 G 点沿直线移动到 H 点, 静电力不做功, 选项 A 正确, D 错误。由等量异种电荷产生电场的特点可知, O 点的电场强度不为零, 过 O 点的电场强度方向由 E 指向 F, 则 E 点电势高于 F 点电势, 故电子在 E 点的电势能小于在 F 点的电势能, 选项 B 错误, C 正确。

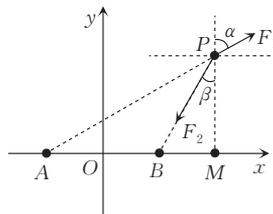
9. AD

【提示】由题图可知, 粒子的电势能先增大后减小, 则静电力先做负功后做正功, 选项

A 正确。在 $E_p - x$ 图像中, 图线的切线斜率绝对值表示静电力大小, 结合对称性可知, 粒子在 x_1, x_3 处受到的静电力大小相等, 方向相反, 则 x_1, x_3 处的电场强度大小相等, 方向相反, 选项 B 错误。同理可知, 粒子在 x_1 处受到的静电力大小大于在 x_2 处受到的静电力大小, 由 $a = \frac{F}{m}$ 可知, 粒子在 x_1 处的加速度大小大于在 x_2 处的加速度大小, 选项 C 错误。由题图可知, 粒子在 x_2 处的电势能大于在 x_3 处的电势能, 粒子带负电, 根据 $E_p = q\varphi$ 可知, x_2 处的电势比 x_3 处的电势低, 选项 D 正确。

10. BD

【提示】根据库仑定律, A、B 两电荷对带电粒子的静电力大小分别为 $F_1 = k \frac{Q_1 q}{(3a)^2 + (\sqrt{3}a)^2}$, $F_2 = k \frac{Q_2 q}{a^2 + (\sqrt{3}a)^2}$, 带电粒子以 M 为圆心做匀速圆周运动所需的向心力由 A、B 两电荷对带电粒子的合力提供, 如图所示, 对圆周上的一点 P, 则有 $F_1 \sin \alpha = F_2 \sin \beta$, $F_2 \cos \beta - F_1 \cos \alpha = m \frac{v^2}{\sqrt{3}a}$, 由几何关系有 $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 30^\circ$, 联立解得 $Q_1 : Q_2 = \sqrt{3} : 1$, $v = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{kQ_2 q}{ma}}$, 选项 B、D 均正确。



11. (1) ①减小 (2分) ②增大 (2分) (2) C (1分) (3) 偏大 (2分)

【提示】(1)①设丝线与竖直方向间的夹角为 θ ,则由平衡条件有 $mg \tan \theta = F$,两小球所带电荷量不变时,距离增大,小球 B 平衡时丝线偏离竖直方向的夹角 θ 减小,则两小球间的静电力减小;②同理可得,两小球距离不变时,电荷量增大,小球 B 平衡时丝线偏离竖直方向的夹角 θ 增大,则两小球间的静电力增大。

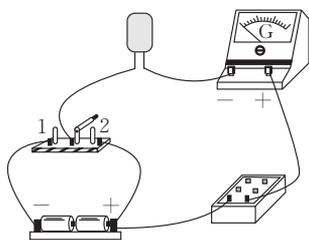
(2)实验采用的方法是控制变量法,选项C正确。

(3)同种电荷相互排斥,则实验中两个小球的正电荷分别集中在两球的外侧,实际上电荷间距 $r > 3R$,由 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 可知,两电荷的电荷量不变时, r 越大, F 越小,故该同学的计算结果偏大。

12. (1)见提示 (2分) (2)BC (2分)

(3)19.7 (3分) (4)③ (2分)

【提示】(1)根据电路图,实物连线如图所示。



(2)电容器两极板间的电压不变,要进一步增大电荷量,根据 $C = \frac{Q}{U}$ 可知,需要增大电容;根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知,减小平行板电容器两极板的间距和在两极板间插入玻璃板均可以使电容增大,选项B、C均正确。

(3)在 $I-t$ 图像中,图线与坐标轴围成图形的面积表示电荷量,图中图线与坐标轴

围成的部分共有154个小方格,则平行板电容器两极板所带的电荷量 $Q = 1.54 \times 10^{-4} \text{ C}$,故电容器的电容 $C = \frac{Q}{U} = \frac{1.54 \times 10^{-4}}{7.8} \text{ F} \approx 19.7 \mu\text{F}$ 。

(4)若保持电容器参数不变,稍微减小电阻箱的电阻,再次将电容器充满电,则开始放电时电流更大,放电的电荷量不变,即 $I-t$ 图像与坐标轴围成部分的面积保持不变,但是放电时间变短,所以应选曲线③。

13. 解 (1)由动能定理有:

$$qEy_0 = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (2 \text{分})$$

$$\text{解得: } E_k = 2mv_0^2. \quad (1 \text{分})$$

(2)根据 $E_k = 2mv_0^2$ 可得,到达坐标 $(0, y_0)$ 处电子的速度大小为: $v = 2v_0$ (2分)

电子沿 y 轴射出时在电场中运动时间最短 (2分)

$$\text{由动量定理有: } qEt = mv - mv_0. \quad (2 \text{分})$$

$$\text{解得: } t = \frac{mv_0}{qE}. \quad (1 \text{分})$$

14. 解 (1)由题意可知,小球受到重力和静电力的合力方向沿 AP 方向,则电场强度方向水平向右 (1分)

$$\text{则有: } \tan 60^\circ = \frac{qE}{mg} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得: } E = \frac{\sqrt{3}mg}{q}. \quad (1 \text{分})$$

(2)由几何关系可知, A 、 P 两点间的水平距离为: $d = r \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}r$ (1分)

$$\text{又: } U_{AP} = Ed \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得: } U_{AP} = \frac{3mgr}{2q}. \quad (1 \text{分})$$

(3)根据动能定理可知,重力和静电力的

合力对小球做功最多时,小球离开圆形区域时的动能最大,如图所示,过 O 作出的 AP 的平行线与圆的交点就是 Q 点 (1分)

A 、 Q 两点间沿合力方向的距离为:

$$L = r + r \cos 60^\circ \quad (1 \text{分})$$

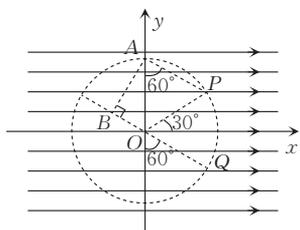
重力和静电力的合力大小为:

$$F = \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2} = 2mg \quad (1 \text{分})$$

小球从 A 点运动到 Q 点过程,由动能定理有:

$$FL = E_{kQ} - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (2 \text{分})$$

$$\text{解得: } E_{kQ} = 3mgr + \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1 \text{分})$$



15. 解 (1) 质量为 m 的粒子在 $x < 0$ 的空间做半径为 $2a$ 的匀速圆周运动, 则有:

$$k \frac{Qq}{r^2} = m \frac{v_0^2}{r}, \text{ 其中 } r = 2a \quad (2 \text{分})$$

$$\text{又: } E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{联立解得: } Q = \frac{4aE_{k0}}{kq} \quad (1 \text{分})$$

(2) 设粒子经过 y 轴时, 速度方向与 y 轴正方向间的夹角为 θ , 经过 y 轴的点的坐标为 y_1 , 则有:

$$\sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}, y_1 = r(1 - \cos \theta) \quad (2 \text{分})$$

$$\text{解得: } \theta = 60^\circ, y_1 = a \quad (1 \text{分})$$

经过 yOz 平面后, 粒子在 x 轴和 y 轴方向均做匀速直线运动, 在 z 轴正方向做初速度为零的匀加速直线运动 (1分)

设打到荧光屏上的位置坐标为 $(x, y,$

$z)$, 则沿 x 轴和 y 轴方向有:

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t, y - y_1 = v_0 \sin \theta \cdot t \quad (2 \text{分})$$

沿 z 轴方向有:

$$z = \frac{1}{2}at^2, Eq = ma \quad (2 \text{分})$$

$$\text{解得: } x = \frac{2\sqrt{3}a}{3}, y = 3a, z = \frac{4Eqa^2}{3E_{k0}} \quad (1 \text{分})$$

即打到荧光屏上的位置坐标为 $(\frac{2\sqrt{3}a}{3}, 3a, \frac{4Eqa^2}{3E_{k0}})$ 。

(3) 荧光屏上有一个亮点 (2分)

由 $k \frac{Qq}{r^2} = m \frac{v_0^2}{r}, E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2$ 可得

$k \frac{Qq}{r^2} = \frac{2E_{k0}}{r}$, 质量为 $0.5m$ 的粒子在 $x < 0$ 的

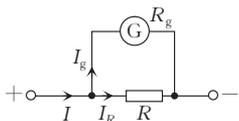
区域, 也做半径为 $2a$ 的匀速圆周运动, 从 y 轴上同一点进入 $x > 0$ 的区域, 根据第(2)问的计算可知, 粒子打到荧光屏上的位置坐标与粒子的质量无关, 则质量为 $0.5m$ 的粒子与质量为 m 的粒子打到同一个点, 即荧光屏上有一个亮点。 (2分)

核心突破(十)

1. A

【提示】把灵敏电流计改装成电流表的电路图如图所示,则有 $I = I_g + \frac{I_g R_g}{R}$, 解得 $R =$

$$\frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{0.1 \times 50}{0.6 - 0.1} \Omega = 10 \Omega, \text{选项 A 正确。}$$



2. D

【提示】根据 $\frac{R_V}{R_x} > \frac{R_A}{R_x}$ 可知,电压表内阻远大于待测电阻,应采用电流表外接法,由于电压表的分流而使电流测量值偏大,所以电阻测量值小于真实值,选项 D 正确。

3. B

【提示】每盏高压钠灯换成 LED 灯,节约的功率 $\Delta P = 400 \text{ W} - 100 \text{ W} = 300 \text{ W} = 0.3 \text{ kW}$,故一个月节约的电能 $W = \Delta P t = 1 \times 10^4 \times 0.3 \times 30 \times 10 \text{ kW} \cdot \text{h} = 9 \times 10^5 \text{ kW} \cdot \text{h}$,选项 B 正确。

4. C

【提示】由欧姆定律 $U = IR$ 可得 $\Delta U = I \cdot \Delta R$,由电阻定律有 $R = \rho \frac{L}{S}$,整理得 $\rho =$

$$\frac{S}{I} \cdot \frac{\Delta U}{L}, \text{结合题图乙可知,左、右两段导体的}$$

$$\text{电阻率之比 } \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\frac{0.4}{0.6-0.4}}{\frac{0.2}{0.6-0.2}} = 4, \text{选项 C 正确,}$$

D 错误。由题图乙可知,左、右两段导体的长度之比为 $1:2$,由 $R = \rho \frac{L}{S}$ 可得,左、右两段

导体的电阻之比 $\frac{R_1}{R_2} = 2$,选项 A、B 均错误。

5. C

【提示】由闭合电路欧姆定律有 $E = U + I(R_2 + r)$,由题图乙可知,当 $I_1 = 0.1 \text{ A}$ 时 $U_1 = 2 \text{ V}$,当 $I_2 = 0.3 \text{ A}$ 时 $U_2 = 1 \text{ V}$,将数据代入 $E = U + I(R_2 + r)$ 可得 $E = 2 + 0.1(R_2 + r)$, $E = 1 + 0.3(R_2 + r)$,解得 $E = 2.5 \text{ V}$, $R_2 + r = 5 \Omega$,选项 A、B 均错误。由题图乙可知,当 $I_2 = 0.3 \text{ A}$ 时,滑动变阻器 R_1

接入实验电路的阻值最小,则有 $R_{1\min} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{10}{3} \Omega$,选项 C 正确。当 $I_1 = 0.1 \text{ A}$ 时,滑动变阻器 R_1 接入实验电路的阻值最大,则有

$$R_{1\max} = \frac{U_1}{I_1} = 20 \Omega, \text{选项 D 错误。}$$

6. B

【提示】在滑片 P 向左移动过程中,滑动变阻器接入电路中的有效电阻增大,即 R 增大,电路中的总电阻增大,干路中的电流 I 减小,电源的内电压减小,路端电压增大,即 U_1 增大,则 R_2 两端的电压减小, U_2 增大,选项 A 错误。由闭合电路的欧姆定律有 $E = U_1 + Ir$,可得 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = r$,电源内阻 r 不变,即 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$ 不变,选项 B 正确。 U_1 、 U_2 的差值等于 R_2 两端的电压,则 U_1 、 U_2 的差值减小,选项 C 错误。由于外电路总电阻与电源内阻的大小关系未知,所以无法判断电源的输出功率的变化情况,选项 D 错误。

7. D

【提示】设 Δt 时间内有 n 个质量为 m 、电荷量为 q 的氦离子被喷出,对每个氦离子由

动能定理有 $qU = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 氦离子形成的等

效电流 $I = \frac{nq}{\Delta t}$, 由动量定理有 $F\Delta t = nmv -$

0 , 又 $k = \frac{q}{m}$, 解得 $I = F\sqrt{\frac{k}{2U}}$, 选项 D 正确。

8. AC

【提示】闭合开关 S 时, 汽车电机开始工作, 车灯突然变暗, 则流过大灯的电流 $I_{\text{灯}}$ 减小, 路端电压 $U_{\text{路}} = U_{\text{灯}} = I_{\text{灯}} R_{\text{灯}}$, $I_{\text{灯}}$ 减小, 路端电压减小, 选项 A 正确。干路上电流 $I_{\text{干}} = \frac{U_{\text{内}}}{r} = \frac{E - U_{\text{路}}}{r}$, $U_{\text{路}}$ 减小, $I_{\text{干}}$ 增大, 选项 B 错误。电源的总功率 $P_{\text{总}} = EI_{\text{干}}$, $I_{\text{干}}$ 增大, 总功率增大, 选项 C 正确。 $I_{\text{干}}$ 增大, 则电池内阻产生的热功率 $P_{\text{热}} = I_{\text{干}}^2 r$ 增大, 电池效率 $\eta = 1 - \frac{P_{\text{热}}}{P_{\text{总}}} = 1 - \frac{I_{\text{干}} r}{E}$, $I_{\text{干}}$ 增大, η 减小, 选项 D 错误。

9. BC

【提示】接“A、B”时, R_1 为分流电阻, 接“A、C”时, R_1 与 R_2 串联的总电阻为分流电阻, 故此为电流表; 根据串、并联电路规律可知, 接“A、B”时, 电流表的量程 $I_1 = I_g + \frac{I_g(R_g + R_2)}{R_1} = I_g \left(1 + \frac{R_g + R_2}{R_1}\right)$, 接“A、C”时, 电流表的量程 $I_2 = I_g + \frac{I_g R_g}{R_1 + R_2} = I_g \left(1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2}\right)$, 显然 $I_1 > I_2$, 即接“A、B”时量程更大, 选项 A 错误, B 正确。若 R_2 被短路, 接“A、B”时, 由 $I_1 = I_g \left(1 + \frac{R_g + R_2}{R_1}\right)$ 可知, 电流表量程变小, 测量值偏大; 若 R_1 被短

路, 接“A、C”时, 由 $I_2 = I_g \left(1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2}\right)$ 可知, 电流表量程变大, 测量值偏小, 选项 C 正确, D 错误。

10. BD

【提示】由题图乙可知, 当外电路总电阻等于电源内阻时, 电源的输出功率最大, 所以电源内阻 $r = 3 \Omega$, 当 $R_1 = 9 \Omega$ 时, 灯泡正常发光, 则有 $E = U + I(r + R_1)$, $I = \frac{P}{U} = 0.5 \text{ A}$, 解得 $E = 12 \text{ V}$, 选项 A 错误, B 正确。由题图乙可知, 电源输出功率没有达到最大值时, 有 $P = I_1^2 R_2' = I_2^2 R_2$, 其中 $I_1 = \frac{E}{R_2' + r}$, $I_2 = \frac{E}{R_2 + r}$, $R_2' = 1 \Omega$, 解得 $R_2 = 9 \Omega$, 选项 C 错误, D 正确。

11. (1) 乙 (1分) a (1分) (2) 不适用 (1分) 适用 (1分) 1.5 (2分)

【提示】(1) 为了让电压、电流从 0 开始连续变化, 本实验应选题图乙所示电路图来连接实物图; 为了保证电路的安全, 闭合开关前, 滑动变阻器的滑片应置于 a 端。

(2) 半导体二极管的 $I-U$ 图线不是直线, 这些电学元件称为非线性元件, 欧姆定律不适用于非线性元件, 但计算电阻的公式 $R = \frac{U}{I}$ 适用于非线性元件。从 $I-U$ 图线是一条曲线可以看出半导体二极管的电阻不是一个常数, 当半导体二极管中的电流为 0.5 A 时, 电压为 3 V, 则功率 $P = UI = 1.5 \text{ W}$ 。

12. (1) $\frac{R_1}{k} - R_1$ (3分) (2) 30 (2分) 0.85 (3分)

【提示】(1) 根据欧姆定律可得 $R_1 = \frac{I_1 R_g}{I_2 - I_1}$, 整理得 $I_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_g} I_2$, 可知 $I_1 - I_2$ 图线的斜率 $k = \frac{R_1}{R_1 + R_g}$, 解得微安表 G_1 的内阻 $R_g = \frac{R_1}{k} - R_1$ 。

(2) 根据题图乙可知, 微安表 G_1 的示数为 $30 \mu\text{A}$; 设改装后的电流表实际量程为 I_m , 有 $\frac{0.51 \text{ mA}}{I_m} = \frac{30 \mu\text{A}}{50 \mu\text{A}}$, 解得 $I_m = 0.85 \text{ mA}$ 。

13. (1) 黑 (2分) (2) 15 (2分)
 (3) 140 (1分) $\times 1$ (1分) (4) 1.01 (2分) (5) 偏大 (2分)

【提示】(1) 流过电流计 G 的电流方向从右向左, A 端应接黑表笔。

(2) 将旋钮旋到 $\times 1\text{k}$ 位置时, 欧姆表的内阻 $R_{\text{内}} = R_{\text{中}} = 15 \times 1 \text{ k}\Omega = 15 \text{ k}\Omega$ 。

(3) 旋钮旋到 $\times 10$ 位置时, 示数为 $14.0 \times 10 \Omega = 140 \Omega$, 若继续接入另一电阻测量时发现指针偏角过大, 则应换用更小的倍率, 即更换为 $\times 1$ 挡。

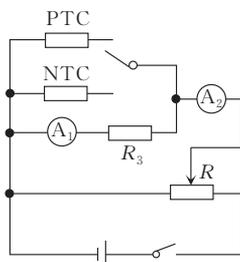
(4) 旋钮旋到 $\times 10$ 位置时, 欧姆表的内阻 $R_{\text{内}} = R_{\text{中}} = 15 \times 10 \Omega = 150 \Omega$, 则流过欧姆表电源的电流 $I = \frac{E}{R_{\text{内}}}$, 流过 R_2 中的电流 $I_2 = I - I_g$, 由欧姆定律有 $R_2 = \frac{I_g R_g}{I_2} = 1.01 \Omega$ 。

(5) 由欧姆定律有 $I_g = \frac{E}{R_{\text{内}}}$, 若该欧姆表使用一段时间后, 电池的电动势 E 变小, 内阻变大, 用欧姆表测电阻时, 电流 $I = \frac{E}{R_{\text{内}} + R_x} = \frac{E}{\frac{E}{I_g} + R_x} = \frac{1}{\frac{1}{I_g} + \frac{R_x}{E}}$, 电动势 E 变小

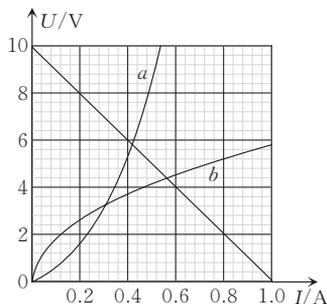
导致电流 I 偏小, 即指针偏左, 测量结果偏大。

14. (1) R_1 (2分) 见提示 (2分)
 (2) 2.5 (2.4~2.6) (2分) (3) PTC (2分) 在汽车电路中, 当温度升高, PTC 热敏电阻阻值增大, 由串联电路分压规律可知, 可以防止其他元件两端的电压过大, 从而保护电路和设备 (2分)

【提示】(1) 实验要求热敏电阻两端的电压从零开始逐渐增大, 则滑动变阻器采用分压式接法, 为了便于调节, 应选用滑动变阻器 R_1 , 电路图如图所示。



(2) 由电路图可知, 热敏电阻电压 $U = I_1(R_3 + r_1) = 1000I_1$, 热敏电阻的电流 $I = I_2 - I_1 \approx I_2$, 把 $I_1 - I_2$ 图像转换为 $U - I$ 图像, 并作出电动势 $E = 10 \text{ V}$, 内阻 $r = 10 \Omega$ 的电源的 $U - I$ 图线, 如图所示, 图像中电源的 $U - I$ 图线与图线 b 的交点坐标的乘积为该元件的实际功率, 则该元件的实际功率 $P = UI = 4.4 \times 0.56 \text{ W} \approx 2.5 \text{ W}$ 。



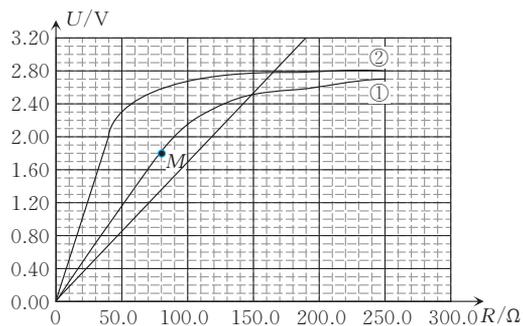
- (3) 在汽车电路中, 当温度升高, PTC 热

敏电阻阻值增大,由串联电路分压规律可知,可以防止其他元件两端的电压过大,从而保护电路和设备,所以应该选用 PTC 热敏电阻。

15. (1) 2.25×10^{-2} (2分) 44.4 (2分)
 (2) 4.17×10^{-2} (2分) 15.0(14.0~18.0 均可) (4分)

【提示】(1)由题意可知, M 点对应的电阻箱两端的电压为 1.8 V, 电阻箱的电阻为 80Ω , 则流过太阳能电池的电流 $I = \frac{1.8}{80} \text{ A} = 2.25 \times 10^{-2} \text{ A}$, 太阳能电池的电动势 $E_1 = 2.8 \text{ V}$, 则内阻 $r = \frac{2.8}{2.25 \times 10^{-2}} \Omega - 80 \Omega = 44.4 \Omega$ 。

(2)用一个阻值恒为 150Ω 的负载代替电阻箱,由题图乙可知,在曲线①对应的光照情况下,负载两端的电压为 2.50 V,则太阳能电池的输出功率 $P = \left(\frac{2.5}{150}\right)^2 \times 150 \text{ W} = 4.17 \times 10^{-2} \text{ W}$;保持负载两端电压不变,即保持流过负载的电流不变,则图示直线与曲线①、②的交点对应的电阻差即为所求值,根据作出的图像可知阻值为 15.0Ω 。



16. (1)BD (2分) (2)1 9 2 991

(每空 1分) (3)②见提示 (1分) ③1.4 (1.3~1.5 均可) 23(22~24 均可) (每空

2分)

【提示】(1)多用电表使用时电流从红表笔流进电表,从黑表笔流出电表,故黑表笔应接插孔 A,红表笔应接插孔 B,选项 A 错误。两手同时分别接触两表笔的金属杆,相当于将人体与待测电阻并联,则测量值偏小,选项 B 正确。测量某二极管的反向电阻时,应使插孔 A 接二极管的负极,选项 C 错误。指针偏转角度很小,说明被测电阻的阻值很大,需换更大倍率进行测量,选项 D 正确。

(2)依题意,选择开关接 b 时对应 $0 \sim 1 \text{ mA}$ 量程电流表,有 $I_g R_g = (1 \text{ mA} - I_g)(R_1 + R_2)$,接 a 时对应 $0 \sim 10 \text{ mA}$ 量程电流表,有 $I_g(R_g + R_2) = (10 \text{ mA} - I_g)R_1$,解得 $R_1 = 1 \Omega, R_2 = 9 \Omega$;选择开关接 d 时对应 $0 \sim 3 \text{ V}$ 量程电压表,则有 $3 \text{ V} = I_g R_g + 1 \text{ mA} \times R_3$,解得 $R_3 = 2 991 \Omega$ 。

(3)作出 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图线如图所示。由闭合电路欧姆定律及欧姆定律分别有 $I = \frac{E}{R+r}$, $I = \frac{U}{R}$,解得 $\frac{1}{U} = \frac{r}{E} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{E}$,则 $\frac{1}{E} = 0.70 \text{ V}^{-1}$, $\frac{r}{E} = \frac{2.50 - 0.70}{0.11} \text{ A}^{-1}$,解得 $E = 1.4 \text{ V}, r = 23 \Omega$ 。

