

第六单元 功和能



考点基础巩固卷 I

1. C 必刷知识 ▶ 功和功率

【深度解析】人对车厢的推力向右,与车厢的运动方向相同,所以推力对车厢做正功,**A 错误**;因为人对车厢的摩擦力向左,所以车厢对人的摩擦力向右,与人的运动方向相同,所以摩擦力对人做正功,**B 错误**;因为车厢对人的推力和摩擦力平衡,所以人对车厢的推力和摩擦力大小相等,推车的力逐渐增大,由 $P=Fv$ 可知推力和摩擦力的功率逐渐增大,**C 正确**,**D 错误**。

2. B 必刷模型 ▶ 机车启动模型

【深度解析】动车速度最大时,所受牵引力与阻力平衡,则行

驶过程中动车受到的阻力大小 $f = \frac{P}{v_m}$, **A 错误**;当动车的速度

为 $\frac{v_m}{4}$ 时,动车所受牵引力 $F = \frac{P}{\frac{v_m}{4}} = \frac{4P}{v_m}$,根据牛顿第二定律有

$F - f = ma$,解得 $a = \frac{3P}{mv_m}$, **B 正确**;从启动到速度为 v_m 的过程

中,动车所受牵引力做的功等于动车动能增加量和克服阻力

做功之和,故动车牵引力所做的功大于 $\frac{1}{2}mv_m^2$, **C 错误**;只知

道最高的瞬时速率,无法估算平均速率,无法得出大致路程,

D 错误。

3. C 必刷模型 ▶ 机车启动模型+相关图像

【深度解析】汽车速度达到最大时做匀速运动,牵引力等于阻

力,则有 $f = \frac{P_m}{v_m}$, **A 错误**;汽车做匀加速运动时牵引力最大且

保持不变,但功率达到最大功率时有 $F - \frac{P_m}{v_m} = ma$,由题图甲可

知,汽车做匀加速运动时的加速度为 $a = \frac{v_1}{t_1}$,解得 $F = \frac{mv_1}{t_1} +$

$\frac{P_m}{v_m}$, **B 错误**;汽车车速为 v_2 时,由牛顿第二定律得 $\frac{P_m}{v_2} -$

$\frac{P_m}{v_m} = ma_1$,解得 $a_1 = \frac{P_m}{mv_2} - \frac{P_m}{mv_m}$, **C 正确**;汽车车速从 v_1 增大到

v_m 的过程中,由动能定理得 $W_F - W_f = \frac{mv_m^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$,可知汽车车速

从 v_1 增大到 v_m 的过程中,牵引力对汽车做的功大于

$\frac{mv_m^2 - mv_1^2}{2}$, **D 错误**。

技巧必背

机车启动的两种典型方式

	恒定功率启动	恒定加速度启动
图像		
OA 过程 分析	P 不变: $v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P}{v} \downarrow \Rightarrow$ $a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \downarrow \Rightarrow$ 做加速度 减小的加速直线运动	a 不变: $a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \Rightarrow F$ 不 变 $\Rightarrow P = Fv \uparrow \Rightarrow P_{\text{额}} = Fv_1$ 之前做匀加速直线运动, 维持时间 $t_0 = \frac{v_1}{a}$
AB 过程 分析	$F = F_{\text{阻}} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v_m = \frac{P}{F_{\text{阻}}}$ \Rightarrow 做速度为 v_m 的匀速直 线运动	$v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P_{\text{额}}}{v} \downarrow \Rightarrow a =$ $\frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \downarrow \Rightarrow$ 做加速度减 小的加速直线运动, 在 B 点达到最大速度, $v_m = \frac{P_{\text{额}}}{F_{\text{阻}}}$

4. D 必刷知识 ▶ 功率的计算

【深度解析】物体运动过程中, 摩擦力大小 $f = \mu mg = 2 \text{ N}$, 根据

$W = Fs$, 由题图可知, 在 $0 \sim 3 \text{ m}$ 位移内, 拉力大小 $F_1 = \frac{W_1}{s_1} =$

$5 \text{ N} > f$, 物体做加速运动; 在 $3 \sim 9 \text{ m}$ 内, 拉力大小 $F_2 = \frac{W_2}{s_2} =$

$\frac{27-15}{9-3} \text{ N} = 2 \text{ N} = f$, 物体做匀速运动, **A 正确**。在 $0 \sim 3 \text{ m}$ 位移

内, 根据牛顿第二定律可得 $F_1 - f = ma$, 又根据匀变速直线运
动位移与时间关系可得 $s_1 = \frac{1}{2}at_1^2$, 得 $t_1 = 2 \text{ s}$, 此时物体的速

度 $v = at_1 = 3 \text{ m/s}$, 在 $3 \sim 9 \text{ m}$ 位移内, 物体做匀速运动, 所用时

间 $t_2 = \frac{s_2}{v} = 2 \text{ s}$, 拉力 F 的平均功率 $\bar{P} = \frac{W}{t_1+t_2} = \frac{27}{2+2} \text{ W} =$

6.75 W , **B 正确**。摩擦力做功 $W_f = -fs = -2 \times 9 \text{ J} = -18 \text{ J}$, **C 正
确**。在位移为 3 m 时, 物体的速度最大, 拉力 F 的瞬时功率
最大, $P = F_1 v = 5 \times 3 \text{ W} = 15 \text{ W}$, **D 错误**。

5. C 必刷模型 ▶ 机车启动模型+图像分析

【深度解析】根据 $v = \frac{P}{F}$, 可知额定功率等于 $v - \frac{1}{F}$ 图线 BC 段

的斜率, 则 $P = \frac{10}{\frac{1}{5} \times 10^{-3}} \text{ W} = 50 \text{ kW}$, **C 正确**; 根据 $P = Fv$ 可知,

汽车由 B 到 C 过程功率不变, 随着汽车速度的增大, 牵引力
减小, 根据牛顿第二定律得 $F - f = ma$, 汽车所受阻力不变, 随

着牵引力的减小,汽车的加速度减小,汽车由 B 到 C 过程做加速度减小的加速直线运动, **B 错误**; 汽车能够获得的最大速度为 $v_m = P \times \frac{1}{F} = 50 \times 10^3 \times \frac{1}{4} \times 10^{-3} \text{ m/s} = 12.5 \text{ m/s}$, **D 错误**; 汽车所受的阻力为 $f = \frac{P}{v_m} = \frac{50 \times 10^3}{12.5} \text{ N} = 4\,000 \text{ N}$, 汽车从 A 到 B 过程有 $\frac{1}{F} = \frac{1}{5} \times 10^{-3} \text{ N}^{-1}$, 解得汽车所受的牵引力 $F = 5\,000 \text{ N}$, 根据牛顿第二定律得 $F - f = ma$, 解得 $a = 0.5 \text{ m/s}^2$, 汽车从 A 到 B 持续的时间为 $t = \frac{v}{a} = \frac{10}{0.5} \text{ s} = 20 \text{ s}$, **A 错误**。

6. (1) $\frac{P}{(m+M)g}$ (2) $\frac{(2M+m)gd}{2}$

必刷知识 ▶ 功和功率

【深度解析】(1) 设水桶做匀速运动时受到细绳的拉力为 F , 当 $F = (m+M)g$ 时上升速度最大, 则有

$$P = Fv_m,$$

$$\text{解得 } v_m = \frac{P}{(m+M)g}.$$

(2) 设水桶在水中受到的浮力为 $F_{\text{浮}}$, 把水桶从题图所示位置缓慢拉出水面过程中由动能定理得

$$W - (m+M)gd + \frac{F_{\text{浮}}}{2}d = 0,$$

$$\text{又 } F_{\text{浮}} = G_{\text{排}} = mg,$$

$$\text{联立解得 } W = \frac{(2M+m)gd}{2}.$$

考点基础巩固卷 II

1. D 必刷模型 ▶ 传送带模型+功能关系

【深度解析】货物放在传送带上先做匀加速运动, 当速度达到传送带的速度时做匀速运动, 传送带对货物做的功等于货物动能的增加量与重力势能的增加量之和, **A 错误**; 货物放在传送带上先做匀加速运动, 当速度达到传送带的速度时做匀速运动, 而传送带一直做匀速运动, 所以货物位移的绝对值 x_1 小于传送带的位移 x_2 , 传送带对货物做功大小为 $W_1 = f \cdot x_1$, 货物对传送带做功大小为 $W_2 = f \cdot x_2$, 即 $W_2 > W_1$, **B 错误**; 在传送货物的过程中, 电动机多做的功转化为货物的动能和重力势能、系统产生的内能, 所以电动机需多做的功大于货物机械能的增加量, **C 错误**; 传送带上因摩擦产生的热量为 $Q = f \cdot \Delta x = \mu mg \cos \theta \cdot \frac{v^2}{2a}$, 当倾角 θ 和速度 v 一定, 货物做匀加速运动时, 根据牛顿第二定律可得 $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$, 解得货物的加速度大小为 $a = \mu g \cos \theta - g \sin \theta$, 加速度不变, 货物质量越大, 传送带上因摩擦产生的热量越多, **D 正确**。

2. D 必刷知识 ▶ 动能定理的应用

【深度解析】在 BC 段物体受到的摩擦力为 $f = \mu mg$, 位移为 R , 故在 BC 段摩擦力对物体做的功 $W = -fR = -\mu mgR$, 对全程由

动能定理可知 $mgR + W_1 + W = 0$, 解得在 AB 段摩擦力对物体做的功 $W_1 = \mu mgR - mgR$, 故在 AB 段物体克服摩擦力做的功为 $W_{\text{克}} = -W_1 = (1 - \mu)mgR$, **D 正确**。

3. C 必刷模型 ▶ 多过程运动模型 + 动能定理

【深度解析】物体上升过程由动能定理有 $-(F + mg)h = E_k - E_{k0}$, 得 $E_k = E_{k0} - (F + mg)h$, 即 $F + mg = 12 \text{ N}$; 同理可知下落过程有 $(mg - F)(3 \text{ m} - h) = E_k$, 得 $E_k = 3(mg - F) - (mg - F)h$, 即 $mg - F = 8 \text{ N}$, 联立解得 $m = 1 \text{ kg}$, **C 正确**。

一题多解

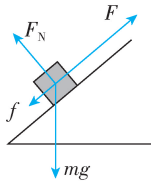
根据动能—位移图像的斜率大小表示合外力大小, 可知物体在上升过程的合外力大小为 12 N , 下落过程的合外力大小为 8 N 。

4. D 必刷模型 ▶ 能量守恒定律的应用 + 连接体模型

【深度解析】由几何关系可知, A 球向右缓慢移动 1 m 的过程中, B 球上移 1 m , 分析 A 、 B 两球组成的系统, A 球与杆的水平部分之间的压力为 $F_N = (m_A + m_B)g$, A 球与杆的水平部分之间的滑动摩擦力为 $f = \mu F_N = \mu(m_A + m_B)g = 4 \text{ N}$, A 球与杆因摩擦产生的热量为 $Q = fs = 4 \text{ J}$, B 球重力势能增加量为 $\Delta E_p = m_B gh = 10 \text{ J}$, 根据动能定理可知 $W - Q - \Delta E_p = 0$, 解得 $W = 14 \text{ J}$, **D 正确**。

5. C 必刷知识 ▶ 动能定理的应用

【深度解析】在木箱移动过程中, 受力分析如图所示, 其中拉力做正功, 重力做负功, 重力势能增加, 摩擦力做负功产生热量。因为木箱加速运动, 木箱动能增加, 由功能关系可知拉力做的功等于木箱增加的动能与重力势能以及木箱克服摩擦力做的功之和, **A、B、D 错误**; 根据重力做功与重力势能变化的关系可知, 木箱克服重力做的功等于木箱增加的重力势能, **C 正确**。



6. B 必刷模型 ▶ 弹簧模型 + 动能定理

【深度解析】若物块向右运动, 当弹簧的弹力与滑动摩擦力大小相等, 即 $F = \mu mg$ 时, 速度最大, 物块继续向右运动, 弹簧继续伸长直到自然状态, 所以弹簧的最大弹力大于 μmg , **A 错误**; 整个过程中, 物块所受的摩擦力大小恒定, 摩擦力一直做负功, 则物块克服摩擦力做的功为 $2\mu mgs$, **B 正确**; 物块向右运动过程中, 根据能量守恒定律得弹簧的最大弹性势能 $E_p = \mu mgs$, **C 错误**; 设物块在 A 点的初速度大小为 v_0 , 对整个过程, 利用动能定理得 $-2\mu mgs = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 可得 $v_0 = 2\sqrt{\mu gs}$, **D 错误**。

7. C 必刷知识 ▶ 动能定理的应用

【深度解析】由于滑块两次均从同一位置滑下, 所以到达两轨道连接处时, 滑块的动能相等, 设为 E_{k0} , 设右侧轨道与水平方向夹角为 θ , 滑块质量为 m , 滑块与右侧轨道间动摩擦因数为 μ , 则滑块从轨道连接处运动至右侧轨道最高点的过程中, 由动能定理可得 $E_{k0} = mgh + \mu mg \cos \theta \cdot \frac{h}{\sin \theta} = mgh \cdot$

$\left(1+\mu \frac{1}{\tan \theta}\right)$, 当轨道由 B 位置移至 C 位置时, θ 减小, 则 h 减小, 即有 $h < h_2$, 由于滑块从起始位置运动至右侧轨道最高点的过程中, 摩擦力做负功, 根据能量守恒定律可知, 无论右侧轨道如何放置, 滑块在右侧轨道到达的最大高度始终小于滑块的初始高度, 即 $h < h_2 < h_1$, **C 正确**。

8. D 必刷题型 ▶ 动能的计算+运动的合成与分解

【深度解析】水平方向上, 由牛顿第二定律有 $F = 3mg = 3m \cdot a_x$, 解得 $a_x = g$, 小环在水平方向上做初速度为零的匀加速直线运动, 根据运动学公式可知水平方向上有 $2L = \frac{1}{2}a_x t^2$, 解得运动时间为 $t = 2\sqrt{\frac{L}{g}}$, 在竖直方向上有 $L = \frac{1}{2}a_y t^2$, 解得 $a_y = \frac{g}{2}$, 即小环在竖直方向上做初速度为零、加速度为 $\frac{g}{2}$ 的匀加速直线运动, 根据牛顿第二定律有 $mg - f = ma_y$, 解得小环所受摩擦力大小为 $f = \frac{mg}{2}$, 故小环运动的加速度大小为 $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \frac{\sqrt{5}}{2}g$, 小环的合运动为匀加速直线运动, 其路程与位移大小相等, 即 $s = x = \sqrt{L^2 + (2L)^2} = \sqrt{5}L$, **A、B、C 错误**; 小环落到底端时的速度大小为 $v_{\text{环}} = at = \frac{\sqrt{5}}{2}g \times 2\sqrt{\frac{L}{g}} = \sqrt{5gL}$, 其动能为 $E_{k\text{环}} = \frac{1}{2}mv_{\text{环}}^2 = \frac{5}{2}mgL$, 此时物块及杆的速度大小为 $v = a_x t = g \times 2\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\sqrt{gL}$, 其动能为 $E_k = \frac{1}{2} \cdot 2mv^2 = 4mgL$, 故 $E_{k\text{环}} : E_k = 5 : 8$, **D 正确**。

9. C 必刷模型 ▶ 圆周运动模型+动能定理

【深度解析】小球运动过程中机械能守恒, 以过直线 BOD 的水平面为重力势能的参考平面, 小球在 A 点机械能为 mgR , 则小球在 C 点时的机械能为 mgR , **A 错误**; 小球在 P 点时恰对细管无作用力, 设 OP 与竖直方向夹角为 θ , 则 $mg \cos \theta = m \frac{v_P^2}{R}$, $mgR(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_P^2$, 解得 $v_P = \frac{\sqrt{6gR}}{3}$, **B 错误**; 小球从 A 点运动到 D 点, 由动能定理有 $mgR = \frac{1}{2}mv_D^2$, 小球到达 D 点时, 细管对小球的作用力大小 $F_D = m \frac{v_D^2}{R} = 2mg$, **C 正确**; 小球在 A 点时重力的瞬时功率为零, 在 C 点时重力方向与速度方向垂直, 重力的瞬时功率也为零, 则小球自 A 点下降到 C 点的过程中, 重力的瞬时功率应先增大后减小, **D 错误**。

10. B 必刷模型 ▶ 传送带模型+能量转化

【深度解析】规定沿传送带向上的方向为正方向, 煤块刚放到传送带上时, 对煤块应用牛顿第二定律可得 $F + \mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma_1$, 解得 $a_1 = 8 \text{ m/s}^2$, **A 错误**; 当煤块与传送带共

速时, $v = a_1 t_1$, 解得 $t_1 = 1 \text{ s}$, $0 \sim 1 \text{ s}$ 内煤块的位移 $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 4 \text{ m}$, 煤块相对于传送带向下滑动的位移 $\Delta x_1 = vt_1 - x_1 = 4 \text{ m}$; 煤块与传送带共速之后对煤块应用牛顿第二定律可得 $F - \mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma_2$, 解得 $a_2 = 4 \text{ m/s}^2$, 拉力的作用时间 $t_2 = 2 \text{ s} - t_1 = 1 \text{ s}$, $t = 2 \text{ s}$ 时煤块的速度 $v_2 = v + a_2 t_2 = 12 \text{ m/s}$, $1 \sim 2 \text{ s}$ 内煤块的位移 $x_2 = vt_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = 10 \text{ m}$, 煤块相对于传送带向上滑动的位移 $\Delta x_2 = x_2 - vt_2 = 2 \text{ m}$; 之后撤去拉力, 对煤块应用牛顿第二定律可得 $-\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma_3$, 解得 $a_3 = -8 \text{ m/s}^2$, 当煤块减速到又与传送带共速时有 $v = v_2 + a_3 t_3$, 解得 $t_3 = 0.5 \text{ s}$, $2 \sim 2.5 \text{ s}$ 内煤块运动的位移 $x_3 = \frac{v^2 - v_2^2}{2a_3} = 5 \text{ m}$, 煤块相对于传送带向上滑动的位移 $\Delta x_3 = x_3 - vt_3 = 1 \text{ m}$; 煤块运动的总位移 $x = x_1 + x_2 + x_3 = 19 \text{ m}$, 根据 $\frac{H}{\sin \theta} = 19 \text{ m}$, 可知此时煤块恰好运动到传送带顶端, 综上可得, 煤块与传送带共速的时刻为 $t = 1 \text{ s}$ 或 $t = 2.5 \text{ s}$, **B 正确**; 由 $\Delta x_1 > \Delta x_2 + \Delta x_3$ 得划痕的长度只有 4 m , **C 错误**; 煤块相对传送带滑动的总路程 $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 = 7 \text{ m}$, 因此煤块与传送带之间由于摩擦产生的热量 $Q = \mu mg \cos \theta \cdot \Delta x = 28 \text{ J}$, **D 错误**。

11. (1) 5 m/s (2) 3.3 J

必刷知识 ▶ **动能定理的应用**

【深度解析】(1) 对滑块从 B 到 A 过程由动能定理有

$$-2mgR = \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_B^2,$$

解得 $v_B = 5 \text{ m/s}$ 。

(2) 滑块从释放至运动到 B , 由动能定理有

$$E_p - \mu mgL = \frac{1}{2}mv_B^2,$$

解得 $E_p = 3.3 \text{ J}$ 。

12. (1) $1\,500 \text{ W}$ (2) $2\,400 \text{ J}$

必刷知识 ▶ **摩擦力做功+动能定理**

【深度解析】(1) 滑雪者运动过程中, 根据牛顿第二定律有 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$,

解得 $a = 2.5 \text{ m/s}^2$,

根据匀变速直线运动的速度—位移关系可知 $v^2 = 2aL$,

解得 $v = 5 \text{ m/s}$,

滑雪者运动到底端时重力的功率 $P = mgv \sin \theta = 1\,500 \text{ W}$ 。

(2) 电动机多消耗的电能等于克服摩擦力做的功, 滑雪者滑

行的时间 $t = \frac{v}{a} = 2 \text{ s}$,

则 $E = \mu mg \cos \theta \cdot v_0 t = 2\,400 \text{ J}$ 。

13. (1) a. 20 m/s b. $27\,200 \text{ J}$ (2) $20\,000 \text{ J}$

必刷题型 ▶ **动能定理+多过程运动问题**

【深度解析】(1) a. 设从 C 点到 D 点的时间为 t_1 , 则水平方

向有 $x = v_c t_1 \cos \alpha$,

竖直方向有 $v_c \sin \alpha = \frac{gt_1}{2}$,

解得 $t_1 = 2.4 \text{ s}$, $v_c = 20 \text{ m/s}$ 。

b. 运动员由 A 点到 C 点过程中, 根据动能定理有 $mgL \sin \alpha -$

$$W_{\text{克}} = \frac{1}{2}mv_c^2,$$

解得 $W_{\text{克}} = 27\,200 \text{ J}$ 。

(2) 设运动员到达 C 点的速度为 v_2 , 到达 E 点的速度为 v_3 , 水平方向速度相同, 则 $v_2 \cos 37^\circ = v_3 \cos 53^\circ$,

运动员由 C 到 E 过程由动能定理有 $mgh = \frac{1}{2}mv_3^2 - \frac{1}{2}mv_2^2$,

解得 $v_2 = 30 \text{ m/s}$ 。

运动员由 A 点到 C 点过程中, 根据动能定理有

$$W_{\text{人}} + mgL \sin \alpha - W_{\text{克}} = \frac{1}{2}mv_2^2,$$

解得 $W_{\text{人}} = 20\,000 \text{ J}$ 。

14. (1) 7 N (2) 2 (3) 8 次

必刷题型 ▶ 动能定理 + 多过程运动问题

【深度解析】(1) 物块从 A 点运动到圆轨道最高点, 由动能

定理有 $mg(L \sin \theta - 2r) - \mu mg \cos \theta \cdot L = \frac{1}{2}mv^2$,

物块运动到圆轨道最高点时, 有 $mg + F_N = m \frac{v^2}{r}$,

联立解得 $F_N = 7 \text{ N}$,

根据牛顿第三定律, 物块对轨道的压力大小为 7 N。

(2) 设物块第一次滑上右边轨道的最大高度为 h_1 , 则有

$$mgL \sin \theta - \mu mg \cos \theta \cdot L = mgh_1,$$

物块从右边轨道滑下, 设再滑上左边轨道最高点时在左边轨道经过的长度为 L_1 , 则

$$mgh_1 = mgL_1 \sin \theta + \mu mgL_1 \cos \theta,$$

$$\text{解得 } L_1 = \frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{\sin \theta + \mu \cos \theta} L,$$

设物块第二次滑上右边轨道的最大高度为 h_2 , 有

$$mgL_1 \sin \theta - \mu mg \cos \theta \cdot L_1 = mgh_2,$$

$$\text{则 } \frac{h_1}{h_2} = \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\sin \theta - \mu \cos \theta} = 2。$$

(3) 物块刚好通过圆轨道最高点, 有 $mg = m \frac{v^2}{r}$,

设物块从左边轨道滑下时距轨道最低点长度为 L_n , 有

$$mgL_n \sin \theta - \mu mgL_n \cos \theta = mg \cdot 2r + \frac{1}{2}mv^2,$$

解得 $L_n = 0.25 \text{ m}$,

$$\text{根据第(2)问得 } L_n = \left(\frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{\sin \theta + \mu \cos \theta} \right)^n L,$$

联立可知 $n = 3$,

即物块第 3 次回到左边轨道最高点后还能通过竖直圆轨道

最高点两次,则物块通过竖直圆轨道最高点的次数为 $3 \times 2 + 2 = 8$ 次。

考点基础巩固卷 III

1. D 必刷知识 ▶ 功能关系+弹性势能

【深度解析】物块静止在平板上时,根据共点力平衡条件得 $mg - kx_2 = 0$,解得弹簧的劲度系数 $k = 500 \text{ N/m}$, **A 错误**;物块从开始运动到第一次上升到最高点,由功能关系得 $mg(h_1 - h_2) = f(h_1 + h_2 + 2x_1)$,解得 $f \approx 0.5 \text{ N}$, **B 错误**;设物块在整个运动过程中通过的总路程为 s ,则 $mg(h_1 + x_2) = fs + E_p$,解得 $s \approx 11.05 \text{ m}$, **C 错误**;物块在第一次下落过程中,合力为零处速度最大,设速度最大时弹簧形变量为 x_3 ,则 $mg - f - kx_3 = 0$,解得 $x_3 \approx 0.009 \text{ m} = 9 \text{ mm}$,则物块速度最大的位置为 B 点下方大约 9 mm 处, **D 正确**。

2. D 必刷题型 ▶ 动能定理的应用

【深度解析】若所有小球运动到同一水平面上,设直轨道与水平方向的夹角为 θ ,该水平面距底部高度为 h ,则摩擦力做的功 $W_f = -\mu mg \cos \theta \cdot \frac{h}{\sin \theta} = -\mu mgh \cdot \frac{1}{\tan \theta}$,各轨道与水平方向夹角不同,所以摩擦力做的功不同,重力做功相同,根据动能定理有 $W_G + W_f = E'_k - E_{k0}$,小球动能不相等, **A 错误**;若所有小球运动到同一水平面上,克服重力做的功相同,重力势能的增加量相同,小球重力势能相等的位置在同一水平面上, **B 错误**;根据等时圆的结论,由于有摩擦力的作用,运动过程中同一时刻,小球不在同一球面上, **C 错误**;由 A 项分析可知当小球运动过程中因摩擦产生的热量相等时,小球上升的高度不同,则小球的位置不在同一水平面上,故 **D 正确**。

3. B 必刷题型 ▶ 系统分析法+机械能守恒定律

【深度解析】在开始时, A 、 B 均处于静止状态,设此时弹簧的压缩量为 x_1 ,则有 $kx_1 = mg \sin \theta$,解得 $x_1 = \frac{mg}{2k}$,挂钩上悬挂物块 C 后, C 向下运动, A 沿斜面向上运动,设 B 恰好要离开挡板时,弹簧的伸长量为 x_2 ,则有 $kx_2 = 2mg \sin \theta$,解得 $x_2 = \frac{mg}{k}$,则有 $PQ = x_1 + x_2 = \frac{3mg}{2k}$,物块 C 下降的高度为 $\frac{3mg}{2k}$, **A 错误**;以物块 A 、 C 和弹簧组成的系统为研究对象,由机械能守恒定律得 $m_0 g(x_1 + x_2) = mg(x_1 + x_2) \sin \theta + \frac{1}{2} kx_2^2 - \frac{1}{2} kx_1^2$,解得 $m_0 = \frac{3}{4} m$, **B 正确**;当弹簧恢复原长时,在沿斜面方向上,物块 A 受到重力沿斜面向下的分力和物块 C 的拉力,对 A 、 C 组成的系统由牛顿第二定律有 $\frac{3}{4} mg - mg \sin \theta = \left(\frac{3}{4} m + m \right) a'$,解得 $a' = \frac{1}{7} g$,此时物块 A 沿斜面向上做加速运动,物块 A 的速度

不是最大速度, **C 错误**; 若所悬挂物块 C 的质量为 $2m_0$, 当物块 A 运动到 Q 点时, 对物块 A 、 C 组成的整体, 由牛顿第二定律可得 $2m_0g - mg\sin\theta - kx_2 = (m + 2m_0)a$, 解得 $a = 0$, 则 A 经过 Q 点时速度最大, 当物块 A 运动到 Q 点时, 对以物块 A 、 C 和弹簧组成的系统, 由机械能守恒定律可得 $2m_0g(x_1 + x_2) = mg(x_1 + x_2)\sin\theta + \frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}(2m_0 + m)v^2$, 解得最大速度为 $v = 3g\sqrt{\frac{m}{10k}}$, **D 错误**。

4. D 必刷知识 ▶ 机械能守恒定律的应用

【深度解析】从 B 点到 C 点, 重力大于弹力, 加速度方向向下, 向下运动过程中弹力增大, 根据 $mg - F = ma$ 可知运动员的加速度逐渐减小, **A 错误**; 从 C 点到 D 点, 重力小于弹力, 加速度方向向上, 向下运动过程中弹力增大, 运动员做减速运动, 根据 $F - mg = ma$ 可知运动员的加速度逐渐增大, **B 错误**; 从 B 点到 C 点, 弹性绳和运动员组成的系统机械能守恒, 弹性绳的弹性势能逐渐增大, 运动员的动能和重力势能之和减小, **C 错误**; 从 C 点到 D 点, 弹性绳和运动员组成的系统机械能守恒, 运动员的动能逐渐减小, 所以其重力势能和弹性绳的弹性势能之和增大, **D 正确**。

5. C 必刷知识 ▶ 系统机械能守恒+关联速度

【深度解析】在 A 下降的过程中, A 、 B 、 C 与弹簧组成的系统机械能守恒, 该过程中弹簧的弹性势能增大, A 、 B 、 C 组成的系统机械能减小, **A 错误**; 设在 A 下降的某一时刻, 轻杆与竖直方向的夹角为 θ , 有 $v_A \cos\theta = v_B \sin\theta$, 可得 $v_A = v_B \tan\theta$, 因 θ 在不断变化, 故 A 、 B 的速度大小不会始终相等, **B 错误**; 由分析可知, 当 A 运动到最低点时, 弹簧的弹性势能最大, 根据机械能守恒定律可得弹簧弹性势能的最大值 $E_{pm} = mgL(\cos 30^\circ - \cos 60^\circ) = \frac{\sqrt{3}-1}{2}mgL$, **C 正确**; 在 A 下降过程中, 加速度先减小到零, 然后反向增大, 当 A 的加速度为零时, 速度最大, 设此时槽对 C 的支持力大小为 F , 对 A 、 B 、 C 组成的系统, 在竖直方向上有 $2F = 3mg$, 解得 $F = 1.5mg$, 根据牛顿第三定律可得 C 对槽的压力大小 $N = F = 1.5mg$, **D 错误**。

技巧必背

关联速度问题要注意速度的分解原则, 在轻杆相连的系统中, 实际速度分解后, 沿杆方向速度相等。

6. (1) C (2) ① 0.98 ② 下落过程中存在摩擦力和空气阻力的影响

必刷题型 ▶ 验证机械能守恒定律

【深度解析】(1) 验证机械能守恒定律, 比较重物重力势能的减少量和动能的增加量, 均含有质量, 计算时可以消去, 则重物的质量与实验误差无关, **A 错误**; 纸带上打下的第 1、2 点间距大于 2 mm , 可在后面选取两个点, 利用表达式 $mg\Delta h =$

$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ 仍然可以验证机械能守恒定律, **B 错误**; 两限位

孔在同一竖直面内上下不对正时, 减少的重力势能除了转化为动能外还有一部分转化为因摩擦产生的热量, 故两限位孔应在同一竖直面内上下对正, **C 正确**; 纸带太短在通过测量长度来求出变化的高度和瞬时速度时会导致误差增大, **D 错误**。

(2) ①匀变速直线运动中一段时间内中间时刻的瞬时速度等

于该段时间的平均速度, 则 $v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{7.06 - 3.15}{2 \times 0.02} \times 10^{-2} \text{ m/s} \approx$

0.98 m/s。

②在下落过程中存在摩擦力和空气阻力的影响, 重物减少的重力势能除了转化为动能外, 还有一部分转化为因摩擦产生的热量, 所以重物重力势能的减少量 ΔE_p 略大于动能的增加量 ΔE_k 。

7. (1) 打点计时器接直流电源 (2) $\frac{(h_4 - h_2)^2}{8T^2}$ (3) 9.75

必刷题型 ▶ **图像法+求重力加速度**

【深度解析】(1) 打点计时器应接交流电源, 故错误是打点计时器接直流电源。

(2) 打 3 点时重物的瞬时速度为 $v_3 = \frac{h_4 - h_2}{2T}$, 从释放到打 3 点

时重物增加的动能 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_3^2 = \frac{m(h_4 - h_2)^2}{8T^2}$, 若满足 $mgh_3 =$

$\frac{m(h_4 - h_2)^2}{8T^2}$, 即 $gh_3 = \frac{(h_4 - h_2)^2}{8T^2}$, 则可验证重物下落过程机械

能守恒定律。

(3) 根据 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 可得 $v^2 = 2gh$, 可知 $v^2 - h$ 图像的斜率

$k = 2g = \frac{3.9}{0.2} \text{ m/s}^2$, 解得 $g = 9.75 \text{ m/s}^2$ 。

8. (1) 10 曝光时间非常短, 平均速度可以认为等于该白线上任意一点的瞬时速度 (2) 25.9 25.0

必刷知识 ▶ **创新实验+验证机械能守恒定律**

【深度解析】(1) 由题图可知石子在曝光时间内下降的距离

约为 8 cm, 则其在曝光时间内的平均速度大小约为 $v = \frac{h}{\Delta t} =$

$\frac{8 \times 10^{-2} \text{ m}}{\frac{1}{125} \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$, 可以认为石子到达乙砖末端的瞬时速度

也等于 v , 理由是由于曝光时间非常短, 平均速度可以认为等于该白线上任意一点的瞬时速度。

(2) 从开始释放到曝光结束时, 石子下落的高度约为 $H = (87 + 1) \times 6 \text{ cm} = 528 \text{ cm} = 5.28 \text{ m}$, 可得石子减少的重力势能

$\Delta E_p = mgH = 0.5 \times 9.80 \times 5.28 \text{ J} \approx 25.9 \text{ J}$, 增加的动能 $\Delta E_k =$

$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 10^2 \text{ J} = 25.0 \text{ J}$ 。

9. (1) $\frac{f(x_2+x_3)}{10}$ (2) $\frac{f^2}{200}(m_A+m_B)(x_2+x_3)^2$

$(m_A-m_B)g(x_1+x_2)$ (3) 9.60

必刷知识 ▶ 创新实验+验证机械能守恒定律

【深度解析】(1)在匀变速直线运动中,某一过程的平均速度等于该过程中间时刻的瞬时速度,有 $v_5 = \bar{v}_{46} = \frac{x_2+x_3}{2T}$, 由于每 5

个点取 1 个计数点,有 $T = \frac{5}{f}$, 解得 $v_5 = \frac{f(x_2+x_3)}{10}$ 。

(2)在打计数点 0~5 的过程中, A、B 的动能都增加,有 $\Delta E_k = \frac{1}{2}m_A v_5^2 + \frac{1}{2}m_B v_5^2 = \frac{f^2}{200}(m_A+m_B)(x_2+x_3)^2$; 物块 A 的重力势能减少,物块 B 的重力势能增加,故系统的重力势能减少量 $\Delta E_p = m_A g(x_1+x_2) - m_B g(x_1+x_2) = (m_A - m_B)g(x_1+x_2)$ 。

(3)根据机械能守恒定律有 $(m_A - m_B)gh = \frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2$, 解

得 $v^2 = \frac{2(m_A - m_B)}{m_A + m_B}gh = 0.4gh$, 由题图丙知斜率 $k =$

$$\frac{3.84}{1} \text{ m/s}^2 = 0.4g, \text{ 解得 } g = \frac{3.84}{0.4} \text{ m/s}^2 = 9.60 \text{ m/s}^2。$$

知识拓展

机械能守恒定律的表达式

(1)守恒式: $E_1 = E_2$ 或 $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$, E_1 、 E_2 分别表示系统初、末状态时的总机械能。

(2)转化式: $\Delta E_k = -\Delta E_p$ 或 $\Delta E_{k\text{增}} = \Delta E_{p\text{减}}$, 系统势能的减少量等于动能的增加量。

(3)转移式: $\Delta E_A = -\Delta E_B$ 或 $\Delta E_{A\text{增}} = \Delta E_{B\text{减}}$, 系统只有 A、B 两物体时, A 增加的机械能等于 B 减少的机械能。

10. (1) $\sqrt{1.1gL_0}$ (2) $\frac{3}{20}mgL_0$

必刷题型 ▶ 能量守恒、动量守恒

【深度解析】(1)开始时弹簧的压缩量为

$$x = \frac{mg \sin 30^\circ}{k} = 0.1L_0,$$

则物块 C 下滑的距离为 $s = L_0 + 0.1L_0 = 1.1L_0$,

物块 C 下滑的加速度大小为 $a = g \sin 30^\circ = 0.5g$,

则与 B 碰撞前物块 C 的速度大小 $v_0 = \sqrt{2as} = \sqrt{1.1gL_0}$ 。

(2) B、C 两物块碰撞过程中动量守恒,则 $mv_0 = 2mv_1$,

当 B、C 速度最大时有 $2mg \sin 30^\circ = kx'$,

解得 $x' = 0.2L_0$,

由机械能守恒定律可知 $\frac{1}{2} \cdot 2mv_1^2 + 2mg\Delta x \cdot \sin 30^\circ +$

$$\frac{1}{2}kx'^2 = 2E_k + \frac{1}{2}kx'^2,$$

$$\Delta x = x' - x,$$

$$\text{解得 } E_k = \frac{3}{20}mgL_0。$$

11. (1) \sqrt{gh} (2) $\frac{3\sqrt{2}}{8}h$

必刷题型 ▶ 动能定理+多过程问题

【深度解析】(1) 对小滑块从 A 到 C 的过程, 由动能定理得

$$mgh - \mu_1 mg \cos 45^\circ \cdot \frac{h}{\sin 45^\circ} = \frac{1}{2}mv_C^2,$$

解得 $v_C = \sqrt{gh}$ 。

(2) 小滑块从 C 到 CD 轨道的最高点, 由动能定理得

$$-(mg \sin 45^\circ + \mu_2 mg \cos 45^\circ)x = 0 - \frac{1}{2}mv_C^2,$$

小滑块从 CD 轨道最高点到再次冲上 AB 轨道至速度为零的位置, 由动能定理得 $(mg \sin 45^\circ - \mu_2 mg \cos 45^\circ)x -$

$$(mg \sin 45^\circ + \mu_1 mg \cos 45^\circ) \frac{h}{6} \cdot \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,$$

解得 $x = \frac{3\sqrt{2}}{8}h$ 。

12. (1) 20 N (2) $DC \geq 15.625 \text{ m}$ (3) 3 m/s 0.75 m

必刷题型 ▶ 动能定理+曲线运动

【深度解析】(1) 物块由 D 点运动到 B 点, 由动能定理有

$$mgh_{DB} - \mu mg \cos \theta \cdot x_{DC} = \frac{1}{2}mv_B^2,$$

$$h_{DB} = x_{DC} \cdot \sin \theta + R(1 - \cos \theta),$$

在 B 点对物块由牛顿第二定律有 $F_N - mg = m \frac{v_B^2}{R}$,

根据牛顿第三定律, 在 B 点物块对轨道的压力大小

$$F'_N = F_N,$$

解得 $F'_N = 20 \text{ N}$ 。

(2) 设 DC 的长度为 s 时, 物块恰好能通过 A 点, 外力 F 与重力的合力大小 $F_{\text{合}} = \sqrt{(mg)^2 + F^2} = 5 \text{ N}$, 合力 $F_{\text{合}}$ 的方向平行于 AC 物块由 D 点运动到 A 点的过程中, 由动能定理有

$$(mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta)s - F_{\text{合}} \times 2R = \frac{1}{2}mv_A^2,$$

在 A 点, 有 $F_{\text{合}} = m \frac{v_A^2}{R}$,

解得 $s = 15.625 \text{ m}$,

即 $DC \geq 15.625 \text{ m}$ 。

(3) 设物块在 A 点速度为 v 时, 能够垂直撞击斜面, 设物块从 A 到斜面用时为 t , 沿斜面方向, 有

$$0 = v - (g \sin \theta)t,$$

垂直斜面方向, 有 $2R = \frac{1}{2}(g \cos \theta)t^2$,

设物块撞击斜面的点到 C 点的距离为 x ,

$$\text{则 } x = \frac{v}{2}t,$$

解得 $v = 3 \text{ m/s}$, $x = 0.75 \text{ m}$ 。

1. B 必刷知识 ▶ 功能关系的应用

【深度解析】因摩擦产生的热量等于克服摩擦力做的功, 则 $Q=W_3$, A 错误; 根据动能定理可知合力做的功等于动能的变化量, 即 $\Delta E_k=W_1+W_2-W_3$, B 正确; 根据重力做功与重力势能变化的关系可得 $\Delta E_p=-W_2$, C 错误; 除重力外其他力做的功等于机械能的变化量, 即 $\Delta E=W_1-W_3$, D 错误。

2. C 必刷知识 ▶ 能量守恒定律的应用

【深度解析】由于 $k > \frac{8\mu mg}{L}$, 物块在 C 位置时弹簧的弹力大小为 $k \cdot \frac{1}{8}L > \mu mg$, 因此物块不可能停在 CB 段上某处, 物块反复振动后最终会在 AC 段做往复运动, A、B 错误; 物块从开始运动到第一次运动到 C 点的过程中, 根据能量守恒定律得

$E_{pm}=E_0+\frac{1}{2}mv_0^2+\mu mg \frac{L}{2}$, C 正确; 物块最终会在 AC 段做往复运动, 到达 C 点的速度为零, 可知系统最终损失的机械能为

$E_{pm}-E_0=\frac{1}{2}mv_0^2+\frac{1}{2}\mu mgL$, D 错误。

3. D 必刷模型 ▶ 传送带模型+功能关系

【深度解析】电动机多做的功等于系统因摩擦产生的热量和物块机械能的增加量, 物块增加的机械能为 $\Delta E=fL=$

$\mu mg \cos \theta \cdot \frac{v}{2} \cdot t$, 系统产生的热量 $Q=f \cdot \Delta s=f \cdot (s_{\text{带}}-s_{\text{物}})=$

$f\left(vt-\frac{v}{2}t\right)=\mu mg \cos \theta \cdot \frac{v}{2}t$, 故 $\Delta E=Q$, 物块的加速度 $a=$

$\frac{f-mg \sin \theta}{m}=g(\mu \cos \theta-\sin \theta)$, 故加速时间 $t=\frac{v}{a}=$

$\frac{v}{g(\mu \cos \theta-\sin \theta)}$, 故系统因运送物块产生的热量 $Q=$

$\frac{\mu mv^2 \cos \theta}{2(\mu \cos \theta-\sin \theta)}$, 故电动机多做的功 $\Delta E_{\text{电动机}}=\Delta E+Q=$

$\frac{\mu mv^2 \cos \theta}{\mu \cos \theta-\sin \theta}=\frac{mv^2}{1-\frac{\tan \theta}{\mu}} > mv^2$, A、C 错误; 传送带运动的距

离 $s_{\text{带}}=vt=\frac{v^2}{g(\mu \cos \theta-\sin \theta)}$, 故传送带克服摩擦力做的功

$W_{f\text{克}}=fs_{\text{带}}=\mu mg \cos \theta \cdot \frac{v^2}{g(\mu \cos \theta-\sin \theta)}=\frac{\mu mv^2 \cos \theta}{\mu \cos \theta-\sin \theta}$, B 错

误; 电动机因运送物块增加的功率即为克服摩擦力做功的功率, 大小为 $P=fv=\mu mgv \cos \theta$, D 正确。

4. (1) $4\sqrt{2}$ m/s (2) 0.8 m

必刷模型 ▶ 功能关系+曲线运动

【深度解析】(1) 由题知, 小球恰好到达轨道最高点 D, 则

有 $mg=m \frac{v_D^2}{R}$,

小球从 A 点到 D 点, 根据动能定理有

$$-mg(2R+L) = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_A^2,$$

联立解得 $v_A = 4\sqrt{2} \text{ m/s}$ 。

(2) 小球由 A 点到 D 点, 根据机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2 = mg(L+2R),$$

小球从 D 点飞出后做平抛运动, 根据平抛运动规律, 在水平方向有 $d = vt$,

$$\text{在竖直方向有 } L+2R = \frac{1}{2}gt^2,$$

$$\text{联立解得 } d^2 = 2(L+2R) \left[\frac{v_0^2}{g} - 2(L+2R) \right],$$

当 $2(L+2R) = \frac{v_0^2}{g} - 2(L+2R)$ 时, d 有最大值,

$$\text{解得 } L = \frac{v_0^2}{4g} - 2R = 0.8 \text{ m}。$$

$$5. (1) 4.5 \text{ m} \quad (2) 2\left(\frac{\sqrt{5}}{5}\right)^{n-1} \text{ m/s} \quad (3) 38 \text{ J}$$

必刷题型 ▶ 数学归纳法+功能关系

【深度解析】(1) 物块从 A 点释放至运动到传送带左端过程, 根据动能定理得

$$mgx_0 \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta \cdot x_0 - \mu_2 mgL = 0,$$

$$\text{解得 } L = 4.5 \text{ m}。$$

(2) 小物块第 1 次从斜面上运动到 P 点时, 有 $mgx_0 \sin \theta -$

$$\mu_1 mg \cos \theta \cdot x_0 = \frac{1}{2}mv_1^2,$$

$$\text{解得 } v_1 = 6 \text{ m/s} > 2 \text{ m/s}$$

故小物块沿传送带返回时先做加速运动到与传送带共速, 后做匀速运动到 P 点, 速度为 $v'_1 = 2 \text{ m/s}$,

则小物块上升到最高点时, 有

$$-\frac{1}{2}mv_1'^2 = -mgx_1 \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta \cdot x_1,$$

小物块第二次从斜面上运动到 P 点时, 有

$$mgx_1 \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta \cdot x_1 = \frac{1}{2}mv_2^2,$$

$$\text{解得 } v_2 = \frac{\sqrt{5}}{5}v'_1,$$

由于 $v_2 < 2 \text{ m/s}$, 可知小物块从传送带返回至 P 点时速度仍然

为 v_2 , 物块再次滑上斜面返回 P 点, 同理可得 $v_3 = \left(\frac{\sqrt{5}}{5}\right)^2 v'_1$,

则第 n 次从斜面上运动到 P 点时, 有 $v_n = \left(\frac{\sqrt{5}}{5}\right)^{n-1} v'_1 =$

$$2\left(\frac{\sqrt{5}}{5}\right)^{n-1} \text{ m/s}。$$

(3) 小物块最终停在斜面底端, 则在整个运动过程中与斜面

$$\text{间因摩擦产生的总热量 } Q = \mu_1 mg \cos \theta \cdot x_0 + \frac{1}{2}mv_1'^2 = 38 \text{ J}。$$

6. (1) 15 N, 方向竖直向下 (2) 5 m (3) 见解析

必刷模型 ▶ 多过程运动模型+功能关系

【深度解析】(1) 小球从 A 到 B, 根据机械能守恒定律有

$$mgR = \frac{1}{2}mv_B^2,$$

小球在 B 点, 根据牛顿第二定律有 $F_N - mg = m \frac{v_B^2}{R}$,

联立解得 $F_N = 15 \text{ N}$,

根据牛顿第三定律可知小球运动到 B 点时对管道作用力的大小为 $F'_N = F_N = 15 \text{ N}$, 方向竖直向下。

(2) 因小球和小滑块的质量相等, 发生弹性碰撞, 故碰撞后两物体的速度交换,

小滑块在倾斜轨道上时, 对其受力分析, 有 $mg \sin 53^\circ > \mu mg \cos 53^\circ$, 所以小滑块不能停在倾斜轨道上, 最后停在水平轨道上的 D 点, 小球停在水平轨道上, 全过程根据动能定理有

$$mg[R + 2r + 2r \sin(\alpha - 90^\circ)] - \mu mg \cos 53^\circ \cdot s = 0,$$

解得 $s = 5 \text{ m}$ 。

(3) 当 $mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$ 时, 即 $\tan \theta = \mu = 0.75$,

解得 $\theta = 37^\circ$,

当 $0 \leq \theta \leq 37^\circ$ 时, 小滑块能停在倾斜轨道上, 设小滑块均沿倾斜轨道运动的路程为 x , 由动能定理得

$$mg[R + 2r + 2r \sin(\alpha - 90^\circ)] - \mu mg \cos \theta \cdot x - mgx \sin \theta = 0,$$

解得 $x = \frac{9}{3 \cos \theta + 4 \sin \theta} (\text{m})$ 。

则小滑块在倾斜轨道 DE 上克服摩擦力所做的功

$$W = \mu mg \cos \theta \cdot x_2,$$

解得 $W = \frac{135 \cos \theta}{4(3 \cos \theta + 4 \sin \theta)} (\text{J})$,

当 $37^\circ < \theta \leq 60^\circ$, 小滑块最后停在 D 点, 由动能定理得

$$mg[R + 2r + 2r \sin(\alpha - 90^\circ)] - W = 0,$$

解得 $W = 11.25 \text{ J}$ 。

单元综合提升卷

1. D **必刷题型** ▶ 机械能守恒的判断

【深度解析】物块 A 落在木板 B 上后二者共速一起向下运动, 这个过程是完全非弹性碰撞, 系统的机械能损失最多, 故 A、C 错误; 物块 A 和木板 B 一起向下运动过程中, A、B 和轻弹簧组成的系统机械能守恒, B 错误, D 正确。

2. C **必刷题型** ▶ 能量关系+图像问题

【深度解析】小木块在运动过程中受到重力、摩擦力以及支持力作用, 支持力不做功, 摩擦力做负功, 所以小木块的机械能减少, 而上滑和下滑过程中小木块的机械能的减少量相等, 根据题图乙可知, 上滑和下滑两个过程机械能的减少量各为 10 J, 所以小木块从斜面底端出发再回到底端的过程中, 摩擦

力做功为 -20 J , **A、B 错误**; 小木块上滑过程, 根据动能定理有 $-mgx\sin\theta - \mu mgx\cos\theta = 0 - 40\text{ J}$, $\mu mg\cos\theta \cdot x = 10\text{ J}$, 联立解得 $m = 1\text{ kg}$, $\mu = 0.25$, **C 正确, D 错误**。

3. A 必刷知识 ▶ 动能定理的应用

【深度解析】物块从 P 到 B 速度减为零, 根据动能定理有

$$-\mu mg(L_1 + L_2) = 0 - \frac{1}{2}mv_P^2, \text{ 解得 } v_P = 2\sqrt{7}\text{ m/s}, \text{ 物块从 } A \text{ 到 } P$$

$$\text{根据动能定理有 } -\mu mgL_2 = \frac{1}{2}mv_P^2 - \frac{1}{2}mv_A^2, \text{ 解得 } v_A = 6\text{ m/s}, \text{ 物}$$

$$\text{块从 } B \text{ 到 } A \text{ 做匀加速直线运动的最小初速度满足 } v_A^2 - v_0^2 =$$

$$2aL_1 = 2\mu gL_1, \text{ 解得 } v_0 = 4\text{ m/s}, \text{ 故 } v_0 \text{ 不可能小于 } 4\text{ m/s}, \text{ A}$$

正确。

4. C 必刷题型 ▶ 弹簧系统+能量变化

【深度解析】圆环从 A 处由静止开始下滑, 设其经过 B 处时速度最大, 到达 C 处时速度为零, 所以圆环先做加速运动, 再做

减速运动, 经过 B 处时速度最大, 则圆环经过 B 处时加速度为零, 所以圆环的加速度先减小, 后增大, **A 错误**; 研究圆环

从 A 处由静止开始下滑到 C 的过程, 由动能定理可得 $mgh -$

$$W_f - W_{\text{弹}} = 0 - 0, \text{ 若圆环在 } C \text{ 处获得一竖直向上的速度 } v, \text{ 恰好}$$

$$\text{能回到 } A \text{ 处, 由动能定理可得 } -mgh + W_{\text{弹}} - W_f = 0 - \frac{1}{2}mv^2, \text{ 解得}$$

$$W_f = \frac{1}{4}mv^2, \text{ 则由 } A \text{ 处到 } C \text{ 处的过程中, 圆环克服摩擦力做的}$$

$$\text{功为 } \frac{1}{4}mv^2, \text{ 由分析可知 } W_{\text{弹}} = mgh - \frac{1}{4}mv^2, \text{ 则弹簧的弹性势}$$

$$\text{能增加量为 } mgh - \frac{1}{4}mv^2, \text{ C 正确, B 错误}; \text{ 由能量守恒定律}$$

知, 系统损失的机械能全部转化为摩擦生热, 则两个过程系统损失的机械能相等, **D 错误**。

5. B 必刷知识 ▶ 系统机械能守恒

【深度解析】由题意可知, 小球在 A 、 B 两点时弹簧的形变量大小相等, 弹簧的弹性势能相等, 小球从 A 到 B 的过程, 根据

$$\text{系统的机械能守恒得 } 2mgR = \frac{1}{2}mv_B^2, \text{ 解得小球运动到 } B \text{ 点时}$$

$$\text{的速度大小 } v_B = 2\sqrt{gR}, \text{ A 错误}; \text{ 根据小球与弹簧组成的系统}$$

的机械能守恒知, 弹簧长度等于 R 时, 弹簧的弹性势能为零,

则此时小球的机械能最大, **B 正确**; 小球运动到 B 点时重力

与速度方向垂直, 则重力的功率为零, **C 错误**; 设小球在 A 、 B

两点时弹簧的弹力大小为 $F_{\text{弹}}$, 在 A 点, 圆环对小球的支持力

$$N_A = mg + F_{\text{弹}}, \text{ 在 } B \text{ 点, 由牛顿第二定律得 } N_B - mg - F_{\text{弹}} = m\frac{v_B^2}{R},$$

$$\text{解得圆环对小球的支持力 } N_B = 5mg + F_{\text{弹}}, \text{ 则 } N_B - N_A = 4mg, \text{ 由}$$

牛顿第三定律知, 小球在 A 、 B 两点时对圆环的压力差为

$$4mg, \text{ D 错误}。$$

知识拓展

能量守恒定律的两种理解:

- (1) 某种形式的能量减少,一定存在其他形式的能量增加,且减少量和增加量一定相等;
- (2) 某个物体的能量减少,一定存在其他物体的能量增加,且减少量和增加量一定相等。

6. D 必刷题型 ▶ 多物体的多过程问题

【深度解析】在下滑的过程中,水平轨道上的小球要做匀速运动,而圆弧轨道上的小球要做加速运动,则后面的小球对前面的小球有向前的压力作用,所以小球之间始终相互挤压,冲上斜面后,后面的小球把前面的小球往上压,所以小球之间始终相互挤压,故 N 个小球在运动过程中始终不会散开, **A 错误**;第 1 个小球在下落过程中受到挤压,所以有外力对小球做功,小球的机械能不守恒, **B 错误**;由于小球在下落过程中速度发生变化,同时相互间的挤压力发生变化,所以第 1 个小球到达 B 点前第 N 个小球不可能做匀加速运动, **C 错误**;对 N 个小球整体来说,它们呈 $\frac{1}{4}$ 圆弧分布在 AB 段时,重心低于 $\frac{R}{2}$,小球整体的重心下降到最低点的过程中,根据机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2 < mg \cdot \frac{R}{2}$,解得 $v < \sqrt{gR}$,所以第 1 个小球到达最低点的速度 $v < \sqrt{gR}$, **D 正确**。

7. C 必刷模型 ▶ 多过程运动模型+功能关系

【深度解析】小滑块第一次滑上传送带时,有 $mgR = \frac{1}{2}mv_1^2$,速度大小为 $v_1 = \sqrt{2gR}$,向右减速到零后,再反向加速,离开传送带时,有 $mg \frac{R}{4} = \frac{1}{2}mv_2^2$,速度大小为 $v_2 = \sqrt{\frac{1}{2}gR}$,因为 $v_2 < v_1$,所以小滑块返回时是先加速后匀速,即传送带匀速转动的速度大小为 $\sqrt{\frac{gR}{2}}$, **A 错误**;滑块速度跟传送带速度大小相等时,滑块滑上传送带的速度和离开传动的速度大小相等,之后一直保持这种状态,所以小滑块不会停在 N 点, **B 错误**;设滑块与传送带间的动摩擦因数为 μ ,小滑块第一次在传送带上减速过程,运动时间 $t_1 = \frac{v_1}{\mu g} = \frac{\sqrt{2gR}}{\mu g}$,相对传送带的位移为 $\Delta s_1 = v_0 t_1 + \frac{v_1}{2} t_1 = \frac{\sqrt{2gR}}{\mu g} \left(\sqrt{\frac{gR}{2}} + \frac{\sqrt{2gR}}{2} \right) = \frac{2R}{\mu}$,反向加速过程,运动时间 $t_2 = \frac{v_2}{\mu g} = \frac{\sqrt{\frac{gR}{2}}}{\mu g}$,相对传送带的位移为 $\Delta s_2 = v_2 t_2 - \frac{v_2}{2} t_2 = \frac{\sqrt{\frac{gR}{2}}}{\mu g} \left(\sqrt{\frac{gR}{2}} - \frac{\sqrt{\frac{gR}{2}}}{2} \right) = \frac{R}{4\mu}$,滑块第一次在传送带上运

动的整个过程中产生的热量为 $Q = f(\Delta s_1 + \Delta s_2) = \frac{9R}{4\mu} \cdot \mu mg = \frac{9}{4}mgR$, **C 正确**; 第二次滑上传送带时, 速度与传送带速度大小相等, 所以以后每次滑上传送带, 产生的热量一样。滑上

过程中 $\Delta s'_1 = v_0 t + \frac{v_0}{2} t = \frac{\sqrt{\frac{gR}{2}}}{\mu g} \left(\sqrt{\frac{gR}{2}} + \frac{\sqrt{\frac{gR}{2}}}{2} \right) = \frac{3R}{4\mu}$; 返回过程

中 $\Delta s'_2 = v_0 t - \frac{v_0}{2} t = \frac{\sqrt{\frac{gR}{2}}}{\mu g} \left(\sqrt{\frac{gR}{2}} - \frac{\sqrt{\frac{gR}{2}}}{2} \right) = \frac{R}{4\mu}$, 滑块第二次及

以后每次在传送带上运动的整个过程中产生的热量为 $Q' =$

$f(\Delta s'_1 + \Delta s'_2) = \frac{R}{\mu} \cdot \mu mg = mgR$, **D 错误**。

8. (1) AB (2) $mgh_2 - \frac{1}{8}mf^2(h_3 - h_1)^2$

必刷知识 ▶ 验证机械能守恒定律

【深度解析】(1) 重物选用质量和密度较大的金属锤, 可以减少空气阻力带来的影响, **A 正确**; 两限位孔在同一竖直面内上下对正, 可以减少纸带与限位孔之间的摩擦带来的影响, **B 正确**; 若利用公式 $v = \sqrt{2gh}$ 来求解瞬时速度, 则默认为机械能守恒, 不符合实验规律, **C 错误**; 重复实验时, 重物是否从同一位置开始下落对实验结果没有影响, 高度合适即可, **D 错误**。

(2) 从打 O 点到打 B 点的过程中, 重物重力势能变化量的大小 $\Delta E_p = mgh_2$, 打点周期 $T = \frac{1}{f}$, 打 B 点时的速度大小为 $v =$

$\frac{h_3 - h_1}{2T}$, 重物动能变化量的大小 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{8}mf^2(h_3 - h_1)^2$ 。

9. (1) B (2) $mgL = \frac{1}{2}M\left(\frac{d}{\Delta t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}M\left(\frac{d}{\Delta t_1}\right)^2$ (3) 大于

必刷知识 ▶ 验证动能定理

【深度解析】(1) 小车所受的合力等于砂和砂桶的总重力, 实验时, 砂和砂桶的总质量 m 没有必要远小于小车质量 M , **A 不合理**; 实验时, 应调节定滑轮使挂砂桶的细线与木板平行, 使小车所受的合力等于细线的拉力, **B 合理**; 实验时, 只要验证关系式 $mgL = \frac{1}{2}M\left(\frac{d}{\Delta t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}M\left(\frac{d}{\Delta t_1}\right)^2$ 成立即可, 不需要测出斜面的倾角, **C 不合理**。

(2) 小车在 A 、 B 两点的速度大小分别为 $v_A = \frac{d}{\Delta t_1}$, $v_B = \frac{d}{\Delta t_2}$, 根

据动能定理得 $mgL = \frac{1}{2}Mv_B^2 - \frac{1}{2}Mv_A^2$, 解得 $mgL = \frac{1}{2}M\left(\frac{d}{\Delta t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}M\left(\frac{d}{\Delta t_1}\right)^2$, 在误差允许范围内, 如果关系式 $mgL =$

$\frac{1}{2}M\left(\frac{d}{\Delta t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}M\left(\frac{d}{\Delta t_1}\right)^2$ 成立,就验证了动能定理。

(3) 根据动能定理有 $MgL\sin\alpha = \Delta E_k$, 实验过程中, 在剪断细线时不小心触碰了木板, 使木板倾角 α 变小, 小车动能的增量 ΔE_k 变小, 则会导致实验结果合力所做的功大于小车动能的增量。

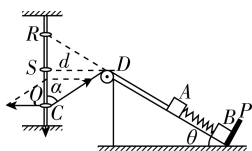
10. (1) 11.04 J (2) -8.16 J

必刷题型 ▶ 连接体+机械能守恒

【深度解析】(1) 先以 A 、 B 组成的整体为研究对象, 小环 C 位于 Q 处时, A 、 B 系统受到重力、支持力和轻绳的拉力处于平衡状态, 则轻绳的拉力大小为

$$T = 2Mg\sin\theta = 24 \text{ N},$$

如图所示, 以 C 为研究对象, 则 C 受到重力、轻绳的拉力和杆的弹力处于平衡状态,



由平衡条件得 $T\cos\alpha = mg$,

解得 $m = 1.44 \text{ kg}$,

由题意知, 小环 C 位于 Q 时, B 对挡板 P 无压力, 而位置 R 、 Q 关于 S 对称, 可知小环 C 位于 R 时 B 恰好对挡板 P 没有压力, 所以 B 受到重力、支持力和弹簧的拉力, 弹簧处于伸长状态, 此时弹簧的弹力大小 $F_1 = Mg\sin\theta = 12 \text{ N}$,

弹簧的伸长量 $\Delta x_1 = \frac{F_1}{k} = 0.1 \text{ m}$,

小环 C 通过位置 S 时, A 下降的距离

$$x_A = \frac{d}{\sin\alpha} - d = 0.2 \text{ m},$$

此时弹簧的压缩量 $\Delta x_2 = x_A - \Delta x_1 = 0.1 \text{ m}$,

所以小环 C 从 R 运动到 S , 初、末态弹簧的弹性势能相等, 由速度分解知末态时 A 的速度为零, 对小环 C 、弹簧和 A 组成的系统, 由机械能守恒定律有

$$\frac{mgd}{\tan\alpha} + Mg x_A \sin\theta = E_{kS},$$

解得 $E_{kS} = 11.04 \text{ J}$ 。

(2) 对 C 从 R 到 Q 分析, 首先弹簧弹性势能不变, 则 C 的重力势能转化为 A 、 C 的动能, 有

$$mg \cdot 2 \frac{d}{\tan\alpha} = \frac{1}{2} M v_A^2 + \frac{1}{2} m v_C^2,$$

其中 $\cos\alpha = \frac{v_A}{v_C}$,

小环从 S 到 Q , 有

$$mg \cdot \frac{d}{\tan\alpha} + W_F = \frac{1}{2} m v_C^2 - E_{kS}$$

联立得 $W_F \approx -8.16 \text{ J}$ 。

11. (1) 18 N (2) 1 J

必刷题型 ▶ 功能关系+圆周运动

【深度解析】(1) 在半圆轨道的最高点 E , 由牛顿第二定律得

$$mg - F \sin 37^\circ = m \frac{v_E^2}{R},$$

在 D 点, 由牛顿第二定律得

$$F_N - mg \cos 37^\circ = \frac{mv_D^2}{R},$$

物块 P 从 D 点到 E 点, 由动能定理得

$$-mgR(1 + \cos 37^\circ) + FR \sin 37^\circ = \frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_D^2,$$

解得 $v_D = 2\sqrt{7}$ m/s, $F_N = 18$ N,

由牛顿第三定律得, 物块 P 运动到 D 点时对轨道的压力大小为 $F'_N = F_N = 18$ N。

(2) 物块 P 从 C 点到 D 点, 由牛顿第二定律得

$$F - mg \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ = ma_1, \text{ 解得 } a_1 = 0,$$

说明 P 从 C 点到 D 点做匀速运动, 有

$$v_C = v_D = 2\sqrt{7} \text{ m/s},$$

从 A 到 C 由能量守恒定律得

$$E_p + FL_{BC} \cos 37^\circ - \mu(mg - F \sin 37^\circ)L_{BC} = \frac{1}{2}mv_C^2,$$

解得 $E_p = 1$ J。

12. (1) 3 200 N 2 700 J (2) 750 J (3) 2 m

必刷题型 ▶ 功能关系

【深度解析】(1) 根据向心力公式可知 $F = m \frac{v_C^2}{R}$,

解得 $F = 3\,200$ N,

从 A 点运动至 C 点过程中由功能关系得

$$E_{\text{损}} = mgh - \frac{1}{2}mv_C^2,$$

解得 $E_{\text{损}} = 2\,700$ J。

(2) 皮划艇由 A 运动到 C 的过程中, 根据动能定理可

$$\text{得 } mgh - W_{BC} - 0.1mgx_1 = \frac{1}{2}mv_C^2 - 0,$$

解得 $W_{BC} = 750$ J。

(3) 皮划艇在 BC 段与 CD 段克服阻力所做的功相等, 在 A 至 F 的过程中, 根据动能定理有

$$mg \cdot 2h - W_{BD} - 0.1mg(2x_1 + x_2) = \frac{1}{2}mv_F^2 - 0,$$

解得 $v_F = 2\sqrt{30}$ m/s, 沿水平方向, 若皮划艇到达水面时速度方向与水面的夹角恰好为 30° ,

由 $\tan 30^\circ = \frac{v_y}{v_F}$, 可得 $v_y = 2\sqrt{10}$ m/s,

皮划艇从 F 点飞出后做平抛运动, 竖直方向根据速度—位移公式有 $v_y^2 = 2gH_m$, 解得 $H_m = 2$ m。