

第1章 功和机械能

第1节 机械功

刷基础

1. ABC 【解析】功是标量,功的正负既不表示方向也不表示功的大小,而是表示力对物体起动力作用(即力对物体做功)还是力对物体起阻力作用(即物体克服外力做功),功的大小比较是比较其绝对值,所以 -10 J 的功大于 $+5\text{ J}$ 的功,故 A、B 正确,D 错误。一个力对物体做负功,说明这个力一定阻碍物体的运动,故 C 正确。

2. A 【解析】假如李白垂钓,钓竿静止不动,则钓竿没有产生位移,所以他的手对钓竿的支持力不做功,故 A 正确;假如黄河水面结冰,李白走过去,脚受到冰面的静摩擦力时,位移为零,所以脚受到的静摩擦力不做功,故 B 错误;如果李白登山,地面对李白产生支持力时,李白脚掌未产生位移,所以地面支持力对他的脚不做功,故 C 错误;如果李白乘船,假设此过程中船沿直线行驶,阻力方向与位移方向相反,则水对船的阻力做负功,故 D 错误。

方法总结 功等于力与沿力的方向上的位移的乘积,这里的位移往往是相对于地面的位移(在后边的动能定理问题中,也可以是相对惯性参考系的位移),功的决定因素为力、位移以及力和位移的夹角。注意力不做功有两种情况:力和位移垂直以及力或位移为零。

3. B 【解析】对乒乓球受力分析,其受到竖直向下的重力,垂直球拍向上的支持力以及沿球拍向上的摩擦力,乒乓球水平向右做匀速直线运动,根据功的计算公式可知,摩擦力做负功,支持力做正功,重力不做功,乒乓球做匀速直线运动,所受合外力为零,根据功的计算公式可知合外力不做功。故选 B。

关键点拨 由功的计算公式 $W = F s \cos \alpha$ 可知,当力与位移同向或夹角为锐角时做正功,反向或夹角为钝角时做负功,夹角为直角时不做功。公式中的位移 s 是研究对象相对地面的位移,不是相对接触面的位移。

4. AC 【解析】推力对海豚椅做功 $W_F = F \cos \alpha \cdot l = Fl \cos \alpha$, A 正确;海豚椅所受支持力与位移方向垂直,不做功, B 错误;海豚椅受到的阻力沿水平方向,与位移方向相反,故做负功,为 $W_f = -fl$, C 正确;重力与位移方向垂直,不做功, D 错误。

5. C 【解析】根据重力做功的公式可知 $W = mg \times 3d + mg \times 2d + mgd = 6mgd$ 。故选 C。

6. C 【解析】小球从抛出到落回抛出点的过程,位移为零,所以重力所做的功 $W_G = 0$,上升过程,空气阻力对小球做功 $W_1 = -fh$,下落过程,空气阻力对小球做功 $W_2 = -fh$,则从抛出到落回抛出点的过程,空气阻力对小球做的功为 $W_f = W_1 + W_2 = -2fh$,则合力做的功为 $W_{\text{合}} = W_G + W_f = -2fh$,故选 C。

教材变式 本题目由教材 P7 第 6 题演变而来,教材考查了小球被抛出至落回出发点的过程中,空气阻力对小球做的功,本题延伸考查了重力做的功和合力做的功。

7. AD 【解析】物块在恒力 F 作用下相对水平面向右运动的距离为 $l+s$,所以 F 对物块做的功 $W_F = F(l+s)$, A 正确; F 是作用在物块上的力,对小车不做功, B 错误;物块受到的摩擦力

大小为 f ,方向向左,故摩擦力对物块做负功, $W_{f\text{物}} = -f(l+s)$, C 错误;小车受到的摩擦力大小为 f ,方向向右,对小车做正功,为 $W_{f\text{车}} = fs$, D 正确。

注意说明 计算恒力做功要注意的三个问题

(1) 计算功时一定要明确是哪个力对哪个物体在哪段位移过程中做的功。

(2) 力 F 与位移 s 必须互相对应,即 s 必须是力 F 作用过程中的位移。

(3) 某力对物体做的功只跟这个力、物体的位移以及力与位移间的夹角有关,跟物体的运动情况、物体是否还受其他力以及其他力是否做功均无关。

8. C 【解析】设斜面的倾角为 θ ,则滑雪者从 O 到 N 的运动过程中克服摩擦力做的功 $W_{\text{克}f} = \mu mg x_{OM} \cos \theta + \mu mg x_{MN}$,由题图可知 $x_{OM} \cos \theta + x_{MN} = s$,两式联立可得 $W_{\text{克}f} = \mu mgs = 0.1 \times 50 \times 10 \times 100\text{ J} = 5\,000\text{ J}$ 。C 正确。

9. C 【解析】题图甲中,若 F 大小不变,根据功的定义可得物块从 A 到 C 过程中,力 F 做的功 $W = F s = F \cdot (OA - OC)$,故 A 错误;题图乙中, $F-x$ 图像与横轴围成的图形的面积代表功,则全过程中 F 做的总功为 $W = 15 \times 6\text{ J} + (-3) \times 6\text{ J} = 72\text{ J}$,故 B 错误;题图丙中,绳长为 R ,空气阻力 f 大小不变,可用微元法得小球从 A 运动到 B 过程中克服空气阻力做的功为 $W = f \cdot \frac{2\pi R}{4} = \frac{1}{2} \pi R f$,故 C 正确;题图丁中, F 始终保持水平,当 F 为恒力时,将小球从 P 拉到 Q , F 做的功是 $W = F s \sin \theta$,而 F 为变力时,缓慢将小球从 P 拉到 Q , F 做的功不能用力乘水平方向的位移来计算,故 D 错误。

易错点: 变力做功不能用 $W = F s \cos \alpha$ 来计算

刷易错

★易错点 1 易混淆合力做功与合力的求解方法

10. C 【解析】功是标量,合力做的功等于各个力做功的代数和,即力 F_1 和 F_2 的合力对物体做的功,等于这两个力做的功的和,即 $W = W_1 + W_2 = 7\text{ J}$ 。故选 C。

易错分析 本题易因不清楚做功的条件和功的标矢性而导致错解。功是标量,但功有正负,正负不表示大小,表示做功的效果,正功表示促进物体运动,负功表示阻碍物体运动。合力做的功等于各个分力做功的代数和。

★易错点 2 做功的两个因素分析不全

11. BC 【解析】若斜面体向左匀速移动距离 s ,斜面对物块的支持力和摩擦力的合力与重力平衡,即斜面对物块的作用力 $F = mg$,方向竖直向上,物块向左匀速移动时,力的方向与位移方向垂直,斜面对物块做功为零, A 错误;若斜面体向上匀速移动距离 s ,则斜面对物块做功 $W = F s = mgs$, B 正确;若斜面体向左以加速度 a 匀加速移动距离 s ,物块与斜面体保持相对静止,则斜面对物块的作用力沿水平方向的分力大小为 $F' = ma$,则斜面对物块做功 $W' = F' s = mas$, C 正确;若斜面体向上以加速度 a 匀加速移动距离 s ,则斜面对物块的作用力竖直向上,大小为 $F'' = mg + ma$,斜面对物块做功 $W'' = F'' s = (mg + ma)s$, D 错误。

教材变式 本题目由教材 P5 例题演变而来,教材考查了货物在推力的作用下,从斜面底端运动到顶端的过程中所受各力分别做的功和合力做的功,本题则考查了斜面体向左或向上移动时斜面对物块做的功。

易错分析 本题易因不清楚物块的受力情况,硬套做功公式而致错。要根据物块的运动状态判断其受力和做功情况。

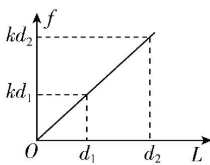
刷提升

1. C 【解析】绳上的拉力大小等于 F , 滑轮受到两侧绳的拉力作用, 其做的总功等于恒力 F 对物体所做的功, 即 $W = F s \cos \theta + F s = F s (1 + \cos \theta)$, **C 正确**。

关键点: 滑轮一侧的绳拉力与水平方向夹角为 θ , 另一侧的绳拉力沿水平方向, 两个力做功的大小不同

2. B 【解析】设重心上升高度为 h , 根据几何知识可得 $\frac{h}{0.5 \text{ m}} = \frac{1.0 \text{ m}}{1.0 \text{ m} + 0.5 \text{ m}}$, 解得 $h = \frac{1}{3} \text{ m}$, 故做一次俯卧撑克服重力做功为 $W = mgh = \frac{550}{3} \text{ J}$, 所以他在 1 分钟内克服重力做功为 $W' = 36W = 6600 \text{ J}$, **B 正确**。

3. A 【解析】根据题意可知, f 与深度 L 成正比, 作出阻力与深度之间的关系图像如图所示。根据功的定义可知, 图线与横轴所围成的图形面积可表示克服阻力所做的功, 则克服阻力做功为 $W = \frac{1}{2} k (d_2^2 - d_1^2)$, 故 **A 正确**。



关键点拨 f 是变力, 根据 $f = kL$ 画出 $f-L$ 图像, 用图线与横轴所围图形的面积表示变力做的功, 其实是运用了取平均力的思想。

4. BC 【解析】0~3 m 物体做匀速直线运动, 由受力平衡可知阻力大小为 $f = F_1 = 4 \text{ N}$, 在 $x = 5 \text{ m}$ 处, 由图像可知拉力大小为 $F_2 = 7 \text{ N}$, 根据牛顿第二定律可得 $F_2 - f = ma$, 解得 $a = 1.5 \text{ m/s}^2$, 故 **A 错误**; 根据 $F-x$ 图像与横轴围成的面积表示拉力做的功, 可知 0~7 m 拉力对物体做功为 $W_F = 4 \times 3 \text{ J} + \frac{4+10}{2} \times (7-3) \text{ J} = 40 \text{ J}$, 故 **B 正确**; 0~7 m 物体克服阻力做功 $W_{f克} = fx = 4 \times 7 \text{ J} = 28 \text{ J}$, 故 **C 正确**; 0~7 m 合力对物体做功为 $W_{合} = W_F - W_{f克} = 40 \text{ J} - 28 \text{ J} = 12 \text{ J}$, 故 **D 错误**。

5. (1) 0.5 (2) 2.6 s (3) -128 J

【解析】(1) 当传送带逆时针转动时, 物块 Q 恰好处于平衡状态, 有 $\mu m_0 g = m_p g$, 可得 $\mu = 0.5$ 。

关键点: Q 静止时 P 也静止, 细线上拉力大小等于 P 的重力大小

(2) 传送带顺时针转动时, 设加速阶段细线的拉力大小为 T , 对 P 有 $m_p g - T = m_p a$,

对 Q 有 $T + \mu m_0 g = m_0 a$,

关键点: 抓住同一根细线上拉力大小相等, P 、 Q 的加速度大小相等

解得 $a = \frac{20}{3} \text{ m/s}^2$,

从 Q 开始运动至与传送带共速所用的时间为 $t_1 = \frac{v}{a} = \frac{8}{\frac{20}{3}} \text{ s} =$

1.2 s,

Q 在该过程中运动的位移大小为 $s_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 = \frac{1}{2} \times \frac{20}{3} \times 1.2^2 \text{ m} = 4.8 \text{ m}$,

由于 $s_1 < 16 \text{ m}$, 所以 Q 与传送带共速后做匀速直线运动, 匀速过程的位移大小为 $s_2 = 16 \text{ m} - 4.8 \text{ m} = 11.2 \text{ m}$, 匀速运动的时间为 $t_2 = \frac{11.2}{8} \text{ s} = 1.4 \text{ s}$,

则 Q 从 A 运动到 B 所用的时间为 $t_{总} = t_1 + t_2 = 2.6 \text{ s}$ 。

(3) Q 在加速过程中传送带对其做的功 $W_1 = \mu m_0 g s_1 = 96 \text{ J}$, Q 在匀速运动过程中传送带对其做的功 $W_2 = -\mu m_0 g \cdot s_2 = -224 \text{ J}$, 则 Q 从 A 运动到 B 的过程中, 传送带对 Q 做的功为

关键点: Q 与传送带共速前后摩擦力方向改变, 共速之前传送带对 Q 做正功, 共速之后, 传送带对 Q 做负功

$W = W_1 + W_2 = -128 \text{ J}$ 。

刷素养

6. ACD 【解析】选手沿竖直方向没有位移, 故重力对选手做功为 0, 故 **A 正确**; 选手处于游戏道具的斜面上, 受力平衡, 分析可知选手所受静摩擦力沿斜面向上, 根据平衡条件有 $f = mg \sin \theta$, 斜面对选手的摩擦力做的功为 $W_f = mg \sin \theta \cdot s \cdot \cos(\pi - \theta) = -mg \sin \theta \cos \theta$, 故 **B 错误**; 斜面对选手的支持力 $N = mg \cos \theta$, 则支持力做的功为 $W_N = N s \cos(90^\circ - \theta) = mg \sin \theta \cos \theta$, 故 **C 正确**; 斜面对选手的静摩擦力和支持力的合力与重力等大反向, 竖直向上, 与位移垂直, 做的总功为 0, 故 **D 正确**。

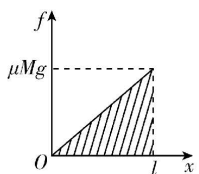
关键点: 采取先求合外力, 再求总功的方法

专题 1 变力做功的计算方法

刷题型

1. C 【解析】解法一: 小方块依次进入粗糙水平面, 摩擦力逐渐增大, 设小方块全部进入粗糙水平面时的摩擦力为 f , 则 $f = \mu Mg$, 整个过程中的平均摩擦力 $\bar{f} = \frac{0+f}{2} = \frac{1}{2} \mu Mg$, 摩擦力对所有小方块做的功 $W = \bar{f} \cdot l = \frac{1}{2} \mu Mgl$, 做功的大小为 $\frac{1}{2} \mu Mgl$, **C 正确**。

解法二: 摩擦力随位移的变化关系如图所示, 则摩擦力 f 做的功在数值上等于图线与横轴围成图形的面积, 即图中阴影部分的面积, 则摩擦力对所有小方块做功大小为 $W = \frac{1}{2} \mu Mgl$, **C 正确**。



关键点拨 在变力做功问题中, 用平均力代替变力进行计算是一种常见的方法。当力随位移均匀变化时, 平均力即为力的算术平均值。

2. BC 【解析】水的阻力对运动员做的功为 $W_f = -fx$, 故 **A 错误, B 正确**; 圆柱体的密度等于水的密度, 则圆柱体全部入水后所受浮力与重力大小相等, 从入水到整个圆柱体刚好全部入水过程, 水的浮力对运动员做的功为 $W_{浮1} = -\frac{0+mg}{2} L = -\frac{mgL}{2}$, 从整个圆柱体全部入水到速度减为零的过程, 水的浮力对运动员做的功为 $W_{浮2} = -mg(x-L)$, 则水的浮力对运动员做的功为 $W_{浮} = W_{浮1} + W_{浮2} = -\frac{mgL}{2} - mg(x-L) = -mg\left(x - \frac{L}{2}\right)$, 故 **C 正确, D 错误**。

- 3. B** 【解析】拉力 F 通过绳子拉动物块前进,物块受到绳子的拉力方向在改变,所以对物块来说 F 是变力,求 F 做功时可以把 F 作用的绳子端点作为研究对象,对该点来说 F 为恒力.设物块由 A 运动到 B 时, F 的作用点由 P 点运动到 Q 点,由几何关系可得 $PQ = \frac{H}{\sin \alpha} - \frac{H}{\sin \beta} = 0.5 \text{ m}$,拉力 F 所做的功为 $W_F = F \cdot PQ = 50 \times 0.5 \text{ J} = 25 \text{ J}$,**B 正确**.

方法总结 拉力 F 通过绳子对物块做功 W 的大小等于拉力 F 对绳子做功的大小,由功的定义可知, W 等于 F 和绳子端点在 F 方向上移动距离的乘积.

- 4. AD** 【解析】物体做匀速运动时,受力平衡,则 $f = F_1 = 8 \text{ N}$,则物体与水平面间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{f}{F_N} = \frac{F_1}{mg} = 0.4$,故 **A 正确**;由题图可知在 8 m 处拉力大小为 4 N ,根据牛顿第二定律可得 $f - F_2 = ma$,可得加速度大小为 $a = \frac{f - F_2}{m} = \frac{8 - 4}{2} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$,故 **B 错误**; $F-s$ 图像与横轴围成的面积表示拉力做的功,则有 $W_F = \frac{1}{2} \times (4 + 12) \times 8 \text{ J} = 64 \text{ J}$,滑动摩擦力做的功为 $W_f = -fs = -8 \times 12 \text{ J} = -96 \text{ J}$,所以合力做功大小为 $|W_{\text{合}}| = |W_F + W_f| = |64 \text{ J} + (-96 \text{ J})| = 32 \text{ J}$,故 **C 错误, D 正确**.

方法总结 $F-s$ 图像与横轴围成的面积表示 F 对物体做的功,根据力的方向与物体运动方向的关系,判断 F 对物体做功的正负,用图线与横轴围成的面积来计算力 F 做功的大小.

- 5. A** 【解析】将圆弧分成很多小段 l_1, l_2, \dots, l_n ,拉力 F 在每小段上做的功为 W_1, W_2, \dots, W_n ,因拉力 F 大小不变,方向始终与小球的运动方向成 37° 角,所以 $W_1 = Fl_1 \cos 37^\circ, W_2 = Fl_2 \cos 37^\circ, \dots, W_n = Fl_n \cos 37^\circ$,故 $W_F = W_1 + W_2 + \dots + W_n = F \cos 37^\circ (l_1 + l_2 + \dots + l_n) = F \cos 37^\circ \cdot \frac{\pi R}{3} = 10 \times 0.8 \times \frac{\pi}{3} \times 6 \text{ J} = 16\pi \text{ J}$,故 **A 正确, B 错误**;同理可得小球克服摩擦力做的功 $W_f = \mu mg \cdot \frac{\pi R}{3} = 8\pi \text{ J}$,故 **C、D 错误**.

关键点: 小球受到的摩擦力始终与运动方向相反

第2节 功率

刷基础

- 1. D** 【解析】根据 $P = \frac{W}{t}$ 可知,在相同时间内,做功多的机器,功率才大,故 **A 错误**;根据 $P = Fv$ 可知,发动机功率一定时,汽车的牵引力与速度成反比,故 **B 错误, D 正确**;公式 $P = \frac{W}{t}$ 求的是力在一段时间内的平均功率,故 **C 错误**.
- 2. C** 【解析】 F 增大到 $3F$ 时,其他力不变,故合力变为 $2F$,则加速度 $a = \frac{2F}{m}$, t 秒末的速度 $v = at = \frac{2Ft}{m}$,该力的瞬时功率 $P = 3Fv = \frac{6F^2 t}{m}$,**C 正确**.
- 易错点: 求的是该力的瞬时功率,不是合力的瞬时功率
- 3. B** 【解析】根据 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$,结合 $x = 2t + t^2 (\text{m})$,可知 $a = 2 \text{ m/s}^2, v_0 = 2 \text{ m/s}$,对小王,由牛顿第二定律有 $F - mg = ma$,其中 $m = 50 \text{ kg}$,联立解得支持力大小 $F = 600 \text{ N}$, 2 s 内升降机的位移

$x_1 = (2 \times 2 + 2^2) \text{ m} = 8 \text{ m}$,则升降机地板(水平)对小王的支持力做功的平均功率 $\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{Fx_1}{t} = \frac{600 \times 8}{2} \text{ W} = 2400 \text{ W}$,故选 **B**.

- 4. CD** 【解析】 6 s 内拉力所做的功为 $W = F s \cos 60^\circ$,位移为 $s = vt$,解得 $W = 120 \text{ J}$, 6 s 内拉力的平均功率为 $\bar{P} = \frac{W}{t} = 20 \text{ W}$,故 **A 错误, C 正确**;由于重力始终与位移方向垂直,做功为零,故 **B 错误**; 6 s 末拉力做功的瞬时功率为 $P = Fv \cos 60^\circ = 20 \text{ W}$,故 **D 正确**.

方法总结 平均功率、瞬时功率的求解方法

(1) 平均功率的求解

① 利用 $\bar{P} = \frac{W}{t}$;

② 利用 $\bar{P} = F \bar{v} \cos \alpha$,其中 F 为恒力, \bar{v} 为物体运动的平均速度.

(2) 瞬时功率的求解

① 利用公式 $P = Fv \cos \alpha$,其中 v 为瞬时速度;

② 利用公式 $P = Fv_F$,其中 v_F 为物体的速度在力 F 方向上的投影;

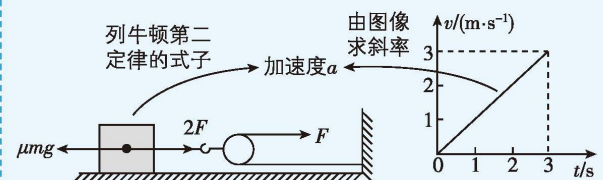
③ 利用公式 $P = F_v v$,其中 F_v 为物体受到的力在速度 v 方向上的分力.

- 5. B** 【解析】设气囊所构成的斜面的倾角为 θ ,则有 $\sin \theta = \frac{h}{L} = \frac{1}{2}$,可得 $\theta = 30^\circ$,乘客沿气囊滑下时所受的摩擦力为 240 N ,则有 $f = \mu mg \cos \theta$,解得该乘客沿气囊滑下时的动摩擦因数为 $\mu = \frac{4\sqrt{3}}{15}$,故 **A 错误**;对该乘客,根据牛顿第二定律可得 $mg \sin \theta - f = ma$,解得加速度大小为 $a = 1 \text{ m/s}^2$,根据运动学公式可得 $2aL = v^2$,解得该乘客下滑至底端时的速度大小为 $v = 4 \text{ m/s}$,则该乘客沿气囊下滑至底端时重力的瞬时功率为 $P = mgv \sin \theta = 1200 \text{ W}$,故 **C 错误**;该乘客沿气囊下滑至底端过程所用时间为 $t = \frac{v}{a} = 4 \text{ s}$,则该乘客沿气囊下滑至底端过程重力的平均功率为 $\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = 600 \text{ W}$,故 **D 错误**;整个过程中,摩擦力做功的大小 $W' = fL = 1920 \text{ J}$,则摩擦力做功的平均功率 $\bar{P}' = \frac{W'}{t} = 480 \text{ W}$,**B 正确**.

6. D

题图剖析

解答本题的关键是加速度的计算.对货物受力分析,由牛顿第二定律列式; $v-t$ 图像的斜率表示加速度,联立可解得加速度的大小.



- 【解析】 $v-t$ 图像的斜率表示加速度,由 $v-t$ 图像可得货物加速度 $a = 1 \text{ m/s}^2$,则工人拉绳子的加速度大小为 $a' = 2a = 2 \text{ m/s}^2$,故 **A 错误**;对货物,根据牛顿第二定律得 $2F - \mu mg =$
- 关键点: 相同时间内绳子自由端的位移大小是货物的 2 倍

ma , 解得 $F = 150 \text{ N}$, 故 **B 错误**; 前 3 s 内货物的位移 $x = \frac{1}{2}at^2 = 4.5 \text{ m}$, 所以前 3 s 内 F 做的功为 $W = 2Fx = 1350 \text{ J}$, 故

C 错误; 前 3 s 内 F 做功的平均功率 $\bar{P} = \frac{W}{t} = 450 \text{ W}$, 故 **D 正确**.

7. BC 【解析】由题图可知, 在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内, 物体竖直向下做匀加速直线运动, 且升降机对物体的作用力方向竖直向上, 与物体的运动方向相反, 故升降机对物体做负功, **A 错误**; 2 s 末, 物体速度为 $v = a_1 t_{02} = 4 \text{ m/s}$, 在 $2 \sim 6 \text{ s}$ 内物体加速度为 0, 做匀速直线运动, 位移大小为 $x_{26} = vt_{26} = 16 \text{ m}$, 升降机对物体做功 $W = -mgx_{26} = -160 \text{ J}$, **B 正确**; 第 7 s 末, 物体速度为 $v' = v + a_2 t_{67} = 2 \text{ m/s}$, 重力对物体做功的瞬时功率为 $P_G = mgv' = 20 \text{ W}$, **C 正确**; $0 \sim 2 \text{ s}$ 内物体位移大小为 $x_{02} = \frac{1}{2}a_1 t_{02}^2 = 4 \text{ m}$, $6 \sim 8 \text{ s}$ 内物体位移为 $x_{68} = vt_{68} + \frac{1}{2}a_2 t_{68}^2 = 4 \text{ m}$, 在 $0 \sim 8 \text{ s}$ 内, 重力对物体做功的平均功率为 $\bar{P}_G = \frac{mg(x_{02} + x_{26} + x_{68})}{t_{08}} = 30 \text{ W}$, **D 错误**.

8. (1) 18 J (2) 3 W (3) 1.5 J

【解析】(1) 由题图乙和题图丙可知, $0 \sim 2 \text{ s}$ 时间内水平拉力做功为 $W_1 = 0 \text{ J}$, 由题图丙可知 $2 \sim 6 \text{ s}$ 时间内物体的位移为 $x = \frac{1}{2} \times 3 \times 4 \text{ m} = 6 \text{ m}$, 水平拉力做功为 $W_2 = Fx = 3 \times 6 \text{ J} = 18 \text{ J}$. 则

→ **关键点:** $v-t$ 图像与 t 轴围成图形的面积表示位移

$0 \sim 6 \text{ s}$ 时间内水平拉力对物体所做的功为 $W = W_1 + W_2 = 18 \text{ J}$.
(2) 由题图丙可知, 在 $6 \sim 8 \text{ s}$ 时间内, 物体做匀速运动, 则此时摩擦力 f 的大小等于拉力 F 的大小, 由题图乙可知摩擦力大小为 $f = 2 \text{ N}$, $0 \sim 10 \text{ s}$ 时间内物体的总位移为 $x' = \frac{(8-6) + (10-2)}{2} \times 3 \text{ m} = 15 \text{ m}$, 则 $0 \sim 10 \text{ s}$ 时间内物体克服摩擦力所做的功为 $W_f = fx' = 2 \times 15 \text{ J} = 30 \text{ J}$, 物体克服摩擦力所做的功的平均功率为 $\bar{P} = \frac{W_f}{t} = \frac{30}{10} \text{ W} = 3 \text{ W}$.

(3) 由题图丙可知在 $2 \sim 4 \text{ s}$ 时间内, 物体发生的位移为 $x_1 = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$, $0 \sim 2 \text{ s}$ 内合力对物体所做的功为零, 则 $0 \sim 4 \text{ s}$ 时间内合力对物体所做的功为 $W_{\text{合}} = (F - f)x_1 = (3 - 2) \times 1.5 \text{ J} = 1.5 \text{ J}$.

9. AD 【解析】汽车在水平路面匀速行驶时, 有 $P = fv$, $F = f$, 若维持汽车的输出功率不变, 经过足够长的坡路匀速运动时, 有 $F' = f + mg \sin \theta$, 此时 $P = F'v'$, $v' < v$, 可见汽车刚上坡的时候做减速运动, 牵引力变大, 根据牛顿第二定律有 $f + mg \sin \theta - F_{\text{牵}} = ma$, 可知加速度逐渐减小, 汽车做加速度减小的减速运动, 最后做匀速运动, 故 **A 正确**, **B、C 错误**; 若维持汽车的速度大小不变, 由于牵引力逐渐增大, 根据 $P = Fv$ 可知, 需要增大汽车的输出功率, 故 **D 正确**.

10. A 【解析】由题意, 赛车行驶时受到的空气阻力跟速度的平方成正比, 即 $f = kv^2$, 赛车达到最大速度时发动机的功率为最大功率, 且 $F = f$, 又因为赛车发动机的最大功率为 $P = Fv$,

→ **关键点:** 机车运动达到最大速度时, 功率为额定功率, 牵引力与阻力大小相等

联立可解得 $P = kv^3$, 故若要将赛车的最大速度增加到原来的 n 倍, 则发动机的最大功率要增大到原来的 n^3 倍, **A 正确**.

刷易错

★ **易错点** 没有注意到瞬时功率公式 $P = Fv \cos \theta$ 中 F 与 v 的夹角 θ

11. AC 【解析】物体重力做功的功率 $P = mgv \cos (90^\circ - \theta) = mgv \sin \theta$, 故 **A 正确**, **B 错误**; 根据物体受力平衡知, 摩擦力的大小 $f = mg \sin \theta$, 则物体克服摩擦力做功的功率 $P' = fv = mgv \sin \theta$, 故 **C 正确**, **D 错误**.

教材变式 本题目由教材 P12 第 2 题演变而来, 教材考查了重力做功的瞬时功率, 本题延伸考查了物体克服摩擦力做功的功率.

易错分析 求解功率问题首先应注意求解的是瞬时功率还是平均功率. 如果求瞬时功率, 应使用 $P = Fv \cos \theta$ (θ 为 F 、 v 的夹角), 只有 F 、 v 同向时, 瞬时功率才等于 Fv . 而此题中重力与瞬时速度 v 不是同方向, 所以求重力的瞬时功率应注意乘 F 、 v 夹角的余弦值. 本题易错选 **B**.

刷提升

1. B 【解析】甲在步行梯上每秒上两级台阶, 则甲在步行梯上到达地面层的时间 $t_1 = \frac{7.5}{2 \times 0.15} \text{ s} = 25 \text{ s}$, 故 **A 错误**; 乙在自动扶梯上站立不动, 即乙的速度为 $v = 0.5 \text{ m/s}$, 则乙重力的功率 $P = mgv \cos (37^\circ + 90^\circ) = -150 \text{ W}$, 故 **B 正确**; 上行过程中, 甲

→ **关键点:** 重力与速度方向的夹角为钝角, 功率为负

的重力所做的功为 $W = -mgH = -50 \times 10 \times 7.5 \text{ J} = -3750 \text{ J}$, 故 **C**

错误; 乙到达地面层的时间 $t_2 = \frac{\frac{H}{\sin 37^\circ}}{v} = \frac{0.6}{0.5} \text{ s} = 25 \text{ s}$, 可知甲、乙同时到达地面层, 故 **D 错误**.

2. C

思路导引 对于多过程的运动, 在解题时先从简单的运动入手, 物体前 3 s 在水平方向上受两个力, 最后 1 s 在水平方向上只受摩擦力, 因此分析最后 1 s 的运动是解题的突破口.

【解析】在 $3 \sim 4 \text{ s}$ 内, 物体在摩擦力作用下做匀减速直线运动, 有 $\mu mg = ma_2$, 由 $v-t$ 图像可得该段时间内, 物体的加速度大小为 $a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3-0}{4-3} \text{ m/s}^2 = 3 \text{ m/s}^2$, 解得 $\mu = 0.3$, 故 **A 错误**; 在 $0 \sim 3 \text{ s}$ 内, 由牛顿第二定律可知 $F - \mu mg = ma_1$, 由 $v-t$ 图像可得 $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3-0}{3-0} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$, 解得 $F = 4 \text{ N}$, 故 **B 错误**; 根据 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移, 可得 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内物体位移大小为 $x_1 = \frac{4 \times 3}{2} \text{ m} = 6 \text{ m}$, 物体克服摩擦力做的功 $W = \mu mgx_1 = 18 \text{ J}$, 故 **C 正确**; 拉力 F 的最大功率为 $P = Fv_{\text{max}} = 4 \times 3 \text{ W} = 12 \text{ W}$, 故 **D 错误**.

3. ABD

思路导引 $P-t$ 图中图线与时间轴围成的面积即为拉力做的功, 在 $5 \sim 9 \text{ s}$ 内 $P = 0$, 即拉力为零时, 根据 $v-t$ 图像的斜率求得加速度大小, 应用牛顿第二定律可求得动摩擦因数; 在 $2 \sim 5 \text{ s}$ 内物块做匀速运动, 根据平衡条件和 $P = Fv$ 结合求出物块的质量.

【解析】由 $P-t$ 图像可知, 在 $5 \sim 9 \text{ s}$ 内, 拉力为零, 由牛顿第二定律可得 $a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$, 由 $v-t$ 图像可知, 在 $5 \sim 9 \text{ s}$ 时间内, 加

速度的大小为 $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4.0}{4} \text{ m/s}^2 = 1.0 \text{ m/s}^2$, 联立解得 $\mu = 0.1$, 故 **A 正确**; 由 $P-t$ 图像中图线与时间轴所围成的面积表示拉力做的功, 故物块运动全过程水平拉力所做的功为 $W = \frac{1}{2} \times 12.0 \times 2 \text{ J} + 4.0 \times 3 \text{ J} = 24 \text{ J}$, 故 **B 正确**; 由 $v-t$ 图像可知, 物块在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内做匀加速运动, 当 $t_1 = 2 \text{ s}$ 时, $v_1 = 4.0 \text{ m/s}$, 又 $P_1 = 12 \text{ W}$, 由 $P_1 = F_1 v_1$, 可得 $F_1 = \frac{P_1}{v_1} = \frac{12.0}{4.0} \text{ N} = 3 \text{ N}$, 故 **C 错误**; 在 $2 \sim 5 \text{ s}$ 内物块做匀速运动, 根据平衡条件有 $F_2 = \mu mg$, 又 $P = F_2 v_1$, 由题图乙知 $P = 4.0 \text{ W}$, $v_1 = 4.0 \text{ m/s}$, 联立解得 $m = 1 \text{ kg}$, 故 **D 正确**.

4. AC 【解析】从轮胎开始运动到绳断的过程中, 设轮胎受到的支持力为 F_N , 此过程中轮胎的加速度大小为 a_1 , 对轮胎进行受力分析, 可得 $F \cos 37^\circ - \mu F_N = ma_1$, $F_N = mg - F \sin 37^\circ$, 代入数据可得 $a_1 = \frac{8}{3} \text{ m/s}^2$, 轮胎被拖着从静止开始沿着水平直线跑道移动的位移大小为 $x_1 = 3 \text{ m}$, 而后开始做减速运动, 则轮胎速度的最大值满足 $v^2 = 2a_1 x_1$, 解得 $v = 4 \text{ m/s}$, **A 正确**; 绳子断后, 轮胎做匀减速直线运动, 设其减速运动的加速度大小为 a_2 , 则 $\mu mg = ma_2$, 解得 $a_2 = 8 \text{ m/s}^2$, 设轮胎又前进了 x_2 停下, 则 $v^2 = 2a_2 x_2$, 解得 $x_2 = 1 \text{ m}$, **B 错误**; 从轮胎开始运动到绳断的过程中, 绳子对轮胎所做功 $W = F x_1 \cos 37^\circ = 300 \times 3 \times 0.8 \text{ J} = 720 \text{ J}$, 该过程的时间 $t = \frac{v}{a_1} = \frac{4}{\frac{8}{3}} \text{ s} = 1.5 \text{ s}$, 绳子对轮胎

所做功的平均功率 $P = \frac{W}{t} = \frac{720}{1.5} \text{ W} = 480 \text{ W}$, **C 正确**; 从轮胎开始运动到绳断的过程中, 轮胎受到的摩擦力 $f_1 = \mu F_N = \mu(mg - F \sin 37^\circ) = 0.8 \times (36 \times 10 - 300 \times 0.6) \text{ N} = 144 \text{ N}$, 绳子断后, 轮胎受到的摩擦力 $f_2 = \mu mg = 0.8 \times 36 \times 10 \text{ N} = 288 \text{ N}$, 从轮胎开始

→ **易错点:** 绳子断后轮胎所受地面支持力变化, 则摩擦力大小发生变化

运动到停下的过程中, 跑道对轮胎的摩擦力所做的功为 $W_f = -f_1 x_1 + (-f_2 x_2) = -144 \times 3 \text{ J} + (-288 \times 1) \text{ J} = -720 \text{ J}$, **D 错误**.

5. (1) 8 s (2) 68 J (3) 100 W

【解析】(1) 设物块沿传送带向上的加速度为 a , 由牛顿第二定律得 $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$,

解得 $a = 0.4 \text{ m/s}^2$,

物块从开始释放至与传送带共速, 经历的时间和位移分别为

$$t_1 = \frac{v}{a} = \frac{2}{0.4} \text{ s} = 5 \text{ s}, s_1 = \frac{v^2}{2a} = 5 \text{ m} < L,$$

因为 $mg \sin \theta < \mu mg \cos \theta$, 所以物块与传送带共速后随传送带

向上一一起做匀速运动, 匀速过程经历的时间为 $t_2 = \frac{L-s_1}{v} = 3 \text{ s}$,

每个物块在传送带上运动的时间 $t = t_1 + t_2 = 8 \text{ s}$.

(2) 物块在加速过程中摩擦力对其做功为

$$W_1 = \mu mg \cos \theta \cdot s_1 = 32 \text{ J},$$

物块匀速运动过程中摩擦力为 $f_{\text{静}} = mg \sin \theta$, 该过程中摩擦力

→ **易错点:** 注意共速后摩擦力突变为静摩擦力

做功为 $W_2 = f_{\text{静}}(L-s_1) = 36 \text{ J}$,

所以将每一个物块从 A 运送到 B 的过程中, 传送带对物块做的功为 $W = W_1 + W_2 = 68 \text{ J}$.

(3) 分析可知当第一个物块刚好离开传送带时, 传送带上共有 8 个物块, 其中有 3 个达到了相对静止, 有 5 个处于相对滑动状态, 此时传送带受到总的摩擦力大小为 $f_{\text{总}} =$

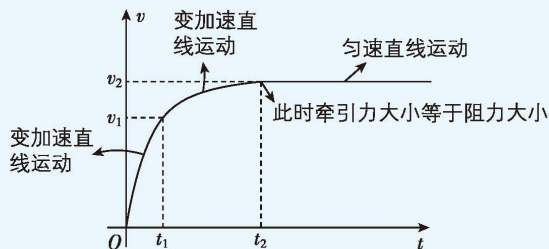
$5\mu mg \cos \theta + 3mg \sin \theta = 50 \text{ N}$, 所以当第一个物块刚好离开传送带时, 传送带克服其与物块间的摩擦力做功的瞬时功率为 $P = f_{\text{总}} v = 100 \text{ W}$.

专题 2 机车启动的两种方式

刷题型

1. B

思路导引



【解析】 $v-t$ 图像的切线斜率代表加速度, $0 \sim t_2$ 时间内图像切线斜率变化, 则加速度变化, 汽车做变加速直线运动, 故 **A 错误**;

根据 $P = Fv_2$, 得 t_2 时刻汽车受到的牵引力大小为 $F = \frac{P}{v_2}$,

故 **B 正确**; 加速过程中牵引力做功为 $W = Pt_2$, 故 **C 错误**; 汽车速度达到最大值时, 牵引力大小等于阻力大小, 则汽车受到的

阻力大小 $f = F = \frac{P}{v_2}$, 故 **D 错误**.

2. A 【解析】由题意可知, $0 \sim t_1$ 汽车在平直路面做匀速直线运动, 汽车的速度不变, 牵引力不变; $t_1 \sim t_2$ 汽车做减速运动, 该阶段有 $P = Fv$, 根据牛顿第二定律有 $mg \sin \theta + F_f - F = ma$, 由于汽车的发动机功率不变, 可知, 随着汽车速度逐渐减小, 牵引力逐渐增大, 则汽车的加速度逐渐减小, 即汽车做加速度减小的减速运动, 由于加速度越来越小, 所以 $v-t$ 图线的切线斜率的绝对值越来越小直至为零, 故选 A.

注意说明 用公式 $P = Fv$ 处理机车启动问题时应注意的问题

(1) 公式 $P = Fv$ 中的 F 指的是机车的牵引力, 而不是合外力.

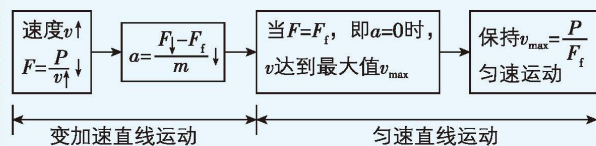
(2) 只有机车在水平路面上匀速运动时, 牵引力 F 的大小才等于它受到的阻力 F_f 的大小.

(3) 机车以恒定加速度启动时, 匀加速运动结束时的速度并没有达到最终匀速运动的速度 v_m .

3. AC

模型构建

机车以恒定功率启动, 分析过程如下:



【解析】根据牛顿第二定律和瞬时功率公式可得 $F - f = ma$,

$$P = Fv, \text{ 解得 } a = \frac{P}{m} \cdot \frac{1}{v} - \frac{f}{m}, \text{ 图像的斜率为 } k = \frac{a_1 - (-a_0)}{\frac{1}{v_1}} =$$

→ **突破点:** 找出 a 与 $\frac{1}{v}$ 的函数关系式

$$(a_1 + a_0)v_1 = \frac{P}{m}, \text{ 纵截距为 } -a_0 = -\frac{f}{m}, \text{ 当 } a = 0 \text{ 时有 } \frac{P}{m} \cdot \frac{1}{v} =$$

$\frac{f}{m}$, 解得 $\frac{1}{v} = \frac{a_0}{(a_1 + a_0)v_1}$, 故 **A 正确**; 因为 $(a_1 + a_0)v_1 = \frac{P}{m}$, 所以 $P = (a_1 + a_0)mv_1$, 故 **B 错误**; 汽车的最大速度为 $v_m = \frac{P}{f} = \frac{\frac{P}{m}}{\frac{f}{m}} = \frac{(a_1 + a_0)v_1}{\frac{f}{m}}$, 故 **C 正确**; 根据功率公式可得 $P = F' \cdot \frac{v_1}{2}$, 解得 $F' = 2m(a_1 + a_0)$, 故 **D 错误**.

4. (1) $1 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{s/m}$ (2) $2.25 \times 10^6 \text{ W}$ (3) $2.7 \times 10^{10} \text{ J}$

【解析】(1) 根据牛顿第二定律得 $F - F_f = ma$, 当 $a = 0$, 即 $F = F_f$ 时, 速度最大, 即 $v_m = 30 \text{ m/s}$, 根据 $P = Fv$ 得 $P = F_f v_m = kv_m^2$, 解得 $k = \frac{P}{v_m^2} = \frac{9 \times 10^6}{30^2} \text{ N} \cdot \text{s/m} = 1 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{s/m}$.

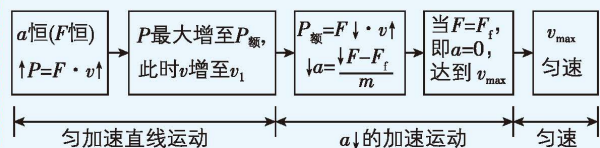
(2) 当气垫船以 $v_1 = 15 \text{ m/s}$ 的速度匀速航行时, 根据 $F_1 = F_f$, $P = Fv$ 得 $P_{\text{实}} = F_{f1} v_1 = kv_1^2 = 1 \times 10^4 \times 15^2 \text{ W} = 2.25 \times 10^6 \text{ W}$.

(3) 根据 $W = Pt$ 得 $W = Pt = 9 \times 10^6 \times 50 \times 60 \text{ J} = 2.7 \times 10^{10} \text{ J}$.

5. B

模型构建

机车以恒定加速度启动, 分析过程如下 ($v_1 = \frac{P_{\text{额}}}{F_{\text{max}}}$, $v_{\text{max}} = \frac{P_{\text{额}}}{F_f}$):



【解析】汽车受到的阻力大小 $F_{\text{阻}} = \frac{1}{10}mg = 2 \times 10^3 \text{ N}$, **A 错误**;

根据图像, 可得前 5 s 内的加速度大小 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 2 \text{ m/s}^2$, 由牛顿第二定律有 $F - F_{\text{阻}} = ma$, 解得 $F = 6 \times 10^3 \text{ N}$, 故 **B 正确**; $t = 5 \text{ s}$ 时, 汽车功率达到额定功率, 汽车的额定功率为 $P_{\text{额}} = Fv = 6 \times 10^3 \times 10 \text{ W} = 6 \times 10^4 \text{ W} = 60 \text{ kW}$, 故 **C 错误**; 汽车的最大速度 $v_m = \frac{P_{\text{额}}}{F_{\text{阻}}} = \frac{6 \times 10^4}{2 \times 10^3} \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$, 故 **D 错误**.

方法总结 机车启动问题中几个物理量的求法

(1) 机车的最大速度 v_m 的求法:

机车最终匀速前进时速度最大, 此时牵引力 F 的大小等于阻力 F_f , 故 $v_m = \frac{P_{\text{额}}}{F} = \frac{P_{\text{额}}}{F_f}$.

(2) 瞬时加速度的求法:

根据 $F = \frac{P}{v}$ 求出牵引力, 则加速度 $a = \frac{F - F_f}{m}$.

(3) 匀加速启动持续时间的求法:

牵引力 $F = ma + F_f$, 匀加速的最大速度 $v_m' = \frac{P_{\text{额}}}{ma + F_f}$, 时间 $t = \frac{v_m'}{a}$.

6. ACD 【解析】由题图乙可知, 机车在 BC 段的斜率 $k = Fv = P$ 不变, 则机车功率恒定, 当速度最大时, 机车匀速行驶, 机车所受阻力大小恒定, 等于此时机车牵引力的大小, 则有 $f = F_1 = 1.5 \times 10^5 \text{ N}$, 故 **A 正确**; 由题图乙可知, 机车的最大速度为 $v_m = 60 \text{ m/s}$, 则机车运动的额定功率 $P = F_1 v_m = 1.5 \times 10^5 \times$

$60 \text{ W} = 9 \times 10^6 \text{ W}$, 故 **B 错误**; 机车匀加速运动的末速度 $v = \frac{P}{F_2} = \frac{9 \times 10^6}{4.5 \times 10^5} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$, AB 段机车以恒定加速度运动, 由题图甲可知该阶段机车的加速度为 $a = 0.5 \text{ m/s}^2$, 机车匀加速运动的时间 $t_0 = \frac{v}{a} = 40 \text{ s}$, 故 **C 正确**; 根据牛顿第二定律, 结合题图甲可得 $F_2 - f = ma$, 解得 $m = 6 \times 10^5 \text{ kg}$, 故 **D 正确**.

7. BD 【解析】电车匀加速阶段, 根据位移公式有 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2$, 变形有 $\frac{x}{t^2} = \frac{v_0}{t} + \frac{1}{2} a_0$, 结合题图可得 $v_0 = \frac{2-1}{0.1} \text{ m/s}$, $\frac{1}{2} a_0 = 1 \text{ m/s}^2$, 解得 $v_0 = 10 \text{ m/s}$, $a_0 = 2 \text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律有 $F_0 - f = ma_0$, 解得 $F_0 = 6000 \text{ N}$, 故 **A 错误**; 由于 $\frac{1}{t_1} = 0.1 \text{ s}^{-1}$, 则 $t_1 = 10 \text{ s}$, 匀加速过程的末速度 $v_1 = v_0 + a_0 t_1 = 30 \text{ m/s}$, 则电车发动机的额定功率 $P_{\text{额}} = F_0 v_1 = 180 \text{ kW}$, 故 **B 正确**; 由题意可知, 匀加速阶段之后, 功率一定, 根据 $P_{\text{额}} = Fv$, $F - f = ma$, 可知速度增大, 牵引力减小, 加速度减小, 电车开始做加速度减小的加速运动, 当牵引力与阻力平衡时, 开始做匀速直线运动, 速度达到最大值, 则有 $P_{\text{额}} = f v_{\text{max}}$, 解得 $v_{\text{max}} = 45 \text{ m/s}$, 故 **C 错误**; 结合上述分析可知, 匀加速过程有 $v_1 = a_0 t$, 解得 $t = 15 \text{ s}$, 故 **D 正确**.

8. AB 【解析】汽车匀速行驶过程中所受的阻力大小为 $f = \frac{P_1}{v} = 600 \text{ N}$, 故 **A 正确**; 汽车刚进入制动状态的瞬间, 主动刹车系统提供的制动力大小为 $F = \frac{P_2}{v} = 2400 \text{ N}$, 故 **B 正确**; 汽车刚进入制动状态的瞬间, 所受合力大小为 $F_{\text{合}} = F + f = 3000 \text{ N}$, 故 **C 错误**; 汽车刚进入制动状态的瞬间, 加速度大小为 $a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = 1.5 \text{ m/s}^2$, 故 **D 错误**.

9. A 【解析】 $t = 0$ 时刻以前, 汽车匀速行驶, 阻力 $f = \frac{P}{v_0}$, 当汽车功率变为 $\frac{P}{3}$ 后, $\frac{P}{3} = Fv_0$, 根据牛顿第二定律得, 汽车的加速度大小 $a = \frac{f - F}{m} = \frac{2P}{3mv_0}$, 故 **A 正确**; t_1 时刻, 汽车以 $\frac{P}{3}$ 功率做匀速直线运动, 此时牵引力等于阻力, 则 $\frac{P}{3} = f v_1$, 联立解得 $v_1 = \frac{v_0}{3}$, 故 **B 错误**; 若汽车在 $0 \sim t_1$ 时间内做匀减速直线运动, 则 $s = \left(v_0 + \frac{v_0}{3}\right) t_1 \cdot \frac{1}{2} = \frac{2}{3} v_0 t_1$, 但在 $0 \sim t_1$ 时间内汽车加速度变化, 故 **C 错误**; 在 $0 \sim t_1$ 时间内汽车发动机所做功为 $W = \frac{P}{3} t_1$, 故 **D 错误**.

刷难关

1. BC 【解析】汽车在平直公路上以额定功率 P 启动时, 有 $P = Fv$, 可知汽车速度增大, 牵引力逐渐减小, 故 **A 错误**; t_1 时刻起汽车以最大速度 v_m 匀速行驶, 阻力与牵引力平衡, 则阻力大小为 $f = \frac{P}{v_m}$, 故 **B 正确**; 牵引力的功率恒定不变, 则在 $0 \sim t_1$ 时间内牵引力对汽车做的功为 $W = Pt_1$, 故 **C 正确**; $v-t$ 图像与

t 轴围成的面积表示位移,结合几何关系可知汽车行驶的距离大于 $\frac{v_m t_1}{2}$,故 **D 错误**。

- 2. D** 【解析】设每节车厢受到的阻力为 F_f ,稳定后动车组模型做匀速运动,选 4~10 车厢为研究对象,两种情况下车厢 3 对车厢 4 的拉力 $F_{34}=7F_f$,不变,故 **A、B 错误**;设每节车厢动力装置开启时的输出功率均为 P ,开启第 1、2 车厢动力装置时稳定后速度为 v_1 ,加开第 3 车厢动力装置时稳定后速度为 v_2 ,则 $\frac{2P}{v_1}=10F_f$, $\frac{3P}{v_2}=10F_f$,解得 $v_1=\frac{P}{5F_f}$, $v_2=\frac{3P}{10F_f}$,车厢 3 对车厢 4 的拉力功率两种情况下分别为 $P_1=7F_f \cdot v_1=\frac{7}{5}P$, $P_2=7F_f \cdot v_2=\frac{21}{10}P$,故 $P_1 < P_2$,车厢 3 对车厢 4 的拉力功率变大,故 **C 错误, D 正确**。

- 3. C** 【解析】0~15 s 内,牵引力做的功 $W=F \cdot \frac{1}{2}at^2$,所以 $\frac{W}{t}=F \cdot \frac{1}{2}at$,故 $\frac{1}{2}Fa=\frac{60 \times 10^3}{15} \text{ J/s}^2=4 \times 10^3 \text{ J/s}^2$,解得 $F=4\,000 \text{ N}$,当 $t=15 \text{ s}$ 时,有 $P_{\text{额}}=Fv=F \cdot at=4\,000 \times 2 \times 15 \text{ W}=1.2 \times 10^5 \text{ W}$,故 **A 错误**;由 $F-f=ma$,代入题中数据解得 $f=2\,400 \text{ N}$,当 $a=0$,即 $F'=f$ 时,速度达到最大,有 $v_m=\frac{P_{\text{额}}}{f}=50 \text{ m/s}$,故 **B、D 错误**;前 5 s 内牵引力做的功 $W'=F \cdot \frac{1}{2}at_0^2=1 \times 10^4 \text{ J}$,故 $\bar{P}=\frac{W'}{t_0}=2 \times 10^4 \text{ W}$,故 **C 正确**。

→ **关键点:** 牵引力不变,加速度不变,可求出 W'

- 4. (1)** $\frac{4}{7} \text{ m/s}$ (2) 1.6 W 0.1 m/s

【解析】(1) 由 $P=Fv$ 可知, $P-v$ 图线的斜率等于物体受到的牵引力,若 s 足够长,物体先做匀加速直线运动再做变加速直线运动,达到最大速度后做匀速直线运动,速度最大时有

$$P_m=\mu_1 mg v_m, \text{ 解得 } v_m=\frac{4}{7} \text{ m/s}.$$

(2) 由图像可得匀加速过程电动机对物体的拉力大小 $F=\frac{P_m}{v}=\frac{2}{0.5} \text{ N}=4 \text{ N}$,加速度大小 $a_1=\frac{F-\mu_1 mg}{m}=0.5 \text{ m/s}^2$,假设物体进入粗糙材料铺设的地面前一直做匀加速直线运动,则物

→ **关键点:** 假设法处理运动情况不确定的问题

体刚进入粗糙材料时的速度大小为 $v_1=\sqrt{2a_1 s}=0.4 \text{ m/s} < 0.5 \text{ m/s}$,假设成立,此时电动机的输出功率为 $P_1=Fv_1=$

1.6 W ,加速度大小为 $a_2=\frac{\mu_2 mg-F}{m}=0.5 \text{ m/s}^2$,方向与物体运动方向相反,所以物体进入粗糙材料铺设的地面后做匀减速运动,设物体离开粗糙材料时的速度大小为 v_2 ,则有 $v_1^2-v_2^2=2a_2 d$,解得 $v_2=0.1 \text{ m/s}$ 。

第 1~2 节综合训练

刷综合

- 1. D** 【解析】轿车在竖直移动和水平移动过程中都可认为速度大小不变,即加速度为零,摩擦力为零,所以摩擦力做功为零, **A 错误**;竖直抬升过程支持力与重力平衡,支持力做功与克服重力做功相等, **B 错误**;竖直抬升过程移动板对轿车做的功 $W=Fh=mgh=4 \times 10^4 \text{ J}$, **C 错误**;整个过程移动板对轿车

做功的平均功率为 $P=\frac{W}{t}=\frac{4 \times 10^4}{25} \text{ W}=1.6 \times 10^3 \text{ W}$, **D 正确**。

- 2. D** 【解析】由题图可知物体做匀速直线运动,则 0 至 t_0 时间内,拉力大小为 f ,做功为 $W_1=fx_0$,故 **A 错误**; t_0 至 $2t_0$ 时间内,拉力大小为 $2f$,做功为 $W_2=2fx_0$,故 **B 错误**;物体的速度大小为 $v=\frac{x_0}{t_0}$, $1.5t_0$ 时刻拉力的功率为 $P=2fv=\frac{2fx_0}{t_0}$,故 **C 错误**; 0 至 $2t_0$ 时间内,拉力的平均功率为 $\bar{P}=\frac{W_1+W_2}{2t_0}=\frac{3fx_0}{2t_0}$,故 **D 正确**。

- 3. BCD** 【解析】由题意知汽车发动机的功率为 P_1 、 P_2 时,汽车匀速运动的速度 v_1 、 v_2 满足 $P_1=fv_1$, $P_2=fv_2$,即 $v_1=\frac{P_1}{f}$, $v_2=\frac{P_2}{f}$ 。若 $t=0$ 时刻 $v_0 < v_1$,则 0~ t_1 时间内汽车先加速,有 $\frac{P_1}{v}-f=ma_1$,则 a_1 随着 v 的增大而减小,直到 $a_1=0$ 时开始以 $v_1=\frac{P_1}{f}$ 匀速运动, **B、D 错误**。若 $v_0=v_1$,汽车在 0~ t_1 时间内匀速运动,在 t_1 时刻,发动机的功率突然由 P_1 增大到 P_2 ,而瞬时速度还没来得及变化,则由 $P=Fv$ 可知牵引力突然增大,汽车立即开始做加速运动,有 $\frac{P_2}{v}-f=ma_2$,则 a_2 随 v 的增大而减小,直到 $a_2=0$ 时开始以速度 $v_2=\frac{P_2}{f}$ 匀速运动, **A 正确, C 错误**。因选项中不涉及 $v_0 > v_1$ 的情况,故不作分析。本题选不可能的,故选 **B、C、D**。

- 4. (1)** 12 m/s (2) $3\,120 \text{ N}$ (3) 54.72 kW

【解析】(1) 汽车刚驶入减速区时速度最大,在减速区运动时,有 $\frac{v_m+v}{2}=\frac{x}{t}$,

解得 $v_m=12 \text{ m/s}$ 。

(2) 根据对称性可知,汽车加速与减速时加速度大小相等,在

加速区速度从 v 增加到 v_m ,则 $a=\frac{v_m-v}{t}=0.8 \text{ m/s}^2$,

减速过程,由牛顿第二定律得 $f_1-F=ma$,

加速过程,由牛顿第二定律得 $F-f_2=ma$,

联立解得 $F=4\,560 \text{ N}$, $f_2=3\,120 \text{ N}$ 。

(3) 汽车速度最大时,发动机输出功率最大, $P_{\text{出}}=Fv_m=54.72 \text{ kW}$ 。

第 3 节 动能和动能定理

课时 1 动能定理的理解及简单应用

刷基础

- 1. C** 【解析】一个物体的动能大小是由物体的质量和速度大小共同决定的,与速度方向无关,如果物体只是速度方向发生变化,动能不变, **A 错误**。若合外力不为零,则速度一定变化,速度变化可分为三种情况:(1) 只有大小发生变化,(2) 只有方向发生变化,(3) 大小和方向都发生变化;若速度只是方向发生变化,则动能不变, **B 错误**。若物体的动能发生变化(如果题目没有特别说明,通常默认为质量不变),则速度大小一定发生改变,即运动状态发生改变, **C 正确**。物体的速度变化量大,可能是速度方向变化而速度大小不变,此时动能不变, **D 错误**。

2. C 【解析】设物体 a 、 b 的初动能为 E_{k0} , 则有 $E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2$, 又 $m_a < m_b$, 可知 $v_{a0} > v_{b0}$, 两物体经相同的时间停下来, 则有 $x = \frac{v_0}{2}t$, 可知 $x_a > x_b$, 从开始到停下来, 根据动能定理有 $-Fx = 0 - E_{k0}$, 则 $F = \frac{E_{k0}}{x}$, 可知 $F_a < F_b$, 故选 C.

3. C 【解析】由题图(b)可知, 甲下滑过程中做匀加速直线运动, 故甲沿 II 下滑, 乙下滑过程中做加速度逐渐减小的加速运动, 由 $v-t$ 图像可知, 乙的加速度先大于甲后小于甲, 由动能定理有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 故甲、乙到达 N 点的速率相同, 故乙沿 I 下滑且率先到达 N 点, 任意时刻甲的速度都小于乙的速度, 可知同一时刻甲的动能比乙的小, 故 A、B、D 错误; 乙沿 I 下滑, 开始时乙的速度为零, 到 N 点时乙竖直方向速度为零, 根据功率公式 $P = Fv$ 可知乙的重力功率先增大后减小, 故 C 正确.

4. (1) 不需要 (2) D (3) D

【解析】(1) 实验中, 根据力传感器的读数可以直接求出小车受到的拉力, 不需要满足小车的质量 M 远大于砂和砂桶的总质量 m .

(2) 根据题意知小车开始做加速运动, 对 m 进行研究, 对于单个动滑轮, 其绳端速度是小车速度的两倍, m 运动的距离为小车运动距离的两倍, 则有 $v_m = 2v$, 根据动能定理有 $(mg -$

易错点: 注意此处是以砂和砂桶为研究对象

$$T) \cdot 2L = \frac{1}{2}mv_m^2 = \frac{1}{2}m(2v)^2, \text{ 故选 D.}$$

(3) 理论线为 $\Delta E_k = W = mgx$, 由于实验前遗漏了平衡摩擦力,

$$\text{有 } mgx - \mu Mg x = \frac{1}{2}(M+m)v^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_0^2, \text{ 令 } k = \frac{m}{M}, \text{ 上式变}$$

$$\text{形得 } \left(1 - \frac{\mu}{k}\right) mgx = (1+k) \left(\frac{1}{2}Mv^2 - \frac{1}{2}Mv_0^2\right), \text{ 化简得}$$

$$\left(1 - \frac{\mu}{k}\right) W = (1+k) \Delta E_k, \text{ 可得 } \Delta E_k = \frac{k-\mu}{k+k^2} W, \text{ 可知 } \Delta E_k \text{ 与 } W \text{ 仍}$$

$$\text{成正比, 由于 } k - \mu - (k+k^2) = -\mu - k^2 < 0, \text{ 所以 } \frac{k-\mu}{k+k^2} < 1, \text{ 则图像中}$$

实验图线的斜率小于理论图线的斜率. 故选 D.

5. CD 【解析】滑块上滑过程中, 斜面支持力始终与速度方向垂直, 则支持力对滑块不做功, 故 A 错误; 摩擦力对滑块做的

$$\text{功为 } W = -\mu mg \cos \theta \cdot \frac{h}{\sin \theta} = -\frac{\mu mgh}{\tan \theta}, \text{ 故 B 错误; 重力对滑块做}$$

易错点: 功有正负, 注意摩擦力对滑块做负功

的功为 $-mgh$, 则滑块克服重力做的功为 mgh , 故 C 正确; 上升到最高点时滑块速度为零, 由动能定理知合外力对滑块做的

$$\text{功为 } W_{\text{合}} = \Delta E_k = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{1}{2}mv_0^2, \text{ 故 D 正确.}$$

6. A 【解析】由题图可知, 滑块以 9.5 J 的初动能滑行 5 m 后停止, 滑块所受的合力大小等于滑动摩擦力大小, 对滑块, 由动能定理得 $-\mu mgx = 0 - E_{k0}$, 解得 $\mu = 0.01$, 设滑块的初速度大小为

$$v, \text{ 则有 } \frac{1}{2}mv^2 = E_{k0}, \text{ 解得 } v = \sqrt{\frac{2 \times 9.5}{19}} \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}, \text{ 滑块的加}$$

$$\text{速度大小为 } a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 0.1 \text{ m/s}^2, \text{ 则滑块在该水平面上滑}$$

$$\text{动的时间为 } t = \frac{v}{a} = 10 \text{ s}, \text{ A 正确.}$$

7. B 【解析】足球从水平地面踢出到达最高点的过程, 由动能定理有 $W - mgh = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 代入数据得 $W = 100 \text{ J}$, 故选 B.

8. B 【解析】 $F = k \frac{1}{v}$, 可知 $P = F \cdot v = k$, 故力 F 做功为 $W_F = P \cdot t = kt$, 摩擦力做功为 $W_f = -\mu mg \cdot s_{AC}$, 根据动能定理有 $kt - \mu mgs_{AC} = 0$, 解得 $s_{AC} = \frac{kt}{\mu mg}$, 故选 B.

9. D 【解析】由题图可知, 在 $0 \sim 1 \text{ m}$ 内, 拉力与位移为线性关系, 根据 $F-x$ 图像与 x 轴围成的面积表示拉力做的功, 可得 $W = \frac{5+10}{2} \times 1 \text{ J} = 7.5 \text{ J}$, A 错误; $0 \sim 1 \text{ m}$ 内, 物体克服摩擦力做功为 $W_f = \mu mgx_1 = 0.5 \times 1 \times 10 \times 1 \text{ J} = 5 \text{ J}$, B 错误; $0 \sim 2 \text{ m}$ 内, 物体克服摩擦力做功为 $W_f = \mu mgx_2 = 0.5 \times 1 \times 10 \times 2 \text{ J} = 10 \text{ J}$, C 错误; $1 \sim 2 \text{ m}$ 内, 拉力 F 对物体做功为 $W' = 5 \times 1 \text{ J} = 5 \text{ J}$, $0 \sim 2 \text{ m}$ 内, 由动能定理可得 $\Delta E_k = W + W' - W_f = 7.5 \text{ J} + 5 \text{ J} - 10 \text{ J} = 2.5 \text{ J}$, D 正确.

刷易错

★易错点 恒力做功和变力做功的求解混淆

10. B 【解析】把小球从最低位置 P 缓慢地拉至轻绳与竖直方向夹角为 θ 处的过程中, 对小球受力分析可知, 拉力 F 逐渐变大, 拉力是变力, 则拉力 F 所做的功不等于 $Fl \sin \theta$, 由动能

关键点: $F = mg \tan \theta$, θ 逐渐变大, F 逐渐变大

定理有 $W_F - mgl(1 - \cos \theta) = 0 - 0$, 可得 $W_F = mgl(1 - \cos \theta)$, A 错误, B 正确; 绳的拉力方向与位移的方向总是垂直, 则所做的功为零, C 错误; 小球始末状态动能不变, 则合力所做的功为零, D 错误.

教材变式 本题目由教材 P31 第 3 题演变而来, 教材考查了水平拉力做的功, 而本题延伸考查了小球所受合力做的功和轻绳拉力做的功.

易错分析 易误认为拉力 F 是恒力, 其实小球在水平拉力的作用下, 从 P 点缓慢地移动到 Q 点, 随着夹角 θ 的变化, 水平拉力 F 是变化的, 故不能利用功的公式 $W = F s \cos \theta$ 求解, 可根据动能定理进行求解.

刷提升

1. BD 【解析】物块的加速度 $a = \frac{F - \mu mg}{m} = 2 - 2x \text{ (m/s}^2\text{)}$, 则 $x = 1 \text{ m}$ 时 $a = 0$; 当 $x \leq 1 \text{ m}$ 时加速度随 x 增加逐渐减小; 当 $x > 1 \text{ m}$ 时加速度随 x 增加反向增大, A 错误. 因为加速度方向先向右后向左, 可知物块的速度先向右增大后减小至零, B 正确. 由对称性可知, 当物块向右运动 $x = 2 \text{ m}$ 时速度减为零, 则摩擦力对物块做的功为 $W_f = -\mu mgx = -8 \text{ J}$, 根据动能定理有 $W_F + W_f = 0$, 可知拉力对物块做的功为 $W_F = 8 \text{ J}$, C 错误, D 正确.

2. D 【解析】由图像可知物块从斜面上向下运动时, $0 \sim x_0$ 段动能保持 E_{k1} 不变, 说明重力沿斜面向下的分力与滑动摩擦力平衡, 有 $mgsin \theta = F_f$, 故斜面的 $0 \sim x_0$ 段是粗糙的, $x_0 \sim x_1$ 段是光滑的, 故 A 错误; 由图像可知物块返回到原位置时动能为 E_{k1} , 故 B 错误; 物块在斜面的 $0 \sim x_0$ 段沿斜面向上运动时, 由动能定理得 $-mgx_0 \sin \theta - F_f x_0 = E_{k1} - E_{k0}$, 又 $mgsin \theta = F_f$, 得 $\sin \theta = \frac{E_{k0} - E_{k1}}{2mgx_0}$, 故 C 错误, D 正确.

3. BCD 【解析】 $W-L$ 图像的斜率大小表示拉力大小,结合题图可知 OA 段的拉力大小 $F_1 = \frac{15}{3} \text{ N} = 5 \text{ N}$, AB 段的拉力大小 $F_2 = \frac{27-15}{9-3} \text{ N} = 2 \text{ N}$, 摩擦力 $f = \mu mg = 2 \text{ N} = F_2$, 则物体在 OA 段做匀加速运动, 在 AB 段做匀速运动, **A 错误**; 在 OA 段运动过程中, 水平拉力做的功 $W = 15 \text{ J}$, 而摩擦力做的功为 $W_f = -\mu mgL = -6 \text{ J}$, 由动能定理得 $W + W_f = \frac{1}{2}mv_A^2$, 可得 $v_A = 3 \text{ m/s}$, 则在 OA 段的加速度大小 $a = \frac{v_A^2}{2L} = \frac{3^2}{2 \times 3} \text{ m/s}^2 = 1.5 \text{ m/s}^2$, **B 正确**;

关键点: 也可以由牛顿第二定律求解加速度

物体从 A 到 B 做匀速运动, 则在位移 $L = 6 \text{ m}$ 和 $L = 9 \text{ m}$ 时的速度大小也是 3 m/s , **C、D 正确**.

4. (1) $\frac{14}{3} \text{ m/s}^2$ **(2)** -16 J **(3)** $\frac{7}{6} \text{ m}$

【解析】(1) 开始放手瞬间, 对物体 A , 根据牛顿第二定律有 $m_A g - T = m_A a$, 对物体 B , 根据牛顿第二定律有 $T - m_B g \sin 37^\circ = m_B a$, 联立解得 $a = \frac{14}{3} \text{ m/s}^2$.

(2) 从物体 B 释放到物体 A 落地的过程中, 对 A , 由动能定理可得 $m_A gh + W = \frac{1}{2}m_A v^2 - 0$, 对 B , 由动能定理可得 $-m_B g h \sin 37^\circ - W = \frac{1}{2}m_B v^2$, 联立解得 A 落地瞬间的速度大小为 $v = \sqrt{14} \text{ m/s}$,

易错点: 注意 A 、 B 上升的高度不同, 但拉力做功大小相同

绳的拉力对物体 A 做的功为 $W = -16 \text{ J}$.

(3) A 落地后, B 沿斜面上滑, 由动能定理得 $-m_B g s \sin 37^\circ = 0 - \frac{1}{2}m_B v^2$, 代入数据解得 $s = \frac{7}{6} \text{ m}$.

刷素养

5. C 【解析】根据 $W_F = F s_0$, 可知在 AB 段和 BC 段, 力 F 做功相等, 根据 $\bar{P} = \frac{W_F}{t}$, AB 段小物体做匀加速直线运动, BC 段小物体先做加速度减小的加速运动, 再做加速度增大的减速运动, 则在 AB 段和 BC 段所用时间不同, 则力 F 在 AB 段的平均功率与在 BC 段的平均功率不相等, 故 **A、B 错误**; 对全程, 由动能定理得 $F \cdot 2s_0 - \frac{0 + \mu_0 mg}{2} s_0 = 0$, 解得 $F = \frac{1}{4} \mu_0 mg$, 故 **C 正确, D 错误**.

课时2 动能定理的综合应用

刷基础

1. BC 【解析】设加速位移大小为 x_1 , 总位移大小为 x_2 , $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移, 由图像知 $x_1 : x_2 = 1 : 4$, 对全过程, 由动能定理得 $F x_1 - F_1 x_2 = 0$, 所以 $F : F_1 = 4 : 1$, 故 **A 错误, C 正确**; 对汽车运动的全过程, 由动能定理得 $W_1 - W_2 = \Delta E_k = 0$, 所以 $W_1 = W_2$, 故 **B 正确, D 错误**.

2. BD 【解析】物体速度最大时合外力为零, 即牵引力与物体重力平衡, 根据题图乙可知, 在 $F = 1\,500 \text{ N}$ 时速度达到最大值, 因此有 $F = mg = 1\,500 \text{ N}$, 解得 $m = 150 \text{ kg}$, 故 **A 错误**; 由题图乙可知起重机初始牵引力大小为 $F_1 = 1\,800 \text{ N}$, 且匀加速结束时物体的速度大小为 $v_1 = 10 \text{ m/s}$, 根据牛顿第二定律, 有 $F_1 - mg = ma$, 解得加速度大小 $a = 2 \text{ m/s}^2$, 根据速度—时间关系可得匀加速运动的时间 $t_1 = \frac{v_1}{a} = 5 \text{ s}$, 故 **B 正确**; 根据 $P = F v$

可得 $\frac{1}{v} = \frac{1}{P} \cdot F$, 物体速度从 10 m/s 增加至 12 m/s 的过程

中, 结合图线的斜率可得 $\frac{1}{P} = k = \frac{\frac{1}{10} - \frac{1}{12}}{(1.8 - 1.5) \times 10^3} \text{ W}^{-1}$, 解得 $P = 18 \text{ kW}$, 故 **C 错误**; 根据题意, 物体速度达到最大用时 10 s , 而匀加速阶段用时 5 s , 可知起重机以恒定功率运行的时间 $t_2 = 5 \text{ s}$, 根据动能定理有 $P t_2 - mgh_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 其中 $v_2 = 12 \text{ m/s}$, 解得 $h_2 = 57.8 \text{ m}$, 匀加速阶段上升的高度 $h_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2 \text{ m} = 25 \text{ m}$, 所以物体在 10 s 内上升的高度为 $h = h_1 + h_2 = 82.8 \text{ m}$, 故 **D 正确**.

教材变式 本题目由教材 P31 第 4 题演变而来, 教材考查了起重机允许输出的最大功率和重物做匀加速运动的时间, 本题结合 $\frac{1}{v}-F$ 图像延伸考查了物体在 10 s 内上升的高度.

3. A 【解析】小球由地面竖直向上抛出到落回地面的过程中, 由动能定理可知 $W_f = \frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{3}{8}mv_0^2$, 所以小球克服空气阻力做功 $\frac{3}{8}mv_0^2$, 故 **A 正确**; 小球上升过程受到的空气阻力向下, 下降过程受到的空气阻力向上, 则小球上升过程的加速度大于下降过程的加速度, 在位移大小相等的情况下, 小球运动的时间不相等, 故 **B 错误**; 由于小球在运动过程中所受空气阻力的大小不变, 则上升过程中克服空气阻力做的功为 $\frac{3}{16}mv_0^2$, 设小球上升的最大高度为 h , 根据动能定理有 $-mgh - \frac{3}{16}mv_0^2 = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $h = \frac{5v_0^2}{16g}$, 故 **C 错误**; 整个过程中小球位移为零, 所以重力做功为零, 故 **D 错误**.

4. B 【解析】设球所受空气阻力大小为 f , 根据图像可知, 球上升的初动能为 a , 球下落到抛出点的末动能为 b , 球上升的最大位移为 c , 球上升到最高点过程中, 根据动能定理有 $-(mg + f)c = 0 - a$, 球下落到抛出点过程中, 根据动能定理有 $(mg - f)c = b - 0$, 联立解得 $mg = \frac{a+b}{2c}$, $f = \frac{a-b}{2c}$. 故选 **B**.

5. C

思路导引 解答本题的关键是分段处理, 受力分析, 列动能定理的方程. 两段的关联点: 位移大小相同.

【解析】滑块上滑过程, 由动能定理可得 $-(mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta)L = 0 - \frac{1}{2}mv^2$, 其中 $L = \frac{v}{2}t$; 滑块下滑过程, 由动能定理可得 $(mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta)L = \frac{1}{2}mv'^2 - 0$, 其中 $L = \frac{v'}{2} \times 2t$, 联立解得 $\mu = \frac{3}{5} \tan \theta$, 故选 **C**.

6. A 【解析】滑块在任意一段粗糙斜轨道上摩擦力做功 $W_f = -\mu mg \cos \theta \cdot \frac{l}{\cos \theta} = -\mu mgl$, 则全过程摩擦力做的总功 $W_{\text{总}} = -\mu mg(2l_1 + 2l_2 + l_3)$, 对滑块, 从 M 到 N 的整个过程, 由

易错点: 滑块停下来的位置为 N 点, 而非 B 站

动能定理有 $mg h_1 - \mu mg(2l_1 + 2l_2 + l_3) = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 可得 $\mu =$

$$\frac{v_0^2 + 2gh_1}{2g[2(l_1 + l_2) + l_3]}, \text{A 正确.}$$

- 7. B** 【解析】设小物块的质量为 m , 斜面的倾角为 θ , 弹簧的劲度系数为 k , 小物块与斜面之间的动摩擦因数为 μ , 由题图乙可知, $x_1 = 0.15 \text{ m}$ 时小物块恰与弹簧接触, 小物块在 $0 \sim 0.15 \text{ m}$ 过程中, 根据动能定理有 $mgx_1 \sin \theta - \mu mgx_1 \cos \theta = E_{k1} - 0$, 根据题图乙可知, $x_2 = 0.25 \text{ m}$ 时, 小物块动能达到最大, 速度达到最大, 加速度为零, 则有 $k(x_2 - x_1) = mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta$, 在 $x_1 \sim x_2$ 过程中, 根据动能定理有 $mg(x_2 - x_1) \sin \theta - \frac{k(x_2 - x_1)}{2}(x_2 - x_1) - \mu mg \cos \theta \cdot (x_2 - x_1) = E_{k2} - E_{k1}$, 联立解得小物块的最大动能为 $E_{k2} = 0.2 \text{ J}$, 设小物块的最大位移为 x_3 , 则从 $x_2 \sim x_3$ 的过程, 根据动能定理有 $mg(x_3 - x_2) \sin \theta - \frac{k(x_2 - x_1) + k(x_3 - x_1)}{2}(x_3 - x_2) - \mu mg \cos \theta \cdot (x_3 - x_2) = 0 - E_{k2}$, 解得 $x_3 = 0.45 \text{ m}$ (另一解 $x_3 = 0.05 \text{ m}$ 不符合题意, 舍去). 故选 B.

- 8. (1) 6 m/s (2) 0.15 (3) 595 J**

【解析】(1) 圆弧滑道 AB 光滑, 运动员连同滑板从 A 点运动到 B 点的过程, 根据动能定理有 $mgR = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$, 代入数据解得 $v_A = 6 \text{ m/s}$.

(2) 从 B 点到 C 点, 对运动员和滑板整体由动能定理得 $-\mu mgs = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$, 代入数据可得 $\mu = 0.15$.

(3) 从 C 点到 D 点, 对运动员和滑板整体由动能定理得 $-W_f - mgR = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$, 代入数据解得 $W_f = 595 \text{ J}$.

关键点拨 (1) 应用动能定理与牛顿运动定律是解决力学问题的两种重要方法, 同一个问题, 用动能定理一般要比用牛顿运动定律更简便. (2) 通常情况下, 若问题涉及时间、加速度或过程的细节, 要用牛顿运动定律, 而曲线运动、变力做功或多过程等问题, 一般要用动能定理.

刷提升

- 1. B** 【解析】当电动平衡车达到最大速度匀速行驶时牵引力与阻力平衡, $P = kmgv_m$, 解得 $k = 0.1$, **A 错误**; 平衡车做匀加速直线运动阶段, 且当 $v_1 = 3 \text{ m/s}$ 时功率达到额定功率, 故 $\frac{P}{v_1} - kmg = ma_1$, 代入数据解得 $a_1 = 1 \text{ m/s}^2$, 匀加速运动的时间为 $t_1 = \frac{v_1}{a_1} = 3 \text{ s}$, **B 正确**; 根据 $\frac{P}{v_2} - kmg = ma$, 解得 $v_2 = 2.4 \text{ m/s}$, 运动时间为 $t_2 = \frac{v_2}{a} = 1.6 \text{ s}$, **D 错误**; 在前 3 s 内平衡车的位移为 $x_1 = \frac{1}{2} \times 3 \times 3 \text{ m} = 4.5 \text{ m}$, 而在后 12 s 内平衡车做加速度减小的加速运动, 由动能定理得 $P(15 \text{ s} - 3 \text{ s}) - kmgx_2 = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 解得 $x_2 = 58.5 \text{ m}$, 则前 15 s 内前进的距离为 $x = x_1 + x_2 = 63 \text{ m}$, **C 错误**.

- 2. (1) $-\frac{2}{3}mgh$ (2) $3h$ (3) $3.3mgh$ $2.7mgh$**

【解析】(1) 小球从第一次经过 B 点到第二次经过 C 点过程, 由动能定理有 $W_f + mg\left(h - \frac{h}{3}\right) = E_k - E_k$,

可得该过程中空气阻力对小球所做的功 $W_f = -\frac{2}{3}mgh$.

(2) 由(1)问可知小球从第一次经过 B 点到第二次经过 C 点过程, 小球经过的路程为 $s = \frac{|W_f|}{0.1mg} = \frac{20}{3}h$,

所以 B 点离最高点的高度差 $\Delta h_B = \frac{s - h_{BC}}{2} = 3h$.

(3) 小球从第一次经过 B 点到最高点的过程中, 由动能定理有 $-mg \times 3h - 0.1mg \times 3h = 0 - E_k$,

解得小球第一次经过 B 点时的动能 $E_k = 3.3mgh$,

小球从最高点到第二次经过 B 点的过程中, 由动能定理有 $mg \times 3h - 0.1mg \times 3h = E_{kB} - 0$,

解得小球第二次经过 B 点时的动能为 $E_{kB} = 2.7mgh$.

刷素养

- 3. (1) 0.4 m/s^2 , 方向与轮船的运动方向相反 (2) $2 \times 10^6 \text{ W}$ (3) $11\,000 \text{ m}$**

【解析】(1) 渔船的拖网越过轮船的航线时, 所用时间为 $t = \frac{L}{v} = 40 \text{ s}$,

轮船做匀减速直线运动, 根据运动学公式可得 $s = v_m t + \frac{1}{2}at^2$,

代入数据解得 $a = -0.4 \text{ m/s}^2$,

可知轮船减速时的加速度大小为 0.4 m/s^2 , 方向与轮船的运动方向相反.

(2) 轮船做减速运动时, 根据牛顿第二定律得 $-(F + f) = ma$,

代入数据解得水对船阻力的 $f = 1 \times 10^5 \text{ N}$,

轮船以最大速度行驶时, 牵引力大小为 $F' = f = 1 \times 10^5 \text{ N}$,

则轮船的额定功率为 $P = F'v_m = 2 \times 10^6 \text{ W}$.

(3) 设发现渔船时, 轮船离开码头的距离为 x , 根据动能定理

可得 $Pt_0 - fx = \frac{1}{2}mv_m^2 - 0$,

代入数据解得 $x = 11\,000 \text{ m}$.

第4节 势能及其改变

刷基础

- 1. AD** 【解析】根据重力势能的定义 $E_p = mgh$, 由于两球质量相同, 都在平台上时, 高度相同, 因此重力势能相等, **A 正确, B 错误**; 重力做功只与初、末位置有关, 与路径无关, 由于两球下降的高度相同, 且质量相同, 因此重力做功相等, **C 错误, D 正确**.

- 2. C** 【解析】重力势能 $E_p = mgh$, 穿过云层时雨滴质量 m 增大, 高度 h 减小, 但 m 和 h 的变化量关系未知, 无法确定 E_p 的变化情况, 故 **A 错误**; 重力势能的正负取决于零势能面的位置, 若雨滴初始位置为零势能面, 则下落过程中 E_p 为负值, 故 **B 错误**; 重力的功率 $P_G = mgv_y$, 雨滴自由落体运动阶段 v_y 增大, P_G 增大, 中间穿过云层时, m 增大, 雨滴仍在加速 (未达到匀速), v_y 继续增大, P_G 仍增大, 匀速运动阶段 v_y 恒定, P_G 不变, 故重力的功率先增大后不变, **C 正确**; 雨滴匀速运动阶段阻力方向与位移方向相反, 故阻力做负功, 故 **D 错误**.

- 3. D** 【解析】小猫爬到楼梯口 B 处时的重力势能为零, 则小猫

在A处的重力势能为 $E_{pA} = -mgh_{BA} = -1 \times 10 \times 1.5 \text{ J} = -15 \text{ J}$, A 错误;小猫在E处的重力势能 $E_{pE} = mgh_{EB} = 1 \times 10 \times 4.5 \text{ J} = 45 \text{ J}$,故小猫在E处的重力势能大小不是在A处的2倍, B 错误;小猫从B到D重力做的功为 $W_G = -mgh_{DB} = -1 \times 10 \times 3 \text{ J} = -30 \text{ J}$, C 错误;小猫从A到B重力势能增加了 $\Delta E_p = mgh_{BA} =$

→ **关键点:** 高度增大,重力做负功

$1 \times 10 \times 1.5 \text{ J} = 15 \text{ J}$, D 正确.

关键点拨 重力做功与重力势能变化的关系: $W_G = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$,即重力势能变化多少是由重力做功的多少决定的,与物体除重力外是否还受其他力作用以及除重力做功外是否还有其他力做功等因素均无关.

4. AC 【解析】运动员上升到最高点过程中,重心升高的距离为 $h_1 = 2.36 \text{ m} - \frac{1.82}{2} \text{ m} = 1.45 \text{ m}$,克服重力做功 $W_1 = mgh_1 = 899 \text{ J}$,重力势能增加量 $\Delta E_p = W_1 = 899 \text{ J}$,故 A 正确, B 错误;运动员下降阶段,重心下降距离 $h_2 = 2.36 \text{ m} - 0.66 \text{ m} = 1.7 \text{ m}$,重力做功 $W_2 = mgh_2 = 1054 \text{ J}$,故 C 正确, D 错误.

5. A 【解析】在抬高木杆一端的过程中,木杆的重心上升的距离为 $h = \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$,则重力势能增加量为 $\Delta E_p = Gh =$

→ **易错点:** 注意木杆的重心上升的高度不是0.5 m

50 J, A 正确.

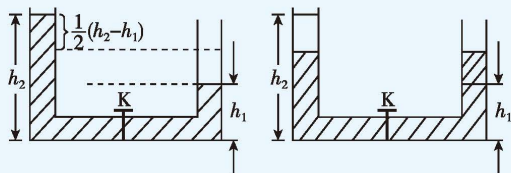
6. A 【解析】根据功能关系,拉力做的功等于MQ段细绳重力势能的增加量,由题知PM段细绳的机械能不变,MQ段细绳的重心升高了 $\Delta h = \frac{L}{4} - \frac{L}{8} = \frac{L}{8}$,则重力势能的增加量为 $\Delta E_p = \frac{1}{2}mg\Delta h = \frac{1}{16}mgL$,所以此过程中外力做的功为 $\frac{1}{16}mgL$,故选 A.

方法总结 在研究质量分布均匀的细绳(或链条)问题时需注意细绳(或链条)不能看成质点,计算重力势能变化时可等效成绳子(或链条)某一部分位置的变化,且计算结果与零势能面的位置无关.

7. C

题图剖析

末状态的液体和初状态的液体的对比如图所示.



【解析】当液体重新静止时,此过程可等效为左边高度为 $\frac{1}{2}(h_2 - h_1)$ 的液体由左边最高的位置移到了右边液体的上面,则重心下降的高度为 $\frac{1}{2}(h_2 - h_1)$,故重力对液体做的功

→ **突破点:** 连通器原理

为 $W_G = \rho S \cdot \frac{1}{2}(h_2 - h_1)g \cdot \frac{1}{2}(h_2 - h_1) = \frac{1}{4}\rho g S(h_2 - h_1)^2$,故 C 正确.

8. B 【解析】小球从A到B的过程中,小球的重力一直做正功,其重力势能一直减小;小球未接触弹簧前,弹簧未发生形变,弹性势能不变,小球接触弹簧后,压缩弹簧,弹簧形变量

逐渐增大,其弹性势能逐渐增大. 故选 B.

关键点拨 解答本题的关键是抓住决定弹性势能大小的因素,同时要注意弹性势能的变化总是伴随着弹力做功,通过弹力做功来研究弹性势能的变化. 同一弹性物体在一定范围内形变越大,具有的弹性势能就越多,反之,则越少.

9. D 【解析】从1到3过程中,竿一直没有发生形变,竿的弹性势能一直等于0, A 错误;从4到7过程中,竿的形变量先增大后减小,竿的弹性势能先增大后减小, B 错误;重力势能 $E_p = mgh$,从6到8过程中,运动员距离地面的高度 h 增大,运动员的重力势能增大, C 错误;从4到9过程中,地面对竿的弹力作用点的位移等于0,地面对竿的弹力不做功, D 正确.

10. C 【解析】设弹簧的劲度系数为 k ,则弹簧形变量为 x 时,弹力大小为 $F = kx$,设 $PQ = QO = x_0$,则在PQ段,弹簧对该物块所做的功为 $W_1 = \frac{k \cdot 2x_0 + kx_0}{2} \cdot x_0 = \frac{3}{2}kx_0^2$,在QO段,弹簧

→ **关键点:** 弹簧弹力与形变量成正比,弹簧弹力做功可用平均弹力乘位移计算

对该物块所做的功为 $W_2 = \frac{kx_0}{2} \cdot x_0 = \frac{1}{2}kx_0^2$,可得 $\frac{W_1}{W_2} = 3$,故选 C.

刷易错

★易错点 易忽略弹簧的形变量

11. C 【解析】重物A刚离开地面时,由平衡条件可知 $kx = mg$,解得弹簧的伸长量 $x = \frac{mg}{k}$,将弹簧上端P缓慢竖直向上提起的距离为 h ,则重物上升的高度为 $H = h - x$,以地面为零势能面,重物A具有的重力势能为 $E_p = mgH = mg\left(h - \frac{mg}{k}\right)$, C 正确.

教材变式 本题由教材P23第5题演变而来,教材考查了人做的功,而本题考查了重物的重力势能.

易错分析 将弹簧上端点P缓慢地竖直提起一段高度的过程中,重物A处于平衡状态,弹簧处于伸长状态,所以重物A上升的高度并不等于P点上升的高度.

第5节 科学验证:机械能守恒定律

课时1 机械能守恒定律的理解及应用

刷基础

1. D 【解析】战斗机油量逐渐增加,质量增大,速度不变,动能增加;战斗机的质量增大,高度不变,重力势能增加. 机械能为动能和重力势能之和,所以战斗机机械能增加. 加油机油量逐渐减少,质量减小,速度不变,动能减少;加油机的质量减小,高度不变,重力势能减少. 机械能为动能和重力势能之和,所以加油机机械能减少. 故 A、B、C 错误, D 正确.
2. B 【解析】弹簧弹力做正功时,弹簧弹性势能减少(如弹簧恢复原长过程),故 A 错误;若只有重力或弹簧弹力做功,即使合外力做功不为零(如自由落体运动),机械能仍守恒,故 B 正确;机械能守恒的条件是只有重力或弹簧弹力做功,与合外力是否为零无关(如光滑斜面上滑动的物体,合外力不为零但机械能守恒),故 C 错误;合外力做负功时,机械能可能守恒(如竖直上抛运动中,合外力做负功,但机械能守恒),故 D 错误.
3. B 【解析】题图甲中,跳伞运动员匀速下落,则跳伞运动员的动能不变,重力势能减小,则机械能减小, A 错误;题图乙

高中必刷题 物理

中,秋千从A点由静止释放摆到B点,根据 $P=mgv_y$,在A点时速度为零,则重力的瞬时功率为零,在B点时速度水平,则重力的瞬时功率也为零,可知这个过程中,小朋友受到的重力的功率先增大后减小,**B正确**;题图丙中,从A至最低点C过程中,若只有重力和蹦床弹力做功,则运动员以及蹦床组成的系统机械能守恒,**C错误**;题图丁中,物块在光滑水平面

上压缩弹簧的过程中,弹力对物块做负功,则物块的机械能减小,**D错误**.

4. C 【解析】当小球的动能与其重力势能之比为2:3时,设此时小球的速度大小为 v ,根据机械能守恒定律可得 $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh + \frac{1}{2}mv^2$,其中 $\frac{1}{2}mv^2 : mgh = 2 : 3$,联立可得 $v = \sqrt{\frac{2}{5}}v_0 = 2\sqrt{10} \text{ m/s}$,故选C.

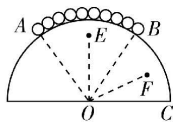
5. D 【解析】以篮球投出时位置所在水平面为零势能面,篮球进入篮筐时重力势能为 $mg(H-h)$,**A错误**;根据机械能守恒定律可得,篮球在刚被投出时动能为 $E_k = mg(H-h) + \frac{1}{2}mv^2$,篮球进入篮筐时机械能为 $E = mg(H-h) + \frac{1}{2}mv^2$,篮球经过途中P点时的机械能也为 $mg(H-h) + \frac{1}{2}mv^2$,**B、C错误,D正确**.

突破点: 篮球在空中运动过程中机械能守恒

6. AC 【解析】设桌面为零势能面,则开始时链条的重力势能 $E_{p1} = -\frac{1}{4}mg \times \frac{L}{8} = -\frac{mgL}{32}$,末态时重力势能 $E_{p2} = -mg \times \frac{L}{2} = -\frac{mgL}{2}$,则重力势能变化了 $\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1}$,解得 $\Delta E_p = -\frac{15}{32}mgL$,故**A正确,B错误**;由机械能守恒定律得 $-\Delta E_p = \frac{15}{32}mgL = \frac{1}{2}mv^2 - 0$,解得 $v = \frac{\sqrt{15gL}}{4}$,故**C正确,D错误**.

关键点拨 解决链条类物体机械能守恒问题的关键是分析重心位置,进而确定物体重力势能的变化.解题时要注意两个问题:一是零势能面的选取;二是链条的每一段重心位置的变化和重力势能的变化.

7. D 【解析】整个过程中铁链的机械能守恒,以OC所在水平面为零势能面,假定初始时铁链的重力势能为 E_p ,端点A滑至C点时重力势能为 E'_p ,依题意有 $E_p - E'_p = \frac{1}{2}mv^2$, $E'_p = -mg \times \frac{L}{2}$, L 为铁链长度,依题意有 $L = 2\pi R \times \frac{1}{6} = 2 \text{ m}$,联立解得 $E_p = 36\pi \text{ J} \approx 113 \text{ J}$,故**A错误**;设铁链在初始位置时其重心距OC面的高度为 h ,根据前面分析有 $E_p = 36\pi \text{ J} = 2\pi \text{ kg} \cdot gh$,解得 $h = 1.8 \text{ m}$,故**B错误**;铁链的端点A滑至C点时其重心下降高度为 $\Delta h = h + \frac{L}{2} = 2.8 \text{ m}$,故**C错误**;设初始状态铁链重心在E点,与O点距离为1.8 m,铁链的端点B滑至C点时,其重心在F点,如图所示,由几何知识可得 $OF = OE = 1.8 \text{ m}$,且 $\angle EOF = 60^\circ$,下滑过程根据机械能守恒定律有 $mg(OE - OF \cos 60^\circ) = \frac{1}{2}mv'^2$,解得 $v' = 3\sqrt{2} \text{ m/s}$,故**D正确**.



8. D 【解析】由题意可知,子弹的动能变化量为 $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,

易错点: 变化量为末态量减初态量

A正确;由动能定理可知,子弹对木块所做的功等于木块动能的增量,有 $W_1 = \frac{1}{2}Mv^2 - 0 = \frac{1}{2}Mv^2$,**B正确**;木块对子弹的阻力恒为 f ,木块的位移大小为 L 且子弹进入木块的深度为 s ,木块对子弹做的功 $W_2 = -fx_{\text{子弹}} = -f(L+s)$,**C正确**;由能量守恒定律得,系统因摩擦产生的热量等于系统动能的损失,则有 $Q = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(M+m)v^2$,**D错误**.本题选说法错误的,故选D.

易错点: 木块对子弹做功需用力乘以子弹对地的位移

刷易错

★易错点 不能正确理解机械能守恒定律

9. D 【解析】 t_1 时刻小球刚落到弹簧上,小球开始压缩弹簧,弹簧的弹力开始增大,小球受到的合力减小,但方向仍然向下,当重力等于弹力时,合力为零,速度达到最大值,故 t_1 时刻小球动能没有达到最大值,故**A错误**;由题图乙可知,弹簧弹力最大值随时间 t 的增大而减小,系统有机械能损失,所以小球和弹簧组成的系统机械能不守恒,故**B错误**; $t_1 \sim t_2$ 这段时间内,小球减少的机械能等于弹簧增加的弹性势能和克服阻力做功之和,所以小球与弹簧的机械能之和减少,故**C错误**; $t_2 \sim t_3$ 这段时间内,弹簧减少的弹性势能等于小球增加的机械能和克服阻力做功之和,所以小球与弹簧的机械能之和减少,故**D正确**.

易错分析 本题易误认为只有弹簧弹力做功和重力做功,小球和弹簧组成的系统机械能守恒.对单独的一个物体,只有重力做功,机械能才守恒;对物体与弹簧组成的系统,只有重力做功,或只有系统内弹簧弹力做功,或只有重力和弹簧弹力做功,系统机械能才守恒.

课时2 系统机械能守恒定律的应用

刷基础

1. C 【解析】根据题意可知,铁球下落过程中,当铁球刚接触弹簧时,由机械能守恒定律可知,此时铁球的动能为 $E_k = mgh$,压缩弹簧一小段时间内,铁球重力大于弹簧的弹力,则铁球继续加速,则铁球的最大动能大于 mgh ,故**A错误**;根据

突破点: 判断铁球下落 h 时的受力情况,是解题的关键

题意可知,铁球下落过程中,铁球和弹簧组成的系统机械能守恒,则铁球减少的机械能等于弹簧增加的弹性势能,铁球下落到最低点,机械能减少量等于铁球重力势能的减少量,为 $mg(h+x)$,则弹簧增加的弹性势能为 $mg(h+x)$,故**B、D错误,C正确**.

2. BC 【解析】当B向右运动的距离为 x 时,A下落的高度也为 x ,以A、B整体为研究对象,该过程中系统机械能守恒,设二者速率为 v ,则有 $mgx = \frac{1}{2}(m+4m)v^2$,则A的动能为 $E_{kA} = \frac{1}{2}mv^2 =$

突破点: A减少的重力势能等于A和B增加的动能

$\frac{1}{5}mgx$,**A错误,B正确**;此时B的动能 $E_{kB} = \frac{1}{2} \times 4mv^2 = \frac{4}{5}mgx$,根据动能定理可知细绳的拉力对B做的功 $W_B = E_{kB} = \frac{4}{5}mgx$,**C正确,D错误**.

3. BD 【解析】根据动滑轮原理可知, A 的位移为 h 时, 细线自由端下降的高度为 $2h$, 故 B 下降的高度为 $2h$, 则 B 的速度大小是 A 的 2 倍, 设 A 的速度大小为 v , A 的质量为 m , 则 B 的速度大小为 $2v$, 以 A、B 组成的系统为研究对象, 由机械能守恒定律得 $2mg \times 2h - mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \times 2m(2v)^2$, 解得 $v = \frac{\sqrt{6gh}}{3}$,

则 B 的速度大小为 $\frac{2\sqrt{6gh}}{3}$, 故 A 错误, B 正确; 运动过程中细线拉力对 B 做负功, B 的机械能不守恒, 故 C 错误; 运动过程中细线拉力对 B 做的功大小等于细线对 A 做的功, 等于 B 的机械能的减少量, 故 D 正确。

4. D 【解析】当 a 落地时, b 的速度为零, 可知在整个过程中, b 的速度先增大后减小, 其动能先增大后减小, 所以轻杆对 b 先做正功后做负功, 故 A 错误; a 落地时, b 的速度为零, 根据系统机械能守恒可得 $mgh = \frac{1}{2}mv_a^2$, 解得 $v_a = \sqrt{2gh}$, 故 B 错误; 在整个过程中, b 的速度先增大后减小, 所以轻杆对 b 的作用力先是动力后是阻力, 所以轻杆对 a 的作用力先是阻力后是动力, 所以在 b 减速的过程中, 轻杆对 a 有沿杆向下的拉力, 此时 a 的加速度大于重力加速度, 故 C 错误; a 、 b 整体的机械能守恒, 当 a 的机械能最小时, b 的速度最大, 此时 b 受到轻杆的作用力为零, b 只受到重力与地面的支持力作用, 所以 b 对地面的压力大小为 mg , 故 D 正确。

5. D 【解析】两球组成的系统机械能守恒, A、B 两球的总机械能不变, 对单个小球, 轻杆对它做功, 机械能不守恒, 故 A、B、C 错误; B 球到达 D 点时, 由机械能守恒定律有 $mgR \sin 45^\circ + mgR(1 - \sin 45^\circ) = \frac{1}{2} \times 2mv^2$, 解得 $v = \sqrt{gR}$, 故 D 正确。

关键点: 杆关联问题, 两球沿杆方向的速度相等, 根据几何关系可知, 此时两球的速度大小相等

6. AC 【解析】物块 A 的速度从零增大再减速到零, 故动能先增大后减小, 故 A 正确; 弹簧弹力方向与物块 A 的速度方向相同, 则弹簧对物块 A 做正功, 故物块 A 的机械能增加, 故 B 错误; 弹簧与物块 A 组成的系统机械能守恒, 物块 A 的重力势能一直增加, 则弹簧的弹性势能与物块 A 的动能之和一直减小, 故 C 正确; 物块 A 从释放到离开弹簧过程中, 弹簧形变量一直减小, 开始时物块 A 加速度向上, 设斜面倾角为 α , 则根据牛顿第二定律得 $kx_1 - mg \sin \alpha = ma_1$, 可知加速度减小, 物块 A 到达平衡位置之后, 加速度向下, 根据牛顿第二定律得 $mg \sin \alpha - kx_2 = ma_2$, 可知加速度增大, 故 D 错误。

7. BC 【解析】因弹簧弹力做功, 故 A、B 两球组成的系统机械能不守恒, 故 A 错误; 两球第一次相距最近时, A 球下滑距离为 h , 由几何关系可知, B 球下滑距离为 $h+d$, 由系统机械能守恒得 $E_p + mg(2h+d) = E_k$, 解得 $E_p = E_k - mg(2h+d)$, 故 B 正确; 当两球下滑过程中两球的距离第一次和初始时刻相同时, B 球下滑的距离为 $H+2d$, 由系统机械能守恒得 $mgH + mg(H+2d) = E_{k总}$, 解得 $E_{k总} = 2mg(H+d)$, 故 C 正确, D 错误。

关键点: 此时弹簧的弹性势能与初始时刻相同

刷易错

★易错点 易忽略不同物体高度变化的不同而出错

8. (1) $\sqrt{3}:1$ (2) $(4-\sqrt{2})mgR$

【解析】(1) 设碗壁对 A 球的支持力为 F_N , 细线中拉力为 F_T , 由平衡条件得 $F_N \cos 60^\circ = F_T \cos 60^\circ$, $F_N \sin 60^\circ + F_T \sin 60^\circ =$

$m_A g$, $F_T = m_B g$, 联立解得 $m_A : m_B = \sqrt{3} : 1$ 。

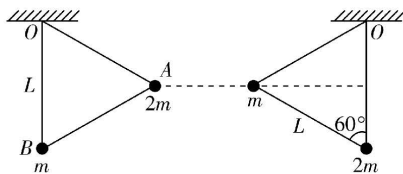
(2) 当 A 球由碗口滑到碗中最低点时, B 球上升的高度为 $\sqrt{2}R$, 两球总的重力势能的减小量 $\Delta E_p = 4mgR - mg \cdot \sqrt{2}R = (4-\sqrt{2})mgR$ 。

易错分析 本题易认为两球下落和上升的高度相同而出错。题中 A 球沿碗的内壁下滑, B 球沿竖直方向运动, 因此 A 球下落的高度与 B 球上升的高度不同, 另外 A 球和 B 球的速度大小不相等。

刷提升

1. BC 【解析】从 A 处小球开始运动至到达最低点过程, 两球的位置变化关系如图所示, A、B 两处小球在运动过程中速度大小始终相等, 对 A、B 两处小球组成的系统, 由机械能守恒定律得 $2mg \cdot L \cos 60^\circ - mg \cdot L \cos 60^\circ = \frac{1}{2}(m+2m)v^2$, 解得 $v = \sqrt{\frac{gL}{3}}$, A 错误, B 正确。在该运动过程中, 对 A 处小球, 由

动能定理得 $2mg \cdot L \cos 60^\circ + W_{杆} = \frac{1}{2} \times 2mv^2$, 解得 $W_{杆} = -\frac{2mgL}{3}$, C 正确。A 处小球在运动过程中除自身重力做功外, 还有杆的弹力做功, 所以机械能不守恒, D 错误。



2. B 【解析】刚释放 A 时, 物块 A 竖直方向只受重力, 所以加速度为 g , 故 A 错误; 设物块 B 上升的最大高度为 h , 对 A、B 组成的系统, 根据机械能守恒定律可得 $mg \sqrt{(L+h)^2 - L^2} = 2mgh$, 解得 $h = \frac{2}{3}L$, 故 B 正确; A 下降过程中先加速后减速, 加速度先向下减小后向上增大, 所以 A 下降到最低点时速度为零, 加速度不为零, 加速度向上, 物块 A 将向上运动, 不能保持静止, 故 C 错误; A 下降过程中, 绳的拉力一直做负功, A 的机械能一直减小, 故 D 错误。

3. AC 【解析】当 A 刚离开地面时, B 恰好获得最大速度, 则物体 A、B 均受力平衡, 且 A 不受地面的支持力, 绳子拉力为 $F_1 = 2mg$, 对 C, 有 $F_1 = 4mg \sin \alpha$, 解得 $\alpha = 30^\circ$, 故 A 正确, B 错误; 初始时, 弹簧压缩量为 $x_1 = \frac{mg}{k}$, 物体 A 刚离开地面时, 弹

簧伸长量为 $x_2 = \frac{mg}{k} = x_1$, 则物体 C 沿斜面下滑的距离为 $s =$

$x_2 + x_1 = \frac{2mg}{k}$, 故 C 正确; 从初始到 B 恰好获得最大速度时, 弹

簧的弹性势能不变, 由动能定理, 有 $4mg \sin \alpha - mgs = \frac{1}{2} \cdot$

$5mv_B^2$, 解得 $v_B = g \sqrt{\frac{4m}{5k}}$, 故 D 错误。

方法总结 力学问题的求解方法往往比较多, 一般而言, 涉及力的作用、运动时间及运动状态的变化时用牛顿运动定律求解, 若涉及力的作用及位移时, 常用能量的观点求解, 而涉及恒力作用时可用多种方法求解, 涉及变力作用时通常考虑用动能定理求解。

4. (1) $\sqrt{gh(1-\sin\theta)}$ (2) $\frac{1}{2}h(1+\sin\theta)$

【解析】(1) A、B 两物体组成的系统只有重力做功, 故系统的机械能守恒, 有 $mgh - mgh\sin\theta = \frac{1}{2}(m+m)v^2$, 解得 $v = \sqrt{gh(1-\sin\theta)}$.

(2) 当 A 物体落地后, B 物体由于惯性将继续沿斜面向上运动, 此时绳子松了, 对 B 物体, 只有重力做功, 故 B 物体的机械能守恒, 设其沿斜面向上运动的最远点离地高度为 H, 根据机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2 = mg(H - h\sin\theta)$, 解得 $H = \frac{1}{2}h(1+\sin\theta)$.

课时 3 验证机械能守恒定律

刷基础

1. (1) 0.843 0.860 (2) 空气阻力做负功, 部分机械能转化为内能

【解析】(1) 从 t_2 到 t_6 时间内, 小铁球重力势能的增加量 $\Delta E_p = mgh = 0.1 \times 9.8 \times (25.25 + 22.75 + 20.25 + 17.75) \times 10^{-2} \text{ J} = 0.843 \text{ J}$, 小铁球在 t_2 时刻的速度 $v_2 = \frac{(25.25 + 27.75) \times 10^{-2}}{2 \times 0.05} \text{ m/s} = 5.3 \text{ m/s}$, 小铁球在 t_6 时刻的速度 $v_6 = \frac{(15.25 + 17.75) \times 10^{-2}}{2 \times 0.05} \text{ m/s} = 3.3 \text{ m/s}$, 动能的减少量 $\Delta E_k = \left| \frac{1}{2}mv_6^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 \right| = 0.860 \text{ J}$.

(2) 造成系统误差的主要原因是小铁球在上升过程中空气阻力做负功, 部分机械能转化为内能.

2. (1) 滑块能保持静止 (2) $\frac{(m+M)d^2}{2t^2}$ (3) B (4) $\frac{1}{t^2} - L$

(5) 气垫导轨右端偏高

【解析】(1) 实验中, 取下连接在滑块上的细线, 接通气源, 若滑块能保持静止, 可认为气垫导轨水平.

(2) 滑块经过光电门时的速度大小为 $v = \frac{d}{t}$, 此时滑块和钩码

的总动能为 $E_k = \frac{1}{2}(m+M)v^2 = \frac{(m+M)d^2}{2t^2}$, 在误差允许的范围内, 若 $mgL = \frac{(m+M)d^2}{2t^2}$, 则表示机械能守恒.

(3) 本实验需要验证钩码减少的重力势能等于钩码和滑块整体增加的动能, 不需要满足 $m \ll M$, 故选 B.

(4) 由 (2) 问的分析可知 $mgL = \frac{(m+M)d^2}{2t^2}$, 化简可得 $\frac{1}{t^2} = \frac{2mg}{(m+M)d^2}L$, 则 $\frac{1}{t^2} - L$ 图线是一条过坐标原点的倾斜直线.

(5) 若系统增加的动能明显大于钩码减少的重力势能, 可能是气垫导轨右端偏高导致滑块向左运动时重力势能也在减少.

→ 关键点: 减少的重力势能大于增加的动能时才考虑存在阻力, 而增加的动能大于减少的重力势能时还要考虑除钩码的重力势能外还有什么能量转化为了动能

3. (1) A (2) AC (3) $mgh_B - \frac{1}{2}m\left(\frac{h_C - h_A}{2T}\right)^2$ (4) 见解析

图线 M

【解析】(1) 为验证机械能守恒, 需要比较重物下落过程中任意两点间的动能变化量与势能变化量, 故选 A.

(2) 电磁打点计时器需要使用低压交流电源, 需要用刻度尺测量纸带上计数点之间的距离; 由于验证机械能守恒定律的表达式中, 重物的质量可以约去, 所以不需要用天平测质量. 故选 A、C.

(3) 从打 O 点到打 B 点的过程中, 重物的重力势能减少量 $\Delta E_p = mgh_B$, 打 B 点时, 重物的速度大小为 $v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{h_C - h_A}{2T}$, 则从打 O 点到打 B 点的过程中, 重物的动能增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0 = \frac{1}{2}m\left(\frac{h_C - h_A}{2T}\right)^2$.

(4) 设重物质量为 m, 所受阻力为 f, 根据动能定理得 $(mg - f)h = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 得 $v^2 = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)h$, $v^2 - h$ 图线的斜率 $k = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)$, $\frac{f}{m}$ 不同, 图线的斜率不同, $\frac{f}{m}$ 越小, 图线斜率越大, 阻力对实验的影响越小, 实验误差越小, 因此选用图线 M 验证机械能守恒定律误差更小.

(2) 电磁打点计时器需要使用低压交流电源, 需要用刻度尺测量纸带上计数点之间的距离; 由于验证机械能守恒定律的表达式中, 重物的质量可以约去, 所以不需要用天平测质量. 故选 A、C.

(3) 从打 O 点到打 B 点的过程中, 重物的重力势能减少量 $\Delta E_p = mgh_B$, 打 B 点时, 重物的速度大小为 $v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{h_C - h_A}{2T}$, 则从打 O 点到打 B 点的过程中, 重物的动能增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0 = \frac{1}{2}m\left(\frac{h_C - h_A}{2T}\right)^2$.

(4) 设重物质量为 m, 所受阻力为 f, 根据动能定理得 $(mg - f)h = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 得 $v^2 = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)h$, $v^2 - h$ 图线的斜率 $k = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)$, $\frac{f}{m}$ 不同, 图线的斜率不同, $\frac{f}{m}$ 越小, 图线斜率越大, 阻力对实验的影响越小, 实验误差越小, 因此选用图线 M 验证机械能守恒定律误差更小.

(4) 设重物质量为 m, 所受阻力为 f, 根据动能定理得 $(mg - f)h = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 得 $v^2 = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)h$, $v^2 - h$ 图线的斜率 $k = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)$, $\frac{f}{m}$ 不同, 图线的斜率不同, $\frac{f}{m}$ 越小, 图线斜率越大, 阻力对实验的影响越小, 实验误差越小, 因此选用图线 M 验证机械能守恒定律误差更小.

(4) 设重物质量为 m, 所受阻力为 f, 根据动能定理得 $(mg - f)h = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 得 $v^2 = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)h$, $v^2 - h$ 图线的斜率 $k = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)$, $\frac{f}{m}$ 不同, 图线的斜率不同, $\frac{f}{m}$ 越小, 图线斜率越大, 阻力对实验的影响越小, 实验误差越小, 因此选用图线 M 验证机械能守恒定律误差更小.

4. (1) 0.5 s (2) $\frac{2h}{t}$ $mgh = \frac{1}{2}m\left(\frac{2h}{t}\right)^2$ (3) 1.20 2.304

【解析】(1) 测得铁球下落时间 $t = 2.05 \text{ s} - 1.55 \text{ s} = 0.5 \text{ s}$.

(2) 根据平均速度公式可得 $\frac{v}{2}t = h$, 解得铁球落地前瞬间速度大小为 $v = \frac{2h}{t}$; 若铁球下落过程机械能守恒, 则应满足的等

式为 $mgh = \frac{1}{2}m\left(\frac{2h}{t}\right)^2$.

(3) 根据 $\Delta E_p = mgh$, 可得铁球下落的高度为 $h = \frac{\Delta E_p}{mg} = \frac{2.40}{0.2 \times 10} \text{ m} = 1.20 \text{ m}$, 铁球落地时的速度大小 $v = \frac{2h}{t} = \frac{2 \times 1.20}{0.5} \text{ m/s} = 4.8 \text{ m/s}$, 动能的增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 4.8^2 \text{ J} = 2.304 \text{ J}$, 则在误差允许范围内, 铁球在下落过程中机械能守恒.

(3) 根据 $\Delta E_p = mgh$, 可得铁球下落的高度为 $h = \frac{\Delta E_p}{mg} = \frac{2.40}{0.2 \times 10} \text{ m} = 1.20 \text{ m}$, 铁球落地时的速度大小 $v = \frac{2h}{t} = \frac{2 \times 1.20}{0.5} \text{ m/s} = 4.8 \text{ m/s}$, 动能的增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 4.8^2 \text{ J} = 2.304 \text{ J}$, 则在误差允许范围内, 铁球在下落过程中机械能守恒.

(3) 根据 $\Delta E_p = mgh$, 可得铁球下落的高度为 $h = \frac{\Delta E_p}{mg} = \frac{2.40}{0.2 \times 10} \text{ m} = 1.20 \text{ m}$, 铁球落地时的速度大小 $v = \frac{2h}{t} = \frac{2 \times 1.20}{0.5} \text{ m/s} = 4.8 \text{ m/s}$, 动能的增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 4.8^2 \text{ J} = 2.304 \text{ J}$, 则在误差允许范围内, 铁球在下落过程中机械能守恒.

(3) 根据 $\Delta E_p = mgh$, 可得铁球下落的高度为 $h = \frac{\Delta E_p}{mg} = \frac{2.40}{0.2 \times 10} \text{ m} = 1.20 \text{ m}$, 铁球落地时的速度大小 $v = \frac{2h}{t} = \frac{2 \times 1.20}{0.5} \text{ m/s} = 4.8 \text{ m/s}$, 动能的增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 4.8^2 \text{ J} = 2.304 \text{ J}$, 则在误差允许范围内, 铁球在下落过程中机械能守恒.

(3) 根据 $\Delta E_p = mgh$, 可得铁球下落的高度为 $h = \frac{\Delta E_p}{mg} = \frac{2.40}{0.2 \times 10} \text{ m} = 1.20 \text{ m}$, 铁球落地时的速度大小 $v = \frac{2h}{t} = \frac{2 \times 1.20}{0.5} \text{ m/s} = 4.8 \text{ m/s}$, 动能的增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 4.8^2 \text{ J} = 2.304 \text{ J}$, 则在误差允许范围内, 铁球在下落过程中机械能守恒.

5. (1) B (2) 1.50 (3) 不同意, 因为空气阻力会造成 ΔE_k 小于 ΔE_p , 但表中 ΔE_k 大于 ΔE_p .

(4) 分别测出光电门和球心到悬点的距离 L 和 l, 计算 ΔE_k 时, 将 v 折算成钢球的速度 $v' = \frac{l}{L}v$.

【解析】(1) 用 $\Delta E_p = mgh$ 计算钢球重力势能变化的大小时, 式中钢球下落高度 h 应测量释放时的钢球球心到钢球在 A 点时的球心之间的竖直距离, B 正确, A、C 错误.

(2) 由题图乙知, 遮光条的宽度为 $d = 1.50 \text{ cm}$, 则钢球的速度大小为 $v = \frac{d}{t} = \frac{0.0150 \text{ m}}{0.0100 \text{ s}} = 1.50 \text{ m/s}$.

(3) 不同意, 因为空气阻力会造成 ΔE_k 小于 ΔE_p , 但表中 ΔE_k 大于 ΔE_p .

(4) 分别测出光电门和球心到悬点的距离 L 和 l, 计算 ΔE_k 时, 将 v 折算成钢球的速度 $v' = \frac{l}{L}v$.

(4) 分别测出光电门和球心到悬点的距离 L 和 l, 计算 ΔE_k 时, 将 v 折算成钢球的速度 $v' = \frac{l}{L}v$.

(4) 分别测出光电门和球心到悬点的距离 L 和 l, 计算 ΔE_k 时, 将 v 折算成钢球的速度 $v' = \frac{l}{L}v$.

专题 3 功能关系

刷题型

1. D 【解析】物块与传送带共速后, 做匀速直线运动, 则水平

方向上处于平衡状态,故不受摩擦力,故 **A 错误**;物块在与传送带共速前,受到水平向右的滑动摩擦力,物块向右加速,摩擦力做正功,根据牛顿第二定律可得加速度为定值,根据 $v=at$ 可知,传送带运动速度越大,则物块加速运动的时间越长,故 **B、C 错误**;对物块有 $fx_1 = \frac{1}{2}mv^2$, $v = \frac{f}{m}t$,传送带的位移大小为 $x_2 = vt$,两者的相对位移大小为 $\Delta x = x_2 - x_1$,物块与传送带之间因摩擦产生的热量 $Q = f\Delta x = \frac{1}{2}mv^2$,故 **D 正确**.

2. ABD 【解析】由题图乙可知 $h_1 = 2.5$ m 时,货物与传送带共速,且 $E = 37.5$ J $= mgh_1 + \frac{1}{2}mv^2$,解得传送带速度大小 $v =$

→ **关键点:** 图线斜率在 2.5 m 位置处发生变化,即受力发生变化,摩擦力在此时由滑动摩擦力变为静摩擦力
5 m/s,故 **A 正确**;共速前货物的机械能为 $E = \mu mg \cos 30^\circ \cdot x = \mu mg \cos 30^\circ \cdot \frac{h}{\sin 30^\circ} = \frac{\mu mg}{\tan 30^\circ} h$,斜率 $k = \frac{\mu mg}{\tan 30^\circ} = \frac{37.5}{2.5}$ J/m,解得 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{2}$,故 **B 正确**;匀加速阶段货物的加速度大小 $a = \mu g \cos 30^\circ - g \sin 30^\circ = 2.5$ m/s²,货物和传送带达到共速的时间 $t_1 = \frac{v}{a} = 2$ s,传送带的位移大小 $x = vt_1 = 10$ m,货物

沿斜面的位移大小 $x_1 = \frac{h_1}{\sin 30^\circ} = 5$ m,则摩擦生热 $Q = \mu mg \cos 30^\circ \cdot (x - x_1) = 37.5$ J,共速后货物与传送带一起匀速,无摩擦生热,故 **C 错误**;货物从 A 到 B,电动机多做的功

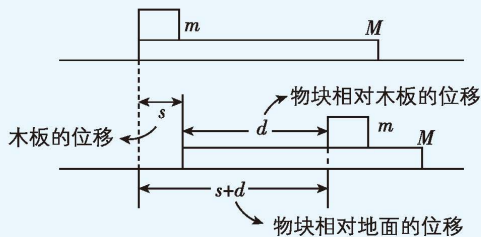
→ **关键点:** 采用能量守恒的思想求解,系统增加的能量包含货物增加的机械能和系统产生的热量
 $W = E + Q = 62.5$ J + 37.5 J = 100 J,故 **D 正确**.

3. C 【解析】由速度—时间图像可知, $t = 2$ s 时小物块向左运动离 A 最远,根据速度—时间图像与横轴围成的图形面积等于位移有 $s_1 = \frac{1}{2} \times 2 \times 4$ m = 4 m,故 **A 错误**;小物块的初动能 $E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 4^2$ J = 8 J,小物块返回 A 点时的动能 $E_{k2} = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2^2$ J = 2 J,故动能减少了 6 J,故 **B 错误**;小物块做匀变速运动的加速度大小为 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4}{2}$ m/s² = 2 m/s²,由牛顿第二定律得 $f = ma = 2$ N,由题图乙可知,传送带的速度大小为 $v_1 = v_3 = 2$ m/s,小物块在传送带上做匀变速运动的过程中,传送带的位移 $s' = v_1 t_3 = 6$ m,方向向右,由 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移可得小物块的位移大小 $s = 3$ m,方向向左,小物块和传送带的相对位移大小 $\Delta s = s + s' = 9$ m,整个过程中因摩擦产生的热量 $Q = f \cdot \Delta s = 18$ J,故 **C 正确**;前 3 s 内小物块与传送带间有相对运动,存在摩擦力,传送带克服摩擦力做功为 $W = f v_1 t_3 = 2 \times 2 \times 3$ J = 12 J,3~4 s 内,小物块与传送带相对静止,摩擦力为零,故 0~4 s 时间内,传送带克服摩擦力做功为 12 J,故 **D 错误**.

易错分析 求因摩擦产生的热量 $Q = fs_{\text{相对}}$,当两物体同向运动时, $s_{\text{相对}}$ 为两物体的位移大小之差,当两物体反向运动时, $s_{\text{相对}}$ 为两物体的位移大小之和. 本题小物块与传送带有反向运动,也有同向运动,要分段求解产生的热量.

4. B

思路导引 对物块和木板的运动进行分析



【解析】摩擦力对物块做功为 $W_1 = -\mu mg(s+d)$, **A 错误**;摩擦
→ **易错点:** 功的公式 $W = F \cos \alpha$ 中的位移 s 是相对地面的位移,不是相对接触面的位移
力对木板做功为 $W_2 = \mu mgs$, **B 正确**;根据动能定理得,木板动能的增加量为 $\Delta E_{k1} = \mu mgs$, **C 错误**;由功能关系可得 $Q = \mu mgd$,故系统因摩擦而产生的热量为 μmgd , **D 错误**.

方法总结 功能关系的理解和应用

由于功是能量转化的量度,某种力做功往往与某一种具体形式的能量转化相联系,做了多少功,就有多少能量发生转化. 故应用功能关系解决问题时需先理顺做功与能量转化的关系,如表所示.

功	能量转化	关系式
重力做功	重力势能的改变	$W_G = -\Delta E_p$
弹力做功	弹性势能的改变	$W_{\text{弹}} = -\Delta E_p$
合外力做功	动能的改变	$W_{\text{合}} = \Delta E_k$
除重力、系统内弹力以外的其他力做功	机械能的改变	$W = \Delta E_{\text{机}}$
两物体间滑动摩擦力对物体系统做功	机械能转化为内能	$F_f \cdot x_{\text{相对}} = Q$

5. ABC 【解析】由 $v-t$ 图线的斜率表示加速度可知,物体 B 和木板 A 的加速度大小相等,又因为物体 B、木板 A 受到的滑动摩擦力大小也相等,由牛顿第二定律可得 $f = ma$,可知木板 A 与物体 B 质量相等,故 **A 正确**;若木板 A、物体 B 质量已知,由 $v-t$ 图像可知,物体 B 的初速度大小 $v_0 = 2$ m/s,最终物体 B 和木板 A 达到共速, $v_{\text{共}} = 1$ m/s,由能量守恒定律可得 $\frac{1}{2}m_B v_0^2 = \frac{1}{2}(m_A + m_B)v_{\text{共}}^2 + Q$,可求出此过程中产生的热量 Q ,故 **B 正确**;在达到共同速度时, A、B 的位移差 $x_B - x_A = \left[\frac{1}{2}(1+2) \times 1 - \frac{1}{2} \times 1 \times 1 \right]$ m = 1 m,故 **C 正确**;A 对 B 的摩擦

→ **关键点:** $v-t$ 图线与横轴围成的面积表示位移
力与 B 对 A 的摩擦力是一对相互作用力,等大反向,但是物体 B 的位移要大于木板 A 的位移,所以它们之间的摩擦力对两者做的功大小并不相等,故 **D 错误**.

6. (1) 5 m/s² 5 m/s² (2) -13.5 J (3) 9 J

【解析】(1) 对物块,根据牛顿第二定律有 $\mu mg = ma_1$,解得 $a_1 = 5$ m/s²,对木板,根据牛顿第二定律有 $\mu mg = Ma_2$,解得 $a_2 = 5$ m/s².
(2) 物块冲上木板后经时间 t 二者共速,对物块有 $v_{\text{共}} = v_0 - a_1 t$,对木板有 $v_{\text{共}} = a_2 t$,解得 $t = 0.6$ s, $v_{\text{共}} = 3$ m/s,

对物块,由动能定理有 $W_f = \frac{1}{2}mv_{\text{共}}^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,

可得 $W_f = -13.5 \text{ J}$.

(3) 对木板和物块组成的系统,由能量守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = Q + \frac{1}{2}(M+m)v_{\text{共}}^2,$$

解得 $Q = 9 \text{ J}$.

- 7. AB** 【解析】物块通过 P 点时弹簧弹力为零,则物块的加速度大小为 $a = g \sin 30^\circ - \mu g \cos 30^\circ = 0$,故 **A 正确**;由对称性可知,物块通过 MP 段与 PN 段,在经过关于 P 点对称的位置时弹簧的弹力相同,物块对斜面的压力相等,摩擦力相等,则物块通过 MP 段与 PN 段摩擦力做功相等,故 **B 正确**;从 M 到 N ,由功能关系可得 $mgh = W_f$,从 M 到 P ,由功能关系可得 $mg \frac{h}{2} - \frac{1}{2}W_f = \frac{1}{2}mv_P^2 - E_p$,解得弹簧具有的最大弹性势能为 $E_p = 20 \text{ J}$,故 **C 错误**;从 M 到 P 过程中,克服摩擦力做的功为 $W_f' = \frac{1}{2}mgh = 10 \text{ J}$,可知物块和弹簧组成的系统损失的机械能为 10 J ,故 **D 错误**.

- 8. BC** 【解析】物块和弹簧组成的系统机械能的变化量等于拉力做的功, $\Delta E = W_F = \frac{F_0 + F_1}{2}x_0$,根据牛顿第二定律得 $F_0 = ma$, $F_1 - mg = ma$,解得 $\Delta E = \frac{1}{2}(2F_0 + mg)x_0$,**A 错误**;物块 P 的动能变化量大小等于合外力的功, $\Delta E_k = max_0$,解得 $\Delta E_k = F_0x_0$,**B 正确**;弹簧的弹性势能变化量大小等于弹簧弹力做的功, $\Delta E_p = \frac{mg + 0}{2}x_0 = \frac{1}{2}mgx_0$,**C 正确**;物块 P 的重力势能变化量大小等于克服重力做的功, $\Delta E_p' = mgx_0$,**D 错误**.

→ **关键点:** 物块做匀加速直线运动,根据牛顿第二定律求出位移为 x_0 时拉力的大小 F_1 是解题的关键

第1章素养检测

刷速度

- 1. C** 【解析】运动员起跳时,先向上加速,速度达到最大后开始减速,直至离开地面,此过程中,运动员先超重后失重,故 **A 错误**;运动员起跳消耗体内化学能,转化为机械能,机械能增加,故 **B 错误**;地面对运动员的支持力在起跳过程中没有位移,根据功的定义可知,支持力不做功,故 **C 正确, D 错误**.
- 2. B** 【解析】水喷出时的速度大小约为 $v_0 = \sqrt{2gh} = 10 \text{ m/s}$,在空中运动的时间约为 $t = \frac{2v_0}{g} = 2 \text{ s}$,空中水柱的总质量约为 $m = v_0 t S \rho = 2 \text{ kg}$,喷头喷水的功率约为 $P = \frac{\frac{1}{2}mv_0^2}{t} = 50 \text{ W}$,故选 **B**.
- 3. C** 【解析】物块向左运动到最大距离时,弹簧的压缩量最大,弹力最大,因为物块能被弹回,则弹簧的最大弹力大于滑动摩擦力,**A 错误**;物块向左运动过程中克服摩擦力做功 $W_1 = \mu mgs$,向右返回的过程中克服摩擦力做功 $W_2 = \mu mgs$,则整个过程中物块克服摩擦力做功为 $W_{\text{总}} = W_1 + W_2 = 2\mu mgs$,**B 错误**;对物块弹回的过程,根据动能定理有 $W - \mu mgs = 0$,可得弹簧弹力做功 $W = \mu mgs$,根据功能关系可知弹簧的最大弹性势能为 μmgs ,**C 正确**;对物块运动的全过程,根据动能定理有 $-2\mu mgs = 0 - \frac{1}{2}mv^2$,可得物块的初速度大小为 $v = 2\sqrt{\mu gs}$,**D 错误**.

教材变式 本题由教材 P29 第 5 题演变而来,教材考查了木块压缩弹簧的过程中弹簧的最大弹性势能和某时刻的弹性势能,本题延伸考查了弹簧的最大弹力和克服摩擦力做的功.

- 4. D** 【解析】小球落地前以速率 v_1 匀速运动,则有 $mg = kv_1$,即 $k = \frac{mg}{v_1} = 2 \text{ N} \cdot \text{s/m}$,故 **A 错误**;小球抛出瞬间的加速度大小为 $a_0 = g + \frac{kv_0}{m} = 10 \text{ m/s}^2 + \frac{2 \times 8}{0.4} \text{ m/s}^2 = 50 \text{ m/s}^2$,故 **B 错误**;小球从抛出到落地过程中机械能损失量 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$,代入数据可得 $\Delta E = 12 \text{ J}$,故 **D 正确**;由功能关系可知小球从抛出到落地过程中克服空气阻力做的功等于机械能减少量,即小球从抛出到落地过程中克服空气阻力做的功等于 $\Delta E = 12 \text{ J}$,上升阶段与下降阶段的位移大小相等,由题意知小球在上升阶段空气阻力的平均值大于下降阶段空气阻力的平均值,故小球在上升阶段克服空气阻力做功大于下降阶段克服空气阻力做功,则小球在上升阶段克服空气阻力做功大于 $\frac{1}{2}\Delta E = \frac{1}{2} \times 12 \text{ J} = 6 \text{ J}$,故 **C 错误**.

- 5. D** 【解析】物块与弹簧组成的系统机械能不守恒,因为物块受到斜面的摩擦力作用,系统的机械能减少,**A 错误**;物块运动到 B 点时,沿斜面方向合力不等于 0,物块的速度不是最大,**B 错误**;由题意,根据能量守恒定律得 $mg(2L + x_m) \sin 37^\circ = E_p + \mu mg(2L + x_m) \cos 37^\circ$, $mgL \sin 37^\circ = \mu mg(3L + 2x_m) \cos 37^\circ$,解得 $E_p = \frac{7}{4}mgL$, $x_m = 1.5L$,**C 错误, D 正确**.

- 6. A** 【解析】根据题意,由图像可得,汽车无动力滑行时的加速度大小为 $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 2 \text{ m/s}^2$,由牛顿第二定律可得,汽车行驶中所受阻力大小为 $f = ma_1 = 2 \times 10^3 \text{ N}$,故 **A 正确**;根据题意,由题图可知,当 $t = 11 \text{ s}$ 时,汽车达到最大速度 7.5 m/s ,此时汽车的牵引力大小为 $F = f = 2 \times 10^3 \text{ N}$,汽车的功率为 $P = Fv_m = 1.5 \times 10^4 \text{ W} = 15 \text{ kW}$,故 **B 错误**;根据题意,设 $1 \sim 11 \text{ s}$ 内汽车的位移大小为 x ,由动能定理有 $P(t_2 - t_1) - fx = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$,代入数据解得 $x \approx 67.2 \text{ m}$,故 **C 错误**;汽车加速过程中,速度大小为 6 m/s 时,牵引力大小为 $F_1 = \frac{P}{v} = 2.5 \times 10^3 \text{ N}$,由牛顿第二定律可得此时汽车的加速度大小为 $a_2 = \frac{F_1 - f}{m} = 0.5 \text{ m/s}^2$,故 **D 错误**.

- 7. AB** 【解析】小物体第一次匀速下滑,有 $mg \sin \angle C = \mu mg \cos \angle C$,可得 $\mu = \tan \angle C = \frac{h}{2h} = 0.5$,**A 正确**;小物体第二次下滑过程中,由能量守恒定律可得 $mg \cdot 2h = \frac{1}{2}mv^2 + \mu mg \cos \angle A \cdot \overline{AC}$,可得 $v = \sqrt{3gh}$,**B 正确**;第二次小物体滑到底端 A 点时,克服摩擦力做功为 $W_f = \mu mg \cos \angle A \cdot \overline{AC} = 0.5mgh$,**C 错误**;小物体第一次下滑过程中克服摩擦力做功为 $W_{f1} = \mu mg \cos \angle C \cdot \overline{AC} = mgh$,所以 $W_{f1} \neq W_{f2}$,**D 错误**.

→ **关键点:** 还可根据动能定理求克服摩擦力做的功

8. AD 【解析】由题图乙可知, $0 \sim 10 \text{ m}$ 内物块上滑, 由动能定理得 $-mgsin 30^\circ \cdot s - fs = E_{k1} - E_{k0}$, 整理得 $E_{k1} = E_{k0} - (mgsin 30^\circ + f)s$, 结合 $0 \sim 10 \text{ m}$ 内的图像得, 图线斜率的绝对值 $|k| = mgsin 30^\circ + f = 4 \text{ N}$, $10 \sim 20 \text{ m}$ 内物块下滑, 由动能定理得 $(mgsin 30^\circ - f)(s - s_1) = E_{k2}$, 整理得 $E_{k2} = (mgsin 30^\circ - f)s - (mgsin 30^\circ - f)s_1$, 结合 $10 \sim 20 \text{ m}$ 内的图像得, 图线斜率 $k' = mgsin 30^\circ - f = 3 \text{ N}$, 联立解得 $f = 0.5 \text{ N}$, $m = 0.7 \text{ kg}$, 故 **A 正确, B 错误**; 由题意可得, 物块沿斜面上滑的最大距离为 10 m , 以斜面底边为零势能面, 物块在最高点时重力势能为 $E_p = mgs_1 \cdot \sin 30^\circ = 35 \text{ J}$, 故 **C 错误**; 物块在上滑过程中, 由动能定理得 $-mgsin 30^\circ \cdot s_1 + W_f = 0 - E_{k0}$, 代入数据解得 $W_f = -5 \text{ J}$, 即物块上滑过程克服摩擦力做功为 5 J , 故 **D 正确**.

方法总结 对于多过程的问题, 要对每一过程进行受力分析, 遇到图像要从图像的斜率和面积的物理意义入手, 这样可以快速找到解决问题的突破口.

9. AC 【解析】由题图乙可知 $\mu = 0.2x$, 所以物块 a 受到的摩擦力 $f = \mu Mg = 0.8x(\text{N})$, 当物块 a 的速度为零时位移最大, 对整个系统由动能定理得 $-\frac{1}{2}fx + mgx = 0$, 由题意知 $m = 0.1 \text{ kg}$, 解得 $x = 2.5 \text{ m}$, 所以物块 a 的最大位移为 2.5 m , 故 **A 正确, B 错误**; 整个系统的加速度等于零时, 动能最大, 则 $f_1 = 0.8x_1(\text{N}) = mg$, 解得 $x_1 = 1.25 \text{ m}$, 由动能定理得 $-\frac{1}{2}f_1x_1 + mgx_1 = E_{km}$, 解得 $E_{km} = 0.625 \text{ J}$, 故 **C 正确**; 物块 b 减少的最大重力势能为 $\Delta E_p = mgx = 2.5 \text{ J}$, 故 **D 错误**.

10. ABC 【解析】设滑块第一次到达 D 点时, 弹簧的弹性势能为 E_p , 滑块从 A 点到 D 点, 由动能定理可得 $mgR - \mu mgL_{BC} - mgL_{CD} \sin 30^\circ + W = 0$, 由功能关系可得 $E_p = -W$, 解得 $E_p = 2 \text{ J}$, 故 **A 正确**; 分析可知, 滑块最终停止在水平轨道 BC 上, 设滑块在 BC 段运动的总路程为 s , 滑块从 A 点滑下到最后停下来的全过程, 由动能定理可得 $mgR - \mu mgs = 0$, 解得 $s = 2.5 \text{ m}$, 由于 $\frac{s}{L_{BC}} = 5$, 可知整个运动过程中滑块经过 B 点 5 次, 滑块最终停在 C 点, 故 **B 正确, D 错误**; 滑块在 D 点时, 弹簧的压缩量 $x = 0.2 \text{ m}$, 又 $E_p = \frac{1}{2}kx^2 = 2 \text{ J}$, 解得 $k = 100 \text{ N/m}$, 故 **C 正确**.

11. (2) ①大于 ②相同 ③ $v^2 - \frac{1}{M+m}$ ④ $\frac{4mg^2}{b}$

【解析】(2) ①根据题意, 为了使压力传感器的示数能为零, 弹簧要从压缩状态到伸长状态, 那么 C 的质量 M 要大于 A 的质量 m .

②刚要释放 C 时, 弹簧处于压缩状态, 若使压力传感器示数为零, 则弹簧的拉力 $F = mg$, 因此弹簧长度的变化量 $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = \frac{mg}{k} + \frac{mg}{k} = \frac{2mg}{k}$, 不论 C 的质量如何, 要使压力传感器示数为零, 且速度传感器恰好工作, 则 A 上升的高度为 $\frac{2mg}{k}$, C 下落的高度为 $\frac{2mg}{k}$, 即 C 下落的高度相同.

③以 A 、 C 及弹簧为系统, 根据机械能守恒定律, 有 $(M-m)g \cdot \frac{2mg}{k} = \frac{1}{2}(M+m)v^2$, 整理可得 $v^2 = -\frac{8m^2g^2}{k} \cdot \frac{1}{M+m} + \frac{4mg^2}{k}$, 为得到线性关系图线, 应作出 $v^2 - \frac{1}{M+m}$ 图线.

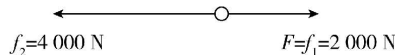
④由上述表达式可知 $\frac{4mg^2}{k} = b$, 解得 $k = \frac{4mg^2}{b}$.

12. (1) 2 000 N 4 000 N (2) 大小为 1 m/s^2 , 方向与运动方向相反 (3) 68.75 m

【解析】(1) 由题图乙可知汽车在 AB 路段做匀速运动, 由 $P = f_1 v_1$ 可得, $f_1 = \frac{P}{v_1} = \frac{20 \times 10^3}{10} \text{ N} = 2 000 \text{ N}$,

汽车在 $t = 15 \text{ s}$ 时加速度为零, 则有 $f_2 = \frac{P}{v_2} = \frac{20 \times 10^3}{5} \text{ N} = 4 000 \text{ N}$.

(2) 汽车到达 B 点的瞬间受力分析如图所示,



以运动方向为正方向, 由牛顿第二定律得 $F - f_2 = ma$, 得 $a = \frac{F - f_2}{m} = -1 \text{ m/s}^2$, 即汽车刚好开过 B 点时的加速度大小为 1 m/s^2 , 方向与运动方向相反.

易错点: 不要漏掉方向

(3) 对汽车在 $t = 5 \text{ s}$ 到 $t = 15 \text{ s}$ 时间内,

由动能定理得 $P \cdot \Delta t - f_2 \cdot \overline{BC} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$,

解得 $\overline{BC} = 68.75 \text{ m}$.

13. (1) $7.2 \times 10^4 \text{ J}$ (2) $4.8 \times 10^4 \text{ J}$

【解析】(1) 夯杆匀加速运动过程, 所受的滑动摩擦力大小

关键点: 夯杆从静止开始运动, 先做匀加速运动, 速度大小达到 v 时开始做匀速运动

$F_1 = 2\mu F_N$, $F_N = F$,

根据牛顿第二定律得 $F_1 - mg = ma$,

夯杆匀加速运动的位移大小 $s_1 = \frac{v^2}{2a}$,

夯杆匀速运动的位移大小 $s_2 = h - s_1$,

夯杆匀速运动过程, 受静摩擦力, 则 $F_2 = mg$,

易错点: 夯杆在竖直方向上做匀速运动, 受到与重力平衡的静摩擦力

所以每个打夯周期中, 摩擦轮对夯杆所做的功为

$W = F_1 s_1 + F_2 s_2 = 7.2 \times 10^4 \text{ J}$.

(2) 每个打夯周期中, 夯杆与摩擦轮之间的相对位移大小为

$\Delta s = vt - \frac{v^2}{2a}$,

其中 $t = \frac{v}{a}$,

所以每个打夯周期中, 摩擦轮与夯杆因摩擦产生的热量

$Q = 2\mu F_N \Delta s = 4.8 \times 10^4 \text{ J}$.

14. (1) 0.875 (2) 63 J (3) 198 J

【解析】(1) 快件放上传送带后先做匀加速运动, 根据 $v^2 = 2ax$, 结合题图乙可得快件做匀加速运动的加速度大小为

破点: 从题图乙可看出, 快件匀加速运动 4.5 m 后和传送带共速, 此后一起做匀速直线运动

$a = \frac{9}{2 \times 4.5} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律可得 $\mu mg \cos 37^\circ - mg \sin 37^\circ = ma$, 解得快件与传送带之间的动摩擦因数为 $\mu = 0.875$.

(2) 设传送带的速率为 v , 根据题图乙可知 $v = \sqrt{9} \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$, 快件做匀加速运动的时间为 $t_1 = \frac{v}{a} = 3 \text{ s}$, 快件与传送带的

相对位移为 $\Delta x = vt_1 - \frac{1}{2}at_1^2 = 4.5 \text{ m}$, 快件与传送带一起匀速运动时, 不产生热量, 故快件从传送带底端到顶端过程因摩擦产生的热量为 $Q = \mu mg \cos 37^\circ \cdot \Delta x = 63 \text{ J}$.

高中必刷题 物理

(3)快件从传送带底端到顶端过程电动机多做的功等于快件重力势能和动能的增加量以及因摩擦而产生的热量之和,则有 $W = mgL \sin 37^\circ + \frac{1}{2}mv^2 + Q$, 解得 $W = 198 \text{ J}$.

第1章高考强化

刷真题

1. B 【解析】列车对高中生所做的功转化为高中生的动能,高中生坐在列车上与列车相对静止,即高中生对地速度 $v = 144 \text{ km/h} = 40 \text{ m/s}$,高中生的质量大约为 $m = 50 \text{ kg}$,列车对高中生所做的功为 $W = \frac{1}{2}mv^2 = 4 \times 10^4 \text{ J}$, **B 正确**.

2. A 【解析】设该光伏电池单位时间内获得的太阳能为 E ,小车匀速运动,则有 $F = f = kv$,小车的功率 $P_{\text{牵}} = Fv = kv^2$,由于电动机的效率为 50%,则 $50\%E\eta = kv^2$,解得 $E = \frac{2kv^2}{\eta}$, **A 正确**.

3. B 【解析】单位时间内瀑布流出水的质量 $m = \rho V$,下落过程中重力做功 $W = mgh$,转化成的电能为 $E = \eta W$,单位时间内转化成的电能即为发电功率,故发电功率 $P = \rho Vgh\eta = 10 \times 10^3 \times 10 \times 150 \times 70\% W = 1.05 \times 10^7 \text{ W}$, **B 正确**.

4. D 【解析】设额定功率为 P_1 的动车受到的阻力大小为 f_1 ,额定功率为 P_2 的动车受到的阻力大小为 f_2 ,则有 $P_1 = f_1 v_1$, $P_2 = f_2 v_2$,当将它们编成动车组后,每节动车运行时受到的阻力与编组前相等,有 $P_1 + P_2 = (f_1 + f_2) v_m$,解得该动车组在铁轨上能达到的最大速度为 $v_m = \frac{(P_1 + P_2) v_1 v_2}{P_1 v_2 + P_2 v_1}$, **D 正确**.

5. A 【解析】第一阶段,小车在恒定牵引力作用下拉动物体运动,对小车和物体组成的整体,由动能定理有 $(F - f - \mu mg)S_1 = \frac{1}{2}(M + m)v_0^2 - 0$,第二阶段,轻绳从物体上脱落,物体做匀减速直线运动,由动能定理有 $-\mu mg(S_2 - S_1) = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$,联立解得 $v_0 = \sqrt{\frac{2(F - f)(S_2 - S_1)S_1}{(M + m)S_2 - MS_1}}$,在第一阶段的末时刻,小车达到额定功率,可知小车的额定功率 $P_0 = Fv_0 = \sqrt{\frac{2F^2(F - f)(S_2 - S_1)S_1}{(M + m)S_2 - MS_1}}$, **A 正确**.

一题多解 动力学角度

设物体与水平面之间的滑动摩擦力大小为 f' ,由于 f' 、 F 和 f 均为恒力,故第一阶段小车和物体做匀加速直线运动,设小车位移为 S_1 时,速度为 v_1 ,则对物体和小车组成的整体受力分析有 $F - f - f' = (m + M)a_1$, $v_1^2 = 2a_1S_1$, $P_0 = Fv_1$. 第二阶段,轻绳从物体上脱落后,对于物体做匀减速直线运动直至停下的过程有 $f' = ma_2$, $v_1^2 = 2a_2(S_2 - S_1)$,联立解得 $P_0 = \sqrt{\frac{2F^2(F - f)(S_2 - S_1)S_1}{(m + M)S_2 - MS_1}}$, **A 正确**.

6. (1) 450 N (2) $9.0 \times 10^3 \text{ J}$ (3) 600 W

【解析】(1)由于木板做匀速直线运动,由平衡条件得 $2F \cos \theta = f$,解得 $f = 450 \text{ N}$.

(2)根据功的定义式得 $W = 2Fl \cos \theta$,解得 $W = 9.0 \times 10^3 \text{ J}$.

(3)由功率 $P = \frac{W}{t}$,解得 $P = 600 \text{ W}$.

7. D 【解析】根据动能定理有 $mgh - W_{\text{摩擦}} = \frac{1}{2}mv^2 - 0$,可得此过

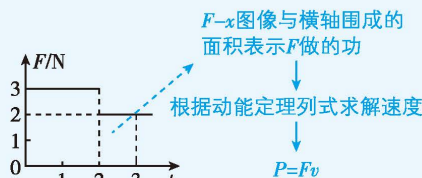
程中人与滑板克服摩擦力做的功为 $W_{\text{摩擦}} = mgh - \frac{1}{2}mv^2$,

D 正确.

一题多解 根据功能关系可得此过程中人与滑板克服摩擦力做的功等于重力势能的减小量与动能的增加量之差,即可得此过程中人与滑板克服摩擦力做的功为 $mgh - \frac{1}{2}mv^2$.

8. A

题图剖析

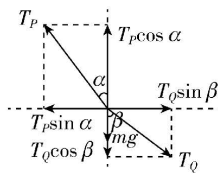


【解析】 $F-x$ 图像与横轴围成的面积表示 F 做的功,由图像可知 $W = 3 \times 2 \text{ J} + 2 \times 1 \text{ J} = 8 \text{ J}$,由动能定理得 $W = \frac{1}{2}mv^2 - 0$,解得物块运动到 $x = 3 \text{ m}$ 处的速度 $v = 4 \text{ m/s}$, F 做功的瞬时功率为 $P = Fv = 8 \text{ W}$, **A 正确**.

9. (1) 1 200 N 900 N (2) -4 200 J

【解析】(1)重物缓慢下降,处于平衡状态,对重物进行受力分析,如图所示,水平方向有 $T_P \sin \alpha = T_Q \sin \beta$, 竖直方向有 $T_P \cos \alpha = T_Q \cos \beta + mg$, 联立解得 $T_P = 1 200 \text{ N}$, $T_Q = 900 \text{ N}$.

(2)重物缓慢下降,动能变化量为零,下降过程中对重物由动能定理有 $mgh + W = 0$, 解得 $W = -4 200 \text{ J}$, 即两根绳子拉力对重物做的总功为 $-4 200 \text{ J}$.



10. BCD 【解析】物体 Q 的加速度大小为 $\frac{g}{3}$,则对系统由牛顿

第二定律有 $m_Q g - m_P g = (m_P + m_Q) \cdot \frac{g}{3}$,解得 $\frac{m_P}{m_Q} = \frac{1}{2}$, **A 错误**;

设速度竖直向上为正方向,由题意作出物体 P 、 Q 运动的速度—时间图像,设 $t = 0$ 时刻, P 、 Q 高度相差为 H ,则可知 $H = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} T \times \frac{gT}{3} = \frac{2}{9} gT^2$,由题意可知 $m_Q g H = E$,则 $m_Q g = \frac{9E}{2gT^2}$,

⚡ 破点: $t = 0$ 时刻 Q 静止,机械能等于重力势能

$m_P g = \frac{9E}{4gT^2}$, $t = 2T$ 时刻,物体 P 的速度 $v = \frac{g}{3} \cdot T - gT = -\frac{2gT}{3}$,即 $2T$ 时刻物体 P 的速度大小为 $\frac{2gT}{3}$, **D 正确**; $t = 2T$ 时

刻,物体 P 重力的功率为 $m_P g \cdot \frac{2gT}{3} = \frac{3E}{2T}$, **C 正确**;物体 Q 在

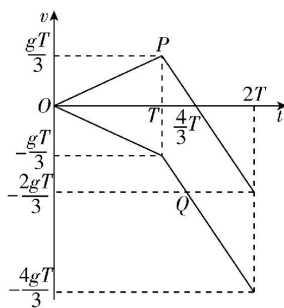
$t = T$ 时刻的动能 $E_k = \frac{1}{2}m_Q v_Q^2 =$

$\frac{1}{2} \times \frac{9E}{2g^2 T^2} \times \left(\frac{gT}{3}\right)^2 = \frac{1}{4} E$,此时

物体 P 上升距离为 $\frac{3}{4} H$,则物

体 Q 距离零势能面 $\frac{1}{4} H$,此时

势能为 $E_p = \frac{1}{4} E$,所以 $t = T$ 时



刻,物体 Q 的机械能为 $E_k + E_p = \frac{1}{2}E$, 物体 Q 在 $t=T$ 时刻之后只受重力作用,其机械能守恒,故 **B 正确**.

- 11. B** 【解析】甲所坐木板刚要离开原位置时所受摩擦力为最大静摩擦力,设弹性绳的伸长量为 x , 则 $kx = \mu mg$. 由于乙所坐的木板缓慢运动,可认为处于静止状态,动能为零. 开始时弹性绳无弹力,由功能关系得 $W = \frac{1}{2}kx^2 + \mu mg(l-d+x)$, 解得 $W = \frac{3(\mu mg)^2}{2k} + \mu mg(l-d)$, **B 正确**.

12. C

思路导引 物块和小车共速前,物块做匀加速直线运动,小车做变加速直线运动,电动机的功率恒定,牵引力做功 $W = Pt$,功率恒定时用动能定理可以联系位移和时间.

【解析】

选项	分析	结论
A	物块加速至 v_0 过程: $\mu mg \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ = ma$, 得 $a = \frac{1}{4}g$, $v_0 = at$, 得 $t = \frac{4v_0}{g}$, $x_{物} = \frac{1}{2}at^2 = \frac{2v_0^2}{g}$	×
B	物块加速至 v_0 过程,物块机械能增量 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx_{物} \sin 30^\circ = \frac{3}{2}mv_0^2$	×
C	小车加速至 v_0 过程,根据能量守恒定律有 $Pt - (mg \sin 30^\circ + \mu mg \cos 30^\circ)x_{车} = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$, 得 $x_{车} = \frac{16Pv_0}{5mg^2} - \frac{2v_0^2}{5g}$	✓
D	小车加速至 v_0 过程,小车机械能增量 $\Delta E' = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx_{车} \sin 30^\circ = \frac{8Pv_0}{5g} + \frac{3}{10}mv_0^2$	×

- 13. (1) ④①⑥⑤ (2) 1.79 (3) 通过 2g 19.1**

(4) $\left| \frac{2g-k}{2g} \right|$ 2.6

【解析】(1) 该实验的步骤为:将纸带下端固定在重锤上,穿过打点计时器的限位孔,用手捏住纸带上端;先接通电源,打点计时器开始打点,然后再释放纸带;关闭电源,取下纸带;在纸带上选取一段,用刻度尺测量该段内各点到起点的距离,记录分析数据. 根据实验原理 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 可知,等号

两边质量可以约掉,不需要用电子天平称量重锤的质量. 故正确的实验步骤及顺序为④①⑥⑤.

(2) 根据题意可知,纸带上相邻计数点的时间间隔 $T = \frac{1}{f} = 0.02$ s, 根据匀变速直线运动规律得中间时刻的瞬时速度等于该过程的平均速度,可得打出 B 点时重锤下落的速度大小 $v_B = \frac{AC}{2T} = \frac{(20.34-13.20) \times 10^{-2}}{2 \times 0.02}$ m/s ≈ 1.79 m/s.

(3) 若机械能守恒,则满足 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$, 可得 v^2-h 关系式为 $v^2 = 2gh$, 可知题图 3 中直线通过原点且斜率为 $2g$; 由题图 3 中数据计算可得直线的斜率 $k = \frac{5.5-1.4}{0.29-0.075}$ m/s² $= 19.1$ m/s².

(4) 重锤重力势能减小量 $E_p = mgh$, 动能增加量 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mgh$, $\eta = \left| \frac{E_p - E_k}{E_p} \right| \times 100\% = \left| \frac{mgh - \frac{1}{2}mgh}{mgh} \right| \times 100\% = \left| \frac{2g-k}{2g} \right| \times 100\%$, 代入数据解得 $\eta = \left| \frac{19.60-19.1}{19.60} \right| \times 100\% = 2.6\%$.

刷原创

- 1. B** 【解析】功的计算式 $W = F \cos \alpha$ 中的 s 为力对作用点的位移,运动员起跳过程中,地面对他的支持力没有位移,则地面对运动员做功为 0,故 **B 正确**.
 易错点: 易忽略做功的条件导致错解

- 2. (1) $mg \sin \theta \sqrt{2gH \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta} \right)}$ (2) 会 减小**

【解析】(1) 小球从释放至滑到木板 a 底端的过程中,根据动能定理可得

$$mgH - \mu mg \cos \theta \cdot \frac{H}{\sin \theta} = \frac{1}{2}mv^2 - 0,$$

小球滑到木板 a 底端时,重力的功率为 $P = mgv \sin \theta$,

$$\text{联立解得 } P = mg \sin \theta \sqrt{2gH \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta} \right)}.$$

(2) 小球从释放到运动到 c 木板上的最高点过程中,设小球在 c 上运动的最高点的高度为 h ,根据动能定理得

$$mg(H-h) - \mu mg \cos \theta \cdot \frac{H}{\sin \theta} - \mu mgL - \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{h}{\sin \alpha} = 0,$$

$$\text{解得 } h = \frac{H - \mu \frac{H}{\tan \theta} - \mu L}{1 + \frac{\mu}{\tan \alpha}},$$

由上式可知 α 逐渐减小时,小球在木板 c 上运动的最高点的高度会变化,将减小.

第 2 章 抛体运动

第 1 节 运动的合成与分解

课时 1 曲线运动

刷基础

- 1. C** 【解析】根据曲线运动的特点可知,足球的速度方向沿运动轨迹切线方向,合外力方向指向运动轨迹的凹侧,则加速
 易错点: 通过合力指向运动轨迹的凹侧判断合力方向

度方向指向运动轨迹的凹侧,足球做曲线运动,足球的加速度方向与速度方向不在同一条直线上,故 **A、B 错误, C 正确**; 足球在运动过程中受到重力和空气阻力的作用,空气阻力为变力,所以足球的运动不是匀变速曲线运动,故 **D 错误**.

易错点: 匀变速运动为加速度不变的运动

- 2. C** 【解析】该型 HGV 做曲线运动,速度方向一定沿着运动轨迹的切线方向, **A 正确**; 该型 HGV 在 a 点所受合力指向运