

第四章

机械能及其守恒定律

第1节 功



对点上分

1. D 【解析】功是标量,但有正负,正负不表示大小和方向,而代表的是动力做功还是阻力做功,所以+5 J的功小于-8 J的功,故 A 错误;若一个力对物体做功为零,可能是力与物体的位移方向垂直,则该物体不一定处于静止状态,故 B 错误;两物体间的一对滑动摩擦力做功的代数和为负值,所以两物体间的一对滑动摩擦力做功之和一定不等于零,故 C 错误;功是标量,所以物体所受多个力做功的代数和等于这几个力的合力做的功,故 D 正确.

注意说明 功有正、负之分,但功的正、负并不表示方向. 力对物体做正功,促进物体的运动,为动力做功;力对物体做负功,阻碍物体的运动,为阻力做功,常常说成物体克服这个力做功.

2. B 【解析】静摩擦力存在不表示物体不运动,则静摩擦力可以对物体做功,故 A 错误;两物体相对静止,所受静摩擦力等大反向,若静摩擦力对一个物体做正功,则对另一个物体一定做负功,故 B 正确;物体的运动方向与滑动摩擦力方向可能相同或相反,物体也可能静止,则滑动摩擦力对物体可能做正功,也可能做负功或不做功,故 C 错误;一对相互作用的滑动摩擦力对两物体做功代数和为负值,故 D 错误.

注意说明 静摩擦力可以做功,如传送带上匀速运动的物体,物体受到的静摩擦力做正功,空气阻力做负功.

3. B 【解析】对图甲中的人受力分析,受重力和支持力两个力,支持力与人位移方向的夹角为钝角,做负功,故 A 错误, B 正确;对图乙中的人受力分析,受重力、支持力与静摩擦力,支持力与人位移方向的夹角为 90° ,不做功,静摩擦力与人位移方向相反,做负功,故 C、D 错误.

关键点拨 判断正功还是负功看力与位移方向的夹角 θ : $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 时,力做正功; $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ 时,力做负功; $\theta = 90^\circ$ 时,力不做功. 如果摩擦力与位移同向则做正功,反向则做负功,垂直则不做功.

4. D 【解析】该过程中子弹的位移大小为 $(s+d)$,因此子弹克服阻力做的功为 $f(s+d)$,故 A、B 错误;该过程中木块的位

→ **关键:** 功的计算公式中的位移是以地面为参考系的绝对位移,区分相对位移与绝对位移

移大小为 s ,因此子弹对木块做的功为 fs ,故 C 错误, D 正确.

→ **注意:** 子弹对木块的作用力使木块运动位移为 s ,而非子弹射入木块的深度 d

5. C 【解析】功是标量,当有多个力对物体做功的时候,总功就等于各个力对物体做功的代数和,力 F_1 对物体做功 6 J,力 F_2 对物体做功 -8 J,故 F_1 与 F_2 的合力对物体做的功 $W = W_1 + W_2 = 6 \text{ J} + (-8 \text{ J}) = -2 \text{ J}$,故 C 正确.

易错警示 功是标量,合力做功等于各分力做功的代数和,而非按矢量合成计算.如相互垂直的两力做功分别为 6 J 和 -8 J,则合力做功为 -2 J,而非按平行四边形定则计算.切记功的运算遵循代数法则,与力的矢量合成不同,避免混淆标量与矢量的运算规则.

6. C 【解析】重力做功为 $W_G = mgl \cos 90^\circ = 0$,故 A 错误;支持力做功为 $W_N = Nl \cos 90^\circ = 0$,故 B 错误;拉力做功为 $W_F = Fl \cos \theta$,故 C 正确;轮胎竖直方向受力平衡,有 $N + F \sin \theta = mg$,得 $N = mg - F \sin \theta$,则摩擦力大小为 $f = \mu N = \mu(mg - F \sin \theta)$,摩擦力做功为 $W_f = -fl = -\mu(mg - F \sin \theta)l$,故 D 错误.

7. D 【解析】根据功的定义可知,人对车的推力 F 做的功为 $W = FL$,故 A 正确;根据牛顿第二定律可知,车对人在水平方向上的合力大小为 $F_1 = ma$,方向向前,所以车对人做的功为 $W_1 = maL$,故 B 正确;根据牛顿第三定律可知,车对人的推力大小为 F ,方向向后,对人根据牛顿第二定律可得 $f - F = ma$,所以车对人的摩擦力大小为 $f = ma + F$,方向向前,则摩擦力做功为 $W_f = fL = (ma + F)L$,故 C 正确;车对人有三个作用力:竖直向上的支持力,大小为 mg ;向后的推力,大小为 F ;向前的摩擦力,大小为 $F + ma$. 所以车对人的作用力大小为 $F_{\text{合}} = \sqrt{(mg)^2 + (ma)^2}$,故 D 错误.

8. ABC 【解析】由题意可知,两个力的大小相等,且与位移方向间的夹角相等,位移相等,所以两力做功一定相等,故 A 正确;由于 F_1 对 A 物体有向下压的效果,而 F_2 对 B 物体有向上提的效果,可知 A 物体受到的支持力要大于 B 物体受到的支持力, A 物体受到的摩擦力要大于 B 物体受到的摩擦力,所以 A 物体克服摩擦力做功更多,故 B 正确;支持力的方向与位移方向垂直,都不做功,所以支持力做功相等,故 C 正确; F_1 和 F_2 所做的功相同, A 物体克服摩擦力做功更多,所以合外力对 A 物体做功更小,故 D 错误.

9. BD 【解析】设物体向右做匀减速直线运动的加速度大小为 a_1 ,则由 $v-t$ 图像解得 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$,方向与初速度方向相反,设物体向左做匀加速直线运动的加速度大小为 a_2 ,则由 $v-t$ 图像解得 $a_2 = 1 \text{ m/s}^2$,方向与初速度方向相反,根据牛顿第二定律得 $F + \mu mg = ma_1$, $F - \mu mg = ma_2$,解得 $F = 1.5 \text{ N}$, $\mu = 0.05$,故 A 错误; $v-t$ 图像中图线与横轴所围成的面积表示位移,10 s 内物体的位移为 $x = \frac{8 \times 4}{2} \text{ m} - \frac{(10-4) \times 6}{2} \text{ m} = -2 \text{ m}$,负号表示物体在计时起点位置的左侧,即 10 s 末物体在计时起点位置左侧 2 m 处,则 0~10 s 内恒力 F 对物体做功 $W = -Fx = -1.5 \times (-2) \text{ J} = 3 \text{ J}$,故 B 正确, C 错误; 0~10 s 内物体运动的路程 $s = \frac{8 \times 4}{2} \text{ m} + \frac{(10-4) \times 6}{2} \text{ m} = 34 \text{ m}$,克服摩擦力做功 $W_{\text{克}f} = \mu mgs = 17 \text{ J}$,故 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运动过程中做的功。
- (2) 力 F 与位移 x 必须互相对应, 即 x 必须是力 F 作用过程中的位移。
- (3) 某力对物体做的功只与这个力、物体的位移以及力的方向和位移方向的夹角有关, 与物体的运动情况无关, 与物体是否还受其他力, 以及其他力是否做功均无关。

10. ACD

攻略上分 对斜面+水平面的摩擦力做功情况应用大招攻略 25, 将斜面上摩擦力做功等效为“ $-\mu mg \times$ 水平投影位移”, 与水平面摩擦力做功合并为“ $-\mu mg \times$ 总水平位移”, 融合分段求做功与几何转化思路, 避开倾角计算快速求解。

【解析】 整个过程中重力做功为 mgh , 故 A 正确; 整个过程中摩擦

注意: 重力做功只与竖直高度差 h 有关, 与路径无关

力做功为 $W_f = -\mu mgx$, 故 B 错误, C 正确; 整个过程中重力和摩擦

大招攻略 25 斜面滑动摩擦功——等效法速解斜面滑动摩擦力做功

力做功之和为 $mgh - \mu mgx$, 故 D 正确。

技巧必备 求合力做功有两种方法: 一是先求各分力做功, 再代数求和; 二是先求合外力, 再用 $W = \text{合外力} \times \text{位移} \times \cos \theta$ 计算。注意功是标量, 代数求和运算时保留正负号。

- 11. C 【解析】** 题图甲中, F 大小不变, 根据功的定义可得物块从 A 到 C 过程中, 力 F 做的功为 $W = Fs = F(|\vec{OA}| - |\vec{OC}|)$, 故 A 错误; 题图乙中, $F-x$ 图像与横轴所围图形的面积代表做功, 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 , 若空气阻力 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 $W = f \cdot \frac{2\pi R}{4} = \frac{1}{2} \pi Rf$, 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 $W = Fl \sin \theta$, 而缓慢将小球从 P 拉到 Q, F 为水平方向的变力, F 做的功不能用力乘小球沿 F 方向的位移计算, 故 D 错误。

方法总结 $F-x$ 图线与横轴围成图形的面积表示 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。

专题上分 8 变力做功

- 1. C 【解析】** 由于阻力与深度呈线性关系, 则克服阻力做的功为

$$W = \bar{F}h = \frac{(F_0 + kh_0 + F_0)}{2} h_0 = F_0 h_0 + \frac{1}{2} kh_0^2, \text{故 C 正确。}$$

- 2. D 【解析】** 开始时弹簧的压缩量 $x_1 = \frac{mg}{k}$, 此时 $F_1 = 0$, 当物块 A

恰好离开地面时, 弹簧伸长量为 $x_2 = \frac{mg}{k}$, 此时 $F_2 = 2mg$, F 随位移

线性变化, 则 F 做功 $W = \frac{F_1 + F_2}{2} (x_1 + x_2) = \frac{2m^2 g^2}{k}$, 故 D 正确。

3. C



攻略上分

采用大招攻略 26 中的平均力法求变力做功,将变力(随位移线性增大的摩擦力)等效为平均力计算做功.

【解析】所有小方块进入粗糙水平面过程的位移为 l ,所有小方块受到的摩擦力随进入粗糙水平面的位移线性变化,摩擦力的平均值 $f = \frac{\mu Mg}{2}$,则所有小方块克服摩擦力做的功 $W_f = fl = \frac{1}{2}\mu Mgl$,

故 C 正确.

方法总结

若物体受到与位移呈线性关系的力时,可以把变力等效成 $\bar{F} = \frac{F_1 + F_2}{2}$ 的恒力,再由 $W = \bar{F} \cdot s$ 进行计算;也可以作出力 F 随物体位移变化的图像,由图像与横轴围成的图形面积进行计算.

4. C



攻略上分

采用大招攻略 26 中的图像法求变力做功,利用 $F-x$ 图像与横轴所围图形的面积进行求解,同时注意 F 做功应该用 F 在位移 x 上的分力求解.

【解析】由 $F-x$ 图像与横轴围成图形的面积以及变力 F 与位移方向的夹角来求解该过程中变力 F 做的功,可知 力 F 所做的功为
 $W = \frac{1}{2}Fx \cos 37^\circ = 120 \text{ J}$,故 C 正确.



关键: 牢记功的定义式 $W = Fscos \theta$, 避免遗漏力与位移方向夹角的余弦值

5. AC

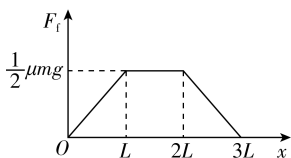
【解析】由题图可知,匀速运动阶段根据受力平衡可得滑动摩擦力的大小 $f = F = 4 \text{ N}$,故 A 正确; $F-x$ 图像与横轴围成图形的面积表示拉力做的功,可知整个过程拉力做的功 $W_F = \frac{1}{2} \times (2 + 4) \times 4 \text{ J} = 12 \text{ J}$,故 B 错误;整个过程摩擦力对物体所做的功为 $W_f = -fx = -4 \times 4 \text{ J} = -16 \text{ J}$,故 C 正确;在刚开始的 2 m 内,物体做匀速直线运动,物体所受合外力为 0 ,则合外力对物体所做的功为 0 ,故 D 错误.

6. BC

【解析】根据题意可知, $0 \sim 3 \text{ m}$ 物体做匀速直线运动,结合题图可得,阻力大小为 4 N ,在 $3 \sim 7 \text{ m}$ 水平拉力 F 与 x 的关系式为 $F = \frac{3}{2}x - \frac{1}{2} (\text{N})$,则在 $x = 5 \text{ m}$ 处 $F_1 = 7 \text{ N}$,由牛顿第二定律有 $a = \frac{F_1 - f}{m} = \frac{7 - 4}{2} \text{ m/s}^2 = 1.5 \text{ m/s}^2$,故 A 错误; $F-x$ 图像与横轴所围图形的面积表示拉力做的功,由题图可得, $0 \sim 7 \text{ m}$ 拉力对物体做功 $W_F = 3 \times 4 \text{ J} + \frac{1}{2} \times (4 + 10) \times (7 - 3) \text{ J} = 40 \text{ J}$,故 B 正确;根据题意, $0 \sim 7 \text{ m}$ 物体克服阻力做功 $W = fx = 4 \times 7 \text{ J} = 28 \text{ J}$,故 C 正确;合力对物体做功等于所有力做功之和,则 $W_{\text{合}} = W_F + W_f$,又有 $W_f = -W = -28 \text{ J}$,则 $W_{\text{合}} = 12 \text{ J}$,故 D 错误.

7. A

【解析】木板穿过 BC 段所受摩擦力随位移 x 变化如图所示, F_f-x 图像与横轴围成的图形面积表示物体克服摩擦力做的功,则 $W_f = \frac{L + 3L}{2} \times \frac{1}{2} \mu mg = \mu mgL$,故 A 正确.



方法总结 用图像法求变力做功需画出 $F-x$ 图像, 用图线与横轴围成图形的面积表示功, 直观简洁.

8. D 【解析】驴拉磨过程中驴对磨杆的拉力方向时刻在改变, 但是拉力 F 的方向与力的作用点的运动方向始终相同, 所以可以把运动一周的过程划分为无穷个长度趋于 0 的 Δs , 每个 Δs 内都可以认为 F 为恒力且和 Δs 同方向, 所以驴转动一周做功可以等效为驴沿直线走了 $2\pi r$ 时拉力 F 做的功, 可得驴运动一周拉力 F 所做的功为 $W = F \cdot 2\pi r = 600 \times 2 \times 0.5 \times \pi \text{ J} = 600\pi \text{ J} \approx 1884 \text{ J}$, 故 D 正确.

9. C 【解析】摆球所受重力方向竖直向下, 摆球的位移有竖直向下的分量, 所以重力做功不为零, 故 A 错误; 悬线的拉力始终与摆球速度方向垂直, 悬线的拉力不做功, 故 B 错误; 将圆弧路径分成若干小圆弧(尽量小), 则空气阻力所做的总功等于每个小圆弧段上所做功的代数和, 即 $W_f = -(f\Delta x_1 + f\Delta x_2 + \dots) = -\frac{1}{2}\pi fL$, 摆球克服空气阻力做功为 $\frac{1}{2}\pi fL$, 故 C 正确, D 错误.

技巧必备 变力做功的微元法中, 若力方向始终与位移方向相同(或相反), 可将运动轨迹分割为无数微元, 每段微元上力大小近似不变, 总功等于力的大小与路程的乘积. 如阻力大小不变的曲线运动, 直接用阻力乘路程求功, 无需考虑方向变化, 简化计算.

10. C 【解析】题图所示位置的均匀正方形薄金属片的重心位置与光滑轴的高度差 $h_1 = \frac{\sqrt{2}a}{2}$, 当 AB 边沿竖直方向时的重心位置与光滑轴的高度差 $h_2 = \frac{a}{2}$, 薄金属片的重心升高 $\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{(\sqrt{2}-1)a}{2}$, 此过程中重力做功 $W_c = -G\Delta h = -\frac{(\sqrt{2}-1)Ga}{2}$, 所以外力做功至少应为 $\frac{(\sqrt{2}-1)Ga}{2}$, 故 C 正确.

11. 732 J

攻略上分 采用大招攻略 26 中的等效转换法求变力做功, 将变方向的拉力做功等效为恒力 F 对绳端做的功, 绳端位移由几何关系求解.

【解析】人对绳的拉力所做的功与绳对物体的拉力所做的功相等, 设人手到定滑轮的竖直距离为 h , 物体上升的高度等于滑轮右侧绳子增加的长度, 即 $\Delta h = \frac{h}{\sin 30^\circ} - \frac{h}{\sin 60^\circ}$, 又 $s = \frac{h}{\tan 30^\circ} - \frac{h}{\tan 60^\circ}$, 联立解得 $\Delta h = (2\sqrt{3}-2) \text{ m}$, 则人对绳的拉力做的功 $W = mg\Delta h = mg \cdot 2(\sqrt{3}-1) \text{ m} \approx 732 \text{ J}$.

第2节 功率

- 1. D** 【解析】功率由力与速度共同决定,故 A 错误;功率定义为做功与时间的比值,做功多不代表功率大,故 B 错误;做的功等于功率与时间的乘积,功率大不表示做功多,故 C 错误;力和速度都很大,但二者方向间夹角为 90° 时,功率为零,即力和速度都很大,但功率不一定大,故 D 正确.
- 2. C** 【解析】做功多少与时间有关,在不知道做功时间的情况下无法比较甲、乙两台挖掘机做功的多少,故 A、B 错误;根据图像可知,在相等时间内,甲比乙做功多,由 $P = \frac{W}{t}$ 可知,甲的功率大,即甲比乙做功快,故 C 正确, D 错误.
- 3. B** 【解析】根据牛顿第二定律可得 $F \cos 60^\circ = ma$,解得 $a = 0.1 \text{ m/s}^2$,则 4 s 末的速度大小为 $v = at = 0.1 \times 4 \text{ m/s} = 0.4 \text{ m/s}$,则拉力的瞬时功率为 $P = Fv \cos 60^\circ = 2 \times 0.4 \times \frac{1}{2} \text{ W} = 0.4 \text{ W}$,故 B 正确.
- 4. C** 【解析】每一次向上运动的过程中,该同学克服重力做的功为 $W_{G1} = mgh = 50 \times 10 \times 0.1 \text{ J} = 50 \text{ J}$,故 A 错误;该同学离开地面瞬间的速度大小不为零,则每次离开地面的瞬间,重力的瞬时功率不为零,故 B 错误;每次跳起时,地面对该同学的支持力作用点的位移为零,所以地面对该同学的支持力做功为零,故 C 正确;这次跳绳测验该同学克服重力做功的平均功率为 $\bar{P} = \frac{100W_{G1}}{t} = \frac{100 \times 50}{40} \text{ W} = 125 \text{ W}$,故 D 错误.
- 5. D** 【解析】由于在上升和下降过程中,物体运动的高度 h 相同,因此在上升过程中克服重力所做的功和下降过程中重力所做的功相同,上升过程中,小球所受空气阻力向下,由牛顿第二定律得 $a_{\text{上}} = \frac{mg+f}{m}$,下降过程中,小球所受空气阻力向上,由牛顿第二定律得 $a_{\text{下}} = \frac{mg-f}{m}$,可知上升过程的平均加速度大于下降过程的平均加速度,根据 $h = \frac{1}{2}at^2$ 可知,上升过程中的时间小于下降过程中的时间,根据 $\bar{P} = \frac{W}{t}$ 可知,上升过程中克服重力做功的平均功率大于下降过程中重力做功的平均功率,故 A、B 错误;由以上分析可知,小球上升过程中的平均速度大于下降过程中的平均速度,而空气阻力的大小与小球的速度大小成正比,所以在上升过程中的平均阻力大于下降过程中的平均阻力,而位移大小相等,所以小球上升过程中阻力所做的功大于下降过程中阻力所做的功,故 C 错误, D 正确.

方法总结

变阻力运动中,需通过“ $\frac{\text{总功}}{\text{时间}}$ ”计算平均功率;比

较阻力做功时,可通过平均速度判断平均阻力大小,再结合位移比较总功.

- 6. B** 【解析】设轨道的倾角为 θ ,根据牛顿第二定律可知 $a = g \sin \theta$,设 M 点到地面的距离为 h ,根据运动学规律有 $2a \frac{h}{\sin \theta} = v^2$,可知物块沿不同轨道到达地面的速度大小相等,则重力的瞬

时功率为 $P = mgv \sin \theta$, 可知当物块滑到地面时, 沿 I 下滑重力的瞬时功率大于沿 II 下滑重力的瞬时功率, 故 A 错误, B 正确;

根据运动学规律有 $\frac{h}{\sin \theta} = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2$, 则物块重力的平均功率为 $\bar{P} = \frac{mgh}{t} = mgh \sqrt{\frac{g \sin^2 \theta}{2h}}$, 则物块运动过程中, 沿 I 下滑重力的平均功率大于沿 II 下滑重力的平均功率, 故 C、D 错误.

7. 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

点拨: 匀速时拉力大小 = 摩擦力大小

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.

8. C 【解析】由题图可知, 物体在 0~2 s 内拉力的功率与时间的关系为 $P = 15t$ W, 速度大小与时间的关系为 $v = 3t$ m·s⁻¹, 又 $P = F_2 v$, 所以拉力的大小为 $F_2 = 5$ N, 故 A 错误; 由题图可知, 在 2~6 s 内, 物体运动的速度大小为 6 m/s, 拉力的功率为 10 W, 物体做匀速直线运动, 摩擦力大小 $f = F_6 = \frac{P_6}{v_6} = \frac{10}{6}$ N ≈ 1.67 N, 故 B 错

误; 0~6 s 内物体克服摩擦力做的功为 $W_{\text{克}f} = fx = \frac{10}{6} \times \frac{1}{2} \times (4+6) \times 6$ J = 50 J, 故 C 正确; 0~6 s 内水平拉力做的功为 $W_F = \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 30 + 4 \times 10 \right)$ J = 70 J, 故 D 错误.

9. CD



思路分析 复杂运动阶段: 先从 $v-t$ 图像中判断运动性质(匀速、加速), 确定摩擦力大小(匀速时 $F=f$), 再用“ $F \times$ 位移”算功, 瞬时功率用“ $F \times$ 瞬时速度”, 确保力与运动状态匹配.

【解析】0~4 s 时间内物体沿水平方向移动的位移大小为 $x_1 = \frac{1}{2} \times 4 \times 3$ m = 6 m, 此过程拉力所做的功为 $W_1 = F_1 x_1 = 3 \times 6$ J = 18 J, 故 A 错误; 由图可知, 物体所受摩擦力的大小为 $f = 2$ N,

提醒: 4~6 s 是匀速阶段,

此时 $f = F_2 = 2$ N

4~6 s 物体沿水平方向移动的距离 $x_2 = 3 \times 2$ m = 6 m, 故 0~6 s 时间内合外力所做的功 $W_{\text{合}} = W_1 + F_2 x_2 - f(x_1 + x_2) = 18$ J + 2×6 J - $2 \times (6+6)$ J = 6 J, 故 B 错误; $t = 5$ s 时, 合外力做功的功率为 $P_{\text{合}} = (F_2 - f)v = (2-2) \times 3$ W = 0, 故 C 正确; 0~8 s 时间内, 物体通过的位移大小 $x_3 = \frac{1}{2} \times (8+2) \times 3$ m = 15 m, 物体克服摩擦力所做的功为 $W_f = fx_3 = 2 \times 15$ J = 30 J, 故 D 正确.

10. C 【解析】 $W-x$ 图线的斜率表示水平拉力 F 的大小, 由题图可知, 在 $x=0$ 至 $x=3$ m 的过程中, 水平拉力大小为 $F_1 = 5$ N, 由牛顿第二定律, 有 $F_1 - \mu mg = ma_1$, 解得 $a_1 = 1.5$ m/s², 故 A 错误; 当 $x = 3$ m 时, 物体的速度大小是 $v = \sqrt{2a_1 x} = \sqrt{2 \times 1.5 \times 3}$ m/s = 3 m/s, 由题图可知, 在 $x=3$ m 至 $x=9$ m 的过程中, 水平拉力大小为 $F_2 =$

2 N,由牛顿第二定律可得 $F_2 - \mu mg = ma_2$,解得 $a_2 = 0$,可知该过程物体做匀速运动,则当 $x = 9$ m 时,物体的速度大小是 3 m/s,故 B 错误;当 $x = 6$ m 时,物体的速度大小为 $v' = 3$ m/s,则拉力的瞬时功率是 $P = F_2 v' = 6$ W,故 C 正确;在 $x = 3$ m 至 $x = 9$ m 过程中,物体做匀速运动,所以合外力为零,合外力做功为零,故 D 错误。

11. A 【解析】列车匀速行驶时,牵引力与阻力等大反向,则有 $F = f = kv^2$,结合功率 $P = Fv = fv = kv^3$,即 $P \propto v^3$,故列车的速度变为原来的 2 倍时,功率变为原来的 8 倍,故 A 正确。

易错: 勿当成 P 与 v^2 成正比,对应关系错

写成 “ $P = kv^2$ ”

12. D 【解析】设每节车厢受到的阻力大小为 F_f ,稳定后动车组做匀速直线运动,选车厢 4~10 为研究对象,两种情况下车厢 3 对 4 的拉力大小均为 $F_{34} = 7F_f$,保持不变,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 ,开启车厢 1、2 动力时稳定后速度大小为 v_1 ,开启车厢 1、2、3 动力时稳定后速度大小为 v_2 ,则 $\frac{2P}{v_1} = 10F_f$, $\frac{3P}{v_2} = 10F_f$,得 $v_1 = \frac{P}{5F_f}$, $v_2 = \frac{3P}{10F_f}$,两种情况下车厢 3 对 4 的拉力功率分别为 $P_1 = 7F_f \cdot v_1 = \frac{7}{5}P$, $P_2 = 7F_f \cdot v_2 = \frac{21}{10}P$,故 $P_1 < P_2$,车厢 3 对 4 的拉力功率变大,故 C 错误, D 正确。

方法总结 多车厢功率问题:先确定研究对象明确拉力(等于该部分阻力),再通过“总功率=总牵引力×速度”求速度,最后用“拉力×速度”算拉力功率,确保总功率与总牵引力对应。

专题上分 9 机车启动问题

1. D 【解析】汽车以速率 v_1 匀速运动时,根据 $P = Fv_1 = fv_1$,可得汽车受到的阻力的大小为 $f = \frac{P}{v_1}$,当汽车以速率 v_2 运动时,根据 $P = F'v_2$,可得此时的牵引力大小为 $F' = \frac{P}{v_2}$,由牛顿第二定律可得 $F' - f = ma$,所以加速度大小为 $a = \frac{F' - f}{m} = \frac{P(v_1 - v_2)}{mv_1 v_2}$,故 D 正确。

2. BC 【解析】发动机的功率恒定,由 $P = Fv$ 可知加速阶段,发动机对高铁列车的牵引力逐渐减小,由牛顿第二定律 $F - f = ma$ 可知,高铁列车的加速度逐渐减小,故 A 错误, C 正确;高铁列车达到最大速度时有 $P = Fv_m$, $F - f = 0$,故高铁列车受到的阻力大小为 $f =$

提醒: 达到最大速度时 $F = f = \frac{P}{v_m}$

$\frac{P}{v_m}$,故 B 正确;当高铁列车的速度大小为 $\frac{v_m}{2}$ 时,有 $P = F' \times \frac{v_m}{2}$,解得牵引力大小为 $F' = \frac{2P}{v_m}$,由牛顿第二定律得 $\frac{2P}{v_m} - \frac{P}{v_m} = ma'$,解得列车的加速度大小为 $a' = \frac{P}{mv_m}$,故 D 错误。

技巧必备 (1) 阻力:达到最大速度时牵引力大小等于阻力

大小, $f = \frac{P}{v_m}$;

(2) 瞬时加速度:先由 $F = \frac{P}{v}$ 求牵引力,再用 $a = \frac{F - f}{m}$ 计算;

(3) 最大速度:仅由 P 和 f 决定, $v_m = \frac{P}{f}$,与质量无关。

3. (1) $2.5 \times 10^3 \text{ N}$ (2) $8.0 \times 10^4 \text{ W}$ (3) 大小为 $\frac{5}{16} \text{ m/s}^2$, 方向与汽车运动方向相反

【解析】(1) 由于 $P = Fv$, 对汽车有 $F - f = ma$, 整理得 $a = \frac{1}{v} \cdot \frac{P}{m} - \frac{f}{m}$,

结合题图可知 $-1.25 \text{ m/s}^2 = -\frac{f}{m}$, 代入数据解得 $f = 2.5 \times 10^3 \text{ N}$.

(2) 结合上述分析和题图可知 $\frac{P}{m} = \frac{[1.25 - (-1.25)] (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})}{\frac{1}{16} \text{ s} \cdot \text{m}^{-1}}$,

解得 $P = 8.0 \times 10^4 \text{ W}$.

(3) 达到最大速度时有 $P = Fv_{\max} = fv_{\max}$, 解得 $v_{\max} = 32 \text{ m/s}$, 此时功

率变为额定功率的 $\frac{3}{4}$, 有 $\frac{3}{4}P - f = ma_1$, 解得 $a_1 = -\frac{5}{16} \text{ m/s}^2$, 所以

加速度大小为 $\frac{5}{16} \text{ m/s}^2$, 方向与汽车运动方向相反.

4. C



攻略上分

本题为恒定加速度启动问题, 先利用牛顿第二定律求过程中恒定牵引力 F 进而求匀加速运动末速度 $v = \frac{P}{F}$, 再

算时间 $t = \frac{v}{a}$, 对应大招攻略 27 中的“匀加速运动阶段计算”.

【解析】由牛顿第二定律得 $F - 0.01mg = ma$, 解得此过程列车的牵引力大小为 $F = 2.4 \times 10^5 \text{ N}$, 列车匀加速直线运动的末速度大小

为 $v = \frac{P}{F} = 7.5 \text{ m/s}$, 则此过程最长时间为 $t = \frac{v}{a} = 25 \text{ s}$, 故 C 正确.

5. BD 【解析】汽车匀速运动时, 牵引力大小等于阻力大小, 所以

$F_f = \frac{P}{v_2}$, 故 A 错误; 汽车在匀加速运动过程中, 有 $F - F_f = ma$, $a =$

$\frac{v_1}{t_1}$, 解得 $F = \frac{mv_1}{t_1} + \frac{P}{v_2}$, 故 B 正确; 汽车在 $0 \sim t_1$ 过程中的功率没达

到额定功率, 所以 $0 \sim t_2$ 过程中汽车牵引力所做的功小于 Pt_2 , 故

C 错误; 汽车在 $t_1 \sim t_2$ 过程中的功率达到了额定功率, 所以该过程

中汽车牵引力所做的功为 $P(t_2 - t_1)$, 故 D 正确.

关键点拨

解答本题的关键是知道汽车以最大速度运行时, 汽车的牵引力大小等于阻力大小.

6. D 【解析】由题图乙可知, $0 \sim 1 \text{ s}$ 内物体做匀加速直线运动, 则电

动机牵引力大小不变, 物体速度增大, 则 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内电动机的输出功率

变大, 故 A 错误; 由题图乙可知, $1 \sim 5 \text{ s}$ 内物体的加速度逐渐减小, 则电

动机牵引力逐渐减小, 故 B 错误; 由题图乙可知, $0 \sim 1 \text{ s}$ 内

物体的加速度大小为 $a = \frac{4}{1} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$, 由牛顿第二定律可得

$F - mgsin \theta = ma$, $0 \sim 1 \text{ s}$ 内电动机牵引力大小为 $F = ma + mgsin \theta =$

45 N , 故 C 错误; 1 s 后电动机的输出功率不变, 等于 1 s 末时的输

出功率, 则有 $P = Fv = 45 \times 4 \text{ W} = 180 \text{ W}$, 故 D 正确.

7. C 【解析】匀速行驶时, 牵引力和阻力大小相等, 因此汽车所受

阻力大小 $f = \frac{P}{v_0}$, 0 时刻, 根据牛顿第二定律有 $f - \frac{2P}{3v_0} = Ma$, 可得汽

车的加速度大小 $a = \frac{P}{3Mv_0}$, 故 A 错误; 根据 $\frac{2}{3}P = Fv$, 由于在 $0 \sim t_1$

时间内,汽车速度不断减小,因此牵引力不断增大,故 B 错误; t_1 时刻后,汽车再次匀速运动时,牵引力与阻力再次大小相等,有 $\frac{2P}{3}=fv'$,可得 $v'=\frac{2}{3}v_0$,故 C 正确;在 $0\sim t_1$ 时间内,如果汽车做匀减速运动,位移大小 $s=\frac{v_0+v'}{2}\cdot t_1=\frac{5}{6}v_0t_1$,而汽车做加速度逐渐减小的减速运动,因此位移小于 $\frac{5}{6}v_0t_1$,故 D 错误.

注意说明 功率突变时,速度不能突变,牵引力随功率同步突变 $\left(F=\frac{P}{v}\right)$.

8. B 【解析】在 $0\sim t_1$ 时间内,汽车以功率 P_0 匀速行驶,即 $P_0=Fv_0$,行驶的速度为 v_0 ,牵引力和阻力相等,即 $F=\frac{P_0}{v_0}=f$,则 $v-t$ 图像为一条水平线;在 $t_1\sim t_2$ 时间内,在 t_1 时刻将发动机的功率减半,但汽车速度仍为 v_0 ,汽车牵引力减为原来的一半,阻力不变,则汽车开始做减速运动,速度减小,由牛顿第二定律得 $f-\frac{P_0}{2v}=ma_1$, v 减小,则 a_1 减小,故汽车做加速度减小的减速运动, $v-t$ 图像的斜率绝对值减小,当汽车的速度减到 $\frac{v_0}{2}$ 时,汽车牵引力再次等于阻力,汽车再次做匀速直线运动;在 $t_2\sim t_3$ 时间内,汽车功率恢复到 P_0 的瞬间,汽车速度仍为 $\frac{v_0}{2}$,则汽车牵引力 $F'=\frac{P_0}{\frac{v_0}{2}}=2\frac{P_0}{v_0}>f$,则汽车开始做加速运动,速度增大,由牛顿第二定律可知 $\frac{P_0}{v}-f=ma_2$, v 增大,则 a_2 减小,故汽车做加速度减小的加速运动,则 $v-t$ 图像的斜率减小,当汽车速度增加到 v_0 时,汽车牵引力等于阻力,汽车再次做匀速直线运动,故 B 正确,A、C、D 错误.

9. (1) $6.25\times 10^4\text{ N}$ (2) 22 s 242 m (3) 110 m/s

攻略上分 本题为动车组多动力启动问题,用到大招攻略 27 的“恒定加速度启动规律”及“ $P=Fv$ ”.先对整体受力分析求出牵引力,然后隔离分析求车厢间作用力,再算匀加速阶段的时间与位移,最后用 $F=f=kv^2$ 求匀速速度.

【解】(1)因为该动车组由 4 辆提供动力的动车和 4 辆无动力的拖车组成,故匀加速阶段,对动车组受力分析,由牛顿第二定律有 $4F-8kmg=8ma$,解得 $F=1.25\times 10^5\text{ N}$,

将第 1、2、3 节车厢看成整体进行受力分析,由牛顿第二定律有 $F-3kmg-F_{43}=3ma$,解得 $F_{43}=-6.25\times 10^4\text{ N}$,

负号表示第 4 节对第 3 节车厢的作用力与动车组运动方向相同,故第 3 节与第 4 节车厢间的相互作用力大小为 $6.25\times 10^4\text{ N}$.

(2)当动车组匀加速阶段结束时,功率恰好达到额定功率,设此时速度大小为 v ,由 $P=Fv$,解得 $v=\frac{P}{F}=22\text{ m/s}$,

设匀加速阶段的时间为 t ,由运动学公式 $v=at$,解得 $t=\frac{v}{a}=22\text{ s}$,

设匀加速阶段的位移大小为 x ,由运动学公式 $x=\frac{1}{2}at^2$,

代入数据解得 $x = 242 \text{ m}$.

(3) 当列车组匀速行驶时有 $4P = f_{\text{总}} v_m$, 整理得 $f_{\text{总}} = \frac{4P}{v_m}$,

又因为 $f_{\text{总}} = \frac{1000}{121} v_m^2$, 联立解得 $v_m = 110 \text{ m/s}$.

第3节 动能 动能定理

课时1 动能、动能定理的理解及简单应用



对点上分

- 1. A 【解析】**物体由于运动而具有的能量是动能,运动的物体都具有动能,故 A 正确;物体的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, 质量为正值,速度的平方为非负值,则动能一定为非负值,故 B 错误;一定质量的物体,动能变化,则速度的大小一定变化,所以速度一定变化,速度变化时,动能不一定变化,比如做匀速圆周运动的物体,速度方向变化,大小不变,所以速度变化但动能不一定变化,故 C 错误;动能不变的物体,速度方向可能变化,物体不一定处于平衡状态,如匀速圆周运动中,物体的动能不变,但物体不处于平衡状态,故 D 错误.

关键点拨 动能与速度的关系

动能是标量,速度是矢量,当动能发生变化时,物体的速度(大小)一定发生了变化;当速度发生变化时,可能仅是速度的方向变化,物体的动能可能不变.

- 2. C 【解析】**动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, 动能大小由速度的平方决定,而非速度变化量,例如,物体速度从 5 m/s 变为 -5 m/s , 速度变化量 $\Delta v = -10 \text{ m/s}$, 但动能相同,因此速度变化量大小与动能大小无直接关系,故 A 错误;动能变化量取决于速度平方的变化,若速度大小不变仅方向改变(如匀速圆周运动),速度变化量虽大,但动能变化量为零,因此速度变化量大小与动能变化量无必然联系,故 B 错误;根据动能定理 $W_{\text{合}} = \Delta E_k$, 动能变化量等于合外力做的功,合外力对物体做功越多,动能变化量必然越大,

关键: 依据动能定理 $W_{\text{合}} = \Delta E_k$, 明确合外力做功与动能变化量的唯一对应关系

故 C 正确;合力 $F = ma$, 而加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 速度变化量 Δv 大时,若时间 Δt 也大,则加速度可能很小,即合力不一定大,因此合力大小与速度变化量无直接关系,故 D 错误.

关键点拨 动能定理核心应用

无需关注过程中速度变化的具体细节,只需通过合外力做功的多少,直接判断动能变化量的大小,避免被速度变化量干扰.

3. C



攻略上分

本题考查利用动能定理求变力做功,用到通法攻略 28 中“选取研究对象(水杯 B)”“选取研究过程(从静止到 A 即将发生相对滑动)”“受力分析(A 即将发生相对滑动时静摩擦力达到最大)”“确定初、末状态(求 B 的末速度)”,再用动能定理算转台对 B 的功.

【解析】根据牛顿第二定律有 $\mu mg = m\omega^2 R$, 由于 A 的转动半径较大, 则 A 水杯先滑动, 此时 $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{R}}$, B 的速度大小为 $v = \frac{R}{2}\omega$, 根据动能定理可知, 在这一过程中转台对水杯 B 所做的功为 $W = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{8}\mu mgR$, 故 **C 正确**.

4. **B** 【解析】小球从平衡位置 P 点缓慢地移动到 Q 点的过程中, 重力与水平拉力做功, 根据动能定理有 $W_1 - mgl(1 - \cos \theta) = 0$, 则拉力 F 所做的功为 $W_1 = mgl(1 - \cos \theta)$, 故 **B 正确**.

易错警示 恒力做功和变力做功的求解混淆

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 点的过程中轻绳与竖直方向的夹角 θ 变化, 水平拉力 F 是变力, 故不能利用 $W = Fl \sin \theta$ 求解, 可根据动能定理进行求解.

5. **A** 【解析】根据动能定理, 依题意有 $\Delta E_k = 0 - 9.5 \text{ J} = -\mu mgx$, 又因 $x = 5 \text{ m}$, 解得 $\mu = 0.01$, 根据 $\frac{1}{2}mv_0^2 = 9.5 \text{ J}$, 解得 $v_0 = 1 \text{ m/s}$, 故 **A 正确**.
6. **B** 【解析】小物块在水平方向上受到恒力 F 和摩擦力 F_f 的作用, 相对地面的位移大小为 $(L+x)$, 则根据动能定理有 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = (F - F_f)(L+x)$, 故 **A 错误**; 小车相对地面的位移大小为 x , 在水平方向上仅受小物块对小车的摩擦力, 根据动能定理有 $\Delta E'_k = \frac{1}{2}Mv'^2 - 0 = F_fx$, 故 **B 正确**; 小物块克服摩擦力做的功为 $W = F_f(L+x)$, 故 **C、D 错误**.

课时2 动能定理的综合应用

1. **A** 【解析】设小球上升的最大高度为 h , 所受阻力大小为 f , 小球上升过程, 由动能定理有 $-mgh - fh = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 小球下落过程, 由动能定理有 $mgh - fh = \frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2 - 0$, 联立解得 $f = \frac{3}{5}mg$,
 【点拨】: 多过程直线运动优先分段列动能定理, 利用相同物理量 (如 h) 联立求解未知力
 故 **A 正确**.

2. **B** 【解析】根据题意, 由动能定理有 $mg(h+d) - W_f = 0$, 由于 $f = kx$, 则有 $W_f = \bar{f}d = \frac{0+kd}{2} \cdot d = \frac{1}{2}kd^2$, 联立解得 $k = \frac{2mg(h+d)}{d^2}$,
 【关键】: 把在空中下落与在材料内运动两段作为全程处理, 材料内阻力 $f = kx$ 用平均力计算功, 全程列动能定理求 k
 故 **B 正确**.

3. **BC** 【解析】物块从 M 点开始到回到 M 点的过程中由动能定理可得 $-\mu mg \cdot 2x = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得物块的初速度大小 $v_0 = 2\sqrt{\mu gx}$,
 【关键】: 往返全程列动能定理求初速度 (摩擦力做功 $= -\mu mg \cdot 2x$)
 故 **A 错误, B 正确**; 物块向右运动, 速度最大时加速度为零, 此时满足 $F_{\text{弹}} = \mu mg$, 此时弹簧被压缩, 则最大速度对应的位置在 N 点
 【点拨】: 极值点通过“加速度为零”的临界条件分析
 左侧, 故 **C 正确, D 错误**.

注意说明 弹簧+摩擦系统:①往返过程弹簧弹力不做功,仅摩擦力做功;②速度最大时合力为零,即弹簧弹力与摩擦力平衡.

4. C 【解析】滑块从 P 点到 Q 点的过程中根据动能定理有 $-\mu mgx_{PQ} = 0 - \frac{1}{2}mv_P^2$, 解得 $v_P = 1 \text{ m/s}$, **故 A 错误**; 由运动学知识可知

滑块在水平地面上运动的时间为 $t = \frac{v_P}{\mu g} = 0.5 \text{ s}$, **故 B 错误**; 滑块

沿圆弧轨道滑动过程中, 由动能定理有 $mgr - W_{\text{克}} = \frac{1}{2}mv_P^2$, 解得 $W_{\text{克}} =$

点拨: 曲线+直线多过程, 先从简单段(水平)求关键速度, 再推复杂段(圆弧)的功

0.4 J , **故 C 正确**; 在圆弧轨道最低点 P 时, 对滑块受力分析由牛顿第二定律有 $F_N - mg = m\frac{v_P^2}{r}$, 解得 $F_N = 16 \text{ N}$, 根据牛顿第三定律

可知, 滑块在 P 点时对轨道的压力大小 $F'_N = F_N = 16 \text{ N}$, **故 D 错误**.

5. BCD 【解析】设滑块与斜面间的动摩擦因数为 μ , 滑块从静止释放到第一次沿斜面上滑的最大高度为 $\frac{4}{5}H$ 的全过程, 根据动能定理有 $mg\left(H - \frac{4}{5}H\right) - W_f = 0$, $W_f = W_{f1} + W_{f2}$, $W_{f1} = \mu mg \cos \alpha \cdot$

$\frac{H}{\sin \alpha}$, $W_{f2} = \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{H}{\sin \alpha} \cdot \frac{4}{5}$, 联立解得 $W_{f1} = \frac{1}{9}mgH$, $\mu = \frac{1}{12}$, **故 A 错误, C 正确**; 由于 $\mu = \frac{1}{12} < \tan \alpha$, 滑块最终不会停在斜面上, 左侧曲面光滑, 故滑块最终会停在斜面底端, **故 B 正确**; 滑块从开始到最终停在斜面底端过程, 由动能定理有 $mgH - \mu mg s \cos \alpha = 0$, 解得 $s = 15H$, **故 D 正确**.

提醒: 总路程 s 包含在斜面上往返各段位移长度, 无须分段累加, 直接用重力和摩擦力做功等于动能变化量求解

6. A 【解析】设空气阻力大小为 f , 全程根据动能定理可得 $-f \times 2h = \Delta E_k$, 其中 $\Delta E_k = 20 \text{ J} - 40 \text{ J} = -20 \text{ J}$, $h = 3 \text{ m}$, 解得 $f = \frac{10}{3} \text{ N}$, 上升过程中, 根据动能定理可得 $-fh - mgh = \Delta E'_k$, 其中 $\Delta E'_k = 0 - 40 \text{ J} = -40 \text{ J}$, $h = 3 \text{ m}$, 解得 $m = 1 \text{ kg}$, **故 A 正确**.

7. A 【解析】设斜面与水平方向夹角为 θ , x 为物块水平方向的位移, 从开始下滑到在水平面上运动, 根据动能定理可知 $mgh - \mu mg \cos \theta \cdot \frac{x}{\cos \theta} = E_k - 0$, 化简可得 $mgh - \mu mgx = E_k$, 即物块在水平面上的同一位置, 所有物理量相等, 两图像是重合的, 再取一个特殊点, 当物块水平位移大小等于斜面 II 的水平长度时, 物块在斜面 II 下降的高度比在斜面 I 下降的高度大, 所以重力做功多, 即在斜面上水平位移相等时沿斜面 II 下滑对应的动能大, **故 A 正确**.

一题多解 物块在斜面上运动时有 $E_k = mgx \tan \theta - \mu mgx$, 斜面 II 倾角大则 $\tan \theta$ 大, 故斜面 II 对应图像前半段的斜率较大

8. A 【解析】设篮球质量为 m , 向上抛出的初速度大小为 v_0 , 对应动能 E_{k0} , 上升、下降阶段加速度大小分别为 a_1 、 a_2 , 空气阻力大

小为 f . 上升阶段, 根据牛顿第二定律 $mg+f=ma_1$, 下降阶段, 根据牛顿第二定律 $mg-f=ma_2$, 可知 $a_1 > a_2$, 根据 $h = \frac{1}{2}at^2$, 可知上升时间小于下降时间, 上升阶段, 有 $E_k = E_{k0} - ma_1 \cdot \left(v_0 t - \frac{1}{2}a_1 t^2\right)$, 下降阶段, 有 $E_k = ma_2 \cdot \frac{1}{2}a_2(t-t_1)^2$, 故 A 正确, B 错误; 上升阶段,

关键: 上升阶段 $a_1 = g + \frac{f}{m}$, 加速度大, E_k-t 图像更陡、所用时间短, 下降阶段 $a_2 = g - \frac{f}{m}$, E_k-t 图像较缓, 且两段均为开口向上的抛物线

有 $E_k = E_{k0} - ma_1 \cdot h$, 下降阶段, 有 $E_k = ma_2 \cdot (h_0 - h)$, 可知上升阶段的斜率的绝对值大于下降阶段的斜率的绝对值, 且在最高点 h_0 处动能应为零, 且 E_k-h 图线均为直线, 故 C、D 错误.

关键: E_k-h 图像斜率表示为合外力 ($mg \pm f$, 恒定), 应为直线

9. AD 【解析】物块运动的线速度 $v = \omega r = \frac{\omega_0}{t_0}rt$, 则加速度大小为 $a = \frac{r\omega_0}{t_0}$, 故 A 正确, B 错误; 由于不知道摩擦力大小, 因此无法求

易错: 混淆“角速度增大”与“加速度增大”, 误将速度变化等同于加速度变化

轻绳的拉力大小, 故 C 错误; 根据动能定理, 合外力对物块做的功 $W = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mr^2\omega_0^2$, 故 D 正确.

点拨: 用动能定理将“合外力功”转化为“动能差”, 避开未知摩擦力

10. D 【解析】设运动半径为 R_1 和 R_2 时小球做圆周运动的线速度大小分别为 v_1 和 v_2 , 由向心力公式得 $F_1 = \frac{mv_1^2}{R_1}$, $F_2 = \frac{mv_2^2}{R_2}$, 由动能定理得 $W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 联立解得 $W = \frac{1}{2}(F_2 R_2 - F_1 R_1)$,

点拨: 利用向心力公式与动能定理的关联, 消去其中的速度, 直接求变力做的功

故 D 正确.



能力上分

1. C 【解析】依题意, 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 C 正确.

易错警示 漏算摩擦力做功, 或误将上滑、下滑的摩擦力方向搞反, 两段过程中摩擦力均做负功

2. D 【解析】 $W-x$ 图像的斜率表示力, 由于外力 F 是水平方向的, 则滑动摩擦力为定值, 即直线对应为克服摩擦力做功的图线, 由

$W_f = fx$, 可得物体与地面之间的滑动摩擦力为 $f = \frac{W_f}{x} = \frac{20}{10} \text{ N} = 2 \text{ N}$,

由 $f = \mu mg$, 解得物体与地面之间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{f}{mg} = 0.2$, 故

A 错误; 从物体开始运动到停止运动的过程, 根据动能定理得

$W_F - fx_m = 0 - 0$, 可得物体运动的位移为 $x_m = \frac{W_F}{f} = \frac{27}{2} \text{ m} = 13.5 \text{ m}$,

故 B 错误; 由图像可知, 物体在前 3 m 运动过程中, 水平外力恒

为 $F_1 = \frac{W_{F1}}{x_1} = \frac{15}{3} \text{ N} = 5 \text{ N}$, 根据牛顿第二定律可知, 物体在前 3 m

运动过程中的加速度为 $a_1 = \frac{F_1 - f}{m} = 3 \text{ m/s}^2$, **故 C 错误**; 物体在前

9 m 运动过程中, 根据动能定理可得 $W_F - fx = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 其中 $W_F =$

27 J, 可得当 $x = 9 \text{ m}$ 时, 物体的速度为 $v = 3\sqrt{2} \text{ m/s}$, **故 D 正确**.

3. AC 【解析】 $O \sim h$ 段小汽车以额定功率运动, 则根据 $P = Fv$, 随着速

度的增大, 牵引力减小, 根据牛顿第二定律可知 $F - f = ma$, 加速度也

减小, 所以在 $O \sim h$ 段, 小汽车做加速度减小的加速运动, **故 A 正确**;

当牵引力等于阻力时, 小汽车做匀速直线运动, 即 $F_1 = f = kmg$, 此

时动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 2mgh$, 解得 $v = 2\sqrt{gh}$, 则小汽车的额定功率

为 $P = F_1 v = kmg \cdot 2\sqrt{gh} = 2kmg\sqrt{gh}$, **故 B 错误, C 正确**; 在 $2h \sim 3h$

段, 小汽车速度减小, 此时根据 $E_k - x$ 图像的斜率表示合外力, 有

$ma(3h - 2h) = 0 - E_k$, $a = -2g$, 则加速度大小为 $2g$, **故 D 错误**.

4. (1) 12 m/s 6 s (2) 346.5 m



思路分析

本题为汽车恒定加速度启动问题, 分“匀加速(OA 段)→额定功率行驶(AB 段)→匀速(BC 段)”三阶段. 先根据牛顿第二定律求匀加速阶段牵引力, 结合额定功率求匀加速阶段最大速度与时间; 再用动能定理求 AB 段的路程, 核心是明确各阶段功率、牵引力与速度的关系.

【解析】(1) 根据牛顿第二定律 $F - f = ma$, 解得匀加速时汽车的牵引力为 $F = 5000 \text{ N}$, 当汽车达到额定功率时, 匀加速阶段的速度

达到最大, 为 $v_1 = \frac{P}{F} = 12 \text{ m/s}$, 所用时间为 $t_1 = \frac{v_1}{a} = 6 \text{ s}$.

点拨: 恒定加速度启动分为匀加速阶段(F 恒定)和变加速阶段(P 恒定)

(2) 当牵引力与阻力平衡时, 汽车达到最大行驶速度, 即 $v_2 =$

$\frac{P}{f} = 30 \text{ m/s}$, 汽车在 $t_1 \sim t_2$ 时间内, 根据动能定理 $P(t_2 - t_1) - fs =$

$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 解得 $s = 346.5 \text{ m}$.

提醒: 变加速阶段功率恒定, 牵引力做功为 $W = P(t_2 - t_1)$, 阻力做功为 $W_f = -fs$, 其中 s 为路程

5. (1) $\sqrt{2gR}$ (2) $2R$ $2\sqrt{gR}$ (3) $2mg$ 不能

【解析】(1) 对物块第一次通过桌面右边缘后的运动过程, 由动能

定理有 $-\mu mg \cdot 2R = 0 - \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v = \sqrt{2gR}$.

(2) 设物块从地面抛出到第一次通过桌面右边缘所用的时间为

t , 有 $x = vt$, $R = \frac{1}{2}gt^2$, 解得 $x = 2R$, 物块抛出时沿竖直方向的分速

度大小 $v_y = gt$, 又 $v_0 = \sqrt{v^2 + v_y^2}$, 解得 $v_0 = 2\sqrt{gR}$.

(3) 设物块第一次通过圆弧轨道底端时的速度大小为 v' , 由动能定理有 $-\mu mgR = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v' = \sqrt{gR}$, 设物块在第一次通过圆弧轨道底端时所受圆弧轨道的支持力大小为 F' , 有 $F' - mg = m\frac{v'^2}{R}$, 根据牛顿第三定律有 $F = F'$, 解得 $F = 2mg$, 设物块第一次通过圆弧轨道底端后最高能到达距桌面的高度为 h 处, 由动能定理有 $-mgh = 0 - \frac{1}{2}mv'^2$, 解得 $h = \frac{R}{2}$, 因为 $h < R$, 所以物块不能到达圆弧轨道的最高点.

6. (1) $\sqrt{2}$ m/s (2) $1.5 \text{ m} \leq L_1 \leq 4 \text{ m}$ (3) 2.75 m 3 J

【解析】(1) 若滑块恰好能通过圆轨道的最高点 D , 则 $mg = m\frac{v_D^2}{R}$, 解得 $v_D = \sqrt{2}$ m/s.

(2) 滑块经过圆轨道时不脱轨且能通过最高点, 则 $v'_D \geq \sqrt{2}$ m/s,

根据动能定理 $mgL_1 \sin \theta - \mu mgL_1 \cos \theta - 2mgR = \frac{1}{2}mv_D'^2 - 0$, 解得

$L_1 \geq 1.25 \text{ m}$. 若滑块恰好到达 F 点, 则 $mgL_1 \sin \theta - \mu mgL_1 \cos \theta - \mu mgL_2 = 0$, 解得 $L_1 = 1.5 \text{ m}$. 综上, 滑块经过圆轨道时不脱轨且最终能落在挡板 MN 上, 需满足 $L_1 \geq 1.5 \text{ m}$. 因圆轨道能承受来自

滑块的最大压力 $F_{\max} = 34 \text{ N}$, 当在最低点 $F_{\max} - mg = m\frac{v_{C\max}^2}{R}$,

$mgL_1 \sin \theta - \mu mgL_1 \cos \theta \leq \frac{1}{2}mv_{C\max}^2$, 解得 $L_1 \leq 4 \text{ m}$, 所以 L_1 需满足条件的范围 $1.5 \text{ m} \leq L_1 \leq 4 \text{ m}$.

(3) 设滑块在 F 点的速度大小为 v_0 , 则 $x = v_0 t$, $H - y = \frac{1}{2}gt^2$ 且 $y =$

$0.5x^2$, 整理得 $v_0^2 = \frac{10y}{2-y} (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}) = \frac{20}{2-y} - 10 (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2})$, 落在挡板上时的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 + mg(H - y) = \frac{2}{2-y} - 2y + 3 (\text{J})$, 当 $y = 1$ 时, E_k

最小, 为 $E_k = 3 \text{ J}$, 则代入上面方程解得 $v_0 = \sqrt{10}$ m/s, 根据

$mgL_1 \sin \theta - \mu mgL_1 \cos \theta - \mu mgL_2 = \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $L_1 = 2.75 \text{ m}$.

第4节 势能



对点上分

1. A 【解析】重力做功与物体运动的具体路径无关, 只与初、末位置的高度差有关, 不论是光滑路径还是粗糙路径, 也不论是直线运动还是曲线运动, 只要初、末位置的高度差相同, 重力做功就相同, 因此不论坡度大小、粗糙程度如何, 只要高度差相同, 物体克服重力做的功就同样多, 故 A 正确.

→【关键】: 根据重力做功与路径无关, 仅与高度差有关可知, 上升高度相同则克服重力做功相同

2. B 【解析】掌心到肘关节的距离 $x = 0.3 \text{ m}$, 根据功的定义式可知, 杠铃克服重力做功约为 $W = mg(x + x \cos 60^\circ) = 20 \times 10 \times \left(0.3 + 0.3 \times \frac{1}{2}\right) \text{ J} = 90 \text{ J}$, 故 B 正确, A、C、D 错误.

3. AD 【解析】设物体在空中运动的时间为 t , 由平抛运动规律

$\tan \theta = \frac{h}{x} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$, 解得 $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$, 故 A 正确; 根据上述, 由

平抛运动规律可得, 物体下落的高度为 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{2v_0^2 \tan^2 \theta}{g}$, 重力

做的功为 $W_G = mgh = 2mv_0^2 \tan^2 \theta$, 故 B 错误; 设物体落到斜面上时的

速度方向与水平方向的夹角为 α , 由平抛运动规律有 $\tan \alpha =$

$\frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0} = 2 \tan \theta$, 可知 $\alpha \neq 2\theta$, 故 C 错误; 如果 v_0 的大小不同, 且

物体仍落到斜面上时, 物体位移与水平方向的夹角 θ 不变, 则速度方向与水平方向的夹角 α 不变, 故 D 正确。

4. BC 【解析】重力势能是标量, 没有方向, 正值表示物体在参考平面上方, 负值表示物体在参考平面下方; 同一物体重力势能 $E_{p1} = 5 \text{ J}$, $E_{p2} = -8 \text{ J}$, 则有 $E_{p1} > E_{p2}$, 故 A 错误, B 正确; 重力做功和重力势能变化量的关系是 $W_G = -\Delta E_p$, 故 C 正确; 重力势能具有

关键: 重力势能是标量, E_p 正负表示位置, 变化量

$$\Delta E_p = -W_G$$

相对性, 但重力势能的变化量没有相对性, 故 D 错误。

5. A 【解析】毛毛虫身体中点刚刚到达最高点时, 毛毛虫具有的

重力势能为 $E_p = 2 \times \frac{1}{3}mg \times \frac{L \sin 60^\circ}{2} = \frac{\sqrt{3}}{6}mgL$, 故 A 正确。

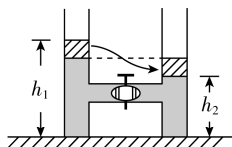
易错: 误代入石块高度进行计算或混淆“身

体中点”与“重心”位置, 要明确所计算部分质量的重心高度

注意说明 计算非质点物体的重力势能需根据物体的形状和位置确定重心高度, 不能简单以物体的某一位置来代替重心位置。

6. C 【解析】由于水的体积不变, 把连接两桶的阀门打开后, 两桶中水面高度相等,

利用等效法把左桶中高 $\frac{h_1 - h_2}{2}$ 部分的水



移至右桶, 如图, 阴影部分从左桶移至右桶重力做的功为 $W_G =$

$\frac{h_1 - h_2}{2} \cdot \rho g S \cdot \frac{h_1 - h_2}{2} = \frac{1}{4} \rho g S (h_1 - h_2)^2$, 所以重力势能减少量

$\Delta E_p = \frac{1}{4} \rho g S (h_1 - h_2)^2$, 故 C 正确。

7. BC 【解析】在小球从 A 点经 B 点运动到 C 点的过程中, 重力对小球做的功为 $mg \cdot h_{AC} = 1 \times 10 \times 1.2 \text{ J} = 12 \text{ J}$, 故 A 错误; 在小球从 B 点运动到 C 点的过程中, 重力对小球做的功为 $-mg \cdot h_{BC} = -1 \times 10 \times 0.8 \text{ J} = -8 \text{ J}$, 故 B 正确; 以桌面为重力势能为零的参考平面, 小球在 A 点重力势能为 $E_{pA} = mg \cdot h_{AC} = 1 \times 10 \times 1.2 \text{ J} = 12 \text{ J}$, 小球在 B 点重力势能为 $E_{pB} = mg \cdot h_{CB} = 1 \times 10 \times (-0.8) \text{ J} = -8 \text{ J}$, 故 C 正确, D 错误。

关键点拨 理解重力势能时需注意:

- (1) 重力势能的大小与参考平面的选取有关;
- (2) 重力做功、重力势能的变化量与参考平面的选取无关;
- (3) 计算重力做功、重力势能和重力势能的变化量时要注意区分其正、负。

8. D 【解析】由于在力 F 的作用下物体处于静止状态, 此时弹簧处于压缩状态, 撤去 F 后, 物体在向右运动的过程中, 弹簧的弹

力对物体先做正功后做负功,所以弹簧的弹性势能先减小后增大,故 D 正确,A、B、C 错误.

9. BC 【解析】物体由 A 向 O 运动的过程中,弹簧对物体的弹力向左,物体对弹簧的作用力向右,物体对弹簧做负功,弹簧的弹性势能逐渐减小,故 A 错误;物体由 O 向 A'运动的过程中,弹簧对物体的弹力向右,物体对弹簧的作用力向左,物体对弹簧做正功,弹簧的弹性势能逐渐增加,故 B 正确;A、A'关于 O 点对称,弹簧的形变量大小相等,弹性势能相等,故 C 正确;弹性势能没有负值,故 D 错误.
- 关键: 弹簧弹性势能与形变量有关,物体在 A、A'时,弹簧的形变量相同,弹性势能相等

10. B 【解析】重物由 A 点摆向最低点的过程中,重力做正功,弹簧对重物有沿弹簧向上的弹力,而弹簧伸长,所以弹力做负功,弹性势能增加,故 B 正确,A 错误;若用长度与弹簧原长相等的细绳代替弹簧后,重力仍做正功,重物下降的高度减小,重力做功减少,弹力方向始终与运动方向垂直,弹力不做功,故 C、D 错误.

11. D 【解析】如题图甲,弹簧的劲度系数 $k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = 600 \text{ N/m}$,由于在撤去外力后,物体静止在弹簧上端,此时物体受力平衡,即 $mg = kx$,解得弹簧的压缩量 $x = 3 \text{ cm}$,故 A 错误;弹簧的形变量越大,弹性势能越大,故 B 错误;在此过程中弹簧为压缩状态,此过程中弹簧弹力对物体做负功,故 C 错误;由 $F-x$ 图像与横轴所围图形的面积表示做功可知,放上物体的过程中,弹簧弹力对物体做功 $W = -\frac{1}{2}mgx = -0.27 \text{ J}$,故物体静止时弹簧的弹性势能 $E_p = -W = 0.27 \text{ J}$,故 D 正确.

第 5 节 机械能守恒定律

课时 1 机械能守恒定律的理解及应用



对点上分

1. D 【解析】从 1 到 3 的过程中,运动员助跑,动能增加,故 A 错误;从 4 到 7 的过程中,杆的形变量先增大后减小,故杆的弹性势能先增大后减小,故 B 错误;从 6 到 8 的过程中,运动员的高度逐渐增大,重力势能逐渐增大,故 C 错误;从 6 到 8 的过程中,杆的形变量逐渐减小,弹性势能逐渐减小,故 D 正确.

关键点拨

撑杆跳能量变化:①助跑阶段(动能增加,势能不变);②撑杆形变阶段(动能转化为弹性势能和重力势能);③撑杆形变恢复阶段(弹性势能转化为动能和重力势能);④下落阶段(重力势能转化为动能),分阶段结合速度、高度、形变判断能量变化.

2. C



攻略上分 本题用到通法攻略 30 的“做功分析法”(分析除重力、弹力外其他力的做功情况)和“能量转化法”(判断是否有其他能量产生).逐一分析选项中“对象”的受力及能量变化,判断是否只有重力或弹力做功,机械能是否守恒.

【解析】做匀速圆周运动的物体,机械能不一定守恒,如在竖直平

面内做匀速圆周运动的物体,动能不变,重力势能不断变化,机械能就不断变化,故 A 错误;变速运动的物体机械能可能守恒,如在竖直面内做平抛运动的物体,其运动过程中只有重力做功,机械能一定守恒,故 B 错误, C 正确;做自由落体运动的物体,其运动过程中只有重力做功,机械能一定守恒,故 D 错误.

3. CD



攻略上分

本题用到通法攻略 30 的“做功分析法”(分析系统内外力做功). 对甲、乙、丙、丁图分别确定研究系统,分析内力和外力的做功情况,判断机械能是否守恒.

【解析】图甲中,物体 A 将弹簧压缩的过程中,弹簧弹力对物体 A 做负功,物体 A 机械能不守恒,物体 A 与弹簧组成的系统机械能守恒,故 A 错误;图乙中,物体 B 沿固定斜面匀速下滑,说明 B 受到摩擦力的作用,物体 B 机械能在减少,故 B 错误;图丙中,不计任何阻力和定滑轮质量时,在 A 加速下落、B 加速上升过程中,A、B 组成的系统只有重力和系统内弹力做功,A、B 组成的系统机械能守恒,故 C 正确;图丁中,系在轻绳一端的小球向下摆动时,只有重力做功,轻绳拉力不做功,则小球机械能守恒,故 D 正确.

注意说明

分析机械能守恒问题,要注意研究对象,单个物体和系统的机械能变化往往不同.

4. C 【解析】不计空气阻力,企鹅做斜上抛运动,企鹅经过最高点时速度不为 0,则动能不为 0,故 A 错误;若企鹅以同样大小的速度竖直向上起跳,由动能定理知,重力做功等于动能的变化量,在两种情况下,企鹅的初动能相同,重力做功相同,则末动能相同,即落水时速度大小相同,故 B 错误;以海面为零势能面,由机械能守恒定律知 $W_G + \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + 0$,则重力做功为 $W_G = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,故 C 正确;企鹅做斜上抛运动,速度方向和大小不断变化,故 D 错误.

5. B



攻略上分

本题用到通法攻略 30 的“做功分析法”(分析除重力、弹力外其他力的做功情况)和“能量转化法”(判断是否有其他能量生成). 逐一分析选项中“对象”的受力及能量变化,判断是否只有重力或弹力做功,机械能是否仅在动能与势能间转化.

【解析】在刚抛出时,物体的动能为 $\frac{1}{2}mv^2$,重力势能为 mgH ,机械能为 $E = \frac{1}{2}mv^2 + mgH$,在下落过程中,只有重力做功,因此该物体的机械能守恒,即物体在 A 点的机械能等于物体在刚抛出时的机械能,即 $E_A = E = \frac{1}{2}mv^2 + mgH$,故 A、D 错误, B 正确;根据机械能守恒得 $\frac{1}{2}mv^2 + mgH = mgh + E_{kA}$,则 $E_{kA} = \frac{1}{2}mv^2 + mgH - mgh$,故 C 错误.



点拨

列等式时,先写全初态能量(动能+势能),再等于末态能量,避免漏项

6. (1) 8 N (2) 2 m/s (3) -8 J (4) 1 s



思路分析

本题研究“细绳连接的 A、B 系统”，整体围绕“牛顿第二定律求加速度与拉力”“机械能守恒和运动学求 A 着地速度”“功的公式求拉力做功”“机械能守恒、牛顿第二定律和运动学求 B 返回时间”展开，核心是通过“整体法+隔离法”求受力，用“能量/运动学”求速度，再分析 B 断开后的运动。

【解析】(1) 设物体 A 着地前，整体的加速度大小为 a_1 ，对物体 A 进行受力分析，根据牛顿第二定律有 $mg - T = ma_1$ ，对 B 分析，根据牛顿第二定律有 $T - mgsin \theta = ma_1$ ，

点拨：用“隔离法”对系统内物体分别根据牛顿第二定律列式，通过“绳拉力大小相等、加速度大小相等”联立联立解得 $T = 8 \text{ N}$, $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ 。

(2) 设物块 A 着地的速度为 v_1 ，根据速度—位移公式有 $v_1^2 = 2a_1h$ ，解得 $v_1 = 2 \text{ m/s}$ 。

(3) 物体 A 从运动到落地过程中，绳上的拉力对物体 A 做的功为 $W_T = -Th = -8 \text{ J}$ 。

(4) 由题意分析可知，在绳断之前，物体 B 的速度大小等于物体 A 的速度大小，为 $v_1 = 2 \text{ m/s}$ ，

设物体 B 再次回到斜面底端时的速度大小为 v_B ，根据机械能守恒定律有 $\frac{1}{2}mv_B^2 = mgsin \theta \cdot h + \frac{1}{2}mv_1^2$ ，

点拨：绳断后分“上滑—下滑”阶段，用机械能守恒求末速度，再借运动学公式求总时间，简化多过程分析

解得 $v_B = 4 \text{ m/s}$ ，

绳断开之后，设物体 B 在斜面上运动的加速度为 a_2 ，根据牛顿第二定律有 $ma_2 = mgsin \theta$ ，

解得 $a_2 = 6 \text{ m/s}^2$ ，

取沿斜面向下的方向为正方向，知 $v_{B1} = -2 \text{ m/s}$ ，根据速度—时间公式 $v_B = v_{B1} + a_2t_2$ ，

解得 $t_2 = 1 \text{ s}$ 。

7. B



攻略上分

本题用到通法攻略 30 的“机械能守恒条件的理解”，满足“只有重力做功(无摩擦、空气阻力)”的守恒条件。选滑雪爱好者为研究对象，C 点所在平面为零势能面，先算 A 点机械能(动能+势能)，再借守恒关系得 B 点机械能，核心是忽略中间过程，直接关联初末态能量。

【解析】设滑雪爱好者在 C 点时的重力势能为零，则在 A 点的机械能 $E_A = mgh_{AC} = 2400 \text{ J}$ ，根据机械能守恒可知，其在 B 点的机械能为 $E_B = E_A = 2400 \text{ J}$ ，故 B 正确。

点拨：用“零势能面+高度差”算势能，借守恒跳过 B 点速度计算，快速得结果

8. D



攻略上分

本题用到通法攻略 30 的“机械能守恒条件的理解”。选被抛物体为研究对象,以地面为零势能面,物体运动过程中仅重力做功,机械能守恒。通过初态机械能(动能+势能)判断各选项,关键是明确海平面处势能为负,且全程机械能等于初态机械能。

【解析】若以地面为零势能面,物体到海平面时的重力势能为 $-mgh$,故 A 错误;物体到海平面之前任一位置及海平面上的机械能均等于在地面时的机械能,即为 $E = \frac{1}{2}mv_0^2$,故 B 错误, D 正

确;物体在海平面上的动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$,故 C 错误。

提醒: 根据机械能守恒, 海平面动能+海平面重力势能=地面动能

9. B



思路分析

结合“四分之三圆形轨道的曲线运动”与“ v^2-x 图像”,利用“机械能守恒定律”“牛顿第二定律”,分析“C 点作用力方向”“A 点初速度”“M 点对应位置”“B 点作用力”,核心是从图像提取关键速度信息——C 点 v 最小, B 点 v 最大。

【解析】由图可知,小球运动到 C 点时速度最小,对应图中 P 点,

根据 $mg+F=\frac{mv_C^2}{R}$,解得 $F=-5\text{ N}$,负号表示小球受到轨道向上的力,根据牛顿第三定律,小球运动到 C 点时对轨道的作用力方向竖直向下,故 A 错误;从 A 点到达最高点 C,以 A 点所在平面

点拨: 先用向心力公式求轨道对小球的力,再用牛顿第三定律反推小球对轨道的力

为零势能面,根据机械能守恒定律有 $\frac{1}{2}mv_C^2 + mgR = \frac{1}{2}mv_A^2$,解得 $v_A =$

10 m/s,故 B 正确;图乙中的 M 点不一定对应小球运动过程中的

提醒: A 点与圆心等高, C 点在最高点, 竖直方向上的高度差为 R

A 点,也可以表示轨道左侧与 A 等高的点,故 C 错误;从 A 点到 B

点,根据机械能守恒定律, $-mgR + \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_A^2$,在 B 点根据牛

顿第二定律 $F_N - mg = \frac{mv_B^2}{R}$,根据牛顿第三定律 $F_{\text{压}} = F_N$,解得 $F_{\text{压}} =$

55 N,故 D 错误。

点拨: 先通过机械能守恒定律求 B 点速度,再用向心力公式求轨道支持力

10. (1) 0.4 s (2) 60 N,方向竖直向下

【解析】(1)对小球在 C 点由重力提供向心力有 $mg = m\frac{v^2}{R}$,

解得 $v = 3\text{ m/s}$,

对小球,从 C 点运动到 D 点,由平抛规律有 $\tan \theta = \frac{v}{gt}$,

得 $t = 0.4\text{ s}$ 。

(2)对小球,从 B 点运动到 C 点,由机械能守恒定律得 $2mgR =$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2,$$

$$\text{对小球,在 } B \text{ 点有 } N - mg = \frac{mv_0^2}{R},$$

解得 $N = 60 \text{ N}$,

由牛顿第三定律得,小球对轨道的压力为 60 N ,方向竖直向下。

点拨: 用机械能守恒关联 B 、 C 两点速度,再用牛顿第二定律求轨道支持力,最后用牛顿第三定律得压力

注意说明 恰好能从最高点飞出圆形轨道说明:①若小球在外轨上运动,临界条件为“重力提供向心力,轨道弹力为 0”;②若小球在管内运动,临界速度可为 0,需明确轨道类型,本题为外轨,按重力提供向心力计算。

课时 2 系统机械能守恒定律的应用

1. BD 【解析】根据动滑轮特性, 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 的两倍,设 A 的速度为 v ,则 B 的速度大小为 $2v$,以 A 、 B 两个物体组成

提醒: 动滑轮特性是物体位移是线端的二分之一,速度也为二分之一

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 $\frac{2\sqrt{6gh}}{3}$,

点拨: 先明确动滑轮关联,再代入守恒方程,注意质量差异
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 做的功大小,等于 B 机械能的减少量,故 D 正确。

关键点拨 结合“根据动滑轮特性,由 A 的位移为 h 可得出 B 的位移为 $2h$,即 $v_B = 2v_A$ ”“系统机械能守恒”“机械能变化”进行判断,核心是利用动滑轮的位移与速度关系。

2. C

攻略上分 本题用到大招攻略 31 的“绳模型”(甲的速度沿绳分速度等于乙的速度),通过几何关系得位移,列守恒方程求甲的动能,关键是区分单体与系统守恒。

【解析】在 B 位置对甲进行受力分析,由平衡条件得 $T \cos \alpha = mg$,对乙由平衡条件得 $T = Mg$,联立解得 $\alpha = 60^\circ$,故 A 错误;当甲到达最低点时速度为零,甲从 A 点到最低点的过程中,对乙、甲组成的系统,由机械能守恒定律得 $mgh = Mg(\sqrt{L^2 + h^2} - L)$,联立解得 $h = \frac{16}{3} \text{ m}$,故 B 错误;当甲运动到 B 点时所受合力为零,速度最大,对乙、甲组成的系统,由机械能守恒定律得 $mg \frac{L}{\tan \alpha} =$

$Mg\left(\frac{L}{\sin \alpha} - L\right) + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv'^2$,根据速度的分解有 $v' = v \cos \alpha$,联立解得 $v \approx 3.8 \text{ m/s}$,故 C 正确;甲下降 $H = 3 \text{ m}$ 时,根据速度的分解有 $v_M = v_m \cos \theta$, $\cos \theta = \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}}$,乙上升的高度为 $H' = \sqrt{H^2 + L^2} - L$,对乙、甲组成的系统,由机械能守恒定律得 $mgH =$

$M'gH' + \frac{1}{2}mv_m^2 + \frac{1}{2}M'v_M^2$, 解得 $\frac{M'}{m} = \frac{35}{29}$, 故 D 错误.

注意说明 注意物块甲的速度包括沿绳方向的速度和垂直于绳方向的速度, 求乙速度时要注意甲速度的分解.

3. B 【解析】以 BC 所在水平面为零势能面, 小球 a 、 b 组成的系统机械能守恒, 则有 $3mgR = 3mgh_1 + mgh_2$, 又 $h_2 - h_1 = R$, 解得 $h_2 = \frac{3}{2}R$, 所以小球 b 能到达的最大高度为 $h = h_2 + R = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$, 故 B 正确.

4. BD 【解析】下落过程中, 轻杆对小球 b 做功, 故小球 b 的机械能不守恒, 故 A 错误; 通过几何关系可知 $Ob = \sqrt{(ab)^2 - (Oa)^2} = 0.8 \text{ m}$, 小球 a 第一次经过 O 点时有最大速度且此时 b 的速度为 0, 对 a 、 b 组成的系统, 由动能定理有 $mg(ab - Ob) = \frac{1}{2}mv^2$, 联立解得小球 a 运动过程中的最大速度 $v = 2 \text{ m/s}$, 故 B 正确; 小球

→ **点拨**: 找 a 速度最大的临界状态, 结合几何关系求下落高度, 列守恒方程

a 和 b 组成的系统机械能守恒, 小球 a 处于 O 点右侧最远时, 小球 b 必处于出发时的位置, 即小球 a 在 O 点右侧最远距离应为 0.6 m , 故 C 错误; 小球 b 向下运动的过程中速度最大时, 小球 b

→ **易错**: 误认 “ a 会一直右移”, 忽略势能限制

所受合力为 0, 可知此时轻杆的弹力的竖直方向分力等于 mg , 故连接 a 、 b 的轻杆的弹力大小大于 mg , 故 D 正确.

方法总结 对于轻杆+双杆系统: ①找特殊状态(某物体速度为 0 时, 另一物体速度最大); ②某物体速度最大时, 其所受合力为 0, 通过受力分析判断杆的弹力; ③系统能量守恒时, 初末状态势能变化仅与物体的初始位置和末位置有关, 与路径无关.

5. CD

攻略上分 本题用到大招攻略 31 的“弹簧模型”(压缩弹簧: 弹力 < 重力 → 加速, 弹力 > 重力 → 减速; 弹簧弹起: 弹力 > 重力 → 加速, 弹力 < 重力 → 减速). 结合 $F-t$ 图像判断运动状态, 分析各阶段动能变化, 关键是抓“弹力 = 重力”的平衡位置(动能最大点).

【解析】此运动过程, 弹簧对小球做功, 则小球的机械能不守恒, 故 A 错误; $t_1 \sim t_2$ 这段时间内, 弹簧处于开始压缩到达到最大压缩量的过程, 根据牛顿第二定律 $mg - F_{\text{弹}} = ma$, 可知小球受到的弹力开始时小于重力, 再等于重力, 后来大于重力, 所以小球的动能先增大, 后减小, 在 t_2 时刻小球的动能为零, 故 B 错误, C 正确;

→ **点拨**: 结合 $F-t$ 图像, 先找 “ $F = mg$ ” 的时刻, 此时动能最大, 再判断特殊点 F 最大或 $F = 0$ 时的动能

$t_2 \sim t_3$ 这段时间内, 小球的弹力从最大开始减小, 说明小球在由最低点上升, 小球受到的弹力开始时大于重力, 小球向上做加速运动, 后来小于重力, 小球做减速运动, 所以小球的动能先增大, 后减小, 故 D 正确.

6. D



攻略上分

本题用到大招攻略 31 的“弹簧模型”(P 到最低点时速度为 0, 弹性势能最大). 借系统机械能守恒求弹性势能最大值, 分析 P 的机械能变化(杆做负功导致其机械能减少), 核心是扩展系统范围以满足守恒条件.

【解析】对于 P、Q 组成的系统, 由于弹簧对 Q 做功, 所以 P、Q 组成的系统的机械能不守恒. 但对 P、Q、弹簧组成的系统, 只有重力或系统内弹簧弹力做功, 故系统的机械能守恒, 从 P 开始向下运动, 轻杆一直阻碍 P 下落, 对 P 做负功, 所以 P 的机械能一直减小, 故 A、B 错误; P 下降过程中, 先加速下降达到最大速度后, 再减速下降, 对 P、Q 整体分析, 在竖直方向上, 根据牛顿第二定律有 $3mg - N = ma$, 当 P 达到最大动能时有 $a = 0$, 可得 $N = 3mg$,

易错: 漏算 P 的质量 m , 仅用 Q 的质量 $2m$ 计算支持力 $N = 2mg$

故 C 错误; 当 P 运动到最低点时, 速度为 0, Q 的速度也为 0, 此时弹性势能达到最大, 根据系统机械能守恒可得 $E_p =$

$$mgL(\cos 30^\circ - \cos 60^\circ), \text{解得弹性势能的最大值为 } E_p = \frac{\sqrt{3}-1}{2}mgL,$$

点拨: 用几何关系(杆长 L 、夹角 60°)求 P 下落高度, 结合系统机械能守恒求弹性势能

故 D 正确.

7. D 【解析】设 U 形管的横截面积为 S , 液体的密度为 ρ . 拿去盖板, 液体开始运动, 根据机械能守恒定律得 $\rho \cdot \frac{1}{2}hSg \cdot \frac{1}{2}h =$

$$\frac{1}{2}\rho \cdot 4hSv^2, \text{解得 } v = \sqrt{\frac{1}{8}gh}, \text{故 D 正确.}$$

关键点拨

液体运动的整个过程仅有系统内动能和重力势能的转化, 根据机械能守恒定律列式计算.

8. A 【解析】设链条的总质量为 m , 选取桌面为零势能面, 则刚开始时的重力势能 $E_{p1} = -\frac{1}{3}mg \cdot \frac{1}{6}L$, 整个链条刚离开桌面时的

重力势能 $E_{p2} = -mg \cdot \frac{L}{2}$, 在此过程中, 重力势能减少量 $\Delta E_p =$

$$E_{p1} - E_{p2} = -\frac{1}{18}mgL - \left(-\frac{1}{2}mgL\right) = \frac{4}{9}mgL, \text{根据机械能守恒可得}$$

$$\Delta E_p = \frac{1}{2}mv^2, \text{即 } \frac{1}{2}mv^2 = \frac{4}{9}mgL, \text{解得 } v = \frac{2\sqrt{2gL}}{3}, \text{故 A 正确.}$$

关键点拨

分析链条的重力势能, 要将桌面上的链条和垂在桌边的链条的重力势能相加, 得到总的重力势能, 求重力势能时要注意链条重心的位置.

9. BD 【解析】物块下降的高度为 $h = l$, 物块重力做功为 $W = mgl$,

所以物块重力势能减少了 $\Delta E_p = mgl$, 物块减少的重力势能转化为软绳的机械能和物块自身的动能, 故 A 错误, B 正确;

关键: 物块势能减少量为 mgl , 一部分转化为软绳机械能, 一部分转化为物块动能

物块未释放时, 软绳的重心离斜面顶端的高度为 $h_1 = \frac{l}{2} \sin 30^\circ = \frac{l}{4}$, 软绳刚好全部离开斜面时, 软绳的重心离斜面顶端的高度

$h_2 = \frac{l}{2}$, 则软绳重力势能共减少 $mg \cdot \left(\frac{l}{2} - \frac{l}{4} \right) = \frac{1}{4}mgl$, 故 C 错误;

提醒: 需考虑软绳初态在斜面上的重心位置, 与末态离开斜面的重心位置, 差值为高度变化

根据动能定理有 $mgl + \frac{1}{4}mgl = \frac{1}{2}(m+m)v^2$, 则 $v = \frac{1}{2}\sqrt{5gl}$,

点拨: 列守恒方程时, 明确系统总质量, 确保动能项的质量与系统一致

故 D 正确.

注意说明 软绳势能计算: 需明确“初态时在斜面上”与“末态时全部离开”的重心位置, 斜面内软绳重心在“对应高度的中点”, 离开后重心在“绳长中点”, 高度差计算需带正负.

专题上分 10 常见力学模型的功能关系

1. (1) 2 m/s (2) 4 J (3) $\frac{1}{9}$ m

【解析】(1) 物块从 A 点滑到 O 点过程, 由动能定理得 $mgh - \frac{\mu mgh}{\tan \theta} = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 代入数据解得物块在 O 点时速度大小 $v = 2$ m/s.

(2) 在水平滑道上, 由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2 = E_p$, 代入数据解得弹簧最大弹性势能 $E_p = 4$ J.

(3) 设物块 A 能够上升的最大高度为 h_1 , 物块被弹回后上升过程中由动能定理得 $-mgh_1 - \frac{\mu mgh_1}{\tan \theta} = 0 - \frac{1}{2}mv^2$, 代入数据解得 $h_1 = \frac{1}{9}$ m.

2. C

攻略上分 本题用到大招攻略 32 的“能量角度分析”(拉力为外力做功, 滑动摩擦力为内力生热). 区分物块与小车的对地位移, 计算各自机械能变化与系统内能, 核心是对地位移与相对位移的应用.

【解析】小物块对地的位移方向向右, 大小为 $x = s - L$, 小物块受到的摩擦力方向水平向右, 则摩擦力对小物块做的功等于小物块的机械能增加量, 有 $\Delta E_1 = F_f(s - L)$, 故 A 错误; 小物块与小车系

点拨: 物块从车头滑到车尾, 相对小车位移大小为 L , 故 $x_{\text{物}} = x_{\text{车}} - L = s - L$, 明确相对位移与对地位移的关系

统的机械能增加量为 $\Delta E_2 = Fs - F_f L$, 故 B 错误; 小车的机械能增加量为 $\Delta E_3 = (F - F_f) \cdot s$, 故 C 正确; 物块与小车组成的系统产

提醒: 小车受拉力 F (做正功) 和物块摩擦力 F_f (做负功), 总功等于机械能增加量

生的热量为 $Q = F_f L$, 故 D 错误.

易错: 用“小车对地位移 s ”替代“相对位移 L ”, 导致计算错误

3. (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 $a_1 =$

点拨: 对两物体分别受力分析, 明确摩擦力方向 (物块受阻力, 木板受动力), 再用牛顿第二定律列式

5 m/s^2 , 对木板根据牛顿第二定律有 $\mu mg = Ma_2$, 解得 $a_2 = 5 \text{ m/s}^2$.

(2) 设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 $v_{\text{共}} = a_2 t$, 解得 $t = 0.6 \text{ s}$, $v_{\text{共}} = 3 \text{ m/s}$, 对物块由动能定理得

$$W_f = \frac{1}{2}mv_{\text{共}}^2 - \frac{1}{2}mv_0^2, \text{ 可得 } W_f = -13.5 \text{ J}.$$

点拨: 先通过共速条件求时间与末速度, 再代入动能定理, 明确功的正负 (阻力做负功)

(3) 对木板和物块组成的系统, 由能量守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_0^2 = Q + \frac{1}{2}(M+m)v_{\text{共}}^2$, 可得 $Q = 9 \text{ J}$.

点拨: 直接用“系统初动能-系统末动能”求产生热量, 避开复杂的位移计算, 简化过程

思路分析 本题为“物块滑上木板”的板块模型, 先通过“牛顿第二定律”求两者加速度, 再用“运动学公式”求共速时间与速度, 最后借“动能定理”求摩擦力做功、“能量守恒”求生热, 核心是“加速度-速度-能量”的逻辑衔接.

4. D

攻略上分 本题用到大招攻略 33 的“动力学角度分析”(物体先匀加速 t 时间, 后匀速 t 时间)、“能量角度分析”(传送带克服摩擦力做功 = 物体动能 + Q). 通过阶段划分并计算平均速度, 借能量关系判断各选项, 核心是区分物体与传送带的位移差.

【解析】 物体 A 由传送带左端到右端的平均速度大小等于位移与

时间的比值, 即 $\bar{v} = \frac{\frac{v}{2}t + vt}{2t} = \frac{3}{4}v$, 故 A 正确, 与题意不符;

提醒: 分“匀加速+匀速”两阶段算总位移, 勿直接用 $\frac{0+v}{2}$ 算平均速度

传送带对物体做功等于物体动能的增加量, 即 $W = \frac{1}{2}mv^2$, 故 B

正确, 与题意不符; 传送带克服摩擦力做功 $W_{\text{克服}} = \mu mgx$, $x = vt$, 传

送带和物体组成系统产生的热量 $Q = \mu mgx_{\text{相对}}$, $x_{\text{相对}} = vt - \frac{v}{2}t = \frac{vt}{2}$,

又 $W_{\text{克服}} = Q + \frac{1}{2}mv^2$, 得 $\mu mgvt = \frac{1}{2}\mu mgvt + \frac{1}{2}mv^2$, 则 $\frac{1}{2}\mu mgvt =$

$\frac{1}{2}mv^2$, $Q = \frac{1}{2}mv^2$, 故 C 正确, 与题意不符; 由能量守恒定律可

知, 传送带克服物体 A 对它的摩擦力所做的功, 等于传送带对物体做功和摩擦产生热量的和, 即 $W_{\text{克服}} = W + Q = mv^2$, 故 D 错误,

易错: 误将“物体动能增量”当作“传送带克服摩擦力做功”, 忽略生热

与题意相符.

5. (1) 96 J (2) 48 J (3) $W = 104 - 8v^2$ (J)

【解析】 (1) 若传送带速度大小为 0.5 m/s , 由于 $v_A = 1 \text{ m/s} > 0.5 \text{ m/s}$, 可知物块受到的滑动摩擦力方向沿传送带向下, 根据牛顿第二定律有 $F - mgsin \theta - \mu mgcos \theta = ma$, 解得 $F = 48 \text{ N}$, 则拉力 F 做的功为 $W = FL = 96 \text{ J}$.

(2) 若传送带速度大小为 5 m/s , 物块从 A 到 B 过程, 假设物块不与传送带共速, 根据运动学公式有 $2aL = v_B^2 - v_A^2$, 解得 $v_B = 3 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s}$, 假设成立, 可知物块受到的滑动摩擦力方向一直沿传送带向上, 物块从 A 到 B 所用时间为 $t = \frac{v_B - v_A}{a} = 1 \text{ s}$, 物块与传

送带发生的相对位移大小为 $\Delta x = v_{\text{传}} t - \frac{v_A + v_B}{2} t = 3 \text{ m}$, 物块与传送带间由于摩擦产生的热量为 $Q = \mu mg \cos \theta \cdot \Delta x = 48 \text{ J}$.

(3) 若传送带速度大小范围为 $1 \text{ m/s} < v < 3 \text{ m/s}$, 则物块与传送带共速前受到的滑动摩擦力方向沿传送带向上, 根据牛顿第二定律有 $F_1 - mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma$, 解得 $F_1 = 16 \text{ N}$, 共速前物块发生的位移大小为 $x_1 = \frac{v^2 - v_A^2}{2a} = \frac{v^2 - 1}{4} (\text{m})$, 此过程拉力做的功为 $W_1 = F_1 x_1 = 4(v^2 - 1) (\text{J})$, 物块与传送带共速后继续加速, 受到的滑动摩擦力方向沿传送带向下, 根据牛顿第二定律有 $F_2 - mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$, 解得 $F_2 = 48 \text{ N}$, 此过程拉力做的功为 $W_2 = F_2 (L - x_1) = 12(9 - v^2) (\text{J})$, 则全过程拉力做的功为 $W = W_1 + W_2 = 104 - 8v^2 (\text{J})$.

6. CD



思路分析 以“ A 、 B 整体”为研究对象, 分析“传送带做功”“共速时间”“摩擦生热”“电动机耗能”, 进行判断.

【解析】 传送带对 B 无摩擦力作用所以不做功, 对 A 、 B 整体, 由动能定理 $W = \frac{1}{2} \times 2mv^2 - 0 = mv^2$, 故 **A 错误**;

提醒: 传送带做功对象是 A , 需对 A 、 B 整体列动能定理, 总质量为 $2m$

对 A 、 B 整体有 $a = \frac{\mu mg}{2m} = \frac{1}{2} \mu g$, 共速时用时 $t = \frac{v}{a} = \frac{2v}{\mu g}$, 故 **B 错误**;

易错: 用 A 的质量算加速度 ($a = \mu g$), 导致时间计算错误

共速前滑块运动距离 $x = \frac{v}{2} t = \frac{v^2}{\mu g}$, 传送带的位移大小为 $x_1 =$

$vt = \frac{2v^2}{\mu g}$, 产生的热量 $Q = \mu mg \cdot (x_1 - x) = mv^2$, 故 **C 正确**;

点拨: 用前面算得的 $t = \frac{2v}{\mu g}$ 代入, 简化生热计算 (μ 、 g 可约去)

电动机多消耗的电能为两滑块增加的动能和产生的热量, $E = Q + mv^2 = 2mv^2$, 故 **D 正确**.

提醒: 耗电 = 整体动能 + 生热, 两者均为 mv^2 , 总和为 $2mv^2$

7. CD

【解析】 小车从斜面的顶端由静止开始下滑, 最终停在 B 点, 设斜面长为 L , 则斜面在水平面的投影为 $x_1 = L \cos \theta$, 根据功能关系可得 $mgh = \mu mg L \cos \theta + \mu mg (x - x_1)$, 整理可得 $mgh = \mu mg x$,

解得 $\mu = \frac{h}{x}$, 改变斜面倾角和斜面长度, 小车仍在 B 点停下, 设小

车静止释放点的坐标为 (x', h') . 根据前面的分析可得 $mgh' = \mu mg (x - x')$, 整理可得 $h' = h - \frac{h}{x} \cdot x'$, 当 $x' = \frac{1}{9} x$ 时, 解得 $h' =$

$\frac{8}{9} h$, 当 $x' = \frac{2}{7} x$ 时, 解得 $h' = \frac{5}{7} h$, 当 $x' = \frac{3}{5} x$ 时, 解得 $h' = \frac{2}{5} h$,

当 $x' = \frac{2}{3}x$ 时, 解得 $h' = \frac{1}{3}h$, 故 C、D 正确.

8. (1) 能 22.5 J (2) 15 N, 方向竖直向上 (3) 12.5 J

【解析】(1) 根据动能定理得 $\mu_1 m_1 g l = \frac{1}{2} m_1 v^2$,

解得 $l = 3.75 \text{ m} < L = 5 \text{ m}$, 物块 a 能与传送带共速.

全程传送带对物块 a 做的功 $W = \frac{1}{2} m_1 v^2 = 22.5 \text{ J}$.

提醒: 传送带做功等于物块动能增加量 (水平传送带, 无势能变化)

(2) 根据机械能守恒定律 $\frac{1}{2} m_1 v^2 = \frac{1}{2} m_1 v_D^2 + m_1 g \cdot 2R(1 - \cos 60^\circ)$,

解得 $v_D = 5 \text{ m/s}$.

根据牛顿第二定律得 $F'_N + m_1 g = m_1 \frac{v_D^2}{R}$,

解得 $F'_N = 15 \text{ N}$, 方向竖直向下.

根据牛顿第三定律, 物块 a 到达 D 点时对管道的作用力 $F_N = 15 \text{ N}$, 方向竖直向上.

(3) 当物块 a 滑上小车瞬间, 轻质小车受力为 $\mu_1 m_1 g + F = 7 \text{ N} > \mu_2 m_2 g = 3 \text{ N}$,

点拨: 先对小车受力分析判断运动状态 (匀速), 再分别算 a 、 b 的位移, 求相对位移与生热

所以小车与物块 a 保持相对静止, 物块 b 相对小车发生滑动, 最终三者速度相同.

物块 a 和小车的加速度 $a_1 = \frac{\mu_2 m_2 g - F}{m_1} = 2 \text{ m/s}^2$,

物块 a 和小车向右做匀减速直线运动.

物块 b 的加速度 $a_2 = \frac{\mu_2 m_2 g}{m_2} = 1 \text{ m/s}^2$,

物块 b 向右做匀加速直线运动.

设达到共同速度所需要的时间为 t , 则 $v_{\text{共}} = v_D - a_1 t = a_2 t$,

解得 $t = \frac{5}{3} \text{ s}$, $v_{\text{共}} = \frac{5}{3} \text{ m/s}$.

物块 b 相对于小车的位移大小 $\Delta x = \frac{v_D + v_{\text{共}}}{2} t - \frac{v_{\text{共}}}{2} t = \frac{25}{6} \text{ m}$,

此过程物块 a 、 b 与小车间因摩擦产生的总热量 $Q = \mu_2 m_2 g \Delta x = 12.5 \text{ J}$.

9. (1) 3 m/s (2) 21 N (3) 不能滑离 2 m 39 J

【解析】(1) 滑块 P 第一次从 G 点到 A 点时与弹簧分离, 从 A 点滑上传送带, 滑块 P 在 A 点的速度大小为 v_A , 对滑块 P 由动能定理得 $W_F = \frac{1}{2} m v_A^2$, 由 $F-x$ 图像知弹簧从 G 点到 A 点对 P 做功

$W_F = \frac{1}{2} F x$, 代入解得 $v_A = 3 \text{ m/s}$.

点拨: 借 $F-x$ 图像求弹簧对滑块的功, 再用动能定理求滑上传送带的速度

(2) P 滑上传送带时速度大小 $v_A = 3 \text{ m/s} < v$, 可知滑块 P 在传送带上做匀加速运动, 加速度大小为 a , 则 $\mu_1 m g = m a$.

假设滑块 P 在传送带上一一直匀加速运动到从右端离开传送带, 到 B 点时的速度大小为 v_B , 有 $v_B^2 - v_A^2 = 2 a s$,

代入数据得 $v_B = 4 \text{ m/s} < v = 5 \text{ m/s}$,

故假设成立, 滑块 P 以 $v_B = 4 \text{ m/s}$ 的速度大小水平冲出传送带,

点拨: 通过“假设-验证”判断传送带末端滑块的速度

在 C 点有 $v_B = v_C \cos \theta$,

解得 $v_C = 8 \text{ m/s}$.

由牛顿第二定律得 $F_N - mg \cos \theta = \frac{mv_C^2}{R}$,

解得 $F_N = 21 \text{ N}$.

由牛顿第三定律得, 压力大小 $F'_N = F_N = 21 \text{ N}$.

(3) 滑块从 C 到 D 点, 由动能定理得, $mgR(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$,

解得 $v_D = 2\sqrt{26} \text{ m/s}$.

滑上木板后, 以滑块速度方向为正方向, 对滑块由牛顿第二定律有 $-\mu_2 mg = ma_1$,

对木板由牛顿第二定律有 $\mu_2 mg = Ma_2$,

解得 $a_1 = -3 \text{ m/s}^2$, $a_2 = 1 \text{ m/s}^2$.

设二者达到速度相等所用时间为 t , 设共速时速度为 $v_{\text{共}}$, 则有 $v_D + a_1 t = a_2 t$,

解得 $t = \frac{\sqrt{26}}{2} \text{ s}$, 共速时速度 $v_{\text{共}} = \frac{\sqrt{26}}{2} \text{ m/s}$,

滑块位移 $s_1 = v_D t + \frac{1}{2}a_1 t^2 = \frac{65}{4} \text{ m}$,

木板位移 $s_2 = \frac{1}{2}a_2 t^2 = \frac{13}{4} \text{ m}$,

相对位移 $\Delta s = s_1 - s_2 = 13 \text{ m} < L = 15 \text{ m}$,

提醒: 相对位移为两者的位移差, 且需与木板长度对比

故滑块未滑离木板, 滑块与木板右端距离 $\Delta x = L - \Delta s = 2 \text{ m}$,

摩擦热 $Q = \mu_2 mg \cdot \Delta s = 39 \text{ J}$.

关键点拨 本题是“弹簧+传送带+圆弧轨道+板块模型”的综合题, 需按“滑块与弹簧作用→滑块与传送带作用→滑块与圆弧轨道作用→滑块与木板作用”的运动顺序, 串联“ $F-x$ 图像做功、传送带运动分析、平抛与圆弧衔接、板块相对运动”等核心考点, 用“动能定理、牛顿第二定律、运动学公式、摩擦生热公式”逐步求解, 最终判断滑块是否滑离木板并计算相关物理量.

第6节 实验: 验证机械能守恒定律



对点上分

$$1. (1) AB \quad (2) -mgh_B \quad \frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2} \quad (3) gh_B = \frac{(h_C - h_A)^2}{8T^2}$$

【解析】(1) 应选择质量大、体积小的重物进行实验, 以减小空气阻力的影响, **故 A 正确**; 释放纸带之前, 纸带必须处于竖直状态, 以减小纸带和打点计时器之间的摩擦力, **故 B 正确**; 实验应先接通电源, 后释放纸带, **故 C 错误**.

(2) 从打 O 点到打 B 点的过程中, 重物的重力势能变化量 $\Delta E_p = -mgh_B$, 打 B 点时的速度大小 $v_B = \frac{h_C - h_A}{2T}$, 动能变化量 $\Delta E_k =$

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{h_C - h_A}{2T}\right)^2 = \frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2}.$$

(3) 在误差允许范围内, 当 $mgh_B = \frac{1}{2}mv_B^2$, 即满足关系式 $gh_B = \frac{(h_C - h_A)^2}{8T^2}$ 时, 可验证机械能守恒定律.

2. (1) A (2) $\frac{d}{\Delta t}$ (3) 19.6 (19.0~20.6 均可)

(4) 高度 h 测量带来的误差 (或其他正确表述)

【解析】(1) 重锤下落高度已知, 还要知道重锤通过光电门时的速度, 因此需要测量重锤的长度 d , 结合 Δt 求得重锤通过光电门时的速度, 故 A 正确; 不需要测量重锤从 A 下落到 B 的时间 t , 故 B 错误; 实验要验证的关系式中质量 m 可约去, 不需要测量重锤的质量 m , 故 C 错误.

(2) 重锤通过光电门的平均速度约等于瞬时速度, 则重锤通过光电门的瞬时速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$.

(3) $v^2 - h$ 图像斜率为 $k = \frac{9.40}{0.5 - 0.02} \text{ m/s}^2 \approx 19.6 \text{ m/s}^2$.

(4) 所绘制出的 $v^2 - h$ 图像并不过坐标原点, 主要原因可能是高度 h 测量带来的误差.

3. (1) 36.50 (36.48~36.52 均可) (2) $\frac{d}{t}$ (3) $g\left(L + \frac{d}{2}\right)(1 - \cos \theta) = \frac{d^2}{2t^2}$

【攻略上分】 本题用到大招攻略 34 的“速度计算”

(光电门测速度 $v = \frac{d}{t}$)、“数据处理”(验证 $g\left(L + \frac{d}{2}\right)(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}\left(\frac{d}{t}\right)^2$). 核心是将单摆与光电门结合, 规避传统纸带摩擦导致的误差.

【解析】(1) 刻度尺的分度值为 1 mm, 读数时要估读 1 位, 则绳长为 $L = 36.50 \text{ cm}$.

提醒: 读数需估读到分度值下一位, 避免漏估读

(2) 小球通过光电门时的速度大小为 $v = \frac{d}{t}$.

点拨: 光电门测的是小球直径的通过时间, 直接用 d 与 t 计算

(3) 如果满足机械能守恒, 则有 $mg\left(L + \frac{d}{2}\right)(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv^2$,

易错: 漏加小球半径, 用“悬点到上沿距离 L ”计算小球重心下降的高度, 导致列式错误

整理可得 $g\left(L + \frac{d}{2}\right)(1 - \cos \theta) = \frac{d^2}{2t^2}$.

4. (1) 0.35 (0.33~0.37 均可) $\frac{d}{t_2}$ (2) $\frac{1}{2}m\left(\frac{d^2}{t_2^2} - \frac{d^2}{t_1^2}\right) - mg(h_1 - h_2)$ (3) 滑块下滑过程中受到空气阻力 (合理即可)

【解析】(1) 图乙中刻度尺的分度值为 0.1 cm, 由图乙可知遮光条的宽度为 $d = 0.35 \text{ cm}$; 滑块经过光电门 II 时的速度大小为

$$v_2 = \frac{d}{t_2}.$$

(2) 滑块经过光电门 I 时的速度大小为 $v_1 = \frac{d}{t_1}$, 滑块从通过光电

门 I 到通过光电门 II 的过程中动能的增加量为 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_2^2 -$

$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{d^2}{t_2^2} - \frac{d^2}{t_1^2}\right)$; 重力势能的减少量为 $\Delta E_p = mg(h_1 - h_2)$.

点拨: 滑块下滑, A 点高度 h_1 大于 B 点高度 h_2 , 重力势能减少量为正值

(3) 导致滑块动能的增加量小于重力势能的减少量的原因是滑块下滑过程中受到空气阻力.

易错: 误认为“气垫导轨无阻力”, 忽略空气阻力的影响

5. (1) A (2) 86.75 (86.69~86.81 都正确) (3) $\frac{d}{t}$ (4) $\left(\frac{d}{t}\right)^2 =$

$2gh$ (5) 不正确 见解析

【解析】(1) 在做验证机械能守恒定律的实验时, 为了使阻力的影响尽可能小, 要选择体积小质量大的物块, 故 A 正确.

点拨: 按“质量大、体积小”原则选择物块, 减小系统误差

(2) 根据题中给出的米尺图样, 读数时需要估读到 0.01 cm. 因此图中遮光条中心所处的位置, 读数约为 86.75 cm.

提醒: 读数需估读到 0.01 cm, 避免漏估读或看错刻度

(3) 遮光条较窄且通过光电门的时间很短, 可近似将其通过光电门的平均速度当成是物块中心通过时的瞬时速度, 所以 $v = \frac{d}{t}$.

(4) 若物块运动过程中机械能守恒, 重力势能转化为动能, 有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 代入关系式后, 可整理为 $\left(\frac{d}{t}\right)^2 = 2gh$.

(5) 设光电门到台面的距离为 h_1 , 物块下落过程中满足的机械能守恒表达式应为 $mg(h - h_1) = \frac{1}{2}mv^2$, 即变形为 $2gh - 2gh_1 =$

$\left(\frac{d}{t}\right)^2$, 此时, 可以利用图像法进行验证, 以 $\frac{1}{t^2}$ 为纵轴、以 h 为横轴建立直角坐标系, 描点作图, 若得到一条不过原点, 但斜率约为 $\frac{2g}{d^2}$ 的直线, 就能证明物块的机械能守恒, 所以小明同学的说法是不正确的.

关键: 小明观点不正确, 因 h 测量值偏大时, 可通过图像法验证

素养上分

1. C 【解析】第一次木板固定, 木板的位移为零, 摩擦力对木板做的功为零, 第二次木板不固定, 木板的位移不为零, 则摩擦力对木板做的功不为零, 故 A 错误; 木板固定时和木板不固定时, 将木块从木板左端拉到右端, 木块的位移不同, 则恒力 F 对木块做功不同, 故 B 错误; 由于两种情况下, 木块与木板间的相对运动

关键: 木板固定时木块位移 = 板长 L , 不固定时木块位移 = L + 板的位移, 位移不同, 恒力 F 做功 $W = Fx$ 不同

位移大小相等, 根据 $Q = f\Delta x$ 可知因摩擦产生的热量相等,

点拨: 无论木板是否固定, 木块从木板左端滑到右端, 相对位移大小始终等于板长

故 C 正确; 根据动能定理知, 恒力 F 以及摩擦力的合力对木块做功不同, 则木块动能不同, 故 D 错误.

2. AC 【解析】杆处于竖直状态时, 石子和配重都绕水平轴 OO' 转

动,故石子和配重角速度大小相等,由于旋转半径不同,石子和配重的线速度大小不等,**故 A 正确, B 错误**;配重下降过程,杆对石子做正功,石子的机械能增大,杆对配重做负功,配重的机械能减少,但对于杆、石子和配重构成的系统而言,杆、石子和配重之间的力,属于系统内力,不会改变系统的机械能,故系统的机械能守恒,**故 C 正确, D 错误**.

点拨: 圈定“杆+石子+配重”系统,判断仅重力做功,满足机械能守恒条件,分析配重的受力(重力+杆的力),判断机械能变化

3. AD 【解析】第 5 s 末时,汽车的功率达到额定功率,前 5 s 由牛顿第二定律可知 $F-f=ma$, 又 $P_{\text{额}}=Fv$, $f=0.1mg$, 其中 v 为达到额定功率时汽车的瞬时速度,由题图乙可知 $a=1 \text{ m/s}^2$, $v=5 \text{ m/s}$, 联立得 $m=2000 \text{ kg}$, **故 A 正确**;当汽车牵引力的功率为额定功率,汽车速度达到最大时,此时牵引力等于汽车所受阻力,则 $v_{\text{max}}=\frac{P_{\text{额}}}{f}$, 则汽车的最大速度 $v_{\text{max}}=v_0=\frac{P_{\text{额}}}{f}=10 \text{ m/s}$, **故 B 错误**;在前 5 s 内,汽车做匀加速直线运动,由题图乙可知前 5 s 内的位移大小 $s_1=\frac{5 \times 5}{2} \text{ m}=12.5 \text{ m}$, 阻力对汽车所做的功为 $W_f=-fs_1=-25000 \text{ J}=-25 \text{ kJ}$, **故 C 错误**;在 0~5 s 内,牵引力恒定,大小为 $F=ma+f$, 则牵引力做的功 $W_1=Fs_1$, 联立得 $W_1=50000 \text{ J}$, 在 5~15 s 内,牵引力功率恒定,则牵引力做的功 $W_2=P_{\text{额}}t=200000 \text{ J}$, 在 0~15 s 内,牵引力对汽车做功 $W=W_1+W_2=250 \text{ kJ}$, **故 D 正确**.

4. BC 【解析】玩具在下落过程中,根据牛顿第二定律有 $mg-F=ma$, 离地面高度 $4h_0 \sim 2h_0$ 过程中,由图可知, F 从零增大到 $2mg$, 在距地面 $3h_0$ 时升力大小为 mg , 所以加速度开始时向下并逐渐减小,速度在增大,当距地面 $3h_0$ 时合力为零,加速度为零,此时速度达到最大值,继续运动,合力向上,此时加速度向上并逐渐增大,速度在减小, **故 A 错误, B 正确**;根据上面分析,距地面 $3h_0$

关键: 速度最大时合力为 0, 即 $F=mg$, 对应图中 $h=3h_0$ 处时速度最大,离地面高度 $4h_0 \sim 3h_0$ 过程中, F 做负功,大小为图线与横轴围成图形的面积大小,所以有 $W_F=-(4h_0-3h_0) \cdot mg \cdot \frac{1}{2}=-\frac{1}{2}mgh_0$, 对该过程根据动能定理有 $mgh_0-\frac{1}{2}mgh_0=\frac{1}{2}mv_m^2-0$, 解得 $v_m=\sqrt{gh_0}$, **故 C 正确, D 错误**.

点拨: 严格列动能定理,明确“重力做功+升力 F 做功=动能变化量”

5. AC 【解析】在最高点,对 A、B 整体,根据牛顿第二定律有 $2mgsin \theta+Kx_0=2ma_0$, 对 B 分析有 $mgsin \theta+f_0=ma_0$, 解得 $f_0=\frac{Kx_0}{2}$, 故可知物块 B 在最高点所受摩擦力方向沿斜面向下, **故 A 正确**;当 $2mgsin \theta=Kx_1$ 时,此时 A、B 速度最大,则 $x_1=\frac{mg}{k}$, 根据机械能守恒定律可得 $-2mgx_1 \cdot sin \theta+\frac{1}{2}Kx_1^2+2E_{\text{km}}=\frac{1}{2}Kx_0^2+2mgx_0 \cdot sin \theta$, 解得 $E_{\text{km}}=\frac{1}{4}Kx_0^2+\frac{1}{2}mgx_0+\frac{m^2g^2}{4k}$, **故 B 错误**;

点拨: 先找动能最大的临界条件 ($a=0$), 再根据机械能守恒定律列式

令最低点到 O 点的距离为 x_2 , 则有 $2mg(x_0+x_2)sin \theta=\frac{1}{2}Kx_2^2-$

$\frac{1}{2} kx_0^2$, 解得 $x_2 = \frac{4mg\sin\theta}{k} + x_0 = \frac{2mg}{k} + x_0$, 故 C 正确;

提醒: 最低点动能为 0, 重力势能减少量全部转化为弹性势能, 需明确 x_0 为压缩量

根据牛顿第二定律有 $kx_2 - 2mg\sin\theta = 2ma$, 解得 $a = \frac{1}{2}g + \frac{kx_0}{2m}$,

易错: 漏算重力分力, 或将弹力方向搞反, 导致加速度计算错误

故 D 错误.

关键点拨 弹簧板块模型

动能最大的临界条件是“系统加速度为 0”, 此时弹簧弹力与总重力沿斜面向下的分力平衡.

6. (1) $1.6mg$ (2) $0.2mg$ (3) $\frac{2}{15}\sqrt{165gR}$

【解析】(1) 对小球 A, 根据平衡条件有 $F - mg\sin 37^\circ - T = 0$, 对小球 B, 则有 $T = mg$, 联立可得作用于小球 A 上的拉力 F 大小为 $F = 1.6mg$.

(2) 撤去拉力 F 的瞬间, 对小球 A, 根据牛顿第二定律有 $T' + mg\sin 37^\circ = ma$, 对小球 B 有 $mg - T' = ma$, 联立解得 $T' = 0.2mg$.

(3) 设撤去拉力 F 后, 小球 A 向下运动到与 O 等高的位置时, 小球 A 的速度大小为 v , 此时小球 B 的速度为零, 对小球 A、B 组成的系统, 根据机械能守恒定律有 $mgR\sin 53^\circ + mg \left[R\tan 53^\circ - \left(\frac{R}{\cos 53^\circ} - R \right) \right] = \frac{1}{2}mv^2$, 联立解得 $v = \frac{2}{15}\sqrt{165gR}$.

7. (1) 2 m/s^2 7 m/s^2 (2) 10.2 J (3) 80.28 J

【解析】(1) 滑块与木板共速前, 对滑块和木板, 根据牛顿第二定律分别有 $\mu_1 mg = ma_1$, $\mu_1 mg + \mu_2(m+M)g = Ma_2$, 解得 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$, $a_2 = 7 \text{ m/s}^2$.

(2) 设经过时间 t_1 两者速度相等, 根据运动学规律有 $a_1 t_1 = v = a_2 t_1$, 解得 $t_1 = 1 \text{ s}$, 此时两者的共同速度大小为 $v_1 = a_1 t_1 = 2 \text{ m/s}$,

达到共同速度前, 滑块和木板的位移大小分别为 $x_1 = \frac{v_1 t_1}{2} = 1 \text{ m}$,

$x_2 = \frac{(v_1 + v)t_1}{2} = 5.5 \text{ m}$, 两者相对位移为 $\Delta x_1 = x_2 - x_1 = 4.5 \text{ m} < L = 5 \text{ m}$;

达到共同速度后, 假设两者可以以相同的加速度做匀减速运动, 则根据牛顿第二定律有 $\mu_2(m+M)g = (m+M)a$, 解得 $a = 4 \text{ m/s}^2$, 此时滑块所受摩擦力大小为 $f = ma = 4 \text{ N} > \mu_1 mg = 2 \text{ N}$, 即假设不成立; 所以达到共同速度后两者以不同的加速度做匀减速运动, 对滑块和木板分别有 $\mu_1 mg = ma_3$, $\mu_2(m+M)g - \mu_1 mg = Ma_4$, 解得 $a_3 = 2 \text{ m/s}^2$, $a_4 = 5 \text{ m/s}^2$, 可知木板先停止运动, 从达到共速到各自停下的过程中, 滑块和木板的位移大小分别为 $x_3 = \frac{v_1^2}{2a_3} = 1 \text{ m}$, $x_4 = \frac{v_1^2}{2a_4} = 0.4 \text{ m}$, 两者相对位移为 $\Delta x_2 = x_3 - x_4 = 0.6 \text{ m} < \Delta x_1 = 4.5 \text{ m}$, 根据功能关系可得 $Q = \mu_1 mg(\Delta x_1 + \Delta x_2) = 10.2 \text{ J}$.

(3) 两者共速后, 设木板经过时间 t_2 停止运动, 则 $t_2 = \frac{v_1}{a_4} = 0.4 \text{ s}$,

木板停下时, 滑块的速度大小为 $v_2 = v_1 - a_3 t_2 = 1.2 \text{ m/s}$, 从开始至木板刚停止时, 摩擦力做功 W_f 等于系统动能变化, 又由题知

$W_f = U$, 则 $U + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}Mv^2$, 解得 $U = 80.28 \text{ J}$.

全章上分

1. D 【解析】运动员下落高度 h 的过程中,重力做功为 mgh ,运动员的重力势能减少了 mgh ,故 A、B 错误;运动员的动能增加了 $\frac{1}{2}mv^2$,故 C 错误;根据功能关系可知,运动员的机械能减少了 $\Delta E = mgh - \frac{1}{2}mv^2$,故 D 正确.

2. B 【解析】 $F-x$ 图像与横轴所围图形的面积表示 F 做的功,且 x 轴上方的面积表示正功, x 轴下方的面积表示负功,则位移从 0 到 7 m 的过程, F 对物体所做的功为 $W = 2 \times (7-4) \text{ J} = 6 \text{ J}$,根据动能定理则有 $W = \frac{1}{2}m(3v_0)^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,联立解得 $v_0 = \frac{\sqrt{6}}{2} \text{ m/s}$,

点拨:分段计算图像与横轴所围图形的面积 (0~2 m、2~4 m、4~7 m),代数求和得 W ,再应用动能定理求速度

故 B 正确.

3. A 【解析】设小球抛出时离地高度为 h ,根据动能定理可得 $mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,可得小球落地时的速度大小为 $v = \sqrt{2gh+v_0^2}$,设 b 球落地瞬间速度与水平方向的夹角为 β ,由于 b 球抛出时速度与水平方向成 45° 角,则有 $\beta > 45^\circ$,则有 $P_a = mgv$, $P_b = mgv_y = mgv \sin \beta$, $P_c = mgv'_y = mgv \sin 45^\circ$,可得 $P_a > P_b > P_c$,

点拨:分别分析三球落地时的竖直分速度,结合 $P = mgv_y$ 判断功率大小

故 A 正确.

注意说明 重力功率仅与“竖直分速度”有关,与水平分速度无关,需根据运动类型分析 v_y .

4. C 【解析】A、B 两球组成的系统只有重力做功,系统机械能守恒,则当轻杆水平时,A、B 两球组成的系统机械能不变,故 A 错误;当轻杆水平时,系统的重力势能减少量最大,根据系统的机械能守恒可知系统的总动能最大,所以当杆水平时,A、B 球的速度最大,故 B 错误;当 B 球运动至最低点 D 时,两球速度大小相等,由机械能守恒定律得 $mg \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}R + mgR \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{1}{2} \cdot 2mv^2$,解得 B 球速度大小为 $v = \sqrt{gR}$,故 C 正确;小球 A、B 的质量相等,小球 A、B 与轻杆组成的系统的质心位于轻杆的中点,质心以 $\frac{\sqrt{2}}{2}R$ 为半径做圆周运动,只要此系统的质心能通过质心做圆周运动轨迹的最高点,A、B 两球就可以做完整的圆周运动,设质心恰好做完整圆周运动需要的初速度大小为 v_0 ,质心恰能通过其圆周运动轨迹的最高点时速度为零,根据机械能守恒定律得

$$\frac{1}{2} \cdot 2mv_0^2 = 2mg \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}R, \text{解得 } v_0 = \sqrt{\sqrt{2}gR}, \text{故 D 错误.}$$

关键点拨 多个物体组成的系统在竖直面内做圆周运动,需要找到系统的质心,当质心满足做完整圆周运动的条件时,则系统能够做完整的圆周运动.

7. C

【解析】在 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内,物块的速度大于传送带速度,传送带对物块的摩擦力方向沿传送带向下,在 $1 \sim 2 \text{ s}$ 内传送带的速度大于物块的速度,传送带对物块的摩擦力方向沿传送带向上,故物块在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 过程中,所受摩擦力方向改变,故 A 错误;在 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内,物块的速度大于传送带速度,传送带对物块的摩擦力方向沿传送带向下,根据牛顿第二定律有 $mg\sin 37^\circ + \mu mg\cos 37^\circ = ma_1$,根据

题图乙可得 $a_1 = \frac{12-4}{1} \text{ m/s}^2 = 8 \text{ m/s}^2$, 解得 $\mu = 0.25$, 由题图乙可

知在 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内, 物块相对地面的位移大小为 $x_1 = \frac{(12+4) \times 1}{2} \text{ m} =$

8 m , 故摩擦力对物块做功为 $W_1 = -\mu mg \cos 37^\circ \cdot x_1 = -16 \text{ J}$, 故 B

错误; 由上述分析可知传送带运行的速率 $v_1 = 4 \text{ m/s}$, 由题图乙可

知在 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内, 物块相对传送带的位移大小为 $\Delta x_1 = x_1 - v_1 t_1 =$

$8 \text{ m} - 4 \times 1 \text{ m} = 4 \text{ m}$, 由题图乙可知在 $1 \sim 2 \text{ s}$ 内, 物块相对地面的位

移大小为 $x_2 = \frac{4 \times 1}{2} \text{ m} = 2 \text{ m}$, 故物块相对传送带的位移大小为

$\Delta x_2 = v_1 t_2 - x_2 = 4 \times 1 \text{ m} - 2 \text{ m} = 2 \text{ m}$, 所以在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 过程中, 物块与传

送带因摩擦产生的热量为 $Q = \mu mg \cos 37^\circ (\Delta x_1 + \Delta x_2) = 12 \text{ J}$, 故 C

正确; 在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 过程中物块重力做功为 $W = -mg(x_1 + x_2) \cdot$

$\sin 37^\circ = -60 \text{ J}$, 则在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 过程中, 物块克服重力做功的平均功

率为 $P = \frac{-W}{t} = 30 \text{ W}$, 故 D 错误。

8. AC 【解析】物体做竖直上抛运动, 由物体的动能 E_k 与时间

t 的关系图像可知, 上升到最高点所用时间为 $t = 1 \text{ s}$, 由运动学

公式可得, 物体离开地面时的速度大小 $v_0 = gt = 10 \text{ m/s}$, 故 A 正

确; 物体在离开地面时的速度最大, 动能最大, 由动能公式 $E_k =$

$\frac{1}{2}mv_0^2$ 可得, 物体的质量为 $m = \frac{2E_k}{v_0^2} = 0.5 \text{ kg}$, 故 B 错误; 由瞬时

功率计算公式可得, 物体离开地面时克服重力做功的功率为

$P = mgv_0 = 50 \text{ W}$, 故 C 正确; 取地面为零势能面, 由机械能守恒

定律可得 $mgh_m = E_k$, 则物体离开地面后上升的最大高度为 $h_m =$

$\frac{E_k}{mg} = \frac{25}{0.5 \times 10} \text{ m} = 5 \text{ m}$, 故 D 错误。

9. AC 【解析】根据题图 2 可知 $G = F_0$, 当合力为零时, 满足 $G =$

$k(1.2L - L)$, 解得 $k = \frac{F_0}{0.2L} = \frac{5F_0}{L}$, 故 A 正确; 蹦极绳拉力对游戏者

做负功, 游戏者机械能不守恒, 故 B 错误; 根据题图 2 可知, 当

$x = 1.2L$ 时, 游戏者的动能最大, 结合动能定理及 $F-x$ 图线与横

轴所围图形面积表示合力做的功, 可得 $\frac{1}{2}F_0(L + 1.2L) = E_{km}$, 解

得 $E_{km} = 1.1F_0L$, 故 C 正确; 游戏者由静止开始下落到达最低点

过程中, 游戏者和蹦极绳组成的系统机械能守恒, 得 $E_{p弹} = E_{pG} =$

$F_0 \cdot 1.5L = 1.5F_0L$, 故 D 错误。

10. ABD 【解析】小球在半圆形轨道上从 A 运动到 C 的过程中, 根

据动能定理有 $-mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $v^2 = v_0^2 - 2gh$, 由题图乙

可知, 当 $h = 0.25 \text{ m}$ 时, $v^2 = 4 \text{ m}^2/\text{s}^2$, 代入上式解得 $v_0 = 3 \text{ m/s}$, 又

当 $h = 0$ 时有 $v^2 = v_0^2 = 9 \text{ m}^2/\text{s}^2$, 解得 $x = 9 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$, 故 A 正确; 由题

图乙可知, 最大高度为 0.25 m , 则轨道半径 $R = \frac{0.25}{2} \text{ m} =$

0.125 m , 对应小球在 C 点的速度 $v_c = \sqrt{4} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$, 在 C 点, 由

牛顿第二定律可得 $F + mg = m \frac{v_c^2}{R}$, 解得 $m = 0.5 \text{ kg}$, 故 B 正确; 结

合上述分析可知, 小球在 A 点的速度 $v_0 = 3 \text{ m/s}$, 在 A 点, 根据牛

顿第二定律可得 $N_A - mg = m \frac{v_0^2}{R}$, 代入数据解得 $N_A = 41 \text{ N}$, 故 C 错

误;小球从 A 到 B 过程中,根据动能定理有 $-mgR = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,在 B 点,根据牛顿第二定律可得 $N_B = m\frac{v_B^2}{R}$,代入数据解得 $N_B = 26 \text{ N}$,由于小球还受重力作用,则小球在 B 点所受合力大小为 $\sqrt{N_B^2 + (mg)^2} = \sqrt{26^2 + 5^2} \text{ N} > 26 \text{ N}$,故 D 正确.

提醒: B 点为半圆中点,弹力水平(指向圆心),重力竖直,需用平行四边形定则求合力

方法总结 图像与圆周运动结合

- (1) 从图像中提取关键数据(v^2 、 h);
- (2) 用动能定理关联不同位置的速度;
- (3) 圆周运动各点受力分析,明确力的方向列出向心力公式.

11. (1) A (2) 2.10 (3) $\frac{2g}{d^2}$ (4) 空气阻力的影响 (5) 小于

【解析】(1) 为了减小实验误差,应选用密度较大的铁球,故 A 正确.

(2) 刻度尺的分度值是 1 mm,读数为 2.10 cm.

(3) 小球经过光电门时的速度大小为 $v = \frac{d}{t}$,根据机械能守恒定律有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$,解得 $\frac{1}{t^2} = \frac{2gh}{d^2}$,则 $\frac{1}{t^2} - h$ 图像的斜率近似为 $\frac{2g}{d^2}$,可验证小球下落过程中机械能守恒.

(4) 小球动能增加量总是略小于重力势能减少量,原因可能是空气阻力的影响.

(5) 小球通过光电门的平均速度等于该过程中间时刻的瞬时速度,因小球做加速运动,在中间时刻小球球心还没到达光电门位置,所以小球通过光电门的平均速度小于小球球心通过光电门的瞬时速度,即动能的测量值小于真实值.

点拨: 结合加速运动的速度变化规律,判断平均速度与真实瞬时速度的大小关系,进而确定动能偏差

12. (1) B (2) 光电门 0.5 cm (3) $gh_A + \frac{1}{2}v_A^2 = gh_B + \frac{1}{2}v_B^2$ (4) 3

摆锤运动过程中受到一定的空气阻力

【解析】(1) 释放摆锤,由 A 点运动到 D 点的过程中,连杆的拉力总是与速度方向垂直,即连杆的拉力不做功,只有重力做正功,即合外力做正功,故 B 正确.

(2) 实验中,使用光电门传感器测量摆锤经过各点的速度;为了减小误差,挡光片的宽度选择 0.5 cm 为宜.

(3) 设摆锤的质量为 m ,规定过 D 点的水平面为重力势能的零势能面,则摆锤在 A 点的机械能为 $E_A = mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2$,摆锤在 B 点的机械能为 $E_B = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$,若摆锤在 A 、 B 两点的机械能相等,则有 $mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$,即 $gh_A + \frac{1}{2}v_A^2 = gh_B + \frac{1}{2}v_B^2$.

(4) 根据表格数据可知摆锤经过第 3 个挡光片的数据不合理;剔除不合理数据后,其他数据还存在明显差异,这是因为摆锤运动过程中受到一定的空气阻力,摆锤的机械能逐渐减小.

13. (1) 50 m/s (2) 2 m/s^2 (3) $\frac{20}{3} \text{ s}$

【解析】(1) 设汽车以额定功率启动后达到最大速度 v_m 时牵引力为 F_0 , 汽车达到最大速度时有 $F_0 = f$, 又由 $P_0 = F_0 v_m$, 联立解得 $v_m = 50 \text{ m/s}$.

(2) 当车速为 $\frac{v_m}{2}$ 时, $P_0 = F_1 \frac{v_m}{2}$, 又由牛顿第二定律 $F_1 - f = ma_1$, 联立解得 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$.

(3) 若汽车以恒定加速度 $a_2 = 3 \text{ m/s}^2$ 启动, 设汽车的牵引力为 F_2 , 由牛顿第二定律 $F_2 - f = ma_2$, 设匀加速达到的最大速度为 v_1 , 则有 $P_0 = F_2 v_1$, 又 $v_1 = a_2 t$, 解得 $t = \frac{20}{3} \text{ s}$.

14. (1) $\frac{2mg}{k}$ (2) $\frac{20m^2 g^2}{13k}$

【解析】(1) 设开始时弹簧的压缩量为 x_B , 由题意有 $kx_B = mg$, 设当 A 刚刚离开地面时, 弹簧的伸长量为 x_A , 有 $kx_A = mg$, 当 A 刚要离开地面时, B 上升的距离即为 C 沿斜面下滑的距离, $h = x_A + x_B = \frac{2mg}{k}$.

(2) A 刚要离开地面时, 以 B 为研究对象, B 受到重力 mg 、弹簧的弹力 kx_A 和细线的拉力 F_T 三个力的作用, 设 B 的加速度大小为 a , 根据牛顿第二定律, 对 B 有 $F_T - mg - kx_A = ma$, 对 C 有 $m_C g \sin \theta - F_T = m_C a$, 当 B 获得最大速度时, 有 $a = 0$, 解得 $m_C = \frac{10}{3} m$, 从 C 刚释放到 A 刚要离开地面过程中, 根据动能定理, 对 C 有 $m_C g h \sin \theta - W_T = E_{kC} - 0$, 对 B 有 $W_T - mgh + W_{\text{弹}} = E_{kB} - 0$, 其中弹簧弹力先做正功后做负功, 且其压缩量与伸长量相等, 故总功为零, 即 $W_{\text{弹}} = 0$, B、C 的速度大小相等, 故其动能之比等于其质量之比, 即 $\frac{E_{kC}}{E_{kB}} = \frac{10}{3}$, 解得 $E_{kC} = \frac{20m^2 g^2}{13k}$.

15. (1) 2 m/s (2) 28 N (3) 0.2 (4) 18 J

【解析】(1) 设 A 点与 B 点间的竖直高度差为 y , 有 $y = H - R \cdot (1 - \cos \theta) = 0.6 \text{ m}$, 设小物块 P 在 B 点的竖直分速度为 v_y , 由 $v_y^2 = 2gy$, 解得 $v_y = 2\sqrt{3} \text{ m/s}$, 物块经过 B 点时有 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$, 代入解得 $v_0 = 2 \text{ m/s}$.

(2) 物块运动到 B 点时速度大小为 $v_B = \sqrt{v_y^2 + v_0^2} = 4 \text{ m/s}$, 从 B 点运动到圆弧轨道最低点 C 的过程中, 根据动能定理有 $mg(R - R \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$, 解得 $v_C = 6 \text{ m/s}$, 在圆弧轨道最低点时有 $F - mg = m \frac{v_C^2}{R}$, 解得 $F = 28 \text{ N}$, 根据牛顿第三定律可知, 在圆弧轨道最低点时小物块 P 对轨道的压力大小为 28 N .

(3) 设小物块 P 从 C 点离开圆弧轨道在传送带上减速到与传送带共速时的位移大小为 x_1 , 有 $-\mu_1 mg x_1 = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$, 解得 $x_1 = 2 \text{ m} < 3 \text{ m}$, 故小物块 P 先减速到与传送带共速, 再匀速运动到 D 点, 到 D 点时的速度大小为 $v = 4 \text{ m/s}$, 从 D 点到弹簧弹性势能最大处, 由能量守恒定律有 $\frac{1}{2}mv^2 = \mu_2 mg x_{DE} + E_p$, 解得 $\mu_2 = 0.2$.

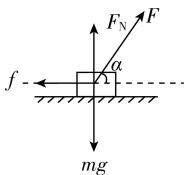
(4) 设小物块 P 从 D 点向右运动到弹簧压缩量最大然后再次回到 D 点时的速度为 v_1 , 由动能定理有 $-2\mu_2 mgx_{DE} = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v_1 = 2 \text{ m/s}$, 此过程中摩擦生热为 $Q_1 = 2\mu_2 mgx_{DE} = 6 \text{ J}$; 设小物块第一次向右滑到传送带上由 C 运动到与传送带共速所用时间为 t_1 , 有 $v = v_C - \mu_1 gt_1$, 解得 $t_1 = 0.4 \text{ s}$, 传送带位移大小为 $x_2 = vt_1 = 1.6 \text{ m}$, 此过程摩擦生热为 $Q_2 = \mu_1 mg(x_1 - x_2) = 2 \text{ J}$; 设小物块 P 返回到传送带上由 D 向 C 运动过程中速度减到零所用的时间为 t_2 , 有 $t_2 = \frac{v_1}{\mu_1 g} = 0.4 \text{ s}$, 小物块位移大小为 x_3 , 传送带位移大小为 x_4 , 有 $x_3 = \frac{v_1}{2}t_2 = 0.4 \text{ m}$, $x_4 = vt_2 = 1.6 \text{ m}$, $Q_3 = \mu_1 mg(x_3 + x_4) = 10 \text{ J}$, 所以这一过程中小物块 P 与传送带及平台间因摩擦而产生的热量为 $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 18 \text{ J}$.

真题上分

1. 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 $P = \rho Vgh\eta = 10 \times 10^3 \times 10 \times 150 \times 70\% \text{ W} = 1.05 \times 10^7 \text{ W}$, **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 $P_{\text{车}} = Fv = kv^2$, 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. D 【解析】对物体受力分析如图所示,



水平方向有 $F \cos \alpha - f = ma$, 竖直方向有 $F_N = mg - F \sin \alpha$, $f = \mu F_N$, 解得 $f = \mu mg - \mu F \sin \alpha$, 摩擦力做功大小为 $W_f = \mu mgx - \mu F \sin \alpha \cdot x$, 故摩擦力做功大小与 F 方向有关, **A 错误**; 合力做的功 $W_{\text{合}} = max$, 是一个定值, 与 F 的方向无关, **B 错误**; F 为水平方向时有 $F - \mu mg = ma$, 得 $F = \mu mg + ma$, 此时 F 做的功为 $W_F = \mu mgx + max$, **C 错误**; F 做的功可表示为 $W_F = F \cos \alpha \cdot x = fx + max$, 式中 $f \geq 0$, m 、 a 、 x 均为定值, 当 $f = 0$ 时有 $W_{F_{\min}} = max$, **D 正确**.

一题多解

因合力做的功为 max , 拉力 F 做正功, 摩擦力做负功, 只有摩擦力做的负功最小时, 拉力做的功才有最小值, 而摩擦力做功的最小值为零, 故拉力做功的最小值为 max .

4. AC 【解析】根据牛顿第二定律得 $\frac{GMm}{R^2} = mg$, 可得 $\frac{g_1}{g_0} =$

$\frac{M_1}{M_0} \left(\frac{R_0}{R_1} \right)^2$, 解得 $g_1 = 4 \text{ m/s}^2$, **A 正确**; 地球的第一宇宙速度 $v_0 =$

7.9 km/s , 根据万有引力提供向心力得 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$, 可得 $\frac{v_1^2}{v_0^2} =$

$\frac{M_1}{M_0} \cdot \frac{R_0}{R_1}$, 解得 $v_1 = \sqrt{\frac{1}{5}} v_0$, **B 错误**; “背罩分离”前, 绳中弹力

$F_{\text{弹}} = (m_{\text{探}} + m_{\text{背}}) g_1$, “背罩分离”后瞬间, 绳中弹力不变, $a =$

$\frac{F_{\text{弹}} - m_{\text{背}} g_1}{m_{\text{背}}} = 80 \text{ m/s}^2$, **C 正确**; 探测器所受重力对其做功的功率

$P = m_{\text{探}} g_1 v = 240 \text{ kW}$, D 错误.

5. (1) 450 N (2) $9.0 \times 10^3 \text{ J}$ (3) 600 W

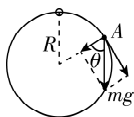
【解析】(1) 由于木板做匀速直线运动, 由平衡条件得 $2F \cos \theta = f$, 解得 $f = 450 \text{ N}$.

(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 $P = 600 \text{ W}$.

6. 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.

7. C 【解析】设大圆环半径为 R , 小环所在位置与圆心的连线和竖直方向夹角为 θ , 大圆环对小环的作用力刚好为零时, 受力分析如图所示, 由牛顿第二定律得



律得 $mg \cos \theta = m \frac{v^2}{R}$, 根据动能定理得 $mgR(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv^2$, 联

立解得 $\cos \theta = \frac{2}{3}$, 故小环运动到 Q 点时对大圆环的作用力不是最小, B 错误; 设大圆环对小环的作用力为 F , 大圆环对小环的作用力刚好为零时小环处于 A 点, 到达 A 点前, 由牛顿第二定律

得 $mg \cos \theta_1 - F_1 = m \frac{v_1^2}{R}$, 根据动能定理得 $mgR(1 - \cos \theta_1) = \frac{1}{2}mv_1^2$, 联立解得 $F_1 = (3 \cos \theta_1 - 2)mg$, θ_1 增大, F_1 减小, 从 A 点到 Q 点, 由

牛顿第二定律有 $mg \cos \theta_2 + F_2 = m \frac{v_2^2}{R}$, 根据动能定理有 $mgR(1 - \cos \theta_2) = \frac{1}{2}mv_2^2$, 联立解得 $F_2 = (2 - 3 \cos \theta_2)mg$, θ_2 增大, F_2 增大,

从 Q 到最低点的过程中, 由牛顿第二定律有 $F_3 - mg \cos \theta_3 = m \frac{v_3^2}{R}$,

根据动能定理有 $mgR(1 + \cos \theta_3) = \frac{1}{2}mv_3^2$, 联立解得 $F_3 = (2 + 3 \cos \theta_3)mg$, θ_3 减小, F_3 增大, 根据牛顿第三定律可知, Q 点不是小环对大圆环作用力最大的点, 小环自顶端下滑至底部过程中对大圆环的作用力先减小后增大, C 正确, A、D 错误.

8. C



思路分析

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】

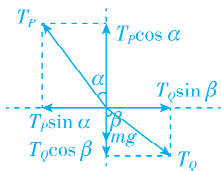
选项	分析	正误
A	物块加速至 v_0 过程: $\mu mg \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ = ma$, 得 $a = \frac{1}{4}g$, $v_0 = at$, 得 $t = \frac{4v_0}{g}$, $x_{\text{物}} = \frac{1}{2}at^2 = \frac{2v_0^2}{g}$	×
B	物块加速至 v_0 过程, 物块机械能增量 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx_{\text{物}} \sin 30^\circ = \frac{3}{2}mv_0^2$	×

续表

选项	分析	正误
C	<p>小车加速至 v_0 过程, 根据动能定理有 $Pt - (mgsin 30^\circ + \mu mg \cos 30^\circ) x_{\text{车}} = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$, 得</p> $x_{\text{车}} = \frac{16Pv_0}{5mg^2} - \frac{2v_0^2}{5g}$	✓
D	<p>小车加速至 v_0 过程, 小车机械能增量 $\Delta E' = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx_{\text{车}} \sin 30^\circ = \frac{8Pv_0}{5g} + \frac{3}{10}mv_0^2$</p>	×

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

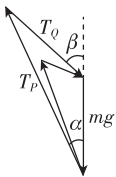
【解析】(1) 重物缓慢下降, 处于平衡状态, 对重物进行受力分析, 如图所示, 水平方向有 $T_P \sin \alpha = T_Q \sin \beta$, 竖直方向有 $T_P \cos \alpha = T_Q \cos \beta + mg$, 联立解得 $T_P = 1\,200\text{ N}$, $T_Q = 900\text{ N}$.



(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 $-4\,200\text{ J}$.

名师延展

本题还可以考查动态平衡, 分析重物下降过程中两根绳子拉力的变化情况. 对重物受力分析, 作出矢量三角形, 根据题意可知 α 变小, β 变大, 如图所示, 可知两根绳子的拉力均减小.

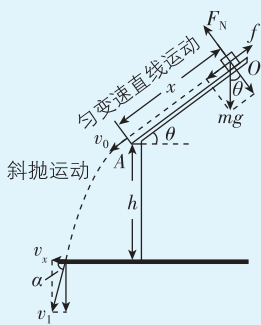


10. (1) 5 m/s (2) 8 m/s 60°



题图剖析

雪块运动过程如图所示, 第一个过程雪块在屋顶上做匀变速直线运动, 已知受力求运动, 第二个过程雪块做斜抛运动, 求解末速度大小和方向.



【解析】(1) 雪块在屋顶下滑过程中, 根据动能定理有 $mg \cdot x \sin \theta - \mu mg \cos \theta \cdot x = \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $v_0 = 5\text{ m/s}$.

(2) 雪块从 A 点到地面过程中, 由动能定理有 $mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $v_1 = 8\text{ m/s}$, 雪块在 A 点速度的水平分量 $v_x = v_0 \cos \theta = 4\text{ m/s}$, 落地瞬间雪块速度与水平方向夹角 α 满足 $\cos \alpha = \frac{v_x}{v_1} = \frac{1}{2}$, 解得 $\alpha = 60^\circ$.

一题多解 (1) 雪块在屋顶上运动时由牛顿第二定律有

$mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma$, 解得 $a = 5 \text{ m/s}^2$, 雪块从 O 点到 A 点过程中有 $v_0^2 = 2ax$, 解得雪块在 A 点的速度大小为 $v_0 = 5 \text{ m/s}$.

(2) 雪块在 A 点速度的水平分量 $v_x = v_0 \cos\theta = 4 \text{ m/s}$, 竖直分量 $v_y = v_0 \sin\theta = 3 \text{ m/s}$, 设雪块落地速度为 v_1 , 水平方向做匀速直线运动, 有 $v_{1x} = v_x = 4 \text{ m/s}$, 竖直方向做竖直下抛运动, 有 $v_{1y}^2 - v_y^2 = 2gh$, 解得 $v_{1y} = 4\sqrt{3} \text{ m/s}$, 则落地速度 $v_1 = \sqrt{v_{1x}^2 + v_{1y}^2} = 8 \text{ m/s}$, 落地瞬间雪块速度与水平方向夹角 α 满足 $\tan\alpha = \frac{v_{1y}}{v_{1x}} = \sqrt{3}$, 解得 $\alpha = 60^\circ$.

11. B 【解析】在理论上, 当运动员在最高点速度为零时, 重心提升高度最大, 以地面为零势能面, 根据机械能守恒定律有 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$, 可得其理论的最大高度 $h = 5 \text{ m}$, 故 **B 正确**.

12. BD 【解析】根据逆向思维, 沙包从抛出到最高点的运动可视为反方向的平抛运动, 则第一次抛出上升的高度为 $h_1 =$

$3.2 \text{ m} - 1.4 \text{ m} = 1.8 \text{ m}$, 上升时间为 $t_{\uparrow 1} = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = 0.6 \text{ s}$, 最高点离

水平地面高度为 $h_0 = 3.2 \text{ m}$, 则下降的时间为 $t_{\downarrow 1} = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} =$

0.8 s , 故第一次抛出上升时间与下降时间的比值为 $3:4$, **A 错误**;

两次运动轨迹最高点等高、沙包抛出的位置相同, 则两次从抛出到落地的时间相等, 为 $t = t_{\uparrow 1} + t_{\downarrow 1} = 1.4 \text{ s}$, 故第一次、第二次

抛出时水平方向的分速度分别为 $v_{1x} = \frac{OQ_1}{t} = 6 \text{ m/s}$ 、 $v_{2x} = \frac{OQ_2}{t} =$

7 m/s , 由于两条轨迹最高点等高, 故抛出时竖直方向的分速度也相等, $v_y = gt_{\uparrow 1} = 6 \text{ m/s}$, 由于沙包在空中运动过程中只受重力,

则机械能守恒, 故第一次过 P 点比第二次过 P 点机械能少 $\Delta E =$

$\frac{1}{2}m \cdot (v_{2x}^2 + v_y^2) - \frac{1}{2}m \cdot (v_{1x}^2 + v_y^2) = 1.3 \text{ J}$, 从抛出到落地瞬间, 根据

机械能守恒定律得 $E_{k1} = E_{k01} + mg \cdot OH = \frac{1}{2}m(v_{1x}^2 + v_y^2) + mg \cdot OH =$

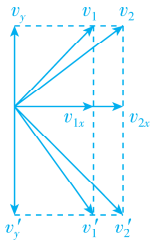
10 J , $E_{k2} = E_{k02} + mg \cdot OH = \frac{1}{2}m(v_{2x}^2 + v_y^2) + mg \cdot OH = 11.3 \text{ J}$, 故落

地前瞬间, 第一次与第二次沙包的动能之比为 $100:113$, **B 正确**, **C 错误**;

如图所示, 两次抛出时竖直方向的分速度相同, 两次落地时沙包在竖直方向的分速度也相同, 第一次的水平分速度

较小, 由 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x}$ 知, 第一次抛出时速度与水平方向的夹角较大, 第一次落地时速度与水平方向的夹角也较大, 故第一次抛出

时速度方向与落地前瞬间速度方向的夹角比第二次的大, **D 正确**.



13. B 【解析】由平抛运动规律得 $l = v_0 t$, $h = \frac{1}{2} g t^2$, 联立解得 $v_0 =$

$\frac{l}{2h} \sqrt{2gh}$, 以单位时间流出的水为研究对象, 则 $m = \rho S v_0$, 根据能

量守恒定律得 $\eta P = mg(H+h) + \frac{1}{2} m v_0^2$, 联立解得水泵的输出功率

为 $P = \frac{\rho g S l \sqrt{2gh}}{2\eta h} \left(H+h+\frac{l^2}{4h} \right)$, **B 正确**.

14. A 【解析】滑块在 MN 左右两侧运动的加速度大小为 $a_2 = \mu_2 g$,

在 MN 段的加速度大小为 $a_1 = \mu_1 g$, $a_1 > a_2$, 设 MN 的长度为 x_0 , 第

一次滑块在 MN 段的运动时间为 t_{01} , 第一次滑块在 MN 左侧运动

位移为 x_{11} 时间为 t_{11} , 在 MN 右侧运动位移为 x_{12} , 逆向分析, 滑块

从右向左做初速度为零的分段匀加速直线运动, 有 $v_N^2 = 2a_2 x_{12}$,

$v_M^2 - v_N^2 = 2a_1 x_0$, $v_0^2 - v_M^2 = 2a_2 x_{11}$, 三式相加得 $v_0^2 = 2a_2 (x_{11} + x_{12}) +$

$2a_1 x_0$, 第一次总位移大小为 $x_1 = x_{11} + x_0 + x_{12} = \frac{v_0^2 - 2(a_1 - a_2)x_0}{2a_2}$, 因

两次运动在 MN 间位移不变, 则由表达式可知滑块运动的总位移与

在 MN 左侧运动位移大小无关, $x_1 = x_2$, **C、D 错误**; 同理, 可得 $v_N =$

$a_2 t_{12}$, $v_M - v_N = a_1 t_{01}$, $v_0 - v_M = a_2 t_{11}$, 三式相加得 $v_0 = a_2 (t_{11} + t_{12}) + a_1 t_{01}$, 滑

块运动总时间为 $t_1 = t_{11} + t_{01} + t_{12} = \frac{v_0 - a_1 t_{01}}{a_2} + t_{01} = \frac{v_0 - (a_1 - a_2)t_{01}}{a_2}$, 同理, 可

得滑块第二次滑动的总时间为 $t_2 = \frac{v_0 - (a_1 - a_2)t_{02}}{a_2}$, 滑块在第二次经过

MN 区域时初速度较大, 加速度不变, 位移不变, 时间更短, 即 $t_{01} > t_{02}$,

因 $a_1 > a_2$, 则 $t_1 < t_2$, **A 正确, B 错误**

快解

设滑块在 MN 段运动的位移大

小为 x_{MN} , 在其余部分运动的总位移大

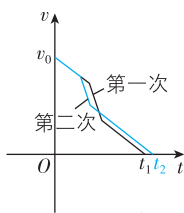
小为 $x_{其余}$, 根据能量守恒定律有

$\frac{1}{2} m v_0^2 = \mu_1 m g x_{MN} + \mu_2 m g x_{其余}$, x_{MN} 恒定,

则 $x_{其余}$ 恒定, 故两次运动过程的总位移 $x_1 = x_2$, **C、D 错误**;

根据两次的运动情况画出 $v-t$ 图像, 由此可知, $t_1 < t_2$, **A 正**

确, B 错误.



15. (1) $4\sqrt{5}$ m/s **17 N** **(2)** 4 m **(3)** $2\sqrt{15}$ m/s



思路分析

(1) 小球从最低点开始运动的过程中, “在竖直平面内做圆周运动”, 绳子拉力不做功, 由动能定理求速度, 根据牛顿第二定律求拉力大小.

(2) 小球牵引绳子运动到 M 点正下方时, 小球上升高度为 $2L$.

(3) 使小球通过 N 点正上方且绳子不松弛的最小速度, 即为圆周运动的临界速度, 此时绳子拉力为零, 重力提供向心力.

小球在 N 点正上方时, 上升高度为 $5L$, 由动能定理求初速度的最小值.

【解析】(1) 小球从最低点开始做圆周运动到绕过 N 、 M 两点到达 M 点正下方过程, 绳子拉力不做功, 设小球到达 M 点正下方时速度大小为 v , 小球所受拉力大小为 T , 由于绳子刚好被拉断, 结合牛顿第三定律可知, 绳子所受最大拉力大小也为 T , 由动能定理

得 $-mg \cdot 2L = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$, 解得 $v = 4\sqrt{5}$ m/s, 对小球有 $T -$

$$mg = m \frac{v^2}{L}, \text{解得 } T = 17 \text{ N}.$$

(2) 设小球平抛运动水平位移大小为 x , 下落高度 $h = 2L$, 由平抛运动规律有 $x = vt$, $h = \frac{1}{2}gt^2$, 解得 $x = 4 \text{ m}$.

(3) 设小球恰好到达 N 点正上方时的速度大小为 v_1 , 对应小球初速度 v_0 最小, 此时有 $mg = m \frac{v_1^2}{2L}$, 小球从最低点到 N 点正上方过程, 由动能定理得 $-mg \cdot 5L = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0'^2$, 解得 $v_0' = 2\sqrt{15} \text{ m/s}$.

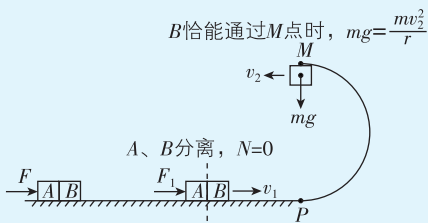
16. (1) 1.5 J (2) 0.5 N (3) $r \leq 0.2 \text{ m}$



思路分析 (1) 应用恒力做功公式求解;

(2) 连接体问题, 用整体法和隔离法分析;

(3) 运动过程分析如图所示.



【解析】(1) $0 \sim 1 \text{ m}$ 内, $F = 1.5 \text{ N}$, F 做功为 $W = Fx_1$, 代入数据得 $W = 1.5 \text{ J}$.

(2) $x = 1 \text{ m}$ 时, $F = 1.5 \text{ N}$, 对 A 、 B 整体受力分析, 由牛顿第二定律得 $F - \mu mg = 2ma$, 设 A 、 B 之间的弹力为 N , 对 B , 由牛顿第二定律得 $N = ma$, 联立解得 $N = 0.5 \text{ N}$.

(3) 设 A 、 B 分开时推力为 F_1 , 此时 A 所受合外力为 0 , 有 $F_1 - \mu mg = 0$, 解得 $F_1 = 0.5 \text{ N}$, 由题图乙可得此时位移大小 $x_2 = 3 \text{ m}$, 设

A 、 B 分开时速度大小为 v_1 , 由动能定理得 $W_F - \mu mgx_2 = \frac{1}{2} \times 2mv_1^2$,

$F-x$ 图线与横轴所围面积表示 F 做的功, 由题图乙可得 $W_F =$

$1.5 \times 1 \text{ J} + \frac{1}{2} \times (1.5 + 0.5) \times 2 \text{ J} = 3.5 \text{ J}$, 解得 $v_1 = \sqrt{10} \text{ m/s}$, 设圆弧

半径为 r , 若 B 能到达 M 点, 设 B 到达 M 点时速度大小为 v_2 , 则

满足 $mg \leq m \frac{v_2^2}{r}$, 对 B 由动能定理得 $-2mgr = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 联立

解得 $r \leq 0.2 \text{ m}$.

17. (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 $T = \frac{1}{f} = 0.02 \text{ s}$, 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 $v_B = \frac{AC}{2T} = \frac{(20.34 - 13.20) \times 10^{-2}}{2 \times 0.02} \text{ m/s} \approx 1.79 \text{ m/s}$.

(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 $k = \frac{5.5 - 1.4}{0.29 - 0.075} \text{ m/s}^2 = 19.1 \text{ m/s}^2$.

(4) 重锤重力势能减小量 $E_p = mgh$, 动能增加量 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 =$

$$\frac{1}{2}mgh, \eta = \left| \frac{E_p - E_k}{E_p} \right| \times 100\% = \left| \frac{mgh - \frac{1}{2}mgh}{mgh} \right| \times 100\% = \left| \frac{2g - k}{2g} \right| \times$$

$$100\%, \text{代入数据解得 } \eta = \left| \frac{19.60 - 19.1}{19.60} \right| \times 100\% = 2.6\%.$$