

第五章

专题提升课9 动力学和能量观点的综合应用

专题概要:能量观点是解答动力学问题的三大观点之一,能量观点与动力学观点的综合应用是考生深化物理知识、提升综合分析能力的重要体现。通过该部分知识的复习,能培养审题能力、推理能力和规范表达能力等,提升学生解答题目的综合素养。

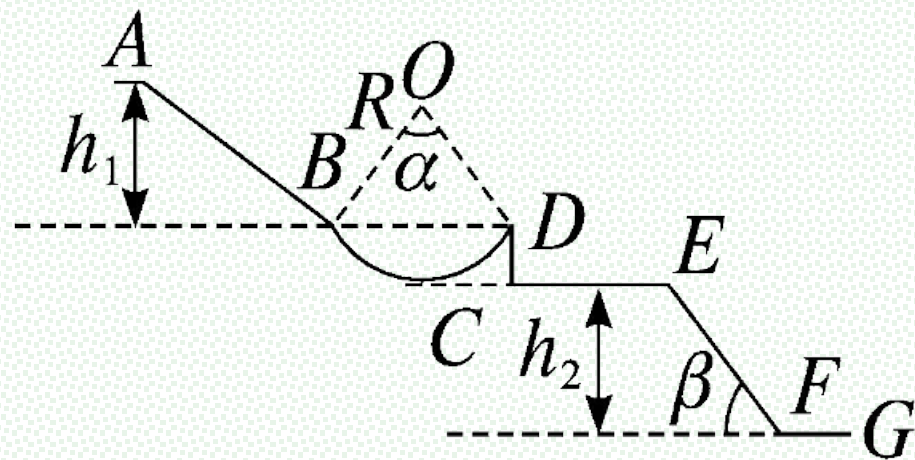
动力学和能量综合的多过程问题的解题技巧

- (1)“合”——初步了解全过程,构建大致的运动图景。
- (2)“分”——将全过程进行分解,分析每个过程的规律。
- (3)“合”——找到子过程的联系,全过程或分过程解题。

典例1.(2023重庆模拟)如图为滑雪大跳台完整结构示意图, AB 是助滑坡段,高度 $h_1=60\text{ m}$;圆弧 BCD 为起飞段,圆心角 $\alpha=74^\circ$,半径 $R=63\text{ m}$, AB 与圆弧 BCD 相切; EF 为着陆坡段,高度 $h_2=20\text{ m}$,倾角 $\beta=53^\circ$; FG 为停止区。某次运动员从 A 点由静止开始自由起滑,经过圆弧 BCD 从与 B 点等高的 D 点飞出,最终恰好沿 EF 面从 E 点落入着陆坡段, CE 与圆弧相切于 C 。已知除圆弧轨道外,其余轨道各部分与滑雪板间的动摩擦因数均为 $\mu=0.35$,经过圆弧段对 C 点压力为重力的1.5倍,运动员连同滑雪板的质量 $m=60\text{ kg}$,各段连接处无能量损失,忽略空气阻力的影响。 g 取 10 m/s^2 ,

$\sin 37^\circ =0.6, \cos 37^\circ =0.8$ 。求:

- (1)运动员在 C 点的速度大小;
- (2)运动员经过圆弧 BCD 段时摩擦力做的功;
- (3)运动员在 FG 停止区运动的时间为多少?



考点一

考点二

考点三

考点四

思维点拨 (1)分析运动员在C点受力情况,由牛顿第二定律可求C点速度大小;

(2)分过程求出运动员经过圆弧B点和D点的速度,然后在 B到D过程由动能定理求摩擦力做的功;

(3)运动员在FG停止区做匀减速直线运动,求出初速度和加速度后由运动学公式求运动时间。

答案 (1) $3\sqrt{35}$ m/s (2)9 480 J (3) $\frac{2\sqrt{619}}{7}$ s

解析 (1)运动员在 C 点,由牛顿第二定律可得

$$F-mg=m\frac{v_C^2}{R}$$

$$\text{则 } 1.5mg-mg=m\frac{v_C^2}{R}$$

解得运动员在 C 点的速度大小

$$v_C = \sqrt{0.5gR} = 3\sqrt{35} \text{ m/s}。$$

(2)从 A 点到 B 点由动能定理得

$$mgh_1 - \mu mg \cos 37^\circ \times \frac{h_1}{\sin 37^\circ} = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$$

解得 $v_B = 8\sqrt{10}$ m/s

D 点与 E 点的高度差

$$h = R(1 - \cos 37^\circ) = 12.6 \text{ m}$$

从 D 点到 E 点由动能定理得

$$\frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_D^2 = mgh$$

$$\text{又 } v_D \cos 37^\circ = v_E \cos 53^\circ$$

$$\text{解得: } v_D = 18 \text{ m/s}$$

运动员经过圆弧 BCD 段时由动能定理得

$$-W_f = \frac{1}{2} m v_D^2 - \frac{1}{2} m v_B^2$$

解得运动员经过圆弧 BCD 段时摩擦力做的功

$$W_f = 9\,480 \text{ J.}$$

(3)从 E 点到 F 点由动能定理得

$$mgh_2 - \mu mg \cos 53^\circ \times \frac{h_2}{\sin 53^\circ} = \frac{1}{2}mv_F^2 - \frac{1}{2}mv_E^2$$

解得： $v_F = \sqrt{619} \text{ m/s}$

在 FG 段由牛顿第二定律得

$$a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 3.5 \text{ m/s}^2$$

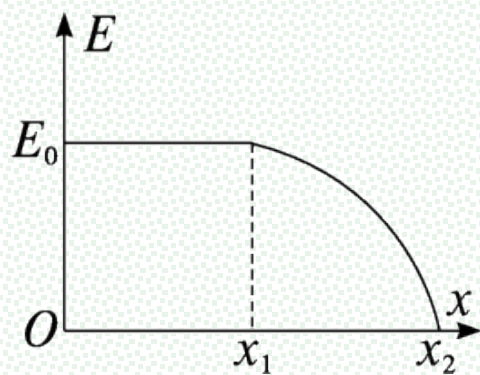
则运动员在 FG 停止区运动的时间

$$t = \frac{v_F}{a} = \frac{2\sqrt{619}}{7} \text{ s}。$$

对点演练

1.(2022湖南宁乡教育研究中心模拟)蹦极是一项非常刺激的户外休闲活动,跳跃者站在约40 m以上高度的平台,把一端固定的一根长长的弹性绳绑在踝关节处然后两臂伸开,双腿并拢,头朝下无初速度跳下。绑在跳跃者踝关节的弹性绳很长,足以使跳跃者在空中享受几秒钟的“自由落体”。运动员从跳下至下落到最低点的过程中其机械能与位移的图像如图所示,图中 $0\sim x_1$ 为直线, $x_1\sim x_2$ 为曲线,若忽略空气阻力作用,下列判断错误的是()

- A. $0\sim x_1$ 过程中,只有重力做功,因此机械能守恒
- B. $0\sim x_1$ 过程中,重力做正功为 mgx_1 ,重力势能减少了 mgx_1
- C. $x_1\sim x_2$ 过程中,运动员一直做加速度越来越大的减速运动
- D. $x_1\sim x_2$ 过程中,运动员的动能先增加再减小,机械能一直减小



答案 C

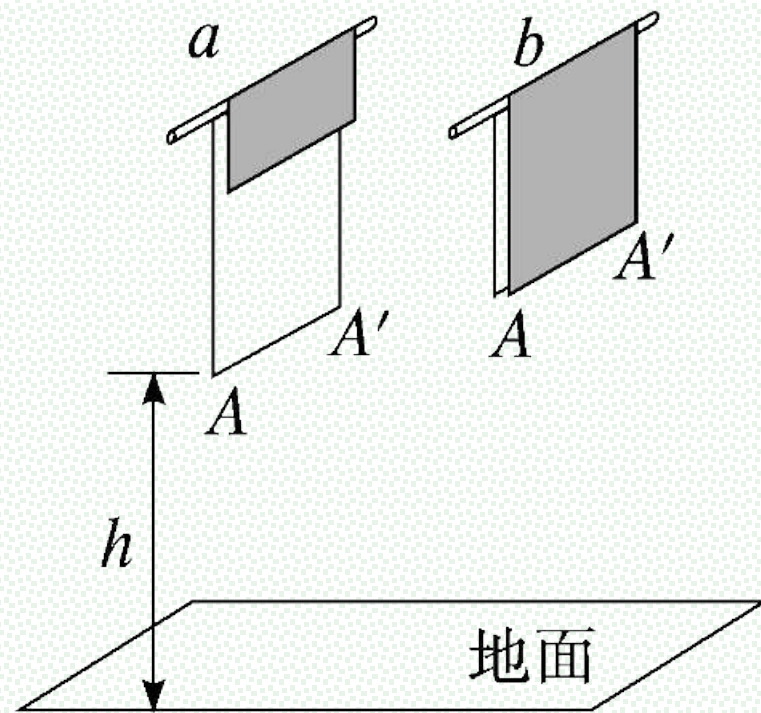
解析 由图可知, $0 \sim x_1$ 过程中, 跳跃者在“自由落体”运动过程中, 只受重力作用, 机械能守恒, 此过程重力做正功为 $W_G = mgx_1$, 则重力势能减少了 $\Delta E_p = mgx_1$, A、B 正确; 在 $x_1 \sim x_2$ 过程中, 由图可知, 弹性绳逐渐被拉长, 弹力逐渐变大, 开始时 $F_T < mg$, 则根据牛顿第二定律有 $mg - F_T = ma$, 可知跳跃者做加速度减小的加速运动, 当 $F_T = mg$ 时, 加速度为零, 速度最大, 跳跃者继续向下运动, 弹力继续增大, 则根据牛顿第二定律有 $F_T - mg = ma$, 可知跳跃者做加速度增大的减速运动, 直至最低点, 速度为零, C 错误; 在 $x_1 \sim x_2$ 过程中, 由 C 分析可知, 速度先增大后减小, 则动能先增大后减小, 根据能量守恒定律可知, 由于弹性绳的弹性势能增加, 则跳跃者的机械能减小, D 正确。

2. (2023浙江绍兴模拟) 质量均匀分布, 长为 l 的矩形毛巾挂在水平细杆上, 处于静止状态, 其底边 AA' 平行于杆, 杆两侧的毛巾长度比为 $1:3$, AA' 与地面的距离为 h ($h > l$), 如图中 a 所示。毛巾质量为 m , 不计空气阻力, 重力加速度取 g 。

(1) 若将杆两侧的毛巾长度比改变为 $1:1$, 如图中 b 所示, 毛巾的重力势能是增加还是减少?

(2) 求出毛巾从 a 到 b , 重力所做的功;

(3) 若毛巾从 a 状态由静止开始下滑, 且下滑过程中 AA' 始终保持水平, 毛巾从离开杆到刚接触地面所需时间为 t , 求毛巾离开杆时的速度 v_0 大小



答案 (1) 增加 (2) $-\frac{3}{16}mgl$ (3) $\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{3}{16}mgl$

解析 (1)毛巾从图中 a 到 b ,相当于较长的一侧最下面 $\frac{1}{4}$ 部分毛巾重心位置上升 $\frac{1}{4}l$,故毛巾的重力势能增加。

(2)由图中 a 位置变到 b 位置,重力做功的绝对值等于下面的 $\frac{1}{4}$ 块毛巾上升 $\frac{1}{4}l$ 增加的重力势能,所以

$$W_{G1} = -\frac{1}{4}mg \cdot \frac{1}{4}l = -\frac{1}{16}mgl。$$

(3)毛巾从离开杆到刚接触地面做加速度为 g 的匀加速运动, 设毛巾离开杆时的速度大小为 v_0 , 有

$$h - \frac{1}{4}l = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{所以 } v_0 = \frac{h - \frac{1}{4}l - \frac{1}{2}gt^2}{t} = \frac{h - 0.25l}{t} - \frac{1}{2}gt$$

从图中 a 状态由静止开始下滑至毛巾离开杆时, 上部 $\frac{1}{4}$ 毛巾下落 $\frac{3}{4}l$, 重力做功

$$W_{G2} = \frac{1}{4}mg \cdot \frac{3}{4}l = \frac{3}{16}mgl$$

根据动能定理, 有 $W_{G2} + W_f = \frac{1}{2}mv_0^2$ 即 $W_f = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{3}{16}mgl$ 。

解答动力学和能量综合的传送带模型的两点分析

1. 设问的角度

(1) 动力学角度: 首先要正确分析物体的运动过程, 做好受力分析, 然后利用运动学公式结合牛顿第二定律求物体及传送带在相应时间内的位移, 找出物体和传送带之间的位移关系。

(2) 能量角度: 求传送带对物体所做的功、物体和传送带由于相对滑动而产生的热量、因放上物体而使电动机多消耗的电能等, 常依据功能关系或能量守恒定律求解。

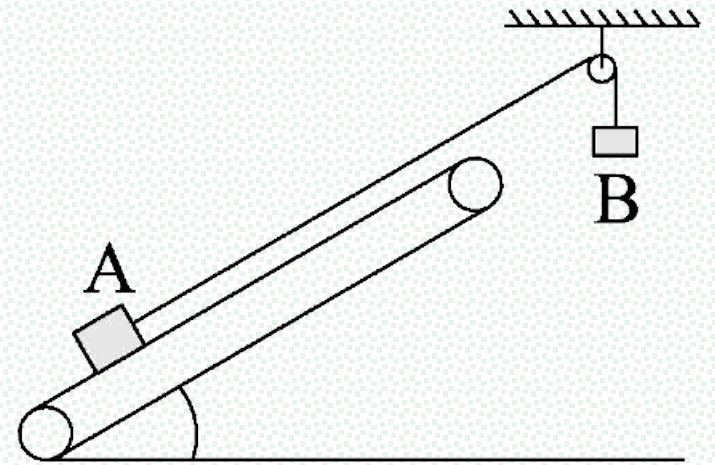
2. 功能关系分析

(1) 功能关系分析: $W = \Delta E_k + \Delta E_p + Q$ 。

(2) 对 W 和 Q 的理解: ① 传送带做的功: $W = Fx_{\text{传}}$; ② 产生的内能: $Q = F_f x_{\text{相对}}$ 。

典例2.(2023湖北省重点中学联考)如图所示,应用传送带向高处传送大宗货物时,有时要利用质量为300 kg的物体B通过轻质绳及光滑定滑轮协助传送带将质量为200 kg、初速度为0的物体A传送到高 H 处,已知传送带倾角为 30° ,与货物间接触面动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{6}$,传送带以5 m/s的速度恒速顺时针转动,物体B最初离地面6.5 m,最终A刚好到达顶端。问:

- (1)高度 H 多少米?
- (2)整个过程由于摩擦而产生的热量是多少?
- (3)由于运输物体A,电动机要多消耗多少电能?



审题指导

关键词句	获取信息
物体B通过轻质绳及光滑定滑轮协助传送带.....	构建传送带与连接体的组合模型
将质量为200 kg的物体A传送到高 H 处,已知传送带倾角为 30°	物体A对地位移和高度 H 是2倍关系
物体B最初离地面6.5 m	物体B下落6.5 m后绳子失去弹力
整个过程由于摩擦而产生的热量是多少?	先分过程求解,最后求代数和
电动机要多消耗多少电能?	不包括物体B减小的重力势能

思维点拨 (1)识别新情境:传送带模型与连接体模型结合,传送物体有外力辅助,且这个力大小是变化的;

(2)弄清多过程:摩擦力分析和绳子弹力大小均会突变,且B物体落地后绳子弹力消失,导致过程复杂,需要边计算边分析,并且要注意区分物体A的对地位移和相对传送带的位移;

(3)满足高要求:本题综合性强,对考生构建模型能力、分析综合能力要求高,很好地考查了考生的学科素养。

答案 (1)6.55 m (2) $\frac{12\ 650}{3}$ J (3) $\frac{15\ 500}{3}$ J

解析 (1)刚开始由于物体A的速度小于传送带速度,传送带给物体A向上的滑动摩擦力,以物体A为对象,根据牛顿第二定律可得

$$F_T + \mu m_A g \cos 30^\circ - m_A g \sin 30^\circ = m_A a_1$$

以物体B为对象,根据牛顿第二定律可得

$$m_B g - F_T = m_B a_1$$

联立解得 $a_1 = 5 \text{ m/s}^2$

从开始到物体A与传送带共速为 v_1 时所走的位移

$$x_1 = \frac{v_1^2}{2a_1} = \frac{5^2}{2 \times 5} \text{ m} = 2.5 \text{ m} < 6.5 \text{ m}$$

物体A与传送带共速后,物体A继续加速,传送带给物体A向下的滑动摩擦力,以物体A为对象,根据牛顿第二定律可得

$$F_T' - \mu m_A g \cos 30^\circ - m_A g \sin 30^\circ = m_A a_2$$

以物体B为对象,根据牛顿第二定律可得

$$m_B g - F_T' = m_B a_2$$

联立解得 $a_2 = 3 \text{ m/s}^2$

从物体A与传送带共速为 v_1 时到物体B落地过程,
设物体B落地瞬间速度大小为 v_2 , 则有

$$2ax_2 = v_2^2 - v_1^2$$

解得 $v_2 = \sqrt{2ax_2 + v_1^2} = \sqrt{2 \times 3 \times 4 + 5^2} \text{ m/s} = 7 \text{ m/s}$

物体B落地后,绳子拉力变为零,物体A向上做匀减速的加速度大小

$$a_3 = \frac{\mu m_A g \cos 30^\circ + m_A g \sin 30^\circ}{m_A} = 7.5 \text{ m/s}^2$$

物体 A 从速度 v_2 减速到再次与传送带共速 v_1 , 所走的位移

$$x_3 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a_3} = \frac{7^2 - 5^2}{2 \times 7.5} \text{ m} = 1.6 \text{ m}$$

物体 A 再次与传送带共速后, 物体 A 继续向上做匀减速的加速度大小

$$a_4 = \frac{m_A g \sin 30^\circ - \mu m_A g \cos 30^\circ}{m_A} = 2.5 \text{ m/s}^2$$

从共速 v_1 到刚好到达顶端, 所走的位移 $x_4 = \frac{v_1^2}{2a_4} = \frac{5^2}{2 \times 2.5} \text{ m} = 5 \text{ m}$

故整个过程物体 A 向上所走的位移

$$x_A = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = (2.5 + 4 + 1.6 + 5) \text{ m} = 13.1 \text{ m}$$

可知高度

$$H = x_A \sin 30^\circ = 6.55 \text{ m}。$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/178113121136006143>