

运用动能定理解决多阶段多过程综合问题

◆石人国

(沙市第一中学 湖北荆州 434000)

摘要:在物理知识学习中,合外力对物体所做的功相当于物体本身动能的变化量,即叫做动能定理。其公式可表达为 $W=\Delta E_k$, W 表示合外力对物体做的功, ΔE_k 则表示做功时相对应的动能。动能定理是动力学中最重要的一个知识点,也是高考题型中的一个必考知识点,要求每一位学生都要掌握并会运用动能定理去解决问题。动能定理的应用范围非常的广泛,不仅通过直线,曲线分析了解物体运动的规律,还会对现实中物理动能解决实际问题,本文主要研究动能定理解决多阶段多过程中问题分析。

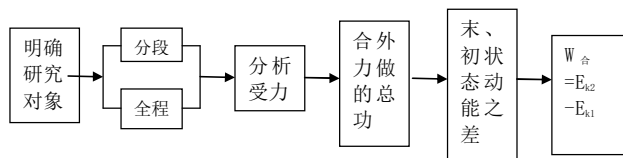
关键词:动能定理;合外力;曲线分析

一、运用动能定理解决多阶段多过程分析

1.应用动能定理应抓好“两状态、一过程”

“两状态”指明明确研究对象的始、末状态的速度或动能情况;“一状态”指明明确研究过程,确定这一过程研究对象的受力情况和位置变化或位移信息。

2.应用动能定理解题的基本思路



二、运用动能定理解决多阶段多过程对策

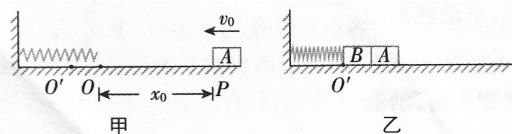
1.例题举证

1.1 如图甲所示,轻弹簧左端固定在竖直墙上,右端上 O 位置,质量为 m 的物块 A (可视为质点) 以初速度 V_0 从距右方 X_0 处的 P 点向左运动,与弹簧接触后压缩弹簧,将弹簧右端压缩到 O' 点位置后, A 又被弹簧弹回, A 离开弹簧后,恰好回到 P 点,物体 A 与水平面的动摩擦因素为 μ 。

(1) 求物体 A 从 P 点出发又回到 P 点的过程,克服摩擦力做功;

(2) 求 O 点和 O' 点间的距离 x_1 ;

(3) 如图乙所示,若存在另一个与 A 完全相同的物体 B (可视为质点) 与该弹簧右端栓接,将 A 放在 B 右边,向左推 A、B,使弹簧右端压缩到 O' 点位置,然后静止释放, A、B 共同滑行一段距离后分离,求分离后物体 A 向右滑行的最大距离 x_2 。



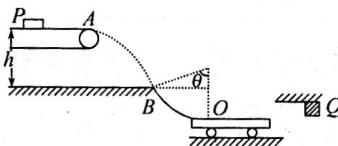
2.运用动能定理解决多阶段多过程计算分析:

第(1)、(2)两问,从 P 点出发又回到 p 点,全过程动能定理,对应的只有摩擦力做功;第(3)问, A、B 一起运动到弹簧恢复原状分离,有三个过程,分别是 A 从 O' 点到 P 点一个过程, AB 一起从 O' 到 O 分离一个过程, A 分离后做匀减速直线运动。物体 A 从 P 点出发又回到 P 点的过程,由动能定理, A 克服摩擦

力做功 $W_f = \frac{1}{2} m V_0^2$, 物体从 A 点出发又回到 P 点,由动能定理知 $2\mu mg(x_1 + x_0) = \frac{1}{2} m V_0^2$ 解之 $x_1 = \frac{V_0^2}{4\mu g} - x_0$ A、B 在弹簧恢复原状时分离,设此时物体的共同速度为 v_1 , 弹簧的弹力做功 w_f 只有 A 时,从 O' 到 P 有: $w_f - \mu mg(x_1 + x_0) = 0$ A、B 共同从 O' 到 O 有: $w_f - 2\mu mgx_1 = \frac{1}{2} \times 2mv_1^2$ 分离时对 A 有: $\frac{1}{2} mv_1^2 = \mu mgx_2$ 联立以上各式得 $x_2 = x_0 - \frac{V_0^2}{8\mu g}$

3.动能定理解决理论试题

如图所示,质量为 $m=1\text{kg}$ 的可视为质点的小物体轻轻放在匀速运动的传送带上的 P 点,随传送带运动到 A 点后水平抛出,小物体恰好无碰撞的沿圆弧切线从 B 点进入竖直光滑圆弧轨道下滑,圆弧轨道与质量为 $M=2\text{kg}$ 的足够长的小车左端在最低点 o 点相切,小物体在 o 点滑上小车,水平地面光滑,当小物体运动到障碍物 Q 处时与 Q 发生无机械能损失的碰撞。碰撞前小物体和小车已经相对静止,而小车继续向右运动(小物体始终在小车上),小车运动过程中和圆弧无相互作用,已知圆弧轨道半径 $R=1.0\text{m}$, 圆弧对应的圆心角 θ 为 53° , A 点距离水平地面高度 $h=0.8\text{m}$, 小物体与小车的动摩擦因数 $\mu=0.1$, 重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$, $\sin 53^\circ = 0.8$, $\cos 53^\circ = 0.6$, 试求: 小物体离开 A 点的水平速度 v_1 ; 小物体经过 o 点时对轨道的压力大小; 第一次碰撞到静止, 小物体相对小车位移和小车做匀减速运动的总时间。



分析: 第(1)问,小物体恰好无碰撞地沿圆弧切线从 B 点进入,说明平抛运动到 B 点的速度方向恰好与轨道切线平行,由平抛运动到 B 点的竖直分速度和 B 点的速度关系即可求解。第(2)问,由动能定理求 O 点速度,再由牛顿第二定律、牛顿第三定律求对 O 点的压力。第(3)问,先利用牛顿第二定律求 m 和 M 的加速度,再利用运动学公式求出小物体和小车的共同速度 V_t , 最后利用功能关系求出 $L_{\text{相}}$, 小车从小物体碰撞到开始做匀减速运动,利用牛顿第二定律和运动学公式求时间。

解: (1) 小物体由 A 到 B 有 $V_y^2 = 2gh$ 在 B 点, $\tan \theta = \frac{V_y}{V_1}$ 解之 $V_1 = 3\text{m/s}$ (2) 由 A 到 O, 由动能定理有: $mg(h+R-R\cos \theta) = \frac{1}{2} m V_0^2 - \frac{1}{2} m V_1^2$ 在 O 点 $F_N - mg = m V_0^2 / R$ 解之 $V_0 = \sqrt{33} \text{ m/s}$ $F_N = 43\text{N}$ 由牛顿第三定律 $F_N' = F_N = 43\text{N}$, 方向竖直向下 (3) 摩擦力 $F_f = \mu mg = 1\text{N}$ 加速度 $a_m = \mu g = 1\text{m/s}^2$ $a_M = \frac{\mu m g}{M} = 0.5\text{m/s}^2$ 小物体滑上小车后经过 t 时间达到共同速度 v_t , 则 $t = v_t / a_m = (V_0 - V_t) / a_m$ 得 $V_t = \frac{\sqrt{33}}{3} \text{ m/s}$ 由于碰撞无能量损失, 小物体在小车上重复匀减速和匀加速运动, 相对小车始终向左运动, 最终静止摩擦力做功使动能全部转化为内能, 故有: $F_f L_{\text{相}} = \frac{1}{2} (M+m) V_t^2$ 解之 $L_{\text{相}} = 5.5\text{m}$ 从小物体碰撞后开始匀减速运动, (每个减速阶段) 加速度不变 $a_M = F_f / M = 0.5\text{m/s}^2$ $V_t = a_M t$ $t = \frac{2\sqrt{33}}{3} \text{ s}$

三、结论建议

动能定理往往用于单个物体的运动过程, 由于不涉及加速度和时间, 比动力学研究方法更简捷。物体的运动包含多个不同的过程时, 可分段应用动能定理求解, 当所求解的问题不涉及中间过程的速度时, 也可以全过程应用动能定理求解。

参考文献:

- [1] 吕安廷. 动能定理在高考中的应用[J]. 数理化学学习, 2015, 101 (3): 078-079.
- [2] 朱志敏. 关于曲线运动中能否在单一方向上使用动能定理的探讨[J]. 中学生数理化 (学研版), 2015, 22 (8): 021-022.