

轻质物体模型特性在高考解题中的应用

王高生

(淮南市第二中学 安徽 淮南 232000)

(收稿日期:2015-12-08)

摘要:由于轻质物体自身没有质量,所以根据牛顿第二定律: $F_{\text{合}} = ma$,由于 $m = 0$,故 $F_{\text{合}} = 0$.即:轻质物体在任何情况下所受的合力必须为零,而其加速度 a 可以为任意值,在极短的时间内,其速度变化可以无穷大,故其速度可以突变.

关键词:高中物理 轻质物体 牛顿第二定律 速度突变

高中物理中有很多理想化的模型,其中轻质物体是最常见也是应用最多的一种模型,很多同学都知道所谓轻质物体就是物体的质量忽略不计,但是对其受力和运动特性却没有研究和重视,而其受力及运动特性往往在高考解题中充当了突破口的作用,充分认识了轻质物体的力学性质,往往可以取得意想不到的效果.

(1) 轻质物体的受力特征

根据牛顿第二定律: $F_{\text{合}} = ma$,当物体的质量 $m = 0$ 时, $F_{\text{合}} = 0$.即:轻质物体在任何情况下所受的合力必须为零.即使其随其他物体一起加速减速的时候其所受合力还是为零.

(2) 轻质物体的运动特性

由于轻质物体自身没有质量,所以根据牛顿第二定律: $F_{\text{合}} = ma$,其加速度 a 可以为任意值,在一个瞬间其速度就可以突变.实际解题中,其往往都是与其他物体接触,即其与其他物体一起运动,故其运动状态往往与其一起运动的物体相同,根据其他物体的运动需求而变化.

为了更好地说明轻质物体模型的力学特征在解题中充当突破口的作用,我们选取两道在高考中得分率较低的两道典型题来加以说明.

【例1】(2012年高考江苏卷第14题)某缓冲装置的理想模型如图1所示,劲度系数足够大的轻质

弹簧与轻杆相连,轻杆可在固定的槽内移动,与槽间的滑动摩擦力恒为 f ,轻杆向右移动不超过 l 时,装置可安全工作.一质量为 m 的小车若以速度 v_0 撞击弹簧,将导致轻杆向右移动 $\frac{l}{4}$.轻杆与槽间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力,且不计小车与地面的摩擦.

(1) 若弹簧的劲度系数为 κ ,求轻杆开始移动时,弹簧的压缩量 x ;

(2) 求为使装置安全工作,允许该小车撞击的最大速度 v_{max} ;

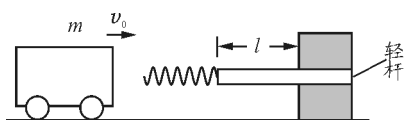


图1

分析:本题是一道关于弹簧能量问题的一个典型例题,问题的关键在于分析清楚弹簧的初末状态,第一次小车接触弹簧前,弹簧处于原长,而小车接触弹簧后压缩弹簧,当弹簧的弹力达到了轻杆的最大摩擦力 f 时,轻杆开始运动,之后弹簧的形变量会不会改变?

如果对于轻质物体的受力及运动特性没有清楚的认识,就极有可能认为:此时小车的速度大于轻杆的速度,弹簧还会继续发生一定的形变,直到两物体小车与轻杆速度相同.这样这道题就陷入了误区,也就不可能正确的求解了.

其实根据轻质物体的受力特性: $F_{\text{合}}=0$,可知:弹簧的弹力必须始终等于轻杆所受的摩擦力,即: $F_{\text{弹}}=f$,弹簧弹力不变形变量不变.至于轻杆比小车速度慢的问题,由于轻杆作为轻质物体,根据轻质物体运动特性,速度可以突变成与小车的速度相等,所以小车与轻杆间距离可以保持不变进一步支持了弹簧的弹力不变形变量不变的结论.

同样的道理,第二次小车以最大速度接近弹簧,弹簧的初末状态与第一次完全相同.故:有两次小车接近过程中弹簧的初末状态相同,弹簧弹力做功完全相同.

解:(1) 由于轻杆所受弹力等于摩擦力,且当摩擦力等于其最大静摩擦力时杆才会动.故

$$\kappa x = f \Rightarrow x = \frac{f}{\kappa}$$

(2) 第一次接近,由动能定理可知

$$W_{\text{弹}} - f \cdot \frac{l}{4} = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

同理小车第二次接近过程中可列

$$W_{\text{弹}} - fl = 0 - \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2$$

联立可得

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{3fl - 2mv_0^2}{2m}}$$

【例2】(2011年高考江苏卷第9题)如图2所示,倾角为 θ 的等腰三角形斜面固定在水平面上,一足够长的轻质绸带跨过斜面的顶端铺放在斜面的两侧,绸带与斜面间无摩擦.现将质量分别为 M, m ($M > m$)的小物块同时轻放在斜面两侧的绸带上.两物块与绸带间的动摩擦因数相等,且最大静摩擦力与滑动摩擦力大小相等.在 θ 角取不同值的情况下,下列说法正确的有

- A. 两物块所受摩擦力的大小总是相等
- B. 两物块不可能同时相对绸带静止
- C. M 不可能相对绸带发生滑动
- D. m 不可能相对斜面向上滑动

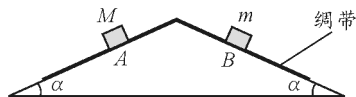


图2

解析:很多学生而言这道题无从下手,原因是两个物体,相互制约,很难找到突破口,而如果我们抓住绸带这一轻质物体的受力与运动特征,就可以迎刃而解.

首先从受力角度分析:由于绸带是轻质物体,所以所受合力必须为零,因此 m 与 M 所受的摩擦力必须等大且相互抵消.故选项A正确.

如果 m 与 M 都与绸带出现相对静止,则都是静摩擦力且大小相等,而 M 与 m 由于下滑分力不相等,故不可能同时静止,应该是 M 与 m 一起运动,由于 M 下滑力大,故 M 向下加速, m 向上加速,即

$$Mg \sin \theta - mg \sin \theta = (M + m)a$$

且 $f_{\text{静}} - mg \sin \theta = ma$ 满足两个条件的静摩擦力即可.故可能出现这种情况,所以选项B错误.

假设如果 M 出现相对滑动,绸带受到的其摩擦力为 $\mu Mg \cos \theta$,此时无论 m 与丝绸相对静止,其与绸带间为静摩擦,由于

$$f_{\text{静}} \leq \mu mg \cos \theta < \mu Mg \cos \theta$$

故两个物体给绸带的摩擦力不可能相等,绸带所受合力不为零,不符合轻质物体特征.所以假设不成立,即 M 与绸带不可能出现相对滑动.得出选项C正确.

在选项B中我们已经证明 m 与 M 相对丝绸静止时, m 应向上运动.所以选项D错误.

小结:可见,如果把握住了轻质物体的受力及运动特性,可以帮助我们分析其他物体的运动和受力特征,助推解题思路的形成,有利于防止学生在解决常规问题时形成的思维定势,突破学生思维障碍,从而快速做出正确判断,事半功倍.

参考文献

- 1 于春梅,李东方.轻质物体的受力特点.中学物理高中版,2000