

论“轻质”的物理解读及使用条件

马立收

(南宫中学 河北 邢台 055750)

(收稿日期:2015-04-13)

学生进入高三第三轮复习后,对于物理试题中出现的关键词“轻质”已经能基本把握,也能准确地进行物理解读,但是却很难找准其使用条件.下面以2015年河北省唐山一模理综试卷第24题为例分析学生的认识错误.

【例1】如图1所示,弹性小球A和B的质量分别为0.5 kg和0.2 kg,一绕过定滑轮的轻绳两端分别穿过A和B,绳子末端与地面距离0.8 m,小球距离绳子末端6.5 m,小球A、B与轻绳的滑动摩擦力都为重力的0.5倍,设最大静摩擦力等于滑动摩擦力.现由静止同时释放A、B两个小球,不计绳子质量,忽略与定滑轮相关的摩擦力, $g=10\text{ m/s}^2$,求:

- (1) 释放A、B两个小球后,A、B各自的加速度;
- (2) 小球B从静止释放经多长时间落到地面.

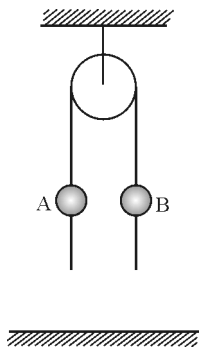


图1

笔者以此题的第(1)问为例展示学生的错误.

由牛顿第二定律有

$$m_A g - f_A = m_A a_1$$

$$m_B g - f_B = m_B a_2$$

所以解得

$$a_1 = a_2 = 5\text{ m/s}^2$$

通过学生的解析,我们可以很清楚地看到学生在处理A、B各自的运动状态时,并没有考虑到“轻绳”对于此题目的影响,武断认为A、B两球均向下做匀加速直线运动.因为“轻质”绳子的质量为零,

根据牛顿第二定律 $F_{\text{合}} = ma$,所以在物理上解读为该轻绳时刻保持平衡.错误解析中认为A、B球与绳子间均为滑动摩擦力,因A和B质量不相等,得知A、B对绳子施加的滑动摩擦力必不相等,因此绳子不可能平衡,与题目中“轻绳”矛盾.根据题目中“轻绳”的分析得知,A与B受到的摩擦力必定相等,根据“滑动摩擦力为重力的0.5倍”可以准确分析出A、B球不可能同时受到滑动摩擦力,也不可能同时受到静摩擦力,只能是B受到滑动摩擦力,A受到静摩擦力,所以

$$m_A g - f_B = m_A a_1$$

$$m_B g - f_B = m_B a_2$$

解得

$$a_1 = 8\text{ m/s}^2$$

$$a_2 = 5\text{ m/s}^2$$

为了检验学生对于“轻质”的理解误区,笔者拿出了一道学生在高一时做的练习题.

【例2】如图2所示,4根相同的轻质弹簧均处于竖直状态,上端都受到大小皆为 F 的拉力作用.针对以下4种情况:(a)中的弹簧下端固定在地上;(b)中的弹簧悬挂着物块A而保持静止;(c)中的弹簧拉着物块B匀加速上升;(d)中的弹簧拉着物块C匀加速下降.设4根弹簧的伸长量分别为 $\Delta l_1, \Delta l_2, \Delta l_3, \Delta l_4$,则有

$$A. \Delta l_1 < \Delta l_2$$

$$B. \Delta l_2 = \Delta l_4$$

$$C. \Delta l_3 < \Delta l_1$$

$$D. \Delta l_4 < \Delta l_3$$

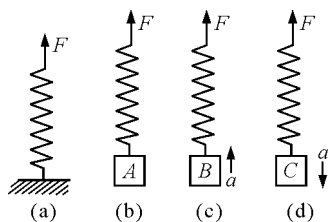


图2

大部分学生都可以根据“轻质弹簧”得出4根弹簧的弹力均等于 F ,进而分析出4根弹簧伸长量均相等,答案为B项.

可见学生的误区在于不能找到“轻质”的使用条件,而非对“轻质”的物理理解.笔者联想到了2011年高考江苏卷第8题.

【例3】如图3所示,倾角为 α 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 α 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

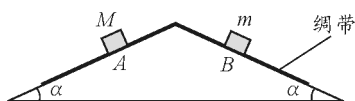


图3

此题首先应该把握“轻质绸带”,对其进行物理解读,得到两物块对绸带的摩擦力大小相等,方向相反,所以A项正确.由于倾角 α 可以调整(导致 μ 和 $\tan \alpha$ 关系不同),所以运动状态不唯一,结合 $M > m$,可知运动状态有两种:

- (1) 两物块均相对于绸带静止,但 M 沿斜面向下滑, m 沿斜面上滑;
- (2) M 相对于绸带静止,两者沿斜面向下, m 相对于绸带向下且沿斜面向下加速.

根据状态1和2的分析可知C项正确,故答案为A,C.

通过以上3道题笔者发现,如果给出“轻质”使用的条件,学生是能够解决此类问题的.所以总结如下:当考查运动状态且有多个物体或多个部分通过“轻质物体”联系在一起时,轻质物体必处于平衡状态,其合外力必定为零.然后再结合题目分析受力,此类题目便迎刃而解了.

笔者再给出两道例题进一步验证这一说法.

【例4】一个质量可以忽略不计的轻质长木板置

于光滑水平地面上,木板上放质量分别为 $m_A = 1 \text{ kg}$ 和 $m_B = 2 \text{ kg}$ 的A,B两物块.A,B与木板之间的动摩擦因数都为0.2,水平恒力 F 作用在A物块上,如图4所示(重力加速度 g 取 10 m/s^2).则下列说法错误的是

- A. 若 $F = 1 \text{ N}$,则A,B都相对木板静止不动
- B. 若 $F = 1.5 \text{ N}$,则A物块所受摩擦力大小为1.5 N
- C. 若 $F = 4 \text{ N}$,则B物块所受摩擦力大小为2 N
- D. 若 $F = 6 \text{ N}$,则B物块的加速度为 1 m/s^2

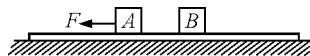


图4

此题中把握木板为“轻质”可得A和B对其摩擦力大小相等,这样就容易知道无论 F 多大,B一定和木板保持相对静止,进而可得B项正确.

【例5】某缓冲装置的理想模型如图5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_m ;
- (3) 讨论在装置安全工作时,该小车弹回速度 v' 和撞击速度 v 的关系.

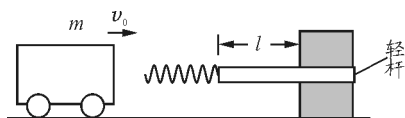


图5

此题对于(2)、(3)问提取关键字“轻杆”,接着翻译成物理语言,轻杆 \rightarrow 无质量 \rightarrow 合外力为零(即 $F_{\text{合}} = ma$),轻杆运动后弹簧弹力和摩擦力相等且不再改变.所以两种不同速度之下,减速为零的过程弹簧做功相等,便容易打开思路.