

不计质量的物体特性初探

赖春辉

(湖南长沙市第一中学 湖南 长沙 410005)

[摘要] 不计质量的物体, 是物理研究中的一个重要的理想化模型, 常见的有: 轻绳、轻杆、轻环、轻滑轮、轻弹簧等。因为它们没有质量, 且是作为连接物出现, 所以往往容易被研究者忽视。而事实上, 如果了解到不计质量的物体的特性, 选不计质量的物体为研究对象, 往往容易得到意想不到的效果。那么不计质量的物体有哪些物体特性, 怎样利用这些特性为我们分析、解决问题服务呢? 下面我们通过一些实例来探究一下。

[关键词] 不计质量; 力学特性; 运动特性

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.04.1964

一、力学特性

1、不计质量的物体所受外力为零

不计质量的物体的质量为零, 根据牛顿第二定律 $F=ma$, 可知其所受合外力一定为零。

2、不计质量的物体可以有加速度

虽然不计质量的物体所受合外力为零, 但是其又有加速度, 其加速度与连接体相关。

我们以常见的一个轻弹簧模型为例。

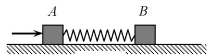


图1

图1是光滑水平面上通过劲度系数为 k 的轻弹簧连接两个质量为 M 、 m 的物体A、B, A物体有外力 F 作用, 弹簧此时压缩量为 x 。

我们在研究A、B的运动时往往会根据牛顿第二定律列如下方程:

$$\text{对A: } F - kx = Ma_1$$

$$\text{对B: } kx = ma_2$$

这里就是视轻弹簧两端所受弹力大小皆为 kx , 方向相反, 合外力为零来处理的, 但是弹簧又有加速度, 左端的加速度与A一致, 右端的加速度与B一致。

将上述轻弹簧分割成很多段, 每一段很短很短的弹簧合力为零, 即它的两个端点的弹力等大反向, 由此不难得出“轻弹簧各点的力处处相等”这一结论。同理“轻绳”“轻杆”上的力的大小也处处相等。

3、应用

因为轻质量物体有合外力为零的特征, 如果我们选轻质量物体为研究对象, 那就可能把复杂的问题简化为力学平衡问题。

例题1: (11年江苏卷) 如图所示, 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 可能相对绸带发生滑动
- D、 m 不可能相对斜面向上滑动

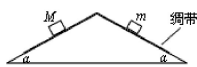


图2

解析: 从教学中学生的反馈看, 这个高考题是难度很大的, 难度大的原因在于学生眼里的研究对象只有两滑块。如果我们选择绸带为研究对象, 紧紧抓住轻质量物体合外力为零的特征来研究, 就迎刃而解了。

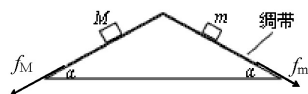


图3

沿绸带方向对绸带受力分析, 如图3所示, f_M 、 f_m 分别为 M 、 m 对绸带的摩擦力。不计质量的绸带合外力为零, 固有: $f_M = f_m$ 。A对。

如果改变夹角 α 后, M 、 m 、绸带组成的系统能保持相对静止 (足够粗糙), 则对系统研究容易得出 M 向下运动, m 向上运动。BD错。

如果改变夹角 α 后, M 、 m 、绸带组成的系统不能保持相对

静止, 由于 M 与绸带间的最大静摩擦力比 m 与绸带间的最大静摩擦力大, 为保证绸带合力为零, 则 m 与绸带间的摩擦力达到最大静摩擦力时, M 还没有达到最大静摩擦。故一定是 m 相对绸带滑动, 沿斜面向下, M 则带着绸带也沿斜面向下运动。B错。此情况下, m 与绸带相对滑动后它们之间的摩擦力一定, 根据轻绸带合力为零的特点, 不难得出: M 与绸带间的摩擦力永远不可能达到最大静摩擦力。

二、运动特性

1、不计质量的物体, 其运动速度可以突变。

我们知道质量小的物体, 惯性小, 改变物体的运动状态就容易; 如果质量为零, 则物体的运动状态就可以突变, 即速度由一个值变为另一个值不需要时间。

2、应用

加速度可以突变, 速度是渐变这是学生的基本认知。而不计质量的物体的速度突变往往让学生在思维上转不过弯, 从而造成思维障碍。

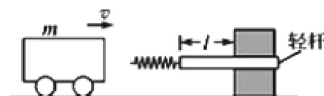


图4

例题2: (12年江苏卷) 某缓冲装置的理想模型如图4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, 且不计小车与地面间的摩擦。

(1) 若弹簧的劲度系数为 k , 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 。

解析: (1) 依题意可知: $f = kx$

$$\text{解得: } x = \frac{f}{k}$$

从学生的学习反馈发现, 学生对轻杆运动后弹簧的状态模糊不清, 导致无法做出正确解答。

这里有轻弹簧、轻杆, 由“轻质量物体所受合外力为零”这一特性, 当轻杆运动后滑动摩擦力不变, 则弹簧的弹力也不能变化, 也即弹簧一直保持原有的压缩量不变, 即弹性势能 E_p 不变。对小车和整个装置, 整个撞击过程使用能的转化和守恒:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = E_p + f \times \frac{l}{4}$$

$$\frac{1}{2}mv_m^2 = E_p + fl$$

$$\text{解得: } v_m = \sqrt{v_0^2 + \frac{3fl}{2m}}$$

总结: 不计质量的物体, 其力学特性, 运动特性相当有特色, 我们在处理问题时, 如果抓住这些特性, 等于在处理方法, 处理对象上打开了一条新的路径, 对我们处理问题起到事半功倍的效果。

参考文献

[1] 蒋震霞. 融合使用各版本教材的策略[J]. 物理教师, 2017, 38(2): 35-38.