

物理

基于典型情境的力学综合问题

北京师范大学三帆中学朝阳学校 范媛媛

考生在前期已经学习了力学所有的章节知识,在总复习阶段,需要强化知识体系,梳理知识之间的联系,综合运用力学知识解决相关问题。

依据物理学科核心素养中“物质观”“运动和相互作用观”“能量观”等物理观念,力学知识可以建构知识网络,如图1所示。

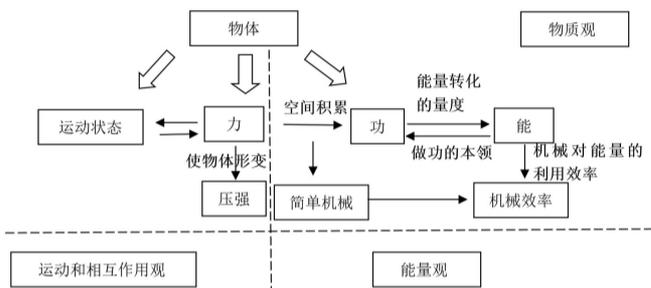


图1

考生应从“运动和力”的角度去分析问题。对于物体而言,受力情况决定了其运动状态:当物体受到平衡力时,运动状态不改变(处于静止或者匀速直线运动状态);物体受到非平衡力时,若合力方向与运动方向相同,则物体做加速直线运动;若合力方向与运动方向相反,则物体做减速直线运动。反之,由上述物体的运动状态也可得知其对应的受力情况。

物体受力运动过程中,力在空间积累,往往伴随着做功的问题。功和功率也是考生在学习过程中极易混淆的核心概念。功的定义式是 $W=Fs$,做功的两个必要条件是有力和位移,要在力的方向上移动距离。功率是表示做功快慢的物理量,功率越大,做功就越快,功率定义式 $P=W/t$,推导式 $P=W/t=Fs/t=Fv$ 。考生对于“做功的本质是能量的转化”的理解并不充分,常常把做功和物体具有的能量孤立来看。实际上,物体具有的能量越大,能够对外做功的本领就越大,做功的过程中常伴随着能量间的转化,所以,功能关系也是考生应思考的疑难问题。力学中常见的能量形式有动能和势能。动能大小的影响因素包括物体的质量和速度,质量越大,速度越快,动能越大;重力势能影响因素包括质量与物体所处高度,质量越大,高度越高,重力势能越大;动能与势能之和统称为物体的机械能。

下面,笔者将从“水平方向”和“竖直方向”运动的物体这两个典型情境出发,从“运动和力”以及“功和能”多个角度进行设问,帮助考生深入理解知识之间的联系,加强综合运用力学知识分析解决问题的能力。

【情境一】水平推静止在水平地面上的纸箱

如图2所示,小明水平向右推静止在水平地面上的纸箱,推力 F 与时间 t 的关系如图3所示,已知纸箱运动时,受到的滑动摩擦力大小为 $f_{滑}=3\text{N}$ 。

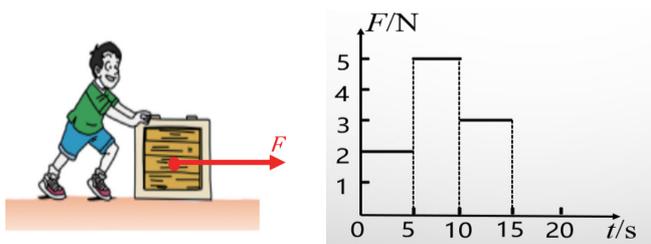


图2

图3

从运动和力的角度,根据纸箱的受力情况,可分析判断其运动状态,并绘制0-20s内纸箱的 $v-t$ 图像(如图4所示,已知纸箱在18.3s停下来)。具体分析如下。



图4

在此分析的基础上,考生还可以继续从做功的角度进行设问:0-20s内每个阶段,推力 F 是否做功?推力做功快慢如何?判断的依据是什么?具体分析如下。

0-5s,纸箱处于静止状态,推力不做功,依据是虽然有推力,但是没有在力的方向上移动距离;5-10s,纸箱加速直线运动,推力做功,且做功越来越快,依据是功率 $P=Fv$,速度越来越快,功率越来越大,做功越来越大;同理可知,10-15s,纸箱匀速直线运动,推力做功,且做功快慢保持不变;15s以后,纸箱进行减速直线运动,推力不做功,依据是推力撤销,推力大小为零。

功是能量变化的量度,做功的过程往往伴随着能量的变化,那么,在这个情境中各阶段对应的机械能大小又是如何变化的呢?根据机械能等于物体动能和势能之和,具体分析如下。

0-5s,机械能大小保持不变,且始终为零。因为纸箱处于静止状态,速度为零,动能为零,高度为零,重力势能也为零,所以,纸箱的机械能为零;同理可得,5-10s,纸箱加速直线运动,机械能增加;10-15s,机械能保持不变;15s以后,机械能减小。

而机械能大小之所以会发生变化,是因为该过程中伴随着能量的转化,所以,考生可以分析各阶段能量转化情况,具体如下。

以5-10s为例,机械能增加了,那么纸箱增加的机械能从哪里来呢?只能是人的化学能转化为了纸箱的机械能。对于纸箱而言,纸箱的机械能还要转化为内能,而最终机械能增加了,说明人的化学能转化给纸箱的机械能,比纸箱的机械能转化为内能的更多,或者可以理解为推力做的功比纸箱克服摩擦力做的功要多,从而深刻理解做功过程是能量转化的量度。其他阶段也可同理进行分析。

【变式训练1】如图5甲所示,水平地面上的一个物体,受到方向不变的水平推力 F 的作用, F 的大小与时间 t 的关系以及物体的速度 v 与时间 t 的关系如图5乙所示,以下说法正确的是() (多选)

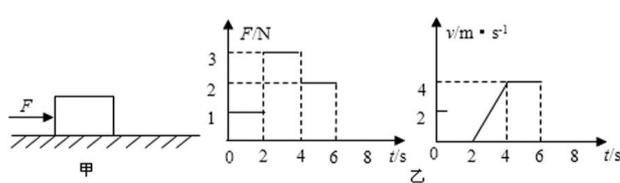


图5

- A. 0-2s,物体处于静止状态,是因为推力小于摩擦力
- B. 2-4s,物体受到的摩擦力大小等于3N
- C. 2-4s,物体的机械能增加
- D. 4-6s,推力做功快慢保持不变

答案:CD

【情境二】竖直方向运动的小球

如图6所示,拍摄某小球运动过程的频闪照片,照相机每隔相等时间闪光一次。根据频闪图片可知,小球可能做加速下落运动,依据是越往下,相同时间内小球运动的距离就越长;小球还可能做减速上升运动,依据是越往上,相同时间内小球运动的距离就越短,由小球的运动状态,可分析小球的受力情况,如图7。



图6

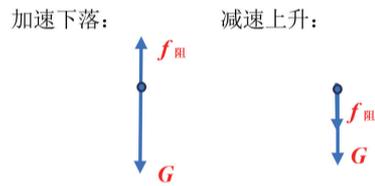


图7

那么,小球运动过程中重力是否做功?做功快慢又如何?考生分析后可得出如下结论。

加速下落时,重力做功,依据 $P=Gv$,重力不变,下落过程中速度越来越快,所以功率越来越大,因此重力做功越来越快;减速上升时,小球克服重力做功,依据 $P=Gv$,重力不变,速度越来越慢,功率越来越小,所以,小球克服重力做功越来越慢。

做功过程中,小球的动能、势能、机械能大小分别又是如何变化呢?

加速下落时,小球运动速度越来越快,动能增加;小球所在高度越来越低,重力势能减小,所以,暂时无法判断小球的机械能变化情况。但是,小球下落过程中,需要克服摩擦力做功,所以小球的机械能转化为内能。因此,小球的机械能会减小;减速上升时,小球同样需要克服摩擦力做功,所以小球的机械能转化为内能,因此,机械能也会减小。由此可知,当只有动能与势能之间相互转化时,或者只有重力和弹力做功时,机械能才守恒。

综上所述,我们发现在对物体的运动进行描述时,既可以从运动和力的角度,也可以从功和能的角度。同学们一定要学会多角度、综合地分析问题,深化对知识体系的理解。

【变式训练2】如图8所示,将小钢球竖直向上抛出,经过a点、b点到达最高点c时速度变为零。忽略空气阻力的作用,则下列判断中正确的是() (多选)

- A. 小钢球在a点的动能比在b点的动能大
- B. 小钢球运动到最高点c时所受的合力为零
- C. 小钢球在b点的重力势能比在c点的重力势能小
- D. 就a、b、c三点而言,小钢球在a点的机械能最大

答案:AC

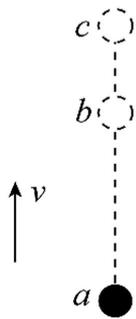


图8