

功和能

■七宝中学物理特级教师 刘树田

功

和能量是物理学中十分重要的概念,它们关系密切、形影相随,贯穿于物理学的各个分支,甚至延伸到自然科学的其他领域。用功和能的观点可以分析、解决大量的物理问题,从某种意义上讲,能否熟练地用功能关系解决物理问题,是一个人物理素养高低的标志之一。

◎基本知识

1. 能量

◆能量是描述物体运动状态的量,属于状态量。不同的运动形式对应不同的能量。自然界物质的运动有多种形式,每种运动形式都对应一种能量。如宏观物体的机械运动对应机械能,分子热运动对应内能,电磁运动对应电磁能等等。中学物理中涉及的能量有:机械能(动能、重力势能和弹性势能)、内能、电势能、磁场能、光能、核能和化学能等。

◆能量转化和守恒定律。自然界的能量既不会凭空产生,也不会凭空消失,只能从一个物体转移到另一个物体,或者从一种形式转化为另一种形式,而能的总量保持不变。这个结论是人们经过漫长的探索才得到的,教材上重点提到了焦耳、亥姆霍兹、迈尔等科学家的贡献。该定律适用范围远远超过物理学的范畴,是19世纪自然科学三大发现之一。它告诉人们:不同形式的运动可以相互转化,在运动形式转化过程中,相应的能量形式也发生转化,但能量总量保持,揭示了自然界物质的运动是绝对的,是不会消灭的。如一颗子弹射进墙中,子弹的机械运动消失了,同时子弹与墙摩擦部位的分子热运动加剧了,运动形式发生了转化,伴随着机械运动向分子热运动的转化,子弹的机械能转化为摩擦双方的内能,这个过程发生前后,各种能量的总和是不变的。

◆能量是标量。因为能量运算遵守代数运算法则,而不遵守平行四边形定则,所以能量是标量。

2. 功

◆功的概念。如果一个物体受到了力的作用,并且在力的方向上发生一段位移,我们就说这个力对物体作了功。由此可见,做功有两个必有条件:一是作用在物体上的力;二是物体在力方向上发生的位移。

◆功的计算公式: $W = F \cos \alpha$ 。如果是恒力做功,那么可以直接用此式进行计算。如果力是变化的,则需要进行适当转化后才能应用此式,如用力的平均值等效替代,或采用微元法化“变”为“不变”。如果无法实现转化,那就要用其他规律求功了。

◆功是标量。和能量一样,功的运算遵守代数运算法则,不遵守平行四边形定则,所以它也是标量。由于公式 $W = F \cos \alpha$ 中的 α 可以在 $0 \sim 180^\circ$ 内取值,所以功 W 可以是正功,也可以是负功。需要注意的是,功的正负既不表示方向,也不表示大小,而是表示力做功的效果。如果力作正功,表示这个力对物体的运动而言是动力,有使物体动能增大的效果;如果力作负功,表示这个力

对物体的运动而言是阻力,有使物体动能减小的效果。

◆功是过程量。由功的公式可以看出,功总是与一段位移相对应,而物体发生一段位移,就是一个物理过程,所以功应该是与过程对应的,是过程量。在物理学中,一个过程量量度一个状态量的变化,那么功这个过程量量度哪一个状态量的变化呢?当然是能量!

3. 功和能的关系

如果用一句最简洁的话,阐述功和能的关系,那只能是:功是能量转化的量度。如果你仔细考察身边的物理过程,就会发现如果某个过程中有能量发生了转化,一定是有功做功的结果,而且做多少功,就转化多少能。如当年砸到牛顿头上的那个苹果,在下落过程重力势能转化为动能,这个能量转化过程是通过重力做功实现的,而且重力做多少功,就有多少重力势能转化为动能。当然,阻力肯定也是存在的,但考虑到苹果形状及树不会太高,所以阻力可以不计。

“功是能量转化的量度”可以具体化为下面的常用结论:

◆合外力做功量度物体动能的变化。这正是大家熟知的动能定理: $W_{\text{合}} = \Delta E_K$ 。动能定理可以解决大量的力学问题,对多过程问题、变力做功问题优势更加明显。

◆重力做功量度重力势能的变化。重力做正功 ($W_G > 0$), 重力势能减少 ($\Delta E_P < 0$); 重力做负功 ($W_G < 0$), 重力势能增加 ($\Delta E_P > 0$)。综合可得: $W_G = -\Delta E_P$ 。

◆重力以外力做功量度机械能的变化。重力以外力做正功,总机械能增加;重力以外力做负功,总机械能减少。如果重力以外力不做功,则机械能守恒。

◆分子力做功量度分子势能的变化。分子力做正功,分子势能减少;分子力做负功,分子势能增加。

◆电场力做功量度电势能的变化。电场力做正功,电势能减少;电场力做负功,电势能增加。

◆安培力做功与能量的转化关系。在磁场及电磁感应章节中,磁场对通电导线的作用力即安培力,可以做正功,也可以做负功。安培力做多少正功就用多少电能转化为动能;克服安培力做多少功,就有多少动能转化为电能。

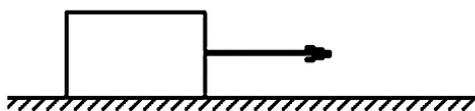
◎应用举例

【例1】不计空气阻力,某人用力将物体举高的过程中()

- A. 举力做的功,等于物体机械能的增量
B. 克服重力做的功,等于物体动能的增量
C. 举力和重力做功的代数和,等于物体动能的增量
D. 物体所受合力做的功,等于物体机械能的增量

【解析】物体被举高过程,人对物体的作用力做正功,重力对物体做负功。由“重力以外力做功量度机械能的变化”可知,A正确,D错误;由“合外力做功量度动能的变化”可知C正确,B错误。所以本题正确答案为:AC。由本题的解析过程可以体会到,只要抓住相关力做功与相应能量的转化关系,就可以排除干扰,迅速选出正确答案。

【例2】质量为5kg的物体,放在水平地面上,物体与地面的动摩擦因数为0.2,先用 $F_1 = 15\text{N}$ 的水平



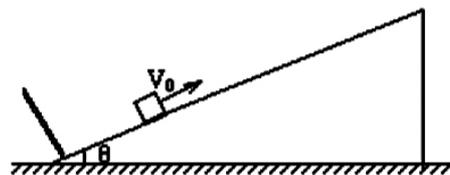
拉力使物体前进 $s_1 = 10\text{m}$, 然后用 $F_2 = 12\text{N}$ 的水平拉力使物体沿原方向再前进 $s_2 = 5\text{m}$, 最后撤去拉力, 则物体还能前进_____米。

【解析】由受力情况确定物体运动分为三个阶段:第一、二阶段以不同加速度做匀加速运动,第三阶段做匀减速运动。此题虽然过程多,变量多,但从全过程看,各力做功情况清楚,始末状态动能均为零,所以对全过程应用动能定理应该是明智的选择。由此可得: $F_1 s_1 + F_2 s_2 - \mu mg(s_1 + s_2 + s_3) = 0$

代入数据可解得: $s_3 = 6\text{m}$

此题也可以用牛顿运动定律结合匀变速运动公式求解,但需要写出6个方程,两种解法,方程数是1比6,足以说明动能定理在解多过程问题时的优势。

【例3】如图所示,斜面倾角为 $\theta = 37^\circ$, 滑块质量为 $m = 2\text{kg}$, 滑块与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$, 从距挡板为 $S_0 = 4\text{m}$ 的位置以 $V_0 = 5\text{m/s}$ 的速度沿斜面向上滑行。设每次与挡板碰撞前后的速度大小保持不变,斜面足够长, $g = 10\text{m/s}^2$ 。求:滑块从开始运动到最后停止滑行的总路程 S 。



【解析】因为 $m = 0.2 < \tan 37^\circ = 0.75$, 所以滑块滑到顶端后将沿斜面加速下滑,与挡板碰撞后被弹回,经过若干次往返后最终停在挡板处。如果运用牛顿运动定律和运动学公式分段求各段路程,将十分繁琐。如果对全过程应用动能定理,仅需一个方程就可以解决问题,由此例可以再次体会动能定理解决复杂问题的威力。

滑块在斜面上对全程由动能定理得: $mg \sin \theta S_0 - \mu mg \cos \theta S = 0 - mv_0^2 / 2$

代入数据即可求得总路程: $S = 22.81\text{m}$

【例4】相同材料制成的一个圆环A和一个圆盘B,厚度相同,且两者起始温度和质量也相同,把它们都竖立在水平地面上,现给它们相同的的热量,假设它们不与任何其他物体进行热交换,则升温后的圆环A的温度 t_A 与圆盘B的温度 t_B 的大小关系是()

- A. $t_A > t_B$ B. $t_A < t_B$
C. $t_A = t_B$ D. 无法确定

【解析】本题是2012年北约自招试题,不少考生读过题目感到无从下手,不知道用什么物理规律解决问题。其实如果考生具有能量观点,善于用能量转化的策略分析问题,本题即可迎刃而解。根据题意,圆环A和圆盘B是相同材料制成,而且厚度和质量相同,说明圆环A的直径一定比圆盘B的直径大,可以画出如图所示的示意图。两者吸收相同热量后,不仅内能增大,而且由于热膨胀导致重心升高,重力势能也增大。根据能量守恒定律应该有这样的关系: $Q = mg \Delta h + cm \Delta t$, 显然圆环A半径大于圆盘B的半径,热膨胀过程中A重心升高的高度也大于B重心升高的高度,又两者质量相等,故B的温度升高更多,即 $t_A < t_B$, 选项B正确。

