



物理

使知识结构化 让方法系统化

——功和能专题复习建议

北京交通大学附属中学 王春梅

功和能专题是从能量角度分析与研究物理学问题,是高考考查的重点和高频点。该专题涉及各个模块的内容,知识上包括重力、弹力、摩擦力、电场力、安培力、分子力等做功与能量转化,思维上涉及守恒、等效、类比、模型建构等物理学思想方法。以下从知识结构化和方法系统化这两个方面谈有关功和能专题的复习建议,供考生参考。

一、使知识结构化

高中物理分为力、电、磁、热、光、原子等几个模块,涉及到各种力的做功的讨论。从功的定义出发,利用定义式可以计算有关恒力做功的问题,但实际问题中往往还涉及有关变力做功的分析和讨论,如弹簧弹力、汽车启动的牵引力、万有引力、库仑力、安培力、分子力等。

针对变力做功,我们往往可以从三个角度尝试求解:一是利用功能关系、动能定理;二是利用功率不变,分析变力作用的过程;三是可以借助 $F-x$ 图像,利用图线与坐标轴围成的面积求解变力做功,或是直接将变力作用的过程分割成很多很短的位移,将每段很短位移内的变力看作恒力进行分析。在电场中,除了 $F-x$ 图像外,还可以利用 $E-x$ 图像中的面积得到电势差,再转换为做功的讨论。最后,根据做功情况分析能量转移和转化的问题。

高中阶段的功和能关系有如下几种情况的考查:

$W_G = -\Delta E_p$,即重力做功引起重力势能的变化;

$W_{弹} = -\Delta E_{弹}$,即弹力做功引起弹性势能的变化;

$W_{合} = \Delta E_k$,即合外力做功引起动能的变化;

$W_{非} = \Delta E_{机}$,即非重力、非弹力做功引起机械能的变化;

$W_{电} = -\Delta E_p$,即电场力做功引起电势能的变化;

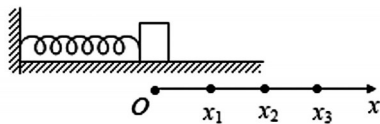
$W_A = -\Delta E_{电}$,即安培力做功将引起电能与其他形式能间的转化;

……

在上述关系中,重力做功、弹力做功、电场力做功,与其对应的势能变化量间的关系相同,即当重力、弹簧弹力、电场力做正功时,其对应的重力势能、弹性势能、电势能都减小;反之,则增加。不仅如此,这几个力做功的过程都只与初、末位置有关,因此才能引入“势能”的概念。基于此,我们可以分析其他力做功是否能引入“势能”的概念。

【例题1:2015年北京卷第23题】如图所示,弹簧的一端固定,另一端连接一个物块,弹簧质量不计,物块(可视为质点)的质量为 m ,在水平桌面上沿 x 轴运动,与桌面间的动摩擦因数为 μ ,以弹簧原长时物块的位置为坐标原点 O ,当弹簧的伸长量为 x 时,物块所受弹簧弹力大小为 $F=kx$, k 为常量。

(1)请画出 F 随 x 变化的示意图,并根据 $F-x$ 图象求物块沿 x 轴从 O 点运动到位置 x 的过程中弹力所做的功。



(2)物块由 x_1 向右运动到 x_3 ,然后由 x_3 返回到 x_2 ,在这个过程中,

a.求弹力所做的功,并据此求弹性势能的变化量;

b.求滑动摩擦力所做的功;并与弹力做功比较,说明为什么不存在与摩擦力对应的“摩擦力势能”的概念。

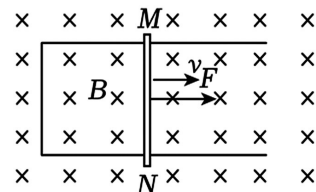
【分析】该例题不仅考查了如何求解变力做功的问题,更是从物理学科本质的角度,考查了对“势能”概念建立的物理意义。如果没有对重力做功、弹簧弹力做功、电场力做功过程建立起重力势能、弹性势能和电势能的概念,那么很难能理解并分析清楚。可见,在高三复习中,我们更应该关注知识间的联系与区别,形成结构化的知识体系,如此才可以迁移并应用知识去解决问题。

通过对合外力做功、非重力、非弹力做功、安培力做功的分析,我们不难发现,不同力做功对应着不同形式能的转化:合外力做功,涉及其他形式的能与动能间的相互转化;非重力、非弹力做功,涉及机械能与其他形式能间的转化;安培力做功,涉及电能与其他形式能间的转化。

【例题2:2014年北京卷第24题】导体切割磁感线的运动可以从宏观和微观两个角度来认识。如图所示,固定于水平面的 U 形导线框处于竖直向下的匀强磁场中,金属直导线 MN 在其垂直的水平恒力 F 作用下,在导线框上以速度 v 做匀速运动,速度 v 与恒力 F 的方向相同;导线 MN 始终与导线框形成闭合电路。已知导线 MN 电阻为 R ,其长度 L 恰好等于平行轨道间距,磁场的磁感应强度为 B 。忽略摩擦阻力和导线框的电阻。

(1)通过公式推导验证:在 Δt 时间内, F 对导线 MN 所做的功 W 等于电路获得的电能 $W_{电}$,也等于导线 MN 中产生的焦耳热 Q 。

【分析】在这个例题中,同学们应清楚认识力做功与能量转化间的关系,这样才能更好地解答该问题。首先,要清楚外力 F 做功是将其他形式的能转化为导线的动能,而安培力做负功则是将导线的动能转化为电路中的电能,导线切割产生电流,电流做功通过电阻产生焦耳热。由此可见,正确分析功能间的对应关系是十分重要的。同学们应从本质上对高中阶段涉及的功能关系进行逐一分析,从而明确具体的对应关系。



二、让方法系统化

在分析有关功和能关系的问题时,我们可以按照“三步走”的思路方法具体分析:首先是选取研究对象,然后进行运动分析和受力分析,最后选择规律解决问题。在选择规律时,恰当的认识角度十分重要。对于部分变力问题,我们很难直接利用公式进行分析,而需要充分利用图像中斜率、截距、面积所指代的物理意义进行分析。

在分析弹簧弹力做功时,我们根据 $F-x$ 图像中的面积分析弹簧的变力做功,如图1所示。在分析万有引力做功时,我们也可以根据 $F-r$ 图像中的面积分析万有引力做功,如图2所示。在电场中的电场力做功时,可以根据电场强度 $E-r$ 图像中的面积分析电场力做功,如图3所示。虽然 $E-r$ 图像中的面积并不直接表示电场力做功,但是对同一电荷来说,只是差了 q 的倍数关系。

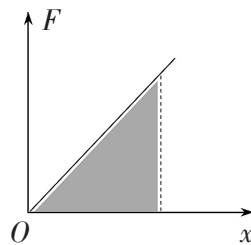


图1

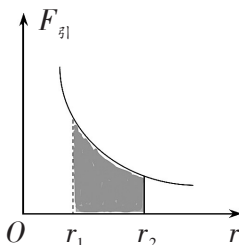


图2

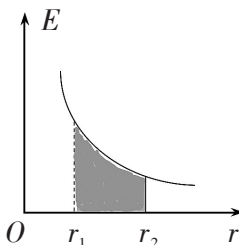


图3

除了力学、电磁学中涉及的功能关系外,在分子动理论的学习中,经常考查分子力做功与分子势能变化间的关系。对于这一问题,利用上述方法也能够迎刃而解。

【例题3:2020年北京卷第10题】分子力 F 随分子间距离 r 的变化如图所示。将两分子从相距 $r=r_2$ 处释放,仅考虑这两个分子间的作用,下列说法正确的是()

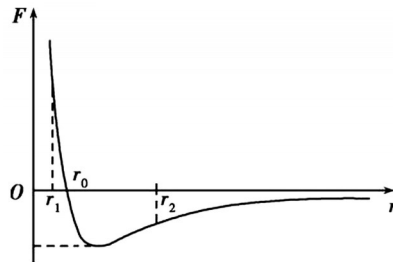
A.从 $r=r_2$ 到 $r=r_0$ 分子间引力、斥力都在减小

B.从 $r=r_2$ 到 $r=r_1$ 分子力的大小先减小后增大

C.从 $r=r_2$ 到 $r=r_0$ 分子势能先减小后增大

D.从 $r=r_2$ 到 $r=r_1$ 分子动能先增大后减小

【分析】在该问题中,对分子势能的变化可以通过分子力做功进行讨论。因此,同学们可以构建物理图景,做好受力分析,然后利用 $F-r$ 图像中图线与坐标轴围成的面积来分析分子力做功情况。根据图像,由 r_2 到 r_0 的过程,分子间表现为引力做正功,且到 r_0 处时做功最多,因此分子势能减少最多,故 r_0 处分子势能最小。由 r_0 到 r_1 的过程,分子力表现为斥力,做负功,分子势能增加。在解题过程中,同学们也要注意建立分子势能图像与分子力图像间的对应关系。



同学们在高三复习中要注重打通知识间的联系,能够从整体上对物理知识与方法进行结构化、系统化认识,要梳理与总结解决各种问题的基本思路和方法,并在此基础上深入理解物理概念、物理规律,从而提升综合分析能力。