



## 物理

## 结合规律与情境深化“动量与能量”理解

北京市大兴区兴华中学 孙 琦

在高中物理中,“动量与能量”是撑起力学半壁江山的核心专题,更是高考和模拟考试压轴题的“常客”。很多考生觉得这类题难,其原因并非公式记不住,而是不会把规律和具体情境的结合。其实,考生只要把规律理解透彻、将问题归类处理、掌握典型问题的解题技巧并提高熟练度,问题将迎刃而解。

## 动量与能量的核心区别

解这类题目,考生要先分清什么时候用动量规律,什么时候用能量规律。很多考生一上来就套公式,往往因为“用错规律”满盘皆输。考生要记住动量与能量有以下两个关键区别:

动量规律(动量守恒、动量定理),侧重“过程中的力的冲量”,解决“速度变化”问题,尤其适用于碰撞、爆炸等时间短、力复杂的场景。考生须考虑其矢量性,解决问题前必须规定正方向。

能量规律(机械能守恒、动能定理),侧重“过程中力做的功”,解决“动能变化”问题,如求位移、速度、机械能损失等。功和能都是标量,考生虽不用考虑其方向,但要厘清过程量和始末状态量。

简单来说,考生遇到“碰撞、反冲、多物体作用”,要先想动量;遇到“求做功、位移、能量损失”,要先想能量。如果题目既求速度又求能量,大概率要“动量+能量”联用。

## 利用典型题熟悉解题技巧

## 1. 单一规律应用题

这类题目只需要利用动量或能量的一个规律,通常是选择题或大题第一问。考生要找准适用条件并注意细节,力图做到不丢分。

## 典型场景 1: 动量定理求力/冲量/动量变化量

【例 1】动量定理可以表示为  $\Delta p = F\Delta t$ , 其中动量  $p$  和力  $F$  都是矢量。在运用动量定理处理二维问题时,可以在相互垂直的  $x$ 、 $y$  两个方向上分别研究。例如,质量为  $m$  的小球斜射到木板上,入射的角度是  $\theta$ ,碰撞后弹出的角度也是  $\theta$ ,碰撞前后的速度大小都是  $v$ ,如图所示。碰撞过程中忽略小球所受重力。

- 分别求出碰撞前后  $x$ 、 $y$  方向小球的动量变化  $\Delta p_x$ 、 $\Delta p_y$ ;
- 分析说明小球对木板的作用力的方向。

【解析】本题以小球为研究对象,在题干中给出了初末速度,重在分析在碰撞的极短瞬间内小球的动量变化量和受力,不涉及位移和做功。所以,考生可以首选动量定理解决问题,列式前必须要弄清楚过程量,即合力的冲量以及初末状态的动量,并设定正方向:

竖直设向下为正方向,水平设向右为正方向

- $x$  方向:  
动量变化为  $\Delta p_x = mv \sin \theta - mv \sin \theta = 0$

$y$  方向:

动量变化为  $\Delta p_y = mv \cos \theta - (-mv \cos \theta) = 2mv \cos \theta$

b. 设木板对小球的作用力为  $F$ , 对小球有  $F\Delta t = \Delta p_y$ ,  $F > 0$ , 方向沿  $y$  轴正方向, 根据牛顿第三定律, 小球对桌面的力沿  $y$  轴负方向。

这类问题虽过程少、规律单一, 考生却也极易丢分, 一是因忽略动量定理应用时的矢量性, 导致动量变化量计算错误, 进而影响受力的计算; 其二是若物体的重力不能忽略, 要记得竖直方向合力的冲量中除了弹力的冲量, 还要考虑重力的冲量。如本题 (b) 问若考虑重力, 则动量定理应表达为  $(F - mg)\Delta t = \Delta p_y$ 。

## 典型场景 2: 动能定理求做功/速度

【例 2】将质量  $m = 2\text{kg}$  的一块石头从离地面  $H = 2\text{m}$  的高处由静止开始释放, 落入泥潭并陷入泥中  $h = 5\text{m}$  深处, 不计空气阻力, 求泥对石头的平均阻力。(  $g$  取  $10\text{m/s}^2$  )

【解析】题干涉及一段时间内的位移和初末速度, 以小球为研究对象, 首选动能定理。石头在空中只受重力作用, 在泥潭中受重力和泥的阻力, 两个力作用的位移段并不一致, 因此考生在表达合力功时要十分谨慎。对石头在整个运动阶段应用动能定理, 有  $mg(H + h) - \bar{F}h = 0 - 0$ , 所以泥对石头的平均阻力:

$$\bar{F} = \frac{H+h}{h} \cdot mg = \frac{2+0.05}{0.05} \times 2 \times 10\text{N} = 820\text{N}$$

本题中, 运动路径无论是直线还是曲线动能定理都适用, 考生在使用时要抓住“一个过程两个状态点”, 即公式的左边表达该过程中有哪些力做了功、做了多少功, 右边是末状态动能和初状态动能的差值。注意在多受力、多过程的问题中, 合力功的表达既可用合力乘位移也可用每个力做功的代数和, 但无论哪种方法考生都要谨记, 表达某力做功时就用“该力”乘“该力作用的位移”, 千万不要用全过程的位移代替, 勿因疏忽大意而痛失基础分。

## 2. 动量+能量联用题

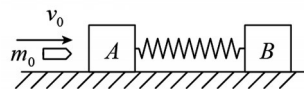
这类题目是大题的“主力军”, 常见问题可归类为“碰撞”“类碰撞”“反冲爆炸”几个基本模型, 一道试题中常常包含多个过程, 对考生的考验包含划分过程段、定义一个合理的系统、选对动量或能量的规律等。以下将通过一道难度适中且极具代表性的试题来梳理这类问题的破解之法。

## 典型场景 3: 碰撞和类碰撞的多过程问题

【例 3】如图所示, 一轻质弹簧两端连着物体 A 和 B, 放在光滑的水平面上, 物体 A 被水平速度为  $v_0 = 400\text{m/s}$  的子弹击中, 子弹嵌在其中 (打击时间极短), 并随物体 A 一起向右压缩轻质弹簧, 已知物体 A 的质量是  $m_1 = 0.99\text{kg}$ , B 的质量是  $m_2 = 1\text{kg}$ , 子弹的质量是  $m_0 = 0.01\text{kg}$ 。求:

(1) 物体 A 获得的最大速度  $v_1$ ;

(2) 求从子弹作用物体 A 到弹簧压缩最短这一过程中整个系统损失的机械能和弹簧最大弹性势能。



【解析】(1) 本题应分为两个过程, 第一个过程是子弹打木块, 该过程是个极短的瞬间, 考生可忽略弹簧的形变, 子弹和物块 A 所受合力为零。因此, 第一问应将二者视为一个系统, 且该系统满足动量守恒  $m_0 v_0 = (m_0 + m_1) v_1$ , 解得  $v_1 = 4\text{m/s}$ 。

(2) 第二个过程是子弹停留在物体 A 中一起压缩弹簧, 由于地面光滑, 若将子弹、物体 A、物体 B 和弹簧视为一个系统, 则过程中该系统满足动量守恒, 机械能守恒, 所以系统机械能的损失出现在上一个子弹打物体 A 的过程中, 损失量即为系统初末动能的差值:

$$\Delta E = \frac{1}{2} m_0 v_0^2 - \frac{1}{2} (m_0 + m_1) v_1^2$$

解得  $\Delta E = 792\text{J}$ 。

在完全非弹性碰撞的模型中当两物体共速时, 系统动能损失最多, 类比可知: 子弹和物体 A、物体 B 这两部分共速时它们的动能损失最多, 结合子弹、物体 A、B 和弹簧组成的系统机械能守恒, 可知此时弹簧的弹性势能最大。基于此, 考生要先利用系统的动量守恒求解共速时的速度  $(m_0 + m_1) v_1 = (m_0 + m_1 + m_2) v$ ,

再由机械能守恒定律得:

$$\frac{1}{2} (m_0 + m_1) v_1^2 = E_p + \frac{1}{2} (m_0 + m_1 + m_2) v^2$$

联立解得, 弹簧最大弹性势能  $E_p = 4\text{J}$ 。

由上述分析过程可见, 此类问题的破解之法大概可拆分为如下步骤:

**一是分过程, 定模型, 判守恒。**考生要先将全过程划分为单一物理场景 (如碰撞、板块、爆炸), 针对每个场景选好系统, 判断系统在某一方向动量是否守恒, 若守恒则写出守恒方程, 关联未知速度。

**二是析能量, 列方程。**考生要分析过程中能量的转化形式, 若为弹性碰撞则用动量+机械能守恒; 若为非弹性碰撞/板块模型, 用动量守恒+能量守恒 (动能损失=摩擦生热等); 若为反冲/爆炸模型, 则用动量守恒+能量守恒 (动能的增加量=其他能减少量) 避免遗漏能量去向。

**三是联方程, 解未知。**考生可联立动量和能量方程, 优先通过动量方程用已知量表示未知速度, 再代入能量方程, 减少变量, 快速求解 (如速度、质量、能量损失等)。

考生在后续复习中, 不妨以试题为镜, 用技巧为尺, 反复打磨“审题—建模—计算”的全流程, 力求精准把控制解题技巧, 将得分要点熟稔于心。当方法内化为习惯, 得分要点转化为解题直觉时, 相信考生定能在这一专题中稳拿分数, 为物理学科的整体突破筑牢根基。