

例谈假设法在动力学中的应用*

唐强 王小平

(成都市大弯中学校 四川 成都 610300)

(收稿日期:2018-11-06)

摘要:高中物理动力学问题中,变力和运动状态的多种可能性导致学生很难正确地对物体进行受力分析和运动过程分析.运用假设法,认为物体处于一种可能,不仅可以把不确定的条件转化为已知条件,而且可以有效排除错误结论,进而解决问题.

关键词:高中物理 动力学 假设法

假设法是一种重要的科学思维方法,当变化的物理量存在多种可能时,可以假设该变量处于其中一种情况^[1],并以此为条件进行推理,最后得出结论.其基本思维程序是:假设一种可能—把假设作为已知条件进行推理—判断假设是否成立,得出结论.

在动力学问题中,变力的不确定性和运动状态的多种可能性导致学生很难正确地对物体进行“受力分析”和“运动过程分析”,但若在这些问题中引入假设法,不仅可以巧妙地变“不确定的条件”为“已知条件”,同时又可以有效排除错误结论,从而解决问题.

1 利用假设法解决平衡与加速问题

假设法与状态分析法相结合是解决动力学问题的一种常用方法,其基本原理是:处于平衡状态的物体所受合力为零,而变速运动的物体,其合力必然与加速度的方向相同.当运动状态确定的情况下,可以假设未知力存在(或者不存在),通过受力分析来反推运动状态是否合理,若合理,则假设成立,若不合理,则假设不成立.

【例1】如图1所示,A,B的质量分别为 m 和 M ,A和B之间的动摩擦因数为 μ ,B与地面之间无摩擦,图1(a)两物体一起以速度 v 做匀速直线运动,图

1(b)中两物体一起以加速度 a 做匀加速直线运动,求图1(a)、(b)两图中A,B之间的摩擦力.

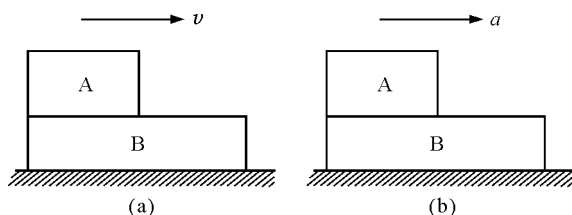


图1 例1题图

分析:图1(a)、(b)两图中A,B之间没有相对滑动,只可能存在静摩擦力.在图1(a)中,假设A,B之间存在摩擦力,则 f 必在水平方向上,通过受力分析,无法找出一个水平力来平衡 f ,因此假设不成立,说明A,B之间没有摩擦力;在图1(b)中,若A,B不存在静摩擦力,则没有力来提供水平加速度 a ,因此A,B间必然存在摩擦力且 $f=ma$.

2 利用假设法正确选择整体和隔离体

当研究问题中含有多个研究对象时,常用“整体隔离法”对物体进行受力分析.通常情况下,学生不难解决两个物体组成的系统,但在3个或者3个以上物体组成的系统中,由于研究对象的增加,以及系统中各个物体运动状态可能不同(在受力分析时,这些物体不能视为整体),因此,学生对于“整体和隔离体”的选择感到十分棘手.

* 成都市青白江区2018年规划课题“基于学科核心素养的物理校本课程和教材的开发与实践研究”的阶段性成果,项目编号:qbjk1802

作者简介:唐强(1983-),男,中教一级,主要从事高中物理教学工作.

通讯作者:王小平(1964-),男,中教高级,四川省特级教师,主要从事高中物理教学工作.

【例2】如图2所示, A, B, C 3个小球(可视为质点)的质量分别为 $m, 2m, 3m$, B 球带负电, 电荷量为 q , A 和 C 不带电(不考虑小球之间的电荷感应), 不可伸长的绝缘细线将3个小球连接起来, 悬挂在 O 点, 3个小球均处于竖直向上的匀强电场中, 场强大小为 E , 则剪断 OA 线瞬间, A, B, C 3个小球各自的加速度为多少?

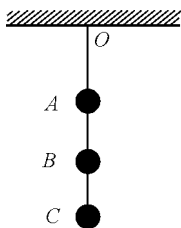


图2 例2题图

分析:假设 B 和 C 视为整体, 且与 A 的加速度不相同, 则由牛顿第二定律可知:

$$\text{对 } A \text{ 有} \quad mg = ma_1$$

$$\text{对 } BC \text{ 整体有} \quad 5mg + qE = 5ma_2$$

可判断, $a_2 > a_1$, 即 BC 整体一定比 A 下落得更快, A 与 B 之间的细线必然存在拉力, 假设不成立. 若 A 和 B 视为整体, 则可推出“ AB 整体的加速度大于 C 的加速度”, 因此 B 与 C 之间的细线没有弹力, 假设成立, 再利用牛顿第二定律便可解决问题.

在本题中, 求解加速度则必须受力分析, 但受力分析需要选择研究对象, 这是此题的难点, 但用假设法选择整体和隔离体, 并以此为突破口进行推理, 则可以巧妙地解决这个问题.

3 利用假设法解决变力问题

力是改变运动状态的原因, 当物体受力情况发生变化时, 其运动状态也可能发生变化, 若力和运动状态同时改变, 则受力分析和运动分析都会变得困难, 对于此类问题, 可以假设物体处于某一运动状态, 通过受力分析反证运动状态是否合理, 从而解决问题.

【例3】如图3所示, 竖直墙面与水平地面均光滑且绝缘, 两个带有同种电荷的小球 A 和 B 分别处于竖直墙面和水平地面, 且处于同一竖直平面内. 若用图示方向的水平推力 F 作用于小球 B , 则两球静止于图示位置, 如果将小球向左推动少许, 并待两球重新达到平衡时, 跟原来的状态相比()

- A. 推力 F 将增大
- B. 竖直墙面对小球 A 的弹力将变大
- C. 地面对小球 B 的支持力不变
- D. 两小球之间的距离变大

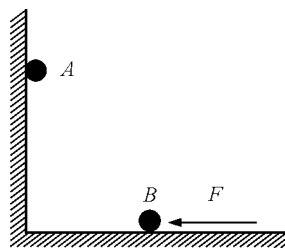


图3 例3分析图

分析: A, B 处于平衡状态, 设墙对 A 的弹力为 N_A , 地面对 B 的支持力为 N_B , A, B 间库仑力为 $F_{库}$, 与竖直方向夹角为 α , 则 AB 整体和 A 受力如图4所示, 由平衡条件可得, 对整体有

$$N_A = F \quad N_B = (m_A + m_B)g$$

$$\text{对 } A \text{ 有} \quad F_{库} \cos \alpha = m_A g \quad F_{库} \sin \alpha = N_A$$

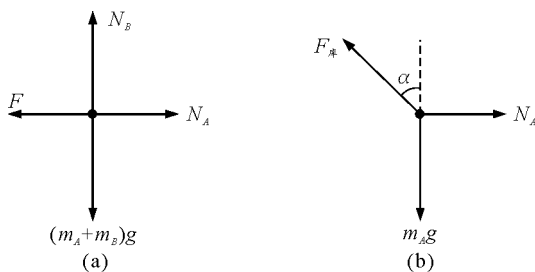


图4 例3分析图

可以判断选项 C 正确, 但是选项 A, B, D 却无法判断, 若再隔离 B , 结果也相同, 其根本原因在于: 小球 B 向左运动过程中, 无法判断库仑力及与竖直方向夹角 α 的变化情况. 但若“假设 A 保持静止”, 则可判断 A, B 之间的距离以及夹角 α 都减小, $F_{库} \cos \alpha$ 则必然变大, 可反推出 A 向上运动, 因此假设不成立. 进一步推理可得出: α 减小, 库仑力变小, A, B 间距变大, 竖直墙面对小球 A 的弹力将变小, 推力 F 减小.

反观分析过程可以发现, 本题的难点在于“库仑力变化”和“ A 的移动方向”未知, 而通过“假设 A 保持静止”, 便可判断库仑力的变化, 从而反推 A 的运动情况, 至此所有问题都可迎刃而解.

综上所述, 假设法不仅是解决问题的一种重要方法, 更是一种重要的科学思维方式, 当遇到“多可能性习题”的时候, “依据物理规律和事实提出合理的假设”^[2], 并把此假设作为已知条件进行推理, 便可通过“证实或证伪假设”来解决问题.

参考文献

- 1 颜勋. 假设法在中学物理教学中的应用. 中学物理, 2009(10): 24 ~ 27
- 2 王文宝. 论假设法动力学中的应用. 黔西南民族师范高等专科学校学报, 2008(12): 106 ~ 107, 122