

谈受力分析中的三个判据

杨成波

(贵州省水城矿业集团公司第一中学 553001)

受力分析是解决力学问题的前提和关键,渗透于高中物理各重要章节之中,往往是学生综合能力的体现.在一些平衡和动力学问题中,如果受力分析出现差错,则必将导致解题失败.怎样才能在受力分析中做到准确无误?这除了要明确受力分析的基本要求、了解受力分析的基本顺序、掌握各种力的产生条件和方向特征外,还必须掌握判断受力与否的三个判据.

条件判据——根据力的产生条件是否得以满足来判断受力与否

不同性质力的产生条件不同,在判断物体是否受到某种性质的力时,最基本的判断依据是这种力的产生条件:这种力的产生条件如得到满足,则物体必受这种力的作用;否则,物体就不会受此种力的作用.为此,我们要熟悉重力、弹力、摩擦力、电场力、洛伦兹力、安培力等的产生条件及其大小、方向的确定方法.

效果判据——根据力的作用效果是否得以表现来判断受力与否

有时某些力的产生条件是否得以满足很难判断,例如静摩擦力产生条件中的“相对运动趋势”就很微妙,在具体问题中有时很难说清物体间到底有没有相对运动趋势,有怎样的相对运动趋势.这时往往需要根据力的作用效果(力使受力物体发生形变;力使受力物体的运动状态发生变化)来判断物体是否受到某力的作用.效果判断依据的用法通常是假设方法,即先假设某个力存在,再以此为基础分析其效果是否得以表现,进而确定这个力是否存在.

特征判据——根据力的基本特征来判断受力与否

在根据力的产生条件和作用效果都很难判断物体是否受力的情况下,还可以根据力的基本特征(物体间力的作用总是相互的即总是成对出现的,且大小相等、方向相反)来间接地判断物体是否受到某种力的作用.

3. 图3中图线的截距有意义吗

从上述讨论可知,图3中纵坐标 x 应表示不同 T 内物体运动的位移.为分析方便,把图3中的纵坐标右移为图4所示.不难看出,图4中图线表达式为 $x = x_1 + kt = x_1 + aT \cdot t$.

当 $t=0$ 时 $x=x_1$,说明开始计时的第一段 T 内,物体运动位移是 x_1 .取

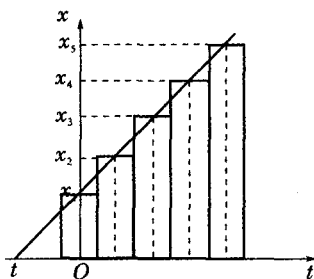


图4

$x=0$ 有截距 $t = -\sqrt{\frac{x_1}{a}}$,

说明开始计时时刻,物体已经运动了 $\sqrt{\frac{x_1}{a}}$ 时间;也就是说,

物体从静止开始运动了时间 $\sqrt{\frac{x_1}{a}}$ 之后,计时器才开始打上

述各图中的第一段纸带,此即图3图线截距的物理意义.

4. 其他图线能否替代 $v-t$ 图线

一次调研考试中,考题要求学生画出图2中的图

线,多数学生除了用图5中图线I表示替代的 $v-t$ 图线外,还有少数学生画出图5中的图线II或III等.图线II是每段纸带上第五点的连线,而图线III是每段纸带上第四点的连线.各段纸带上每五点的时间间隔也是 T .

设每段纸带第五点到第一点的长度分别为 $x_1, x_2, x_3, \dots$ 则 $x_2 - x_1 = x_3 - x_2 =$

$\dots = \frac{4}{5}aT^2$,这说明图线II也是一条直线.同理,若

设每段纸带第四点到第一点的长度分别为 $x_1, x_2, x_3, \dots$, 则 $x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = \dots = \frac{3}{5}aT^2$,这说明图线

III也是一条直线.

不难证明,相邻纸带的其他同个数点的连线也应是直线.因此,从方法上讲,图线II或III都可以替代 $v-t$ 图线,只是在计算加速度时,公式中的比例系数 k 不同而已.

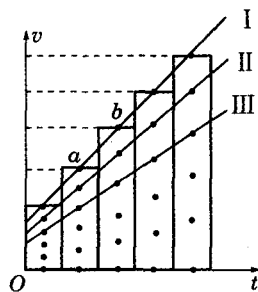


图5

例 1 如图 1,两物体 A、B 叠放于水平桌面,在水平拉力 F 的作用下以共同速度 v 一起向右匀速直线运动,试分析此过程中 A、B 两物的受力情况.

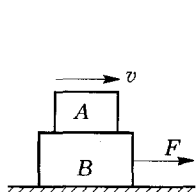


图 1

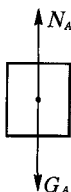


图 2

解析 先将 A、B 两物体隔离,对隔离研究对象 A 作受力分析.在竖直方向 A 受重力 G_A 和支持力 N_A 的作用,如图 2 所示.之所以作出上述判断,是因为上述两力的产生条件均得到满足——因 A 处在地球附近,故必被地球吸引而受重力 G_A ;又因 A 与 B 接触并对 B 有压力作用而使 B 发生了弹性形变,故弹性形变的 B 必对使之形变的 A 施加弹力,即 B 对 A 的支持力 N_A .在水平方向, A 是否受 B 施加的静摩擦力很难用“条件判据”判断,这是由于静摩擦力的产生条件之一“相对运动趋势”很难直接判断;对此,不妨先假设 A 在水平方向受静摩擦力 f_A 的作用,其方向只能如图 3(a)、(b) 所示两种情况,但考虑到该力作用会使物体的运动状态发生变化,借助于“效果判据”便易得知: A 在水平方向并不受静摩擦力 f_A 作用,这是因为图 3(a)、(b) 所示受力情况均不能使 A 发生题设匀速直线运动.

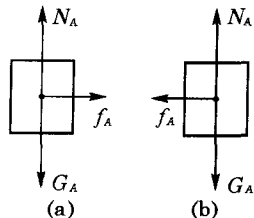


图 3

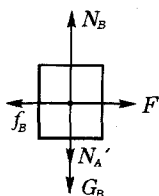


图 4

再对隔离研究对象 B 作受力分析.根据“条件判据”容易知道: B 受重力 G_B 、A 的压力 N_A' 、水平面的支持力 N_B 和滑动摩擦力 f_B 的作用;另外根据题设条件又知: B 还受水平向右的拉力 F ,如图 4 所示.但在判断 B 是否受 A 施加的静摩擦力 f_A' 时又将遇到麻烦:用“条件判据”判断相对运动趋势的有无难以直接得知,用“效果判据”判断 F 与 f_B 的大小关系也难以确定,因此我们不得不借助于“特征判据”来判断.由于力的作用总是相互的,既然前面已经判断出 B 并不给 A 施加静摩擦力 f_A ,那么 A 也不会给 B 施加反作用静摩擦力 f_A' .

至此, A、B 的受力情况分析完毕.受力图分别如图 2 和图 4 所示.

例 2 如图 5,完全相同的两物块 A、B 并列放在倾

角为 θ 的粗糙斜面上,由静止释放后一起沿斜面滑下;如图 6 所示,两物块 C、D 叠放在光滑斜面上,由静止释放后一起沿斜面滑下, C、D 间接触面粗糙,且与斜面平行.试分析 A、B、C、D 的受力情况.

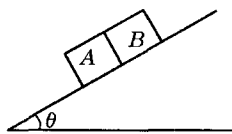


图 5

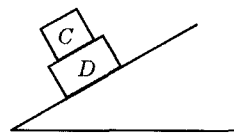


图 6

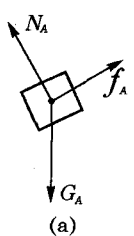
解析 此题的分析关键在于: A、B 间是否有弹力作用; C、D 间是否有摩擦力作用.

A、B 物块除重力和斜面弹力以及滑动摩擦力可用“条件判据”作出判断外,相互间是否存在弹力则无法用“条件判据”直接判断,因为 A、B 间的接触是否会因挤、压而产生弹性形变而难以直接弄清.不妨假设 A、B 间存在相互的弹力 N ,又由题设条件知斜面与 A、B 间的动摩擦因数相同,于是 A、B 沿斜面下滑的加速度大小分别为

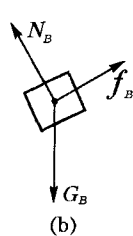
$$a_A = g(\sin \theta - \mu \cos \theta) + \frac{N}{m},$$

$$a_B = g(\sin \theta - \mu \cos \theta) - \frac{N}{m}.$$

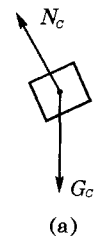
显然,若 A、B 间有弹力 N ,会使 $a_A > a_B$,则导致 A、B 分离.借助于“效果判据”可知: A、B 间不存在相互的弹力 N 作用,其受力情况分别如图 7(a)和(b)所示.



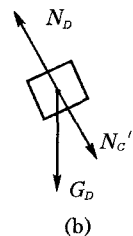
(a)



(b)



(a)



(b)

图 7

图 8

同理, C 所受重力和支持力以及 D 所受重力、压力、支持力均可用“条件判据”作出判断.而 C 与 D 间是否存在相互的静摩擦力,仍可用“假设”法来判断:假设 C、D 间存在相互作用的静摩擦力,则此假设必将导致 C、D 的运动加速度不等而产生相对滑动,进而借助于“效果判据”便可知道 C、D 间并不存在相互静摩擦力,其受力情况分别如图 8(a)和(b)所示.

从上述分析中可体会到:在受力分析中判断某一个或某一种力的存在与否,常要用到条件判据、效果判据和特征判据;但仅凭力的产生条件来判断受力与否,在很多情况下是难以实现的.总之,完美的受力分析并非一日之功,只有在练习实践中不断摸索、总结规律,方可真正掌握!