

# 谈高一学生运用牛顿第二定律解决问题的思维障碍

谢素荣

(无锡外国语学校 江苏 无锡 214131)

(收稿日期:2015-03-24)

**摘要:**教师在教学中,要努力创造条件让学生思维充分暴露,如有针对性地编制易错题,先让学生犯错,对易错题的纠错,通过师生的互动交流、学生的分组讨论、个人自查等方法寻找错误,分析原因,让学生在交流讨论中思维碰撞,在纠错中吸取教训,从而促进学生分析问题和解决问题能力的提高。

**关键词:**受力分析 牛顿第二定律 案例分析

牛顿第二定律是整个力学知识的核心和基础,而它的研究思想和分析方法则贯穿于整个物理学知识中.牛顿第二定律是高考的热点和重点,所以对牛顿第二定律内容的深刻理解、准确把握是提高学生分析问题和解决问题能力的要求.对高一新生来说该内容是个难点,学生有几个极易犯的错误,现作一些分析如下.

## 1 凭经验 多画力

**【例1】**如图1所示,重为100 N的物体A沿倾角为 $30^\circ$ 的斜面向上滑动.斜面对物体A的摩擦力大小为10 N( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ),画出物体A的受力分析图,求物体的加速度.

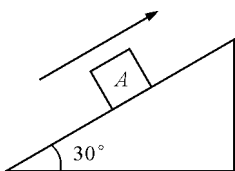


图1

**错解1:**受力分析如图2所示.

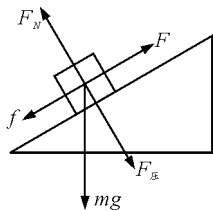


图2

**分析:**典型的受生活经验的制约,认为运动需要外力维持,沿斜面向上运动必然受到沿斜面向上的力.然后是研究对象不明确,压力是物体施加给斜面

的力,而不是物体受到的力.

**错解2:**由牛顿第二定律得

$$mg \sin \theta + f = ma$$

$$f = \mu mg$$

**分析:**凭感觉和记忆认为 $f = \mu mg$ ,没有正确的分解力和列出方程.在这里可以让学生证明物体对斜面的压力为

$$F'_N = mg \cos \theta$$

证明如下:

由二力平衡得

$$F_N = mg \cos \theta$$

由牛顿第三定律 $F_N = F'_N$ ,则

$$F'_N = mg \cos \theta$$

这样可以有效地帮助学生纠正错误.

**正解:**如图3由牛顿第二定律得

$$mg \sin \theta + f = ma$$

$$f = \mu mg \cos \theta$$

解得

$$a = 6 \text{ m/s}^2$$

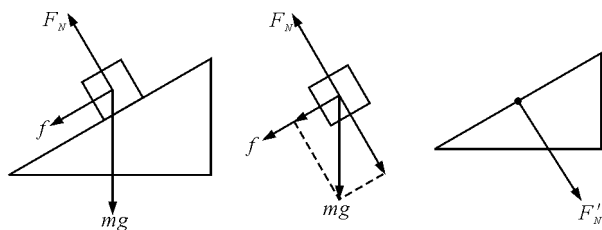


图3

**【例2】**如图4所示,质量 $M = 60 \text{ kg}$ 的人通过光滑的定滑轮用绳拉着 $m = 20 \text{ kg}$ 的物体,当物体以加速度 $a = 5 \text{ m/s}^2$ 上升时,求人地对地面压力为多大?  
( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

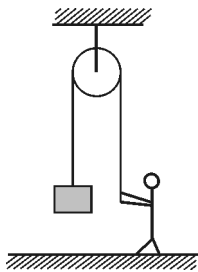


图4

错解:如图5(a)所示.

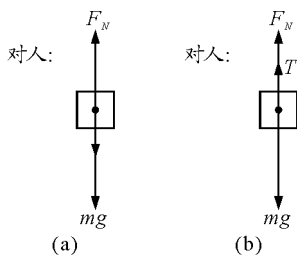


图5

分析:凭感觉人往下拉绳子,绳子受的拉力就是向下的,画出如图所示的错误的受力分析图.对连接体问题没有明确研究对象.

解析:人站在地面上,匀加速拉升物体,同时绳子也有个力拉人,这个拉力是竖直向上的.由牛顿第二定律可求出绳子的拉力,从而对人受力分析,由平衡条件可求出人受地面的支持力,最后由牛顿第三定律可得出人对地面的压力大小.

先研究物体,若以加速度  $5 \text{ m/s}^2$  匀加速被拉升,受力分析如图5(b).重力与绳子的拉力,则有

$$F - mg = ma$$

得

$$F = m(g + a) = 300 \text{ N}$$

再研究人,受力分析,重力、绳子拉力、支持力,当处于平衡状态时,则有

$$Mg = F + F_{\text{支}}$$

解得

$$F_{\text{支}} = 600 \text{ N} - 300 \text{ N} = 300 \text{ N}$$

由牛顿第三定律可得

$$F_{\text{压}} = 300 \text{ N}$$

虽然压力是地面所受,但应该选人作为研究对象;要知道绳子的拉力,则必须选中物体为研究对象由牛顿运动定律方可求出.所以此题渗透如何合理选择研究对象的思想.

## 2 缺方法 少画力

【例3】如图6所示,质量  $m = 4 \text{ kg}$  的小物块在与水平方向成  $\theta = 37^\circ$  角的恒力  $F$  作用下,从静止开始向右做匀加速运动,已知小物块与水平地面间的动摩擦因数为  $\mu = 0.5$ . 经过  $t_1 = 2 \text{ s}$  后撤去恒力  $F$ ,小物块继续向前运动  $t_2 = 4 \text{ s}$  后停下.重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ . ( $\sin 53^\circ = 0.8$ ,  $\cos 53^\circ = 0.6$ ) 求:

- (1) 恒力  $F$  的大小;
- (2) 小物块的总位移  $x$ .

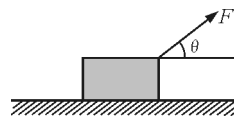


图6

错解1(节选):受力分析如图7(a)

$$F_2 = \mu F_N = \mu mg = 0.5 \times 4 \times 10 \text{ N} = 20 \text{ N}$$

$$F = \frac{F_2}{\cos 37^\circ} = \frac{20}{0.8} \text{ N} = 25 \text{ N}$$

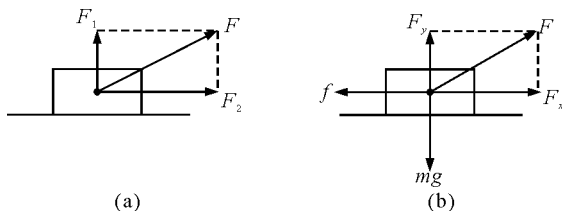


图7

错解2:(1) 受力分析如图7(b):

由于在竖直方向受力平衡,所以

$$F_y = mg = 40 \text{ N}$$

则

$$F = \frac{F_y}{\sin 37^\circ} = \frac{200}{3} \text{ N} = 66.7 \text{ N}$$

$$F_x = F \cos 37^\circ = \frac{160}{3} \text{ N}$$

$$f = \mu F_N = \mu F_y = 0.5 \times 40 \text{ N} = 20 \text{ N}$$

根据牛顿第二定律

$$a_1 = \frac{F_x - f}{m} = \frac{25}{3} \text{ m/s}^2$$

分析:两解都未能正确的受力分析,没有很好地理解力的分解从而导致错误,二者都没有利用牛顿第二定律正确列方程.

解:(1) 受力分析如图8,设力  $F$  撤去之前物体的加速度为  $a_1$ ,  $t_1$  秒末物体的速度为  $v$ ,根据牛顿第

二定律可得

$$F \cos \theta - \mu(mg - F \sin \theta) = ma_1$$

由运动学公式得

$$v = a_1 t_1$$

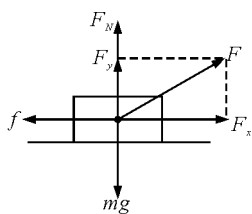


图 8

设力  $F$  撤去之后物体的加速度大小为  $a_2$ , 根据牛顿第二定律可得

$$\mu mg = ma_2$$

由运动学公式得

$$v = a_2 t_2$$

联立以上各式得

$$F = 54.5 \text{ N}$$

(2) 设  $t_1$  秒内物体的位移为  $x_1$ ,  $t_2$  秒内物体的位移为  $x_2$ .

由上解得

$$a_1 = 10 \text{ m/s}^2 \quad a_2 = 5 \text{ m/s}^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

所以物体的总位移

$$x = x_1 + x_2 = 60 \text{ m}$$

### 3 负迁移 创造力

仍以例 2 为例.

错解: 受力如图 9: 由牛顿第二定律得

$$F + ma - mg = 0$$

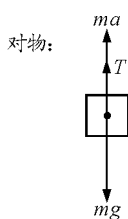


图 9

分析: 未理解牛顿第二定律,  $F_{\text{合}} = ma$  是实验得到的,  $ma$  并不是一个力, 未理解等式两边的意义,

与平衡条件混在一起.

### 4 想当然 少条件

【例 4】如图 10 所示,  $P$  和  $Q$  两物块的质量分别为  $2m$  和  $m$ , 静止叠放在水平地面上.  $P$  和  $Q$  间的动摩擦因数为  $\mu$ ,  $Q$  与地面间的动摩擦因数为  $\frac{1}{2}\mu$ . 最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 重力加速度为  $g$ . 现对  $P$  施加一水平拉力  $F$ , 则

A. 当  $F < 2\mu mg$  时,  $P$  和  $Q$  都相对地面静止

B. 当  $F = \frac{5}{2}\mu mg$  时,  $P$  的加速度为  $\frac{1}{3}\mu g$

C. 当  $F > 3\mu mg$  时,  $P$  相对  $Q$  滑动

D. 无论  $F$  为何值,  $Q$  的加速度不会超过  $\frac{1}{2}\mu g$

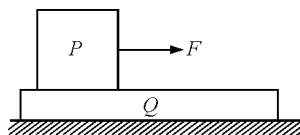


图 10

错解: 选 A, 认为  $P$  和  $Q$  间的最大静摩擦力是  $P$  和  $Q$  相对地面静止的临界条件.

漏选 B 和 C, 总认为  $F > 2\mu mg$  时,  $P$  和  $Q$  间发生了相对滑动, 导致错误.

漏选 D 的认为  $F$  越大  $P$  的加速度就越大, “带动”  $Q$  的力就越大,  $Q$  的加速度就越大.

分析: 本题学生有一错误观念, 总以为拉力大于最大静摩擦力, 两物体就会分离. 本题有两个临界条件, 将临界条件与原来的错误观念对比, 做到真正理解临界条件.

解析:  $PQ$  之间的最大静摩擦力为

$$f_1 = \mu m_P g = 2\mu mg$$

$Q$  与地面间的最大静摩擦力为

$$f_2 = \mu(m_P + m_Q)g = \frac{3}{2}\mu mg$$

由于  $f_1 > f_2$ , 随着拉力  $F$  的增大, 两物块由静止开始以共同的加速度运动, 随  $F$  的增大,  $P$  和  $Q$  之间发生相对滑动,

当  $F \leq f_2 = \frac{3}{2}\mu mg$  时, 两物体静止不动.

当  $P$  和  $Q$  之间发生相对滑动时, 由牛顿运动定律得

(下转第 57 页)

### 3 实验步骤

(1) 闭合电磁铁所在电路,在斜槽轨道两端电磁铁衔铁处分别放置两个小球,左端为实验球 A,右端为检验球 O;断开开关,释放两球,两球在水平轨道某处相撞;用标杆标记相撞位置。

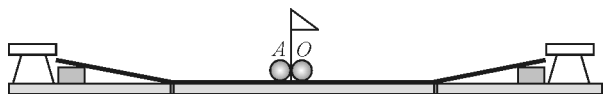


图 3

(2) 重复步骤(1),检查、调整标杆位置,并在后面的步骤中不再移动标杆位置。

(3) 用质量较大的 B 球代替 A 球,重复步骤(1);观察到 B 和 O 两球也在标杆处相撞;

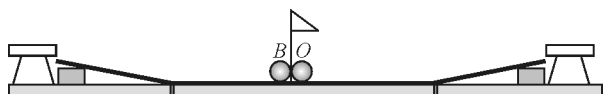


图 4

(4) 用质量更大的 C 球代替 B 球,重复步骤(1);观察到 C 和 O 两球依然在标杆处相撞。

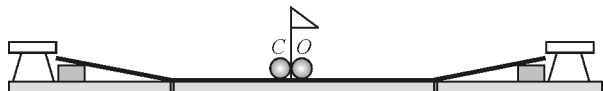


图 5

### 4 分析与结论

每个实验步骤中,同一检验球 O 都从同一斜面同一高度处由静止滚下,因此各次实验中检验球 O 的运动都是相同的;不同质量的小球 A, B, C 均与 O 球在相同位置相遇,说明 A, B, C 3 个小球的运动也是相同的;由此就证明了“不同质量的小球从同一光滑斜面同一高度处由静止滚下,到达斜面底端时速度相等”。

### 5 结语

(1) 3 个实验球 A, B, C, 由于质量不同,其体积也不同;在实验过程中,由于体积较大,大球比小球位置靠前,造成大球与检验球 O 的碰撞位置比标记位置稍靠右一些.如果能够找到空心钢球,使小球外观相同,实验效果更好。

(2) 增加一个可在槽内滑动的小滑块,本套实验装置可以完成整套“探究物体的动能跟哪些因素有关”实验;添加毛巾、棉布,并把斜槽轨道一端放平,可完成“阻力对物体运动的影响”实验,实验效果都非常好。

(上接第 37 页)

对 P

$$F - 2\mu mg = 2ma_P$$

对 Q

$$2\mu mg - \frac{3}{2}\mu mg = ma_Q$$

解得

$$a_P = \frac{F}{2m} - \mu g \quad a_Q = \frac{1}{2}\mu g$$

刚好发生相对滑动时 P 和 Q 间的摩擦力达到最大静摩擦力

$$f_1 = 2\mu mg \quad a_P = a_Q$$

解得

$$F = 3\mu mg$$

当  $F > 3\mu mg$  时, P 和 Q 相对滑动,且

$$F - \frac{3}{2}\mu mg = (2m + m)a_{PQ}$$

$$a_{PQ} = \frac{F}{3m} - \frac{1}{2}\mu g$$

综上分析就可判断正确答案 B, C, D。

虽然学生的错误千差万别,但易错情形有其共性的原因,主要是受力分析受生活经历的制约,物理过程认识片面.学习物理不能凭感觉,物乃研究的对象,理乃说理,要重视理解,重视对物理过程的细节和变化的分析.教师教学中要给学生更多的机会展示,多听听学生的心声,从而走进学生的困难,走进学生的心灵才能达到师生共赢。

### 参考文献

- 1 吴劲松.利用“绳球模型”组题分析学生易错原因.物理教学,2014(5):69~71