

## 功和能的系统性

陈敏华

(浙江省绍兴县教育局教研室, 浙江绍兴, 312000)

**【摘要】**功和能是两个密切相关的概念,它们又与系统这一概念有密切的联系。在功和能的教学中,常常忽视功和能的系统性,使学生在解决功和能的问题时不习惯于先确定系统,影响了对有关问题的正确理解。

功是一个与能量密切相关的概念。能量从一个系统流到另一个系统而形成能流,因而能量的系统性是显而易见的。在功的教学中,我们经常强调的是功的公式  $W = Fs \cos \theta$ 。在功的公式中,我们看不出功与能的关系,从而忽视了功的系统性。由于我们在教学中忽视了功和能的系统性,使学生在解决功和能的问题时不习惯于先确定系统,不明确什么系统对什么系统做功(或能量从什么系统流入什么系统)。他们认为“力做功”,而没有意识到真正会做功的只有物体(或叫系统),而不是力。

那么,力与能量有什么关系?能量是实物型量(substance-like quantity)<sup>[1]</sup>。能量在流动时总与别的实物型物理量同时流动。我们把这种和能量一起流动的实物型物理量叫做能量携带者(energy carrier)<sup>[2]</sup>。动量、电量、熵都是能量携带者。能量由一种携带者传给另一种携带者时,能量本身并没有改变。所以能量不能被转化,而只能被传递。功是能量从一个系统到另一个系统的传递(transfer)<sup>[3]</sup>。

总之,在教学中我们要关注功和能的系统性,同时要关注能量的传递性(或不可转化性)。

下面我们用工和能的系统性来分析学生所产生的有关困惑。

**例 1:**有人将一小球匀速地提高到某一高度。对这一过程学生一般是这样分析的:因为小球做匀速直线运动,所以小球受到人对它的拉力和小球的重力大小相等、方向相反,作用在小球上的合力为 0,对小球做的总功也为 0。所以根据功和能的关系,小球的能量不会有变化。但学生又发现小球因为在上升而势能在增加。学生感到困惑,这增加的势能与什么功有关呢?如果与重力的功有关,可是重力的功已经包含在总功中了。

学生产生这一困惑的原因是在应用功能关系时没有明确以什么为系统。如果以小球为系统,地球对小球做的功在数量上等于人对小球做的功,所以小球的能量保持不变。小球的速度不变,因而小球的动能不变。对单独一个小球是不能定义势能的,因而无所谓小球的势能在增加。那么,从人流向小球的能量到哪里去了呢?事实上,从人流向小球的能量流到了引力场。确切地说,这个能叫做“引力能”,而不能叫做“小球的势能”。如果以小球、地球和它们之间的引力场为系统,我们发现只有人对系统在做功。这个功使系统的势能增加,它等于以小球为系统时地球对小球做的功。这势能是小球和地球共同具有的。

**例 2:**一个小球自由下落。对这一过程学生一般是这样分析的:小球在下落过程中地球对它做功,根据动能定理,它的动能增加,因而它的机械能增加。小球在下落过程中势能在减少,根据机械能守恒定律,减少的势能等于增加的动能,小球的机械能守恒。学生感到困惑,动能定理和机械能守恒定律怎么相矛盾了?

学生产生这一困惑的原因也是没有明确以什么为系统。如果以小球为系统,小球的机械能只有动能,它的机械能确实在增加。如果以小球、地球和引力场为系统,外界没有对这个系统做功,因而这个系统的能量不变,小球增加的动能等于这个系统减少的势能。

下面几个习题可以帮助学生进一步弄清功和能的系统性。

1. 有人将一小球匀速地从  $H_1$  提高到  $H_2$ 。若以小球为系统,则

- A. 系统的势能增加。                      B. 系统的动能减少。  
C. 地球对系统做负功。                    D. 人对系统做负功。  
E. 小球的能量在增加。

2. 上题中,若以小球和地球为系统,则

- A. 系统的势能增加。                      B. 系统的动能减少。  
C. 地球对系统做负功。                    D. 人对系统做负功。  
E. 小球的能量在增加。

3. 有人将 1 kg 的一杯水匀速提高 1 m。对这杯水做的总功为

- A. 10 J                      B. -10 J                      C. 0 J

4. 上题中,以这杯水和地球为系统,对这个系统做的总功为

- A. 10 J                      B. -10 J                      C. 0 J

5. 一个 1 kg 的小球从 1 m 高处自由下落。在刚下落到地面之前的过程中,小球对地球做的功为

- A. 10 J                      B. -10 J                      C. 0 J

6. 上题中,地球对小球做的功为

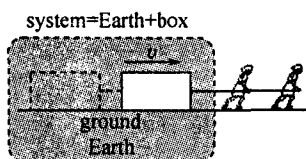
- A. 10 J                      B. -10 J                      C. 0 J

7. 例 5 中,以地球和小球为系统,对这个系统做的功为

- A. 10 J                      B. -10 J                      C. 0 J

8. 如图,某人沿地面匀速拉一箱子。如果把地球和箱子看作为一个系统,那么,人对系统做的功

- A. 为零。                      B. 不为零。



答案 1. C 2. A 3. C 4. A 5. A 6. A 7. C 8. B)

我们不但要关注功和能的系统性,还要关注其他实物型量的系统性。根据牛顿第二定律,力是动量流,因为动量是可以流动的,所以力也是实物型物理量。如第 8 题<sup>[4]</sup>中,如果我们用系统的观点来分析就容易看出人对系统的净力为零。总之,我们必须用系统的方法来处理能量(或功)、动量(和力)、电量(和电流)、熵(和熵流)等实物型物理量。

### 参考文献

- [1]G. Bruno Schmid, An up-to-date approach to physics, Am. J. Phys., Vol. 52, No. 9, Sep., 1984, p794  
[2]G. Falk, F. Herrmann and G. Bruno Schmid, Energy form or energy carrier? Am. J. Phys. Vol. 51, No. 12, Dec., 1983, p1074  
[3]J. Thewlis, Concise Dictionary of Physics and related subjects, Pergamon Press, 1979, p360  
[4]Eric Mazur, Peer Instruction: A user's Manual, Prentice Hall, 1997