

# 以质量为例剖析学生的认知策略

朱利军 俞立先

(苏州大学物理系 江苏 215006)

学生的认知过程是一个由浅入深、由易到难的过程。学习是累积性的,较复杂、较高级的学习是建立在基础性学习基础上的,每一类学习都是以前一类学习为前提的,迁移是累积学习模式的一个重要特征。纵向迁移是其中的一种,指的是在某种理智技能的基础上学习更高级的理智技能。著名心理学家皮亚杰勾画的认识的螺旋图,是一个倒置的圆锥,认识的螺旋沿圆锥内壁不断上升,它是开放性的,而且开口越来越大。但是在教学中我们发现,当学生所学的知识技能不断趋向复杂时,认识的螺旋不再那么理想,甚至会出现断点,特别是当学生由高中进入大学学习时,这种现象尤为明显。

在华东地区初中物理教材编写协作组编写的初二物理教科书中,质量是这样被定义的,物体所含物质的多少叫质量。“所含物质”究竟指什么?它的涵义是含混不清的,它既不是指物体中所含分子、原子的数量,也不是指物体所含物质的摩尔数或者说“物质的量”。这只是一通俗的、粗浅的表述,但它具

有可操作性,可通过天平来测出物体所含物质的多少,因此,初学者较容易接受和理解。这样一来,有助于学生有效地学得概念,在学生的头脑中对质量就有了一个初步的概念。概念是思维的核心,著名心理学家布鲁纳对概念形成与概念获得作了区分。概念形成是指学生知道某些东西属于这一类别,其他东西不属于这一类别;而概念获得则指学生能够发现可用来区别某一类别的成员与非同这一类别的事物的各种属性。至此学生只是形成了概念,而未获得概念。

学生到高中学习了牛顿第二运动定律后,知道不同物体在相等外力作用下,物体加速度与物体质量之间呈反比关系。在这里质量是由物体受到的力和由此产生的加速度之比来定义的,这里的质量是以物体反抗外力的加速度的一种“阻力”的面貌出现的,这就是通常所说的惯性质量,这一质量是惯性大小的量度。设物体  $A$  和  $B$  的惯性质量分别为  $m_A$  和  $m_B$ ,在相同力  $F$  的作用下获得的加速度分别为  $a_A$

的“半波与全波整流滤波电路”进行如下检测:(1)半波与全波所输出的电压波形、电压值及周期,(2)某个二极管击穿时输出电压波形,(3)某个二极管断路时输出电压波形,(4)电容断路时输出电压波形;并对上述系列故障的输出电压值及波形进行记录描绘。

优点:学生要通过说明书来具体了解示波器各旋钮的功能,提高了学生学习的主动性。随着实验室仪器的损坏和不断补充,解决了仪器型号繁杂,教师难以逐个讲解的难题,新旧仪器得到了充分利用,也解决了教材赶不上示波器更新速度的问题。教会了学生使用说明书使用不同型号示波器的方法。因为是检测学生组装的电路,所以学生实验的积极性特别高,加深了示波器具体应用的印象。

### 三、设置障碍法

即在实验中故意设置一些障碍,让学生自己去解决。

#### 例4 伏安法测电阻

问题:学生在已经准备好的仪器和教师的指导下完成实验,学生对各种仪表的性能及对实验结果

的印象不深。

解决方案:在弄清“内接法”和“外接法”的测量方法之后,要求学生自己根据实验室提供的各种仪表及参数,选择所用仪表进行电路连接和实际测量,并分析实验误差。实验前提出问题:“内接法”和“外接法”的适用条件,表的量程、等级、阻抗对测量结果的影响。

优点:在仪表的选取中需要考虑电表的量程、等级、内阻大小,及电源最高输出电压多少为宜等。改变过去一切由教师包办,给学生提供了用所学知识解决具体问题的机会;不仅使学生对“内、外接法”的适用条件认识更深刻,而且增加了对电表基本知识的了解。

非物理专业的普通物理实验学时和实验项目都相对较少,在原有基础上作适当改革,不仅使实验的综合性和设计性水平得到巨大的提高,而且充分利用了现有仪器设备,同时调动了学生实验的积极性,教学效果有了明显提高。从我们的实践中可以看出,改革原有实验项目对提高学生动手、动脑能力有显著作用。希望大家和我们一起努力在现有的实验项目上设计出综合性、设计性水平更高的方法。

和  $ab$ , 则  $F = m_{AA}A$ ,  $F = m_{BA}B$ ;  $m_{AA} = m_{BA}B$ ,  
 $m_A : m_B = a_A : a_B$

用一选定的标准为惯性质量的标准, 其他物体的惯性质量的大小, 可根据上述关系式, 用测量加速度的办法和标准物体的惯性质量加以比较得出。

当物体受到重力下落时, 物体的质量也可以由物体的重量来量度, 这就是重力质量。设质量分别为  $m_A$ 、 $m_B$  的物体, 在同一地点受到的重力分别为  $G_A$ 、 $G_B$ , 则

$$G_A = m_A g, G_B = m_B g; m_A : m_B = G_A : G_B$$

同样, 我们用一选定的标准为重力质量的标准, 则其他物体的重力质量可根据上式, 用测量重力的方法和标准体的重力质量加以比较得出。

物体都是引力场的源泉, 都能产生引力场, 也都受引力场的作用。通过万有引力定律将物体的这一属性表现出来:

$$F = Gm_1m_2/r^2$$

其中  $m_1$  和  $m_2$  代表两个物体各自产生引力场和受引力场作用的本领, 也叫做两物体各自的“引力质量”。这里质量被定义为引力质量, 被描述为度量物体间引力作用大小的物理量。设两物体的引力质量分别为  $m_1$  和  $m_2$ , 它们各自距质量为  $m_3$  的第三个物体相同距离  $r$  时受到的引力的大小分别为  $F_1$  和  $F_2$ , 则

$$F_1 = G \frac{m_1m_3}{r^2}, F_2 = G \frac{m_2m_3}{r^2}; m_1 : m_2 = F_1 : F_2$$

同样, 我们选定其中任一物体的引力质量为引力质量的单位, 则其他物体的引力质量就能由上述关系, 加以比较得出。重力质量和引力质量产生的原因相同, 重力质量包含于引力质量中, 实际上, 重力质量就是引力质量。惯性质量和引力质量的定义虽然不同, 但当使用适当的单位时, 同一物体的惯性质量等于它的引力质量。至此学生已初步获得了质量概念, 知道了惯性质量和引力质量、重力质量和引力质量的关系, 认知的螺旋继续向上延伸。

上述惯性质量和引力质量两种不同的定义却导致了物体质量的同一数值, 根据这条原理, 质量是物质的一个基本性质, 在大学的物理教科书中, 学生学习了牛顿力学后知道, 当物体的质量一旦确定, 无论物体处于静止或运动状态, 其质量是一个恒量。然而狭义相对论指出, 物体的质量与运动速度有关, 它不是一个恒量, 其关系为

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

式中  $m_0$  为物体相对于观察者静止的质量, 称为静

质量。  $m$  表示物体相对于观察者以速率  $v$  运动时所测得的质量, 称为观察质量。由公式可见, 当  $v \ll c$  时, 有  $m \approx m_0$ , 即低速时物体质量不变可以看成是高速时的极限情况。

其实学生在学习了牛顿第二定律后就应该知道, 质量是改变物体运动速度难易程度的度量, 物体的质量越大, 那么它的速度必定很难改变, 到此学生就可以很好地理解质量的确和速度有关, 质量会随着速度变化并当速度不断增加时会变得非常巨大, 换句话说, 当物体的速度变大时, 进一步提高它的速度的困难程度就会增加, 当速度趋于光速时, 若其质量趋于无穷大, 那么无论加多大的力, 也不能加速, 由此可以更好地理解光速是自然界的极限速度, 没有物体能超光速运动。因此, 我们要注意概念改变时的恰当过渡以及它的物理意义。

在广义相对论里, 爱因斯坦的引力理论指出, 质量会引起局部的时空发生弯曲。按照爱因斯坦的理论, 在弯曲时空中的物体具有比它在平坦时空中更多的能量, 而因为它有更多的能量, 也就有了更多的质量, 这是根据爱因斯坦得出的另一个结果  $E = mc^2$ , 由于这个物体有了更多的质量, 它就会使时空更加弯曲, 这就是爱因斯坦引力理论中一种不稳定的反馈效应。

当爱因斯坦的相对论时空观在 20 世纪初取代了牛顿的绝对时空理论后, 物理学中的一些重要观念也发生了深刻的变化。这在一定程度上造成了学生认知螺旋上升的缓慢以及出现的断点。因此, 我们的物理教育应该鲜明地反映这样的改变, 在由上述对质量的分析中, 我们已看到了这种改变, 那么如何有效地在物理教育中促进这种改变呢? 譬如, 我们可以在中学和大学的力学课程中增加一些诸如横渡河流、相向或相对运动之类的题目, 让学生自觉或不自觉地运用相对论的某些知识解决问题。

总之, 科学在发展, 认识也在不断深化和更新。为了促进学生的认知能更好地实现纵向迁移, 作为物理教育的内容, 要体现明显的现代性, 这不仅是指新内容和新方法对原有内容和方法的替代和更新, 而且也指对经典物理学内容的现代理解和认识; 作为教师, 更需强调简单的知识技能与复杂的知识技能、新旧知识技能之间的联系, 教师要促进学生把已学过的内容迁移到新的学习内容上去。教师的提问或简单提示, 有利于学生利用已有知识, 学习新的、比较复杂的内容。