



建构新旧知识之联系 提升科学思维之素养^{*}

——从“力的合成与分解”谈起

帅厚梅 鲁 信

(扬州市新华中学 江苏 扬州 225009)

(收稿日期:2017-01-02)

摘 要:以“力的合成与分解”为例,结合笔者的教学实践,谈谈如何从学生已有的知识出发引导学生感悟“力的合成与分解原因”,以期通过这种方式,引导学生完成新知识的建构,并能提升学生的求知欲和科学思维这一核心素养.

关键词:建构主义 力的合成与分解 核心素养

建构主义理论认为,学习是在原有经验的基础上主动进行意义建构的过程.因此,教师要引导学生从原有的知识经验中“生长”出新的知识经验.对于学生未知的物理规律,教师在课堂上要重视这些新规律的形成过程,要尽可能引导学生“经历”物理概念、物理规律的产生过程,让学生不仅“知其然”,更“知其所以然”.这样不仅可以避免使学生产生物理定律是“突如其来”的感觉,还可以激发学生的学习兴趣,吸引学生的课堂注意力,提高学生的求知欲望,从而潜移默化地培养学生分析问题以及解决问题的能力,提高学生的科学思维这一核心素养.

力的合成与分解贯穿于整个力学,是整个物理学的基础.无论是教材编写还是教师授课,往往关注“如何进行力的合成与分解”比较多,而忽视了引导学生分析和感悟“为什么要进行力的合成与分解”.下面笔者结合自己的教学实践,就“如何引导学生感悟力的合成与分解的原因”,谈谈自己的粗浅看法,以期抛砖引玉.

1 感悟“力的合成”原因

教科版《物理·必修1》“力的合成”这一节,首先通过一个事例说明力的合成,如图1所示,“力 F 的作用效果与力 F_1 和 F_2 共同作用的效果相同,我们就称 F 为 F_1 和 F_2 的合力, F_1 和 F_2 为 F 的分力.求几个力的合力叫做力的合成.”如果教师在授课时“照本宣科”,学生会觉得“力的合成”是一个全新的知识,“突如其来”,对“为什么要进行力的合成”

感受不深.因此,在讲授“力的合成”之前不妨先设置一个问题情境.

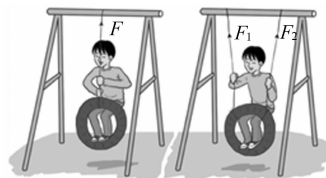


图1 “力的合成”事例

借用书上的图,如图1所示,“设小男孩的质量为50 kg,重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$,不计轮胎的重力,则左图中绳上拉力是多大?”对于这个问题,学生容易回答出来是500 N,因为学生在初中时已经掌握了二力平衡的问题.接着再问学生:“右图中两根绳上的拉力分别是多大?”这时多数学生会“自信地”认为绳上拉力各等于250 N(即将重力大小平均分).对于这一答案,教师可以先不予评价,而是通过一个模拟实验,让学生自己总结答案.模拟实验:用一个弹簧测力计拉动一组钩码,静止在空中,然后再用两个弹簧测力计互成任意角度地拉动同一组钩码,保持静止.用两个弹簧测力计拉时,多找几组不同的角度进行实验,并将实验数据以表格的形式记录下来.通过这个实验学生会比较直观地认识到,两个弹簧测力计的示数并不是如他们所猜想那样将重力大小平均分.同时,学生也意识到三力平衡并不像二力平衡那么简单,那么如何攻克这一难题呢?由此激发学生的学习热情和求知欲.

在此基础上,教师再引导学生思考:“二力平衡

^{*} 江苏省中小学教学研究第十一期课题“基于问题的中学物理‘对话·体悟’式教学研究与实践”的阶段性研究成果,项目编号:2015JK11-

问题我们已经会解决,那么我们能否想办法将三力平衡问题转化成二力平衡问题呢?”通过这样的问题,可以引导学生尝试从旧知识出发想办法解决新问题.当学生出现思维障碍时,教师再引导学生从力的作用效果方面来进行分析,也就是说, F_1 和 F_2 可以用 F 来等效替代,即 F_1 和 F_2 与 F 是等效替代的关系,从而引出“合力”与“分力”的概念.继续讨论如图1所示的情境:如图2所示,我们已经知道 F 与 G 的关系,如果能再找出 F 与 F_1 和 F_2 的关系,那么就可以找出 F_1 和 F_2 与 G 的关系了,即以 F 为纽带建立 F_1 和 F_2 与 G 的关系.由此明确接下来的实验探究目的:探究 F 与 F_1 和 F_2 的关系,即探究合力与分力之间所遵循的运算规律(平行四边形定则).以这样的方式引导学生学习,会比较自然,学生是带着要解决某个问题的目的进行学习的,学习欲望必然会比较强烈.

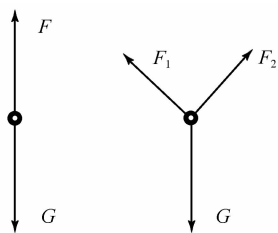


图2 两种情况的受力分析图

当学生已经掌握了平行四边形定则后,再将图1的情境设置成一个简单的平衡问题,让学生加深对新知识的理解.如图2所示,“若两根绳子之间的夹角是 60° 、 90° 、 120° 时,两根绳子上的张力分别是多少?”教师先取一个角度进行示范.引导学生认识到,如果能找到一个力来等效代替两根绳上的张力,那么这个三力平衡问题就转化成了学生所熟悉的二力平衡问题,从而攻克难题.那么如何寻找这个等效的力呢?即“力的合成”.当根据新的知识“力的合成”找到了合力与两个分力(即未知力)之间的关系后,又根据旧的知识“二力平衡”找到了合力与重力(即已知力)之间的关系,这样就可以以“合力”这一纽带建立未知力与已知力之间的关系,从而成功解决问题.也就是说,可以通过“力的合成”,化“三力平衡或多力平衡”为“二力平衡”,从而简化问题,进而解决新问题.

这样的一种分析方式,能够帮助学生建立新旧知识之间的联系.既可以使学生对新遇到的问题不会产生陌生感,又可以使学生比较容易地把新知识

纳入到自己的原有知识体系中去,而且还可以让学生获得成就感,感受到新知识的获得是在自己的思维活动下完成的,从而提高学生的学习积极性和主动性.

2 感悟“力的分解”原因

对于“力的分解”,教科版书上是把它作为“力的合成”的一种逆运算引入的.如此引入,学生也不容易理解“为什么要进行力的分解”,学生会想:“难道仅仅是因为它是力的合成的逆运算,所以才进行力的分解吗?”从而导致学生“分解力”的欲望不强烈,感觉“分解力”有点“莫名其妙”,为了分解而分解.接下来书上谈到“力的分解方法”,纯粹是从数学角度得到“如果一个力的分解没有什么条件限制,那么一个力可以由无数组分力来替代”,然而这种分解方式没有实际意义.然后书上提到“在一个具体问题中,对于一个已知力的分解可根据力的实际作用效果来确定”,而这又有“强行灌输知识”之嫌,因为这种“按照力的作用效果”来分解的方式,学生自己是想不到的.

为了避免向学生强行灌输新知识,可以从学生能够用旧知识解决的问题入手.如图3(a)所示,物体放在粗糙水平桌面上,用一 $F = 2\text{ N}$ 的水平拉力,使物体沿水平桌面做匀速直线运动.物体的质量 $m = 1\text{ kg}$,重力加速度 $g = 10\text{ m/s}^2$.请问桌面对物体的支持力和物体所受的摩擦力分别是多少?”针对这一问题,学生容易想到分别在水平方向和竖直方向应用“二力平衡”解决问题.然后将这一问题进行变式,“如图3(b)所示,物体放在粗糙水平桌面上,用一与水平方向呈 37° 角的拉力拉动物体,拉力大小 $F = 5\text{ N}$,使物体沿水平桌面做匀速直线运动,物体的质量 $m = 1\text{ kg}$,重力加速度 $g = 10\text{ m/s}^2$.请问桌面对物体的支持力和物体所受的摩擦力分别是多少?”针对这一问题,学生会觉得有点棘手.如果用“力的合成”进行解题,那么四力平衡需要合成两次才能转化为二力平衡进行解决,以后要是遇到更多的力平衡时,若还用“力的合成”就更显麻烦了.

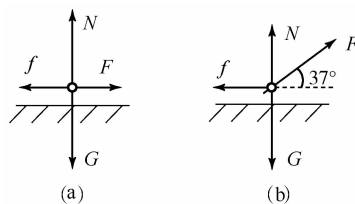


图3 粗糙水平桌面上的物体受力分析图

当学生在用旧知识解决新问题遇到困难时,就会有强烈的欲望去寻求新思路、新方法.这时教师再引导学生分析拉力 F 的作用效果,并思考:“能否分别从水平方向和竖直方向各找一个力来等效代替 F ?”如果能找到这两个等效力的话,就可以像上面讨论的问题那样,分别在水平方向和竖直方向根据平衡解决问题了.这种“将一个力的作用用几个力的共同作用来等效替代”的思想方法即为“力的分解”.通过这样的方式引出“力的分解”的概念,会比较自然,学生的学习积极性会更高.学生会感觉到“力的分解”也是解决平衡问题的一种方法,通过“力的分解”也可以将复杂的平衡问题简化成简单的平衡问题,而且在某些情况下会比采用“力的合成”的方法更为方便.学习“力的分解”,不仅仅是因为它是“力的合成”的逆运算,也不仅仅是为了寻求一题多解,而是为了寻求更好的解决问题的方法.

需要补充说明的是,笔者在这里只是提供了一

种引出“力的分解”的可能情境,教师也可以寻求其他的有效情境,让学生感受到用“力的合成”这一方法的局限性,从而萌生寻求其他更好的解决问题方法(“力的分解”)的欲望,从而有效地提高学生分析问题和解决问题的能力.当学生运用已有的旧知识,通过自己的努力,寻求到解决新问题的新思路、新方法时,学生的成就感就会油然而生.

课程标准指出:“物理核心素养是学生在接受物理教育过程中逐步形成的适应个人终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力,是学生通过物理学习内化的带有物理学科特性的品质,是学生物理核心素养的关键成分.”学生长大以后的生活中也许很少再遇到“力的合成与分解”问题,但此学习过程中所用到的灵活运用旧知识分析、解决新问题的思路和思维方法,在以后的生活中必然会或多或少地涉及.这些科学思维的素养,需要物理教师在平时的教学过程中用心引导学生去提升.

(上接第26页)

将式(5)进行变换后代入式(4)得

$$-\frac{v^2}{c}(t_1+t_2)+c(t_1+t_2)=2kd \quad (6)$$

将式(1)代入式(6)可整理得到两参考系下时间的关系

$$t_1+t_2=2kt'\frac{c^2}{c^2-v^2} \quad (7)$$

同理可得出

$$t_2-t_1=2kt'\frac{vc}{c^2-v^2} \quad (8)$$

t_1+t_2 为两束光分别到达车厢壁时间之和, t_2-t_1 为两时间之差.当 $\frac{v}{c} \approx 0$ 时,可知 $t_1+t_2=2t'$ 和 $t_2-t_1=0$,满足电动力学到经典力学的过渡.由式(7)和式(8)得

$$t_1 = \frac{c-v}{\sqrt{c^2-v^2}}t' = \frac{t' - \frac{v}{c^2}d}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t_2 = \frac{c+v}{\sqrt{c^2-v^2}}t' = \frac{t' + \frac{(-v)}{c^2}d}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

t_1 满足洛伦兹变换,同理可得 t_2 也满足洛伦兹变换.完成从爱因斯坦火车模型到洛伦兹变换的推导.

在证明过程中,只有同时加入爱因斯坦狭义相对论的光速不变原理和长度收缩效应,才可以得到两个不同参考系下的洛伦兹变换^[5].当火车速度远远小于光速时,其满足到经典条件的过渡.我们可以用洛伦兹变换推导 t_2-t_1 ,从而检验出推导过程的正确性.

洛伦兹变换在狭义相对论中占据核心的地位,它以确切的数学语言反映了相对论理论与伽利略变换以及经典相对论原理的本质差别.本文利用爱因斯坦狭义相对论和对爱因斯坦火车模型中光在不同参考系到达车厢壁的时间进行分析,通过简单数学变换得到爱因斯坦火车模型中的洛伦兹变换,更加说明了洛伦兹变换在相对论力学中的普适性和必要性.

参考文献

- 1 严国清,彭振生.洛伦兹变换的一种新推导.大学物理,2006,25(9):18~20
- 2 蒲明刚,潘必凯.正确认识“爱因斯坦”火车问题.成都气象学院学报,1990(1):83~87
- 3 王悦,方芳.光速不变原理与一般洛伦兹变换式的推导.黄山学院学报,2015,17(3):8~10
- 4 孙春峰,吕付国.洛伦兹变换的地位、作用及其物理意义.湖北师范学院学报(自然科学版),2003,23(1):88~92
- 5 关洪.再谈洛伦兹变换的推导.大学物理,2007,26(11):11~12