

运用建构主义理论改进中学物理实验的方法研究*

丁水燕 毋志民

(重庆师范大学物理与电子工程学院教务处 重庆 401331)

江 金

(重庆师范大学教务处 重庆 401331)

王敏娣 唐 瑶

(重庆师范大学物理与电子工程学院教务处 重庆 401331)

(收稿日期:2015-08-05)

摘 要:从建构主义理论的角度来分析和改进中学物理实验,以促进学生对实验中物理知识及规律的掌握.通过“探究加速度与质量、力的关系”和“探究功与速度变化关系”两个实验为例分析了其改进过程,总结了建构主义理论改进中学物理实验的基本方法.

关键词:建构主义 物理实验 探究 加速度 功 速度

物理学是以实验为基础的学科,物理实验不仅是物理研究的基础,同时也是物理教学的基础.物理教学的最大特点便是以物明理,即通过物理现象、物理事实来阐述物理规律^[1].它将抽象的物理原理寓于简单的实验之中,在物理实验的基础上来进行物理教学,从而达到事半功倍的效果,可见物理实验在物理学习中占据着至关重要的地位.在实际的物理实验教学中,学生虽然对物理实验表现出极大的兴趣,但因一些传统实验在设计上稍显繁琐或实验目的不够明确、实验原理过于抽象等原因,学生在实验时对于物理实验情境便不能很好的把握,难以构建新的知识,因此很难对新的物理规律及知识进行同化.如何让物理实验最大程度地辅助物理教学,达到最佳的实验效果,一直是中学物理教学中亟待解决的难题.

苏霍姆林斯基说过,“教育的技巧并不在于能预见到课题的所有细节,而是在于根据当时的具体情况,巧妙地让学生在不知不觉中作出相应的变动.”^[2]

在实际教学中学生应是主体,教师的作用是帮助学生对新知识进行建构,既有教师的设计又有学生对新知识的意义建构才是精彩的课堂.新课程高度重视学生实验探究意识和探究能力的培养,在实验设置上加大了探究性实验的比重,而建构主义理论则为探究性实验提供了很好的理论依据.建构主义学习理论认为,学习过程不是学习者被动地接受知识,而是积极地建构知识的过程^[3].新课程标准以建构主义理论为依据,要求教师改变过于强调知识传授的倾向,强调以学生学习为中心,强调情境的重要性,使学生在情境中学、在做中学、在交流中学,同时也注意把学生的已有知识经验作为新知识的生长点,引导学生从原有的知识经验中“生长”出新的知识经验^[4].随着建构主义理论的发展,近年来也有很多学者将建构主义理论应用于实际教学中并取得了明显的效果.

本文主要从心理学中的建构主义理论出发对中学实验教学过程进行研究,为教学效果的提高提供

* 重庆市高等教育学会2013—2014年高等教育科学研究重点课题,项目编号:CQGL13B444,重庆师范大学教改项目资助的课题,项目编号:201237

作者简介:丁水燕(1991—),女,硕士研究生,主要从事中学物理教育教改方面的研究.

通讯作者:毋志民(1980—),男,博士,教授,主要从事物理教学改革和磁性功能材料、半导体功能材料和纳米材料等方面的研究.

一种可行的方法.以改进中学物理实验中的“探究加速度与质量、力的关系”实验和“探究功与速度变化的关系”实验为例,总结建构主义理论在物理实验教学中的应用特点.作者之一于2014年9月至12月在重庆璧山中学教育实习期间,在高一年级两个班共120名学生的物理教学中推广了这两个改进实验,取得了明显的效果,激发了学生的学习兴趣,提高了学生的动手能力,促进了学生对相关物理规律的认识和掌握.

1 建构主义理论研究“探究加速度与质量 力的关系”实验

“探究加速度与质量、力的关系”实验是新课程实验考查的重点和热点,以前是验证牛顿第二定律实验,注重的是知识再现,现变为探究实验,注重的是问题的发现和提出^[5].该实验原先作为验证性实验,需要4课时完成教学任务,介绍加速度与力的关系、加速度与质量的关系、牛顿第二定律3个课时,学生实验1个课时.改为探究性实验以后,第一课时探究实验方案,第二课时实验操作、分析实验数据和得出结论,可以节约2个课时.该实验研究的是物体的加速度与其所受的合外力、物体质量的关系,探究得出牛顿第二定律.所使用的实验器材有:小车、两端带有滑轮的长木板、小桶、钩码、托盘天平、纸带、细绳、铁夹和打点计时器等.

在实验过程中要注意到,首先需要平衡物体受到的摩擦力,其次要使小桶的钩码的质量远小于小车的质量,尽量减少实验原理不完善引起的误差.但在平衡摩擦力过程中因计数点间间距测量不准、纸带和细绳不严格与木板平行等都会容易引起误差,并且每条纸带必须满足小车及所加钩码质量远大于小桶及钩码的总质量下进行,会让学生增加很多不必要的实验负担,学生在探究过程中干扰因素过多,不利于其对新知识的理解与建构,大大影响实验效果.

1.1 改进实验设计

针对上述实验中的问题,运用建构主义理论对原实验装置进行了重新设计与改进.实验装置如图1所示.

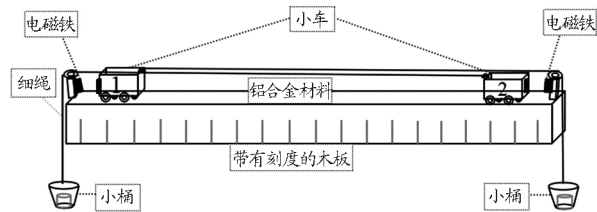


图1 探究加速度与质量、力的关系实验改进示意图

在水平放置的带有等间距刻度的长木板上固定一层铝合金材料的薄片,木板两边固定两个光滑定滑轮,改变课本上的左右并列放置,如图把装置合成一个,使两小车的运动情况更易于学生观察;同时,铝合金材料表面光滑,小车在铝合金材料表面运动受到的是滚动摩擦,基本可以忽略不计,省略了平衡摩擦力这一步骤;课本上的实验装置是用夹子控制小车运动,夹口与细绳的摩擦对实验会造成一定影响,在两边的定滑轮架上安装两个电磁铁,改用强电磁铁来控制小车的启动,并在小车尾部卡上一小铁片;两辆带有凹槽的小车前端拴着细绳,细绳跨过定滑轮,下面挂两个小桶,小桶里面可加减砝码来改变拉力大小,也可在小车凹槽内加减砝码来改变小车质量大小.在实验过程中,把小车和小桶看成一个整体作为研究对象,在操作过程中通过保证小车和桶总质量不变,要改变外力或小车质量只需移动小车及小桶内的砝码;每个砝码质量相同,并设置小桶的质量和单个砝码质量相等,而小车质量为单个砝码质量的整数倍,若将小车和小桶及砝码看做一个整体,整体的质量也为单个砝码的整数倍.将力和质量的大小设置成等量的倍数关系,计算时可将比值直接进行计算.该实验按照教学目的分为保持质量一定,探究加速度与力的关系和保持力一定,探究加速度与质量的关系2个部分,以下分别对这两个部分进行讨论.

(1) 质量一定,探究加速度与力的关系

通电使电磁铁具有磁性,吸引住带有铁片的小车.保持两边小车和小桶内的砝码总数一样,将小车和小桶及砝码看做一个整体,即两边的总质量相等.通过在小车上和小桶内移动砝码来控制拉力的大小.改变两边桶内砝码的个数,使两小车所受拉力不同,根据桶内砝码重力加上小桶重力之和来直接算出两小车所受拉力的比值.电磁铁断电后,两车以不同的加速度同时双向运动,直至两小车相撞的一瞬

间,两车同时停止,从而保证了运动的等时性.因小车做初速度为零的匀加速直线运动,时间相同,位移与加速度成正比,加速度之比即为位移之比.可以根据小车在木板上的位置直接读出两小车的位移比.探究得出位移之比等于小桶及砝码的重力之比,根据比值计算可以得出:当质量一定时,加速度与力是成正比关系.

(2) 力一定,探究加速度与质量的关系

通电使强电磁铁具有磁性,吸引住带有铁片的小车.保持两小桶内的砝码总数一样,即保持力的大小一样.将小车和小桶及砝码就看做了一个整体,通过加减小车上的砝码来改变小车和桶以及砝码的总质量,使两边小车内的砝码数不一样,通过两边质量的份数来确定质量的比值.电磁铁断电后,两车以不同的加速度同时双向运动,同样可以根据小车的位置算出两小车的位移比.探究得出位移比值是质量比值的反比,因位移与加速成正比,所以加速度之比为质量之比的反比.根据比值计算可以得出:当合外力一定时,加速度与质量是成反比关系.

1.2 主要改进方法

(1) 通过运用生活中常见的材料及器械,引导学生将生活与实验联系起来,将学生置于熟悉的情境中,更能反映出实验的本质.另外器材简单,减少了实验步骤,降低了很多不必要的干扰因素,更有利于学生对于实验原理的理解.

(2) 通过将小车、桶及砝码看做一个整体研究对象,操作方便,节省时间,又可以避免由于实验原理缺陷而产生的实验误差.从而创设有利于学习者意义建构的情境.

(3) 将质量按倍数来算,力按倍数来算,而不是需要一个具体的数值.不仅节省了计算量,更加深了学生对已学习的控制变量法以及物理公式的掌握.使其能有效地克服建构知识的困难,理解各物理量之间存在的内在联系,同时更加加深对已学知识的理解.

2 建构主义理论研究“探究功与速度变化关系”实验

“探究功与速度变化的关系”是新课标中《高中物理·必修2》新增加的物理探究性实验内容,更能体现新课程高度重视学生实验探究意识和探究能力的

培养这一特点^[6].实验目的是为了探究物体的功与速度的关系,但因速度易测而功不易测量,故转换为动能这一易测的中间量,学生在实验设计与实验过程中自己动手操作,有了切身的感受并在此基础上导出动能的表达式及动能的变化与做功的关系,为下一节动能定理的理论推导教学作准备.新教材增加这一内容,相对于原教材中简单的定性实验及逻辑推理,更能让学生理解功的物理意义,这样的学习方式更符合建构主义理论的教学观与学习观.

教材中提供了两种方案来进行该探究实验:第一种方案采用钩码的重力提供拉力,通过计算小车在该恒力做功时的速度变化,从而探究功与速度的关系.但在平衡摩擦力的同时还要求钩码的质量远小于小车质量;在第二种方案中,橡皮筋的弹力是非线性的变力,教材巧妙地引导学生回避了这种变力做功的计算,把不便于用公式计算的变力功转化为功的倍数关系来表示,使学生建立一种新的研究物理问题的思维方法,但在实际实验操作过程中若想准确地达到实验目的是比较困难的.首先橡皮筋粗细并非完全相同且易变形,当橡皮筋增加到4,5根时实验误差还是比较大的;并且小车受力较大,加速过程中获得的速度也较大,纸带上打出的点便很少,在纸带上就很难出现小车做匀速运动的情况;再有根据公式 $W = FL \cos \theta$ 中, F 为恒力而 L 为位移,因为变力做功学生理解起来相对困难,实验中若选取恒力便于学生对于该公式的深刻理解.虽然新课标教材中提供以上两种方案进行探究,但是比较而言第一种方案操作性更强,实用性更高且学生更容易接受.因此,本文利用建构主义的观点主要针对第一种方案进行改进设计.

2.1 改进实验设计

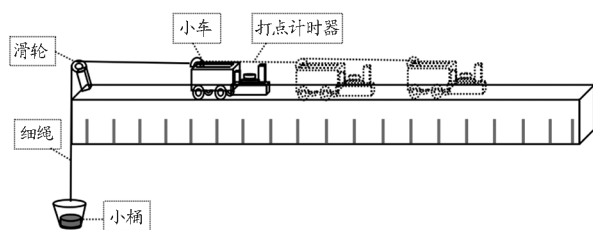


图2 探究功与速度变化关系实验改进示意图

针对上述实验中的问题,运用建构主义理论对该实验装置进行了重新设计与改进.实验装置如图2所示.

在水平放置的带有刻度的长木板上固定一层铝合金材料的薄片,木板左边挡板上固定一个光滑定滑轮,铝合金薄片表面光滑,小车在铝合金材料上面运动时受到的摩擦是滚动摩擦,基本可以忽略不计.在带有凹槽的小车末端放置打点计时器,将纸带穿过打点计时器的限位孔,纸带一端夹紧在小车的后端,打点计时器接通电源,释放小车,小车撞到定滑轮挡板后制动,断开电源,取下纸带;在做实验时先应保持所挂小桶内砝码的个数不变,根据木板上的刻度,移动小车和打点计时器,使小车前端到定滑轮挡板的距离成倍数关系,即为 $s, 2s, 3s, 4s, 5s, 6s$,释放小车,这样钩码对小车做的功精确为 $W, 2W, 3W, 4W, 5W, 6W$,重复前面的过程,选出清晰的纸带.将小车、桶及砝码看做一个整体研究对象,通过改变桶内的砝码数目来改变合外力大小,根据需要多次重复实验;在处理速度部分,实验过程中小车在恒定的拉力作用下做匀加速直线运动,根据匀变速直线运动瞬时速度等于该点在时刻为中间时刻时的某段时间内的平均速度即可求得该时刻(位置)的瞬时速度,在纸带上取合适的点便可计算出速度;在处理合力做功部分,原实验在处理数据时要求学生画出几种如 $W-v$ 关系图、 $W-v^2$ 关系图、 $W-\sqrt{v}$ 等关系图,该步骤需算出 W 的具体数值,增大了学生的计算难度.根据 $W_{\text{合}}=Fs$ 可知,当 F 恒定时, $W_{\text{合}}$ 与 s 是成正比关系,可将其转换为画 $s-\sqrt{v}$ 关系图、 $s-v$ 关系图、 $s-v^2$ 关系图等,以位移 s 为纵轴(用第一次小车到滑轮挡板的距离为纵轴的单位长度),以速度为横轴(可以用适当的速度值为单位长度,也可以用第一次小车的速度为横轴的单位长度),建立坐标系,用描点法作出图像,看看是否为正比例图像,若不是,功与速度的哪种相关量是正比的,功就与速度的这种相关量具有确定的函数关系,化曲为直.

2.2 主要改进方法

(1) 通过使用上一个实验中的器材,可以引导

学生将两组实验过程进行比较,在原来熟悉的实验情境基础上引导学生去探索、发现新知识.

(2) 延续上一个实验中所用到的实验方法,同样将小车与钩码看做一个整体,同时省略了平衡摩擦力这一步骤,实验变得既精确又简便,从而帮助学生在新旧知识间搭建桥梁,更好地建构新知识.

(3) 把不便于公式计算的变力功转化为功的倍数关系(倍增法)来表示,且在作图时,用 $s-v^2$ 图像代替 $W-v^2$ 图像在处理数据方面减少了计算量,在前一个实验基础上学生能更好地体会“倍增法”思想.

3 总结

将心理学中的信息意义建构规律应用到中学物理实验实际教学的过程中,通过对实验仪器、实验过程及实验数据处理3方面改进,以期对增强中学物理实验的教学效果提供一定促进作用.运用实验器材取材于生活并重复使用和实验原理及实验法重复加深运用两个方法,改进了“探究加速度与质量、力的关系”和“探究功与速度变化关系”两个物理实验.实践发现,改进后的实验对于提高学生学习兴趣、学生实验能力、增进学生对物理教学内容的理解、促进学生物理思维方法的锻炼等方面都能取得较满意的效果,学生的物理实验成绩、物理考试成绩普遍都有提高.

参考文献

- 1 王斌. 物理教学中如何引导学生探索和实践. 教学与管理, 2003(12):80
- 2 王加元, 陈燕. 精心预设, 动态演绎. 物理教学探讨, 2013(1):37~39
- 3 李姗姗. 基于建构主义学习理论的物理教学研究. 山东师范大学学报, 2009(1):153~155
- 4 李尚仁. 高中物理课程标准教师读本. 武汉: 华中师范大学出版社, 2003. 101~102
- 5 陈友道. 中学物理设计性实验案例研究. 北京: 人民教育出版社, 2005:14~17
- 6 汪维澄. 探究功与速度变化的关系. 教学仪器与实验, 2008(8):18~21