



## 教学案例设计与分析

# 物理教学设计的比较研究

——以“机械能守恒定律”教学为例

关艳丽 张抗抗 邢红军

(首都师范大学物理系 北京 10048)

(收稿日期:2017-05-25)

### 1 问题的提出

教学设计作为一门正式的学科起源于1962年,格拉泽明确提出“教学系统”概念并对教学系统进行了设计。20世纪70年代,教学设计在改进培训中的价值越发突出,从而导致教学系统设计中各种模型数量激增。20世纪80年代中期,教学设计被引进我国,许多学者为教学设计理论与教学实践的融合做出了贡献<sup>[1]</sup>。

在物理教学领域,如何基于本土教学设计理论

进行实践创新并成为具有我国特色的教学设计,对于促进我国中学物理教育教学改革,促进物理教师专业发展具有重要意义。有鉴于此,笔者以机械能守恒定律教学设计为例,进行了物理教学设计的比较研究。

### 2 物理教学设计模式比较研究

笔者查阅并筛选了中国知网2002—2016年公开发表的22篇“机械能守恒定律”教学设计,如图1所示。

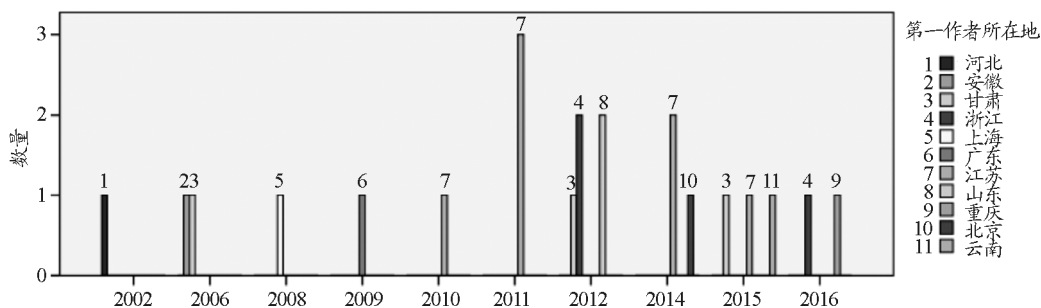


图1 “机械能守恒定律”教学设计论文统计

由图1可知,机械能守恒定律教学设计的论文在2011—2016年期间明显增多,且江浙地区教师的论文占45.4%。

研究发现,大部分教学设计是以过山车等生活实例引入,然后抽象成自由落体模型进行理论推导或者进行实验(Dislab),最后进行数据分析归纳得出定理,缺乏对物理本质的诠释。为此,笔者将22篇教学设计归纳为以下4种模式进行分析,以期对机械能守恒定律的教学设计提供有益的启示。

#### 2.1 “分析归纳”型教学设计

“分析归纳”型教学设计,是一种通过分析归纳实验数据进而得出机械能守恒定律的教学设计模式。由于大部分用DisLab,传感器以及DataStudio软件等实验设备,数据输出及处理更加方便,而且可以简化步骤,因而非常受中学物理教师的青睐。统计显示,这种模式的教学设计共有8篇,占36%,且新课导入以简介生活和生产中的事例为主,如图2所示。

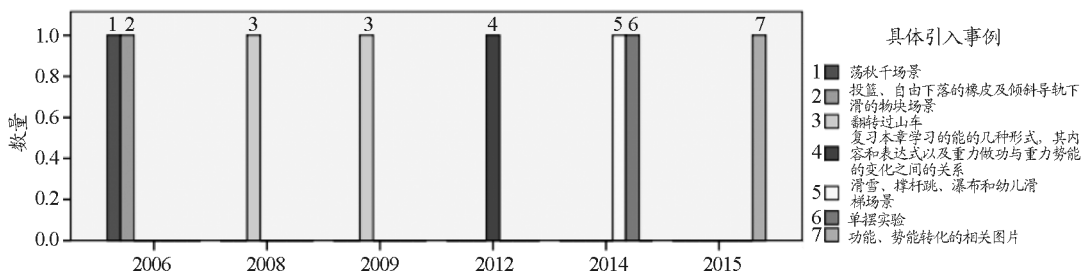


图2 “分析归纳”型教学设计统计

新课引入完成后,教师分析归纳出动能和势能相互转化,而且动能的变化量和势能的变化量相等,机械能保持不变.之后教师给出实验器材,学生分组自主选择实验器材并制定计划和设计实验,引导学生进行讨论,得出更优化的实验方案.学生进行实验并收集数据,通过分析动能和势能的数值关系得出结论.

笔者认为,“分析归纳”型教学设计其实是一种“泛技术观”的教学设计.所谓“泛技术观”,是指依据一定的学习与教学理念,开发运用各种产品形态的媒体和技术,以提高学习与教学能力的系统化的实践知识<sup>[1]</sup>.而“分析归纳”型教学设计正是采用计算机、多媒体、网络等技术,以自主合作探究的学习方式,充分体现学生为主的新型教学理念.其教学逻辑清晰,定律的建立也非常顺畅.但技术是一把双刃剑,它也具有两面性.设计者在充分利用现代信息技术的同时,也必须注意克服过度依赖信息技术,注重

物理本质的挖掘.从这个角度分析,“分析归纳”型教学设计在机械能守恒定律的建构中,过多的依赖信息技术和学生的自主探究,而忽视了对机械能守恒定律物理本质的诠释.诚然,自主探究是以学生为中心的体现.但由于过多的依赖多媒体和实验,仅通过数据的观察分析而忽略了机械能守恒定律教学中的科学方法显化,物理思想展现等更为重要的内容,导致学生在学习机械能守恒定律之后,只知其然,而不知所以然.

## 2.2 “直接推理”型教学设计

“直接推理”型教学设计,是一种通过特定场景抽象的模型,运用已学的知识,通过理论推导而建构新知识的教学设计模式.它更多地依托教材中给定的推导方式,其教学设计多以摆动的小球,自由落体以及光滑曲面滑下的小球为模型,其原型往往贴合过山车、瀑布、单摆等场景.以下是这种教学设计的基本模式,如图3所示.

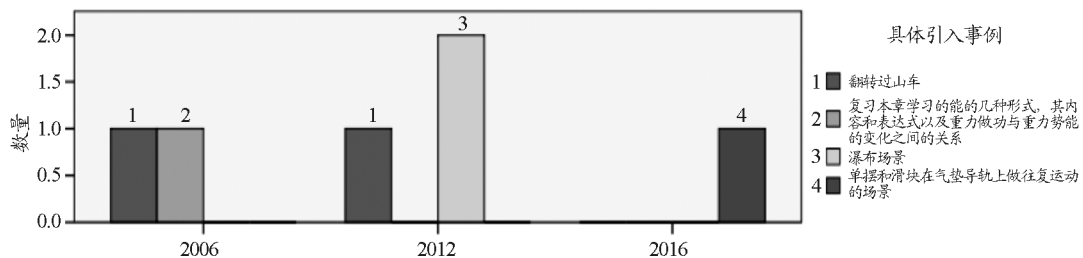


图3 “直接推理型”教学设计统计

设定A和B两点的动能分别为 $E_{k1}$ 和 $E_{k2}$ ,重力势能分别为 $E_{p1}$ 和 $E_{p2}$ ,如图4所示.据此,教师引导学生分别从动能定理和下落过程中重力对物体做功,在数值上等于物体重力势能的变化量,得出

$$W_G = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

和

$$W_G = mgh_A - mgh_B$$

由以上两式得出

$$mgh_A - mgh_B = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

移项得

$$mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

教师引导学生对表达式的物理意义进行分析,得出

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1}$$

即在只有重力做功的物体系统内,动能与重力势能可以互相转化,而总的机械能保持不变.之后通过引导学生分析只有重力做功既包含物体只受重力,不受其他的力,也包含物体除重力外还受其他的力,但其他的力不做功<sup>[2]</sup>.

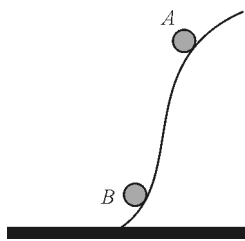


图 4

笔者认为,“直接推理”型教学设计多与教材内容大致相同,依托于教材并对教材内容加以补充,但

存在一些尚未阐明的问题.第一,教师引导学生分别从动能定理和重力对物体做功两方面出发推导的物理本质是什么;第二,怎样理解在“只有”重力做功的系统内,总的机械能保持不变.因为没有讲清楚何为“守恒”,导致物理思想不明确;第三,对于“只有”重力做功的条件并没有从物理本质上解释清楚,仅通过简单的分析无法深入理解物理本质.

### 2.3 “间接推理”型教学设计

“间接推理”型教学设计,是一种通过建立多种模型或者建立反向模型同时进行理论分析,对比得出实验结论的教学设计模式.这种教学设计既依托于教材,同时又是对教材的补充.从分布上来说,这种教学设计模型 2011 年之后出现的较多,且更注重模型的建构,如图 5 所示.从推理方式来看,依然和教材给出的推理方式大致相同,引入方式也大多来源于生活和生产中的实际案例,以及自主创造的实验场景,便于将事例抽象成为探究的模型.其基本教学设计模式如下.

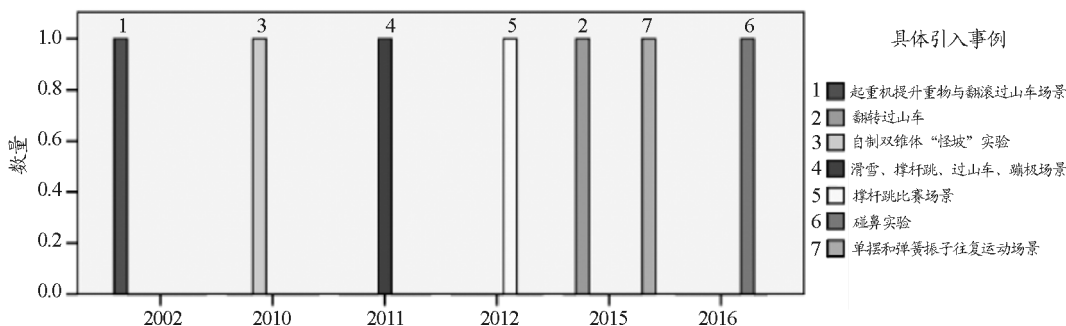


图 5 “间接推理”型教学设计统计

第一,教师给出情境 1:如图 6 所示,质量为  $m$  的小球自由下落,讨论在 B 点和 A 点机械能之间的关系.

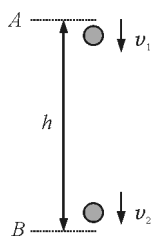


图 6 小球自由下落

第二,教师给出情境 2:跳伞员利用降落伞在空中匀速下落的过程中,分析运动过程中任意两位置

机械能的关系.之后分析得出结论 1:在只有重力做功的物体系统内,动能和重力势能互相转化,而总的机械能保持不变.

第三,教师给出情景 3:同教材中给出的小球在光滑曲面上滑的问题.

第四,教师给出情景 4:光滑水平面上放一小球,小球和弹簧相连,弹簧左端固定在墙面上,如图 7 所示,现将小球向右拉到 A 位置后释放,观察小球能否回到 A 位置,如果能回到原位置说明了什么?探讨小球受力情况及各力做功情况.之后小组讨论得出结论 2:在只有弹力做功的物体系统内,动能和弹

性势能可以相互转化,但机械能的总量保持不变<sup>[3]</sup>.

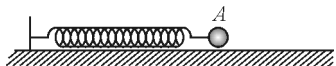


图7 小球受弹力做功时的运动情况

最后,总结结论1和结论2,概括出机械能守恒定律的条件和内容.

笔者认为,“间接推理”型教学设计素材更丰富,通过对比多种情境下得出的结论加以组合,得出最终机械能守恒定律.结论的得出依赖于多组实验的对比分析,组合归纳.但由于过多的依赖于多组实验结论的比较,却忽视了理论推理的逻辑性和物理本质的诠释.主要体现在以下两方面:第一,以小球在只受重力的情境1与受多种力但只有重力做功的情境2的对比得出结论1,忽视了“系统内保守力做功只是决定动能和势能转化的决定因素”的物理本质的诠释;第二,针对情景3和情境4所得出的结论2,笔者认为情境3与情境1所要表达的物理意义大致相同,且结论2是对结论1的补充,实则并没有必要.弹力和重力同为系统内的保守力,因而只要理解“系统内保守力做功只是决定动能和势能转化的决定因素”这一物理本质就足以说明结论2.

#### 2.4 “高端备课”教学设计模式

机械能守恒定律的“高端备课”教学设计模式,通过深度挖掘现有教材不足,以教育心理学为背景,创新问题情境,着重于彰显推导过程的逻辑性以及教学过程的自组织<sup>[4]</sup>.其基本模式如下.

第一,创设光滑且对称的曲面内小球运动的情境,如图8所示.

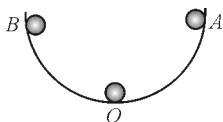


图8 光滑且对称的曲面内小球运动

第二,引导学生聚焦小球从A下滑到最低点O的过程中机械能转化的定量关系,并自主设置解决问题所需的物理量.

第三,教师引导学生发现重力在此情境中扮演的“一力二用”的角色,即重力做功使物体的动能增

大;另一方面,重力做功使物体的重力势能减小,之后明示学生在推导过程中需要采用“分离与控制变量”的方法并引导学生分别列出表达式.

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}m_A^2$$

与  $mgh = -(mgh_0 - mgh_A)$

联立得

$$mgh_A - mgh_0 = mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

经过简单移项得

$$mgh_A - mgh_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

从而得出机械能守恒定律.

第四,由学生自主推导小球从最低点O到B点运动过程中重力势能和动能的转化关系,并且分析是否与教师推导的结论一致<sup>[4]</sup>.

笔者认为,“高端备课”教学设计是更贴合学生的认知发展.其原因如下.

第一,“高端备课”更加注重情境创设的完备性,不盲目进行自主合作探究来体现“以学生为中心”的理念,不仅考虑学生认知状态的“被组织”阶段,也注重学生认知状态所必须经历的“自组织”阶段.小球自初始位置A下滑到最低点的过程由教师推导,为学生认知的“被组织”过程;小球自最低点上升到最高点B的推导过程为学生认知的“自组织”过程,因此要求学生自己推导,从而训练了学生的自主探究能力.

第二,“高端备课”注重科学方法显化.在定律推导过程中明确指出采用“分离与控制变量”的方法,对动能的变化和重力势能的变化分别研究,这有益于学生借助于科学方法把握物理推导的内涵.

第三,“高端备课”注重物理本质教育.从功能关系看,教学设计通过表达式说明重力做功是引起机械能转化的原因,机械能转化是重力做功的结果,诠释了“功是能量转化的量度”.从而说明系统内的保守力做功是动能和势能是否发生转化的决定性因素,并不会改变系统内机械能的总量,因而“只有重力做功”是机械能守恒定律的条件.



### 3 研究总结及启示

#### 3.1 创设简单完备的物理情境

物理情境创设要避免只注重情境的趣味性而忽略情境本身的科学性. 根据统计,73%的教学设计采用了简介生产和生活中的相关事例,其中以过山车的场景引入最多,除5篇教学设计单独采用过山车的场景外,还有两篇教学设计采用多场景展示的方式,其中也包含过山车的例子.18%的教学设计采用了课堂演示实验的引入方式,其中包括常见的碰鼻实验以及单摆实验,自制的双锥体“怪坡”实验及光滑且对称的曲面内小球运动的实验.

笔者认为,情境创设的物理意义并不仅限于此,而是应当更多地从学生的认知发展出发,给学生留有思维自主发展的足够空间.例如自由落体模型和曲面内小球运动的情境,前者只实现了学生认知发展的“被组织”阶段,而后者既体现出机械能守恒定律中能量双向转化的特点,也体现了学生认知由“被组织”向“自组织”的转化.因而,创设物理情境应注重物理本质的体现以及学生的认知发展.

#### 3.2 注重科学方法显化

在机械能守恒定律的教学设计中,运用的科学方法为“分离与控制变量法”.学生在学习过程中,难免困惑“动能和势能原本是同时变化的,而推导过程却可以在不考虑重力势能的情况下得出重力做功和动能的变化关系,以及在不考虑动能的情况下得出重力做功与重力势能变化的关系.”笔者认为,可以采用分离控制变量的原因在于:第一,重力做功引起动能变化的原因为重力产生加速度,加速度在时间的积累下改变运动状态,即改变物体的运动速度,而与速度有关的能量是动能,所以重力做功导致了动能的变化,因此,不需要考虑重力势能.第二,重力做功导致在重力的方向上有位移,即位置的变化,而位

置的变化是重力势能改变的原因,因而重力做功是通过位置的变化与势能变化有关系,势能改变和重力做功的连接点是由于相同的竖直位移,所以推导时不需要考虑动能.显然,通过采用恰当的科学方法可以向学生诠释机械能守恒定律的物理本质,这样才能使学生真正理解物理知识.

#### 3.3 注重物理思想教育

笔者认为,机械能守恒定律教学设计中还应体现“守恒”和“转化”的物理思想.“守恒”思想的本质在于,物质复杂变化中总存在某些不变性<sup>[5]</sup>.然而,“守恒”不等于“不变”,这一点在教学中理应明确.机械能本身并不守恒,在有重力和弹力做功的特定系统中,且系统内或者系统与外界之间没有与其他形式的能发生转换,机械能的总量在初末位置才保持不变,系统内的机械能才能被认定是守恒的.“转化”是机械能守恒定律教学中的另一个重要物理思想.“转化”思想的本质在于转化过程中能量的“量”没有消失,但能量的“质”表现为从一种形式的能转化为另一种形式的能,在机械能守恒定律中表现为动能和势能的相互转化.明确这两种物理思想对理解机械能守恒定律的物理本质有着至关重要的作用.

#### 参考文献

- 1 (美)罗伯特·D坦尼森,(德)弗兰兹·肖特,(德)诺伯特·M·西尔,等.教学设计的国际观.任友群,裴新宁,主译.北京:教育科学出版社,2005.1~9
- 2 张国明.“机械能守恒定律”教学设计.课程教育研究,2012(2):64
- 3 王茹荣.用物理科学方法设计“机械能守恒定律”教学.物理通报,2015(6):73~74
- 4 邢红军,胡扬洋,李蓓.“机械能守恒定律”的高端备课.课程教学研究,2014(9):52~54
- 5 邢红军,张抗抗.论物理思想的教育价值及其启示.教育科学研究,2016(8):61~67