



基于学习进阶理论的中学物理规律教学策略^{*}

——以人教版“牛顿第三定律”为例

董友军

(北京师范大学广州实验学校 广东 广州 510700)

袁登山

(江苏省江都中学 江苏 扬州 2252002)

王磊

(陕西省教育科学研究院 陕西 西安 710003)

(收稿日期:2022-04-13)

摘要:学习进阶是当前国内外教育教学研究热点,被誉为提升学生学习效率的灵丹妙药.学习进阶视域下的高中物理规律教学策略包括以“教材分析”为进阶基础、以“学生实情”为进阶起点、以“核心素养”为进阶终点、以“发展层级”为进阶水平、以“教学反思”为进阶评价,这些教学策略不仅可以指导物理教师教学、提高教学效率,也可以深化物理规律理解、发展核心素养.

关键词:学习进阶;物理规律;核心素养

文献[1]指出,当代教育变革的主题是发展学生核心素养.用学习进阶指导高中物理规律教学,不仅可以让学生零散的知识进行整合,还可以让学生形成物理观念,发展学生核心素养.

1 学习进阶

1.1 学习进阶的定义

学习进阶是“对学生在各学段学习同一主题概念时所遵循的连贯的、典型的学习路径的描述”^[2].学习进阶视域下的高中物理规律教学,是以自然现象为基础,设计创新实验,让学生经历实验过程,探究出物理规律,再根据物理规律去解释自然现象、解决实际问题.学习进阶视域下的高中物理规律教学过程,遵循从简单到复杂、从具体到抽象、从理论到应用,是学生学习路径的描述.

1.2 学习进阶的要素

学习进阶的要素包括进阶起点、进阶水平、进阶终点、进阶变量、测评工具,如图1所示.进阶起点指学生现实情况;进阶水平指进阶起点通向进阶终点的台阶;进阶终点指教学目标;进阶变量指核心概念

和关键能力;测评工具是针对进阶教学的评价试卷.进阶起点、进阶水平、进阶终点,组成了学习进阶视域下高中物理规律教学的通路,通过进阶变量的引领、测评工具的修正,把各自独立的每一节课的教学内容,整合到物理学科核心概念之中,从而让物理教学的每一节课,既培养学生关键能力,又发展学生核心素养.

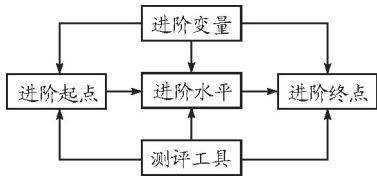


图1 学习进阶要素

1.3 学习进阶的层级

学生认知发展分为5个层级^[3]:经验,即学生具有尚未关联的零散事实;映射,即学生建立事实与术语之间的关系;关联,即学生建立术语与多个事实之间的关系;系统,即学生从系统角度协调变量关系;整合,即学生有学科观念与跨学科概念.根据层级描述,可以看出学生的认知发展水平是从零散到系统、从具体到抽象、从简单到复杂的过程.

^{*} 广东教育学会“十四五”教育科研重点课题“基于学习进阶的高中物理教学设计实践研究”的研究成果,课题编号:GDESH14002.

作者简介:董友军(1976-),男,中教高级,主要从事中学物理教学及研究.

2 学习进阶视域下的高中物理规律教学策略

物理规律反映物质结构、物质运动之间的内在联系,是观察、实验、分析、概括的结晶.物理规律的发现过程,需要经历先观察现象、再理性分析、后准确归纳,它既是科研人员的思维产物,也是科研人员的智慧结晶,还是自然现象的本质概括.本文以“牛顿第三定律”为例^[4],探索学习进阶视域下的高中物理规律教学策略.

策略一:以“教材分析”为进阶基础

教材是“课标”的细化,“课标”是教材的指南.教材分析应该先分析“课标”后分析教材,这样既可以把握物理规律教学的方向,也可以奠定学习进阶教学的基础.

(1)“课标”分析

“课标”即物理课程标准,是物理课程的规范与要求,是物理教学的依据与方向.牛顿第三定律相关内容在初中、高中都有涉及,但初中、高中的“课标”要求不同,如表1所示.

表1 初中、高中课标要求

学段	“课标”要求
初中	2.2.3 通过常见事例,认识力的作用效果 ^[5]
高中	1.2.3 理解牛顿运动定律,能用牛顿运动定律解释生产生活中的有关现象、解决有关问题 ^[6]

从表1看出,初中没有明确提到牛顿第三定律,把牛顿第三定律部分内容隐藏在力中;高中有明确提到牛顿运动定律,要求比较清晰具体.初中认知目标为“认识”,高中认知目标为“理解”,“课标”要求呈现从易到难、从定性到定量安排,符合初中、高中学生认知规律.

(2)教材分析

初中物理介绍牛顿第三定律相关内容是安排在“力”的第四部分——力的作用是相互的^[7],在这部分中介绍了力的相互性、同时性,并介绍手提水桶、同名磁体排斥、穿上旱冰鞋的学生用手推墙、坐在小船上的人用手推另一艘小船.高中物理介绍牛顿第三定律是安排在“牛顿第三定律”^[4],本节首先用几个案例,表明力的相互性、同时性(这个内容,初中已经介绍,但列举的事例与初中不一样),并得出作用

力与反作用力的概念.接着用弹簧测力计探究作用力与反作用力的关系,总结出牛顿第三定律具体内容.随后在生活、生产中应用牛顿第三定律.最后设置拓展学习,用力传感器探究作用力和反作用力的关系.

通过对初高中教材分析,可知教材的编写紧扣“课标”要求,但教材的案例选择,缺乏对“科学态度与责任”的关注,不利于培养学生国家自信心、民族自豪感.因此,笔者在课堂教学过程中,有意识地选取相关素材,渗透物理课程思政观念,从而可以全面落实物理学科核心素养.

策略二:以“学生实情”为进阶起点

“学生实情”是指学生的现实情况,包括学生已经积累的知识基础与已经具备的思维能力.奥苏贝尔说:“影响学习的最重要原因是学生已经知道了什么,我们应当根据学生原有的知识状况进行教学”,这充分说明,物理教学应该以学生实情作为进阶起点.高一学生已有的知识包括:力的作用是相互的、同时的.认知心理学指出,高一学生具有较强的抽象思维、严密的逻辑推理.通过以上分析,形成了“牛顿第三定律”的进阶起点.

策略三:以“核心素养”为进阶终点

“核心素养”是指物理学科核心素养,它主要包括物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任.学习进阶的物理规律教学,是以发展学生物理学科核心素养作为进阶终点,通过对本节内容分析,确定如下进阶终点:学生通过本节学习,形成“物体间力的作用是相互的”“作用力与反作用力总是大小相等、方向相反、作用在同一条直线上”等物理观念,并能用该物理观念解释自然现象和解决实际问题;学生用牛顿第三定律解释歼-20 战斗机向前飞行、皮划艇向前运动、体重计测量原理等,培养学生科学推理、科学论证等科学思维;学生采用小组合作学习方式,经历列举事例、提出问题、设计方案、动手操作、数据处理、讨论交流等科学探究,总结出牛顿第三定律具体内容;教师有意识地选取红旗牌轿车、山东号航空母舰、长征二号F 遥十二运载火箭、中国空间站、歼-20 战斗机、东京奥运冠军、体重计,既让学生认识科学、技术、社会之间的关系,也有利于培育学生国家自信心、民族自豪感等科学态度与责任.

策略四：以“发展层级”为进阶水平

确定了进阶起点,要实现进阶终点,关键是要划分好进阶水平.在教学实践中,以发展层级作为进阶水平的划分依据,不仅可以让物理知识由具体到抽象,还可以让学生思维由低级到高级.让学生经历这样的教学过程,既符合知识增长规律,也符合思维发展规律,从而有利于提升物理规律教学效率、培养学生物理学科核心素养.根据5个发展层级,把牛顿第三定律教学内容也划分为5个进阶水平,如表2所示.

表2 进阶水平划分

发展层级	进阶水平	水平描述
经验	水平1	知道物体间力的作用是相互的
映射	水平2	建立了作用力与反作用力概念
关联	水平3	归纳出作用力与反作用力性质
系统	水平4	探究出牛顿第三定律具体内容
整合	水平5	用牛顿第三定律解决实际问题

高一学生知道力的作用是相互的一些事例,这些事例在学生心中是零散的,还缺乏深入分析,属于经验层级,即为进阶水平1.建立作用力与反作用力的概念,让学生在具体事例中,能够指出哪个力是作用力,哪个力是反作用力,表明学生可以建立事实与术语之间的关系,属于映射层级,即为进阶水平2.通过多个真实事例,引导学生归纳出作用力与反作用力的性质,表明学生能够建立术语与多个事实的关系,属于关联层级,即进阶水平3.教师创设实验,学生经历观察、猜想、操作、测量、讨论等过程,探究出牛顿第三定律具体内容,表明学生可以从系统角度协调各种关系,属于系统层级,即进阶水平4.教师创设真实情境,引导学生用牛顿第三定律的内容去分析问题、解决问题,提升学生物理观念和科学思维,属于整合层级,即进阶水平5.其教学具体过程如下.

水平1:知道物体间力的作用是相互的

师生活动:教师请两个学生坐在轮椅上,先让学生猜想,若后面学生用手推前面学生,将会发生什么现象?

学生回答:前面学生向前运动.接着演示,发现前面学生确实向前运动,但同时后面学生向后运动.

教师提问:为何后面学生会向后运动?

学生解释:后面学生给前面学生一个推力,同时前面学生也给后面学生一个推力.

设计意图:创设后面学生推前面学生情境,让学生体会“物理从生活中来”.新课引入,关键是要引发学生认知冲突,让学生发现自己思维的局限,激发学生学习兴趣,因此,先让学生猜想后面学生推前面学生会发生什么现象,造成学生认知冲突,让课堂更有起伏性、更有思考性,既营造课堂学习兴趣,也培养学生思维能力.

师生活动:教师再列举生活中关于“力的作用是相互的”事例,如图2所示,并引导学生分析.



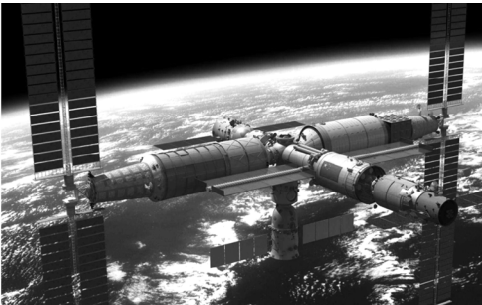
(a)



(b)



(c)



(d)

图2 “力的作用是相互的”事例

设计意图:教师引导学生全方位列举事例,不仅包括固体与固体之间的力、固体与液体之间的力、固体与气体之间的力,还包括接触力、非接触力,让学生感受“力的作用是相互的”,培养学生相互作用物理观念.并选用素材有红旗派轿车、山东号航空母舰、长征二号 F 遥十二运载火箭、中国空间站,可以渗透物理课程思政理念,培养学生爱国情怀.

水平 2:建立了作用力与反作用力概念

师生活动:教师引导学生建立作用力与反作用力概念,当物体 A 对物体 B 施加了力,则物体 B 同时对物体 A 也施加了力,把物体 A 对物体 B 施加的力叫做作用力、物体 B 对物体 A 施加的力叫做反作用力,或者把物体 A 对物体 B 施加的力叫做反作用力、物体 B 对物体 A 施加的力叫做作用力,并要求学生把上面列举的力填入表格.

设计意图:理解概念是应用的基础,概念的理解需要在应用中得到清晰与深化.让学生对前面 4 个力进行分类,有助于学生理解作用力与反作用力这两个物理概念,培养学生相互作用物理观念.学生通过填表,理解作用力和反作用力是相对概念.

水平 3:归纳出作用力与反作用力性质

师生活动:教师引导学生归纳出作用力与反作用力的两大性质——同时性与同种性.所有学生用两个弹簧对拉(图 3),引导学生归纳出作用力与反作用力的同时性.

教师引导学生分析:红旗牌轿车对路的力属于弹力,而路对红旗牌轿车的力也属于弹力;地球对中国空间站的力属于引力,而中国空间站对地球的力也属于引力……从而总结出作用力与反作用力的同种性.

也可以培养学生归纳表达能力,体现学生主体、教师主导.学生自己归纳出同时性,让学生更加体会到作用力与反作用力是同时发生,没有先后顺序之分、没有主动与被动之分.同时,通过学生自己归纳出同种性,也让学生理解了力产生的深层原因,培养学生相互作用物理观念.

水平 4:探究出牛顿第三定律具体内容

师生活动:教师组织学生,用两个力传感器对拉(图 4),无论两个力传感器如何运动,作用力与反作用力总是大小相等、方向相反(图 5).设计强磁针实验(图 6),学生观察到两个强磁针的作用力与反作用力总是方向相反且在同一条直线上.通过以上两个实验,引导学生自己总结出牛顿第三定律具体内容:两个物体之间的作用力与反作用力总是大小相等,方向相反,作用在同一条直线上.



图 4 两个力传感器对拉

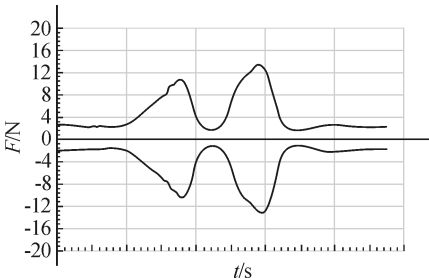


图 5 作用力与反作用力大小关系

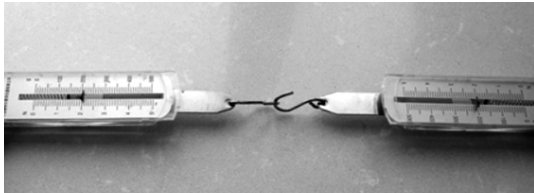


图 3 两个弹簧对拉

设计意图:引导学生通过实验,自己归纳出作用力与反作用力性质,既可以培养学生动手操作能力,

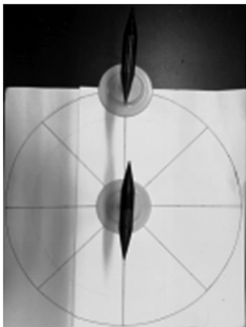


图 6 强磁针实验

设计意图:物理知识不是装在学生头脑中,而是在学生活动中观察、体验、分析、总结中获得的.通过实验,让学生总结出牛顿第三定律具体内容,符合学生认知规律.学生经历探究活动过程,不但对物理知识理解深刻,也让物理知识更加可信,同时还培养了学生物理观念、科学思维与科学探究等物理学科核心素养.

水平5:用牛顿第三定律解决实际问题

师生活动:教师设置3个实际问题,请学生思考回答.

问题1:请问歼-20战斗机(图7)向前飞行的动力是什么?



图7 歼-20起飞

问题2:徐晓诗和孙梦雅夺得东京奥运会冠军(图8),请问皮划艇前进的动力是什么?



图8 皮划艇前进

问题3:当人站在体重计上保持静止时(图9),为何可以测量出人的质量?



图9 体重计测量体重

设计意图:选取生活中3个案例,让学生用牛顿第三定律内容分析,体现物理从生活中来,又回到生活中去,既可以增强学生对物理知识的理解能力,也可以加强学生对知识的应用能力,培养学生相互作用物理观念.同时选取素材有歼-20战斗机、奥运冠军,主动落实物理课程思政,增强学生国家自信心、民族自豪感,培养学生科学态度与责任.

策略五:以“教学反思”为进阶评价

“教学反思”是指教师从分析教学活动中获取教学经验的认知过程,它既包括教师回顾总结的过程,也包括教师经验升华的过程,还包括教师对教学实践主动监控、调节、修正的过程^[8].笔者通过对以上教学过程的反思,作出进阶评价.

(1) 用“两次倒转”指导物理规律教学

“两次倒转”是指“倒过来”与“转回去”两个过程.“倒过来”是指将教学过程看作学生个体认识的过程,把人类认识的“终点”作为学生认识的“起点”,是把人类总体认识“倒过来”,称为第一次倒转.“转回去”是指用自己的头脑去“发现”、在情境中“体验”,便是典型、简约地再经历原初认识的“再认识”过程,是把“倒过来”的过程再“转回去”的过程,称为第二次倒转^[9].牛顿第三定律教学过程中,就是采用“转回去”的方式,即先列举生活案例,让学生归纳出“力的作用是相互的”“作用力与反作用力概念和性质”,再通过小组合作,探究出“牛顿第三定律具体内容”.

(2) 用“三序合一”落实物理核心素养

三序是指知识序、进阶序、素养序.知识序为物理学科知识呈现顺序,进阶序为学习进阶中间水平顺序,素养序为物理学科核心素养顺序.三序合一,就是指在教学设计过程中,把物理学科知识内容,根据某种逻辑关系进行排序,让这种教学过程既符合学习进阶的中间水平顺序,又能够在课堂教学过程中落实物理学科核心素养(图10).

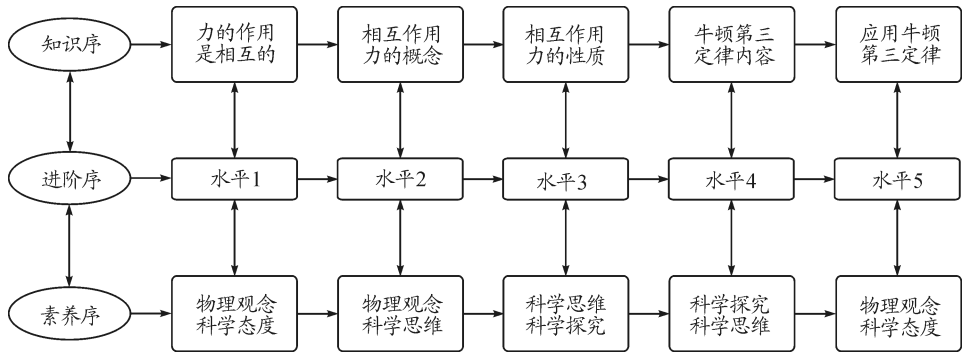


图 10 三序合一

(3) 用“精选素材”渗透物理课程思政

物理课程思政是指以物理知识为载体，融入思想政治教育内容，有意识地培养学生思想政治素质的教学理念。“好的思想政治工作应该像盐，但不能光吃盐，最好的方式是将盐溶解到各种食物中自然而然吸收”^[10]。中学生有较强的逆反心理，对正面宣传有强烈的不认同、不信任的反向思考^[11]。为了不激发学生这个心理特征，采用“精选素材”，对学生潜移默化，渗透物理课程思政。如精选的素材有山东号航空母舰、长征二号 F 遥十二运载火箭、中国空间站、歼-20 战斗机、奥运冠军等，通过这些素材，对培养学生国家自信心、民族自豪感，会起到“随风潜入夜，润物细无声”的良好效果。

3 结束语

学习进阶是当前国内外教育教学研究热点，被誉为提升学生学习效率的灵丹妙药^[12]。在高中阶段，物理规律属于物理核心内容，学习进阶符合学生认知规律，学习进阶视域下的物理规律教学策略，不仅可以指导物理教师教学、提高教学效率，也可以深化物理规律理解、发展核心素养。

参 考 文 献

[1] 林崇德. 21 世纪学生发展核心素养研究[M]. 北京: 北京

师范大学出版社, 2016.

[2] 张玉峰. 基于学习进阶的科学概念教学内容整合[J]. 课程·教材·教法, 2019(1): 99-105.

[3] 郭玉英, 姚建欣. 基于核心素养学习进阶的科学教学设计[J]. 课程·教材·教法, 2016(11): 64-70.

[4] 人民教育出版社, 课程教材研究所, 物理课程教材研究开发中心. 物理必修第一册[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019: 64-66.

[5] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2011 年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012: 16.

[6] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018: 13.

[7] 人民教育出版社, 课程教材研究所, 物理课程教材研究开发中心. 物理八年级下册[M]. 北京: 人民教育出版社, 2012: 4-5.

[8] 申继亮, 刘加霞. 论教师的教学反思[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2004(9): 44-49.

[9] 郭华. 带领学生进入历史: “两次倒转”教学机制的理论意义[J]. 北京大学教育评论, 2016(2): 8-26.

[10] 蔡建昭. 思想政治工作要如盐在肴融于细微[N]. 解放军报, 2018-10-08.

[11] 张静. 论青少年对思想道德教育的逆反心理[J]. 广州: 青年探索, 2006(1): 54-56.

[12] 翟小铭, 郭玉英, 李敏. 构建学习进阶: 本质问题与教学实践策略[J]. 教育科学, 2015(2): 47-51.