

物理定律教学中科学探究的进阶设计研究

李瑞鹏

(石嘴山市第三中学 宁夏 石嘴山 753000)

(收稿日期:2021-12-13)

摘要:科学探究作为物理学学科核心素养之一,是学生获取科学知识的有效途径,也是发展学生探究能力、养成实事求是品格的重要教学方式.文章以学习进阶理论为框架依据,结合科学探究的过程特征和课程标准的要求,构建物理定律教学中科学探究的进阶模型,对科学探究中问题、证据、解释、交流4个关键能力在物理定律教学中学生各层次水平的表现进行预设,描述了以预设表现为参考开发试题评价工具的方法,对科学探究素养在物理定律教学中的落实进行了论证.

关键词:物理定律教学 科学探究 学习进阶

1 研究背景

2017版《普通高中物理课程标准》(以下简称《高中标准》)提出“科学探究素养”^[1],是学生通过物理学的学习应具备的能力之一.物理定律是基于观察与实验,经过分析推理、归纳总结得到的结论,在高中物理知识中占有很大的比重,是教学中实施科学探究的载体.学习进阶理论致力于促进科学概念和科学实践能力在教学中的连续性,最早在科学教育领域被提出,已经推广应用于多个科目的课程开发、教学设计、评价测评等范畴.构建科学探究的能力进阶对物理学科的教学实施与评价有非常重要的作用^[2].

1.1 科学探究的内涵与要素

2011版《义务教育物理课程标准》(以下称《初中标准》)中科学探究被界定为两层含义,既是学生的学习目标,又是重要的教学方式^[3].据此,科学探究可解读为:既指科学研究(学习目标)也指科学探究技能(教学方式).科学研究是探索、认识和解释未知现象,生成科学知识的過程,科学探究技能是学生获取科学知识,领悟科学思想、方法时所用的学习方式^[4].科学研究为科学探究技能教学提供模型,科学探究技能教学是对科学研究的模仿^[5].核心素养注目于面向未来的个人发展与社会需求的能力培养,

高中阶段的科学探究是在义务教育的基础上,引导学生领略科学研究的实施过程,掌握科学探究技能,增强利于学生终身发展的能力.所以科学探究可理解为学生通过对科学家研究物理现象时运用和经历的一系列科学方法与活动的学习与模仿后获得的实践能力.

《初中标准》将科学探究归纳为7个方面的要素,《高中标准》将之整合、凝练为4个要素:问题、证据、解释、交流,更加明确了学生对科学探究素养要达成的关键能力.

1.2 学习进阶理论简介

学习进阶(learning progressing,简称LPs),是近几年加拿大、美国等国家新一轮科学教育课程改革中的新兴理念.美国教育委员会(ACE)认为:学习进阶描述的是学生对某个主题连续的、更加熟练的思考方式,这些思考方式能随着学生对这个主题的学习和探究依次连续发展.”^[6]文献^[7]将学习进阶解释为:是对学生在各学段学习同一主题的概念时所遵循的连贯的、典型的学习路径的描述.结合已有研究,可以将“阶”理解为学生在学习过程中的思维“落脚点”,以此为“支撑”达到学习目标.

学习进阶主要包含5个方面的要素:进阶终点、成就水平、预期表现、进阶参量、评价工具.其中,进阶终点,是指学生在完成某一主题概念的学习后所

要达到的终极目标;成就水平表示学习进阶路径中起点与终点之间的中间层次;预期表现描述学生在达到某一层级后的能力体现;进阶参量反映学生学习状态的发展情况,一般用学科内的核心概念或关键能力来表征;评价工具用来评判学生在学习进阶路径中所达到的层次水平。

学习进阶理论能统筹兼顾科学探究思维特征与学生的认知特点,所以在物理定律教学中依据学习进阶设计科学探究的进阶模型,是落实科学探究素养行之有效的办法。

2 物理定律教学中科学探究的进阶模型设计

学习进阶理论的框架构建一般经历3个过程,首先,根据课程标准、学科特征以及学生的认知特点对框架内的进阶参量、进阶起点与终点、成就水平进行系统分析,明确这些要素的具体描述,初步建立框架,其次,结合各层次的成就水平设置学生的预期表

现,最后,依据学生显化的预期表现开发评价工具。下面,将从这3个方面分别阐述物理定律教学中科学探究的进阶模型设计。

2.1 明确进阶参量以及起点与终点 设定成就水平

物理定律的得出过程大致如图1所示,这些科学研究过程中的重要环节被从中抽离出来当做科学探究技能,也能反映学生学习物理定律时学习状态的发展情况,这其中问题、证据、解释、交流作为科学探究素养要求的关键能力,可确定为进阶模型的一级进阶参量,其中,问题可以分为物理情境、发现问题、作出假设3个二级参量;证据可以分为探究方案、仪器选择、获得数据3个二级参量;解释可以分为分析数据、发现规律、科学解释3个二级参量;交流可以分为交流讨论、评价反思、撰写报告3个二级参量。它们之间的内在逻辑关系如图2所示。

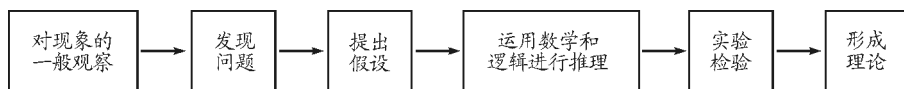


图1 物理定律得出的一般过程

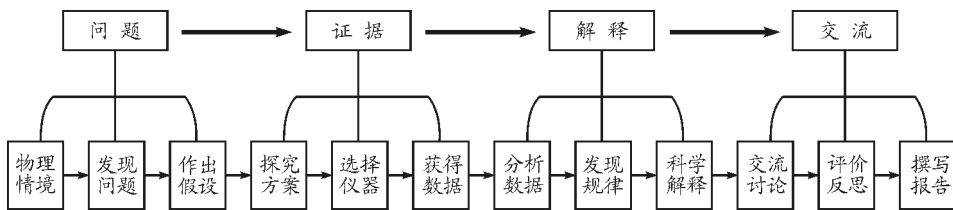


图2 进阶参量之间的内在逻辑关系

高中教育是以义务教育为基础,为学生进入大学做准备,所以建模时应以学生在初中物理学习中已经获得的科学探究能力为起点,以高考要求的学生应获得的科学探究能力为终点。通过对初、高中课程标准的分析,分别锚定了进阶模型的进阶起点与终点。进阶起点:学生具有科学探究的意识;进阶终点:学生获得科学探究的能力。

学生要获得某种学科能力,认知活动上一般要经历3个过程:学习理解,应用实践,迁移创新^[8]。因此将起点与终点之间的成就水平设定为3个层次:

水平1:表示学生经过对已有的科学探究活动的模仿,学习和理解其中的科学探究技能,该层次可称为模仿探究,主要表现为学生对已有科学探究活动的记忆、概括与整合等行为。

水平2:表示学生有意识地应用已经学到的科学探究技能尝试设计探究方案、进行探究活动、解决物理问题,该层次可称为尝试探究,主要表现为学生运用探究技能尝试分析、解释与推论等行为。

水平3:表示学生能熟练地将已经学到的科学探究技能迁移到不同的问题中进行科学探究,并能

根据问题情境重新建构探究活动,该层次可称为迁移探究,主要表现为学生熟练运用技能进行联想、迁移与创新等行为。

通过以上分析与论证,初步建构了物理定律教学中科学探究的进阶模型,如图3所示。

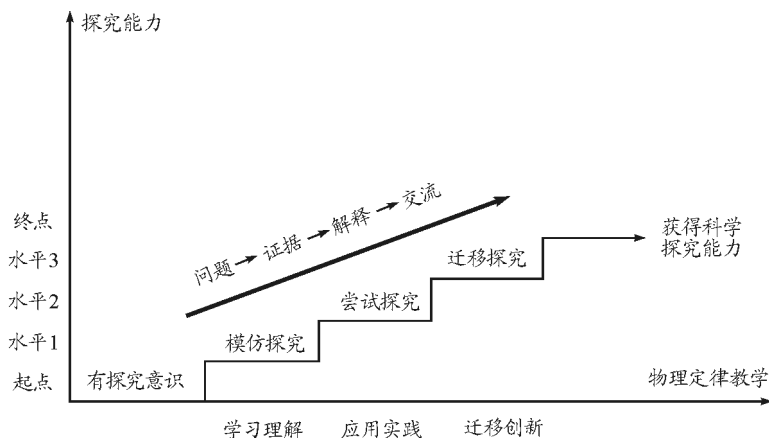


图3 物理定律教学中科学探究的进阶模型

2.2 预期表现的设置

定律教学中的预设表现,对各层次的预期表现进行结合各层次的成就水平和各级进阶参量在物理教学中进行了设置,具体内容如表1所示。

表1 物理定律教学中科学探究能力的成就水平及预期表现

| 进阶参量 | | 成就水平和预期表现 |
|------|------|--|
| 一级参量 | 二级参量 | |
| 问题 | 物理情境 | 水平3:通过观察分析物理情境,能自主发现并提出物理问题,经过自主分析,能作出有依据的假设; |
| | 发现问题 | 水平2:通过分析创设的物理情境,经过提示角度的引导,能提出物理问题,经过分析引导,能作出假设; |
| | 作出假设 | 水平1:通过观察创设的物理情境,经过给定角度的引导,能发现物理问题,在教师的概括引导下,能作出假设 |
| 证据 | 探究方案 | 水平3:能设计可行有效的科学探究方案,灵活选择所需的仪器,获得数据; |
| | 仪器选择 | 水平2:在教师的帮助下,能尝试设计科学探究方案,选择所需的仪器,获得数据; |
| | 获得数据 | 水平1:在教师的指导下,通过对已有科学探究方案的模仿,能按说明使用仪器,经过操作获得数据 |
| 解释 | 分析数据 | 水平3:能灵活选择合适的数据分析方法分析数据,发现规律,运用已有的物理知识作出科学解释; |
| | 发现规律 | 水平2:在教师的帮助下,能尝试运用已掌握的数据分析方法分析数据,发现其中的规律,能尝试用已有的物理知识作出科学解释; |
| | 科学解释 | 水平1:能按给定的数据分析方法处理数据,经过引导,能发现其中的规律,并作出解释 |
| 交流 | 交流讨论 | 水平3:能与他人交流讨论整个探究过程和结论,能评价反思探究过程,能撰写完整的实验报告; |
| | 评价反思 | 水平2:能与他人交流讨论探究方案的设计、数据分析方法等,在教师的帮助下,能评价反思探究方案,能撰写实验报告; |
| | 撰写报告 | 水平1:能与他人交流讨论实验获得的数据,能按操作注意事项评价反思探究过程,能按已有的实验报告模式撰写报告 |

2.3 开发评价工具

评价工具的开发既能评判学生在学习进阶路径中所达到的层次水平,同时也能为教学质量起到“监控”作用,还能为进阶模型的修正提供反馈.常用的评价方式有试题评价、教学介入、访谈调查等.根据问题、证据、解释、交流4个参量在教学中呈现的特

点,针对于问题和交流的评价宜采用教学介入的评价方式,该种评价方式是教师在教学中根据预设表现设置一组层次水平不同的问题或活动,然后根据学生的表现快速地帮助教师把握学生所处的水平层次,为接下来的教学实施与学生科学探究能力的提升作出及时有效的调整(例如表2).

表2 教学介入的评价方式

| 参量 / 环节 | 教师活动 | 层次水平 | 学生活动 |
|---------|---|------|--|
| 物理情境 | 滑板运动是同学们喜爱的体育运动.请观察同学的展示,思考以下问题. 引导学生分析反映滑板起动的物理量(加速度) | | (1) 请一位同学上台展示:第一次用滑板慢慢滑行,第二次快速滑行; (2) 再请另一位同学(质量较大)上台,两位同学面对面站在两个滑板上,双手轻轻互推 |
| 发现问题 | 问题1(自主发现):通过观察和体验,同学们有什么发现? | 水平3 | 学生回答 |
| | 问题2(提示角度):说明滑板起动的快慢即加速度与哪些因素有关? | 水平2 | 学生回答 |
| | 问题3(给定角度):活动(1)中同学两次蹬地用力不同,我们发现滑板起动的快慢不同,活动(2)两同学的质量不同,滑板的起动的快慢也不同,说明了什么? | 水平1 | 学生回答 |

探究方案的制定与数据的分析是传统实验题考查的主要方向,所以针对证据与解释的评价宜采用试题评价方式,以2016年高考全国卷I理综第22题为例进行分析.

某同学用图4(a)所示的实验装置验证机械能守恒定律,其中打点计时器的电源为交流电源,可以使用的频率有20 Hz,30 Hz和40 Hz,打出纸带的一部分如图4(b)所示.该同学在实验中没有记录交流电的频率 f ,需要用实验数据和其他条件进行推算.

(1) 若从打出的纸带可判定重物匀加速下落,利用 f 和图4(b)中给出的物理量可以写出:在打点计时器打出B点时,重物下落的速度大小为_____,打出C点时重物下落的速度大小为_____,重物下落的加速度的大小为_____.

(2) 已测得 $s_1 = 8.89 \text{ cm}$, $s_2 = 9.5 \text{ cm}$, $s_3 = 10.10 \text{ cm}$;当重力加速度大小为 9.80 m/s^2 ,实验中重物受到的平均阻力大小约为其重力的1%,由此推算出 f 为_____ Hz.

试题分析:利用纸带计算瞬时速度是对

$$v = \frac{s_n + s_{n+1}}{2T}$$

及

$$T = \frac{1}{f}$$

两公式的记忆与整合,属于水平1;加速度的计算是通过对已知信息的分析和公式

$$v_C = v_B + aT$$

的推导得到,属于水平2;验证机械能守恒实验考虑

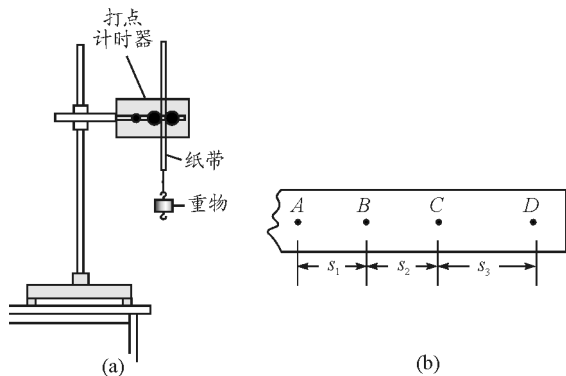


图4 题图

重力是对原实验的创新与迁移,因此, f 的计算属于水平3.

3 基于进阶模型的教学设计与实施

(1) 合理规划教学阶段,确定进阶目标

科学探究能力的获得不是一蹴而就的,需要经历一些中间状态.高中3年的教学中,每个年级科学探究能力的进阶终点是不同的,根据对《高中标准》的分析,学生经历高一阶段的学习,应具备模仿探究水平;经历高二阶段的学习,应具备尝试探究水平;经历高三阶段的学习,应具备迁移探究水平,从而获得科学探究能力.所以在实际教学中,教师要根据标准的要求,合理制定教学目标,科学重构教材内容,使学生探究能力的培养融入到日常教学之中,既要目标设置的有一定高度,又要切合学生的实际情况,通过阶梯递进式的小目标,架设从初级目标到高级目标的桥梁.

(2) 关注个体差异,促进整体进阶

学生探究能力的发展因个体而异,同一时期不同学生探究能力的发展存在差异性,另外同一学生各个探究要素的发展也可能不均衡,所以教师在教学的设计与实施中应关注个体差异,促进整体进阶.备课时根据每个层次的预设表现,在学生最近发展区设置有梯度的相互关联的问题,为每个层次学生的进阶创造条件,让所有学生在思考中提升自己,达到进阶的目的.

课堂教学中时刻关注学生的表现,及时调整问题层次,还要注意探究能力水平较高的学生的回答可能会“覆盖”低层次的问题,因此导致没有起到对能力水平较低的学生的引导,所以同一问题尽可能让多个学生回答,还可以根据学生的回答从低层次引导到高层次或者从高层次引导到低层次.课后布置分层作业,按照整体分层→统计→个体分层的顺序分两次布置,进一步发展所有层次学生的科学探究能力.

(3) 多种评价方式并重,落实探究素养

传统评价中,针对学生科学探究能力的评价主要是以实验题为主的诊断或总结性评价,这种纸笔测试的评价能为学生所处的成就水平提供一定程度的反馈,但无法反映学生的表达、交流和实验操作能力,并且实验题的考查更多侧重于对学生探究方案的制定(实验原理)和数据的分析(数据处理)两方面能力的评价,弱化了对其他探究能力的发展与提升.要促进学生科学探究能力的全面进阶,应充分发挥教师和学生评价中的作用,采用多种视角的评价.

课前运用诊断性评价评判学生所处的成就水平,以此为依据开展物理定律教学的设计与实施;课中基于各层次成就水平及预期表现采用现场观察,借助教学介入的评价工具,对学生的问题、证据、解释、交流4个方面的能力进行全面系统的形成性评价;课后再采用诊断或总结性评价对教学实施的效果提供反馈.具体实施中可以结合不同物理定律的特点灵活选择评价方式,开发不同的评价工具,有的放矢,促使学生的科学探究能力向高层次进阶.

参考文献

- 1 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,2018.4~5
- 2 颜伟云.初中科学探究学习进阶的广度、深度与精度[J].化学教育,2019(6):33~37
- 3 中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准[S].北京:北京师范大学出版社,2012.8~10
- 4 李艳青,胡扬洋.“科学探究”如何走向“素养时代”——基于我国物理教学的审视[J].教育理论与实践,2019(2):47~49
- 5 罗敏玲.探析学生科学探究过程技能的培养[J].现代中小学教育,2012(9):53~55
- 6 姚建兴,郭玉英.为学生认知发展建模:学习进阶十年研究回顾与展望[J].教育学报,2014(5):35~40
- 7 刘晟,刘恩山.学习进阶:关注学生认知发展和生活经验[J].教育学报,2012(2):81~87
- 8 王磊,黄鸣春.科学教育的新兴研究领域:学习进阶研究[J].课程·教材·教法,2014(1):112~118