

课程教学观视角下高中物理科学思维 目标体系的建构及其有效性探究

杨 贵

(红河哈尼族彝族自治州第一中学 云南 红河 661100)

李燕琼

(蒙自市第四中学 云南 红河 661100)

(收稿日期:2020-03-31)

摘要:从课程教学观视角对高中物理科学思维、模型建构、科学推理等的含义和内容进行拓展,构建了课程教学观视角下的高中物理科学思维目标体系.其有效性体现在三方面:一是畅通“思维素养”目标培养的物理学趋向,增强科学思维培养的整体衔接性;二是“可视化”科学思维,增强科学思维目标的可操作性;三是提高“科学思维”学业水平的精准度,发挥目标引领作用.

关键词:科学思维 课程教学观 目标体系 有效性

为落实“立德树人”教育根本任务,2016年中国学生发展核心素养研究成果发布:“以人为本”从人的个体性、社会性和文化性出发,凝练了发展学生核心素养的18项综合指标,其中关于思维方法、思维品质的指标为“理性思维、批判质疑”.为实践落实各项“核心素养”指标,2017年以来各学科课程标准颁布,学校就作为核心素养有效实施的“主阵地”,学科课堂就成了核心素养落地生根的“先锋营”.物理学科作为核心素养培养的重要学科,其核心素养包括“物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任”4个方面,“科学思维”是物理学科核心素养的关键性素养,是培养“理性思维、质疑创新”指标的核心要素.本文在课程教学观视角下对科学思维、模型建构、科学推理等内容进行拓展,构建了高中物理科学思维目标体系,有助于增强“思维素养”培养的整体衔接性,有助于“科学思维”教学实施及评价.

1 “科学思维”目标体系的构建

1.1 追问:课程教学观视角

教育目标的实践需考虑以下问题:(1)教育目标是什么?(2)为实现教育目标课程标准、教材怎么编写?(3)为落实课程标准,教师怎样把课程标

准精神和教材知识高效精准地传授给学生?(4)学生怎样高效的学习、自主发展,提升自身的文化基础?从怎样有效地编写课程标准、教材的视角审视教育实践活动,称之为课程观视角;从学生怎么样高效学习、自主发展,提升自己文化基础的视角审视教育实践活动,称之为学生观视角.从教师怎样高效地使课程标准精神和教材内容,依据学生认知、身心发展规律,开展有效教学设计、实施高效课堂和精准评价的视角审视教育实践活动,称之为课程教学观视角.因此,有效落实“核心素养”,可以走课程观路径、学生观路径和课程教学观路径,课程专家已经编写出物理课程标准和与课程标准保持高度一致性的教材,是走课程观路径,本文从课程教学观视角进行探究.

1.2 追问:科学思维

2017年版普通高中物理课程标准中“科学思维”是指:“从物理学视角对客观事物本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用;是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力与品格,

主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素”^[1]。要依据此进行“科学思维”素养的教学设计、教学实施及评价,需要追问以下问题:(1)课程教学观视角下,科学思维到底是什么?(2)高中物理科学思维要素,除了“模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新”4个外,还有哪些其他要素?(3)高中物理模型有哪些?科学推理的特定形式有哪些?

为了回答(1)、(2)两个问题,需要先明确“思维、科学思维、思维方法”的概念。《辞海》中对思维的描述:“思维”指理性认识(思想)或指理性认识的过程(思考),是人脑对客观事物间接的和概括的反映^[2];科学思维强调以实证为判断的依据、以逻辑作论证的手段、以质疑作评价的起点^[3];思维方法就是思维主体为达到思维目的,把相关概念和动作因素组合排列成为静态的或动态的具有先后次序、步骤、程序和可以运行的操作过程的总和^[4]。从课程教学观视角,“科学思维”是指物理理论体系的建构或应用的思维方法和思维品质。

查阅书籍和文献资料,关于“思维方法”的框架结构及内容没有统一的认识:第一种观点认为,思维的方法是抽象、归纳、演绎、分析与综合等^[5],包括逻辑思维方法和非逻辑思维方法(直觉、灵感、想象等)^[6];第二种观点认为,科学思维方式是基于经验事实建构理想模型的抽象概括,是基于科学理性的分析综合与推理论证,是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑与批判等^[7]。综合观之,科学思维方法包含“抽象、推理、论证、概括、分析、综合、批判、质疑、创新”等内容。

在“三维目标”教学中:完整意义上的物理教育包括物理知识教育、物理方法教育、物理思想教育、物理观念教育、物理精神教育。其中“物理思想”诸如:对称思想、守恒思想、可逆思想、假说思想等^[8];物理科学方法蕴含在概念教材、规律教材和应用教材中,科学方法诸如:图像法、比值定义法、整体法和隔离法等^[9]。此处的“物理方法、科学方法、物理思想”都是构建或者应用物理理论体系的研究方法集,属于科学思维的范畴。这样,科学思维就是“过程与方法”的综合表现,“科学思维”教育与“过程与方法”的距离就近了一层,方便新旧教材的衔接。再次,物理学是一门基于“观察和实验”的学科,科学思维方法还应该包括“观察法与实验法”;“定性与定

量”分析也是物理学应用中常用的思维方法。

综上所述,物理学更多的是培养“理性思维、质疑批判”的学科,所以这里的科学思维方法指逻辑思维方法。从课程教学观的视角,物理科学思维方法包括观察与实验、抽象与概括、综合与分析、推理与论证、质疑与批判、创新与创造、定性定量等。课程标准中“科学思维”的4要素,是科学思维方法中的核心思维方法,这也体现了高中物理核心素养的“核心性”,即“核心”包含了外延的最小化和对象的最大化双重含义^[10]。课程教学观视角下物理科学思维的内容结构如图1所示。

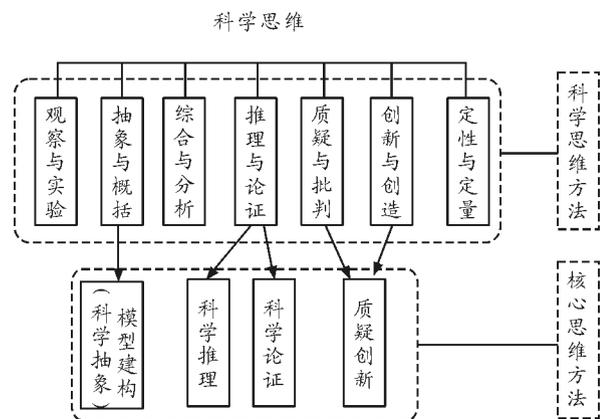


图1 课程教学观视角下物理科学思维内容结构图

1.3 追问:模型建构与物理模型

物理概念是科学抽象在物理学领域应用的重要成果,所以“物理模型”是指物理概念背后的现实原型或反映特定问题、特定事物本质特征的物理结构。“模型建构”体现的是物理模型的建构过程,是在对客观事物进行抽象和概括的基础上,抓住其关键因素,构建能反映其本质特征的理想模型的科学抽象过程^[11]。理想化方法是模型建构的一种特定形式,比如“质点、点电荷”等模型的建构。

在物理学理论体系的建立和应用过程中,构建了诸多物理模型,比如“原子的核式结构模型、碰撞、轻杆模型”等。关于物理模型分类,参照不同的分类标准,国内外有较大的差异,为了方便物理模型的教学实施及评价,借鉴国内的分类方法,将物理模型分为模拟式物理模型(电场线、磁场线)、理想模型、实验模型(光电效应、理想斜面实验)和知识应用教材中的物理模型(轻杆/细绳/弹簧模型、复合场模型),理想模型又包括实体模型(点电荷、单摆、光源、理想变压器)、条件模型(匀强电场/磁场、平行光)、

过程模型(碰撞、平抛运动)^[12]. 笔者梳理了2017年版课程标准、新教材及应用教材中的物理模型,为方便模型的教学实施及评价,这里不按照分类标准罗

列物理模型,按照教材结构呈现高中物理中的模型,其分布如表1所示.

表1 按教材结构呈现的高中物理模型

模块		物理模型
必修	必修1	质点、参考系、匀变速直线运动、自由落体运动、理想斜面实验等
	必修2	平抛运动、匀速圆周运动、太阳系行星运动模型等
	必修3	点电荷、检验电荷、电场线模型、匀强电场模型、等势面模型等
选择性必修	选择性必修1	碰撞、气垫导轨、单摆、弹簧振子、简谐运动、点光源、平面镜、薄透镜、凸透镜、平行光、光的直线传播、光的折射反射、光的干涉衍射、光的色散偏振等
	选择性必修2	磁感线、匀强磁场、通电直导线磁场、环形电流的磁场、理想变压器等
	选择性必修3	理想气体、分子热运动、汤姆孙“枣糕”模型、卢瑟福原子结构模型、玻尔原子模型、光电效应实验模型等
知识应用教材		光滑面、轻质细杆、绳模型、弹簧模型、连接体、带电粒子在电场中运动模型、电容器模型、孤立磁场模型、复合场模型、电磁感应(动生型/感生型)、守恒模型等

1.4 追问:科学推理

科学推理是依据科学事实、运用逻辑思维,由一个或者几个科学判断,得出另外一个未知科学判断的思维形式,是“核心思维方法”的“核心”,具体表现为:(1)科学推理是构建物理模型、科学论证、质疑和创新的手段和工具;(2)科学推理是学生认识事物、解决问题、指导行为的重要思维方式.

关于科学推理的特定形式,国内外都有研究:国内一线教师俞国富认为,高中物理教材中涉及科学推理的内容很丰富,这些内容主要体现为演绎推理、归纳推理和类比推理^[13];国内知名的课程与教学论专家廖伯琴认为,科学推理是科学思维的重要体现,不仅包括逻辑上的归纳推理、演绎推理和类比推理,还包括控制变量、组合推理、概率推理、相关推理、因果推理等推理形式;美国俄亥俄州立大学罗森(Lawson)教授开发的LCTSR科学推理能力测量表中,推理的维度主要包括守恒推理、比例推理、控制变量推理、高级控制变量推理、概率推理、相关性推理、假设演绎推理等^[14].可以看出,科学推理内容的广度有所不同,但能够体现科学推理所包含的丰富内容.另外,物理学是一门“应用数学工具”的学科,包含了多种数学推理方法的应用.综合上述,从课程教学观视角,科学推理可分为数学推理方法和物理推理方法,其分类结构如图2所示.

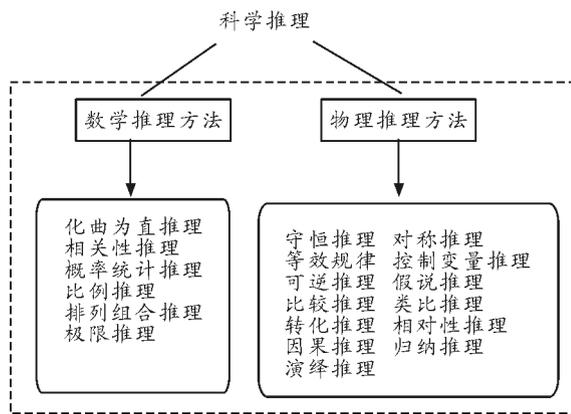


图2 课程教学观视角下高中科学推理的分类结构

1.5 课程教学观视角下物理科学思维素养指标体系

2017年版高中物理课程标准中,科学思维直接对应“模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新”等要素,从课程教学观的视角审视:科学思维到四要素之间、四要素到教学实施、测评之间跨度较大,教师不易理解和教学实践.依据上文对科学思维、科学思维方法、模型建构及科学推理的内容扩展,增加“一级指标(科学思维)、二级指标(思维方法)和细化指标”,构建了如表2所示的高中物理科学思维目标体系.从“指标一”到“细化指标”是逐渐解剖、细化的过程,这就弥补了它们之间的理解空隙和执行难的问题.

表2 课程教学观视角下高中物理科学思维素养目标体系

核心素养	一级指标 (科学思维)	二级指标 (思维方法)	三级指标 (核心思维方法)	细化指标
科学思维	物理学理论体系的建构和应用的思维方法及思维品质	观察与实验 抽象与概括 综合与分析 推理与论证 质疑与批判 创新与创造 定性定量	模型建构 (科学抽象)	模拟式物理模型、理想模型、实验模型、应用教材中的模型
			科学推理	数学推理方法、物理推理方法
			科学论证	证据、观点
			质疑创新	批判性思维、创新性思维

2 “科学思维”素养目标体系的有效性

2.1 畅通“思维素养”目标培养的物理学径向 增强科学思维培养的整体衔接性

“思维素养”目标的物理学科径向为:立德树人—核心思维素养:理性思维、批判质疑—学科思维素养群(数学、生物、化学等思维素养集)—物理科学思维方法—物理核心思维方法(模型构建、科学推理、科学论证、质疑创新)—物理单元思维素养培养目标—物理课堂思维目标—思维素养达标检测。课程教学观视角下物理科学思维目标体系,增加了“一级指标”体现了思维的物理特性,“二级指标”中的思维方法在数学、生物、化学等学科中也在培养,与其他学科思维素养构成思维方法群,形成思维方法交集,这样物理科学思维与核心思维素养就形成有效的衔接;另外,“细化指标”下接“物理单元思维素养培养目标、课堂思维素养培养目标及测评”,就打通了物理科学思维从课程标准到实施评价的通道。总之,构建的物理科学思维目标体系,畅通了思维素养物理学径向的培养之路,使思维素养的培养具有整体衔接性。

2.2 “可视化”科学思维 增强科学思维目标的可操作性

课程教学观视角下的高中物理科学思维目标体系中:“一级指标”回答了物理科学思维是什么的问题;“二级指标(思维方法)”回答了科学思维方法有哪些内容的问题;“细化指标”回答了“模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新”四大核心思维方法的具体内容和要素是什么的问题。这些问题的回答,使科学思维的物理本质特性凸显,使抽象的科学思维看得见、摸得着、接地气,“可视化”了物理科学思维。另外,物理科学思维“可视化”,使得“科学思维”

的教学设计、课堂实施及测评有据可查、有理可依,增强了科学思维目标教育的“可操作性”。

2.3 提高“科学思维”学业质量的精准度 发挥目标引领作用

课程教学观视角下高中物理科学思维方法指标体系中“细化目标”,解决了核心思维方法教什么的问题,比如:(1)模型建构维度教的是“模拟式物理模型、理想模型、实验模型、应用教材中的模型”的建构及应用模型解决问题;(2)科学推理维度教的是应用“数学推理、物理推理”方法建构物理理论体系,用“数学推理、物理推理”方法作为工具应用物理理论体系解决问题。但是,“怎么教、教到什么程度?”就需要继续追寻:“怎么教?”就是教学设计层面的问题;“教到什么程度?”是学业质量水平的问题。2017年版普通高中物理课程标准中明确了科学思维的学业质量水平:情景从简单到复杂分为5个等级,其中“水平2”是学业水平合格性考试的命题依据,对应教材体系中的“必修课程”内容,“水平3”比“水平2”情景更复杂;“水平4”是高考要求,“水平5”面对的是较复杂实际问题情境科学思维的应用,“水平4、水平5”都对应教材体系中“必修课程和选择性必修课程”的内容。应用目标体系中“细化指标”和“水平”所对应的课程内容,可细化学业质量水平,以“模型建构”为例,课程标准中关于“模型建构”的学业质量水平如下。

水平1:能说出一些所学的简单物理模型;

水平2:能在熟悉的问题情境中应用所学的常见的物理模型;

水平3:能在熟悉的问题情境中根据需要选用所学的恰当的模型解决简单的物理问题;

水平4:能将实际问题中的对象和过程转换

(下转第129页)

空题,与考试接轨,更好地发挥其诊断和评价功能.

在内容上,进一步增加情境题比例,关注前沿科技,引入与物理相关的生活现象和自然现象.例如,以北斗导航系统、墨子号量子科学实验卫星、“天眼”等前沿科技为素材设置题目,使学生在解决问题的过程中形成崇尚科学、追求真理的价值观.以太阳东升西落、四季更替等自然现象为题,从学生的角度出发,从熟悉和常见的现象中来实现学生情感、态度的引导.

在结构上,注意层次化和多样化,可以满足不同层次的学生,体现因材施教.按照习题类型、难易

(上接第118页)

成所学的物理模型;

水平 5:能将较复杂的实际问题中的对象和过程转换成物理模型;

细化的模型素养学业水平质量如下.

水平 1:能说出质点、点电荷、检验电荷、匀速圆周运动等简单物理模型;

水平 2:能在熟悉的问题情境中应用匀变速直线运动、自由落体运动、平抛运动、匀速圆周运动、行星的运动、电场线、等势面等常见的物理模型;

水平 3:能在熟悉的问题情境中,根据情境的类型特点,选用匀变速直线运动、自由落体运动、平抛运动、匀速圆周运动、电场线、等势面等模型解决问题;

水平 4:能在实际问题情境中,根据情境的类型特点,将对象和过程转化成表1中所学的一个或者多个物理模型解决问题;

水平 5:能在较复杂的实际问题情境中,根据情境的类型特征,将对象和过程转化建构成表1中的一个或者是多个物理模型解决问题.

通过对比分析,细化后的学业质量水平更精准,能够有效地引导教师的教学设计、教学实施及评价,发挥目标引领作用.

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

程度给出不同的层次.既要有简单的物理概念定律的回顾,也要有更深一步的学习,培养学生深度学习习惯,为高校输送合格人才做准备.如提出概念题、探究性思考题、批判性思考题等.其实国内很多辅导教材中习题的结构值得借鉴,如“想一想”“练一练”“做一做”等.

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)[M].北京:人民教育出版社,2018.67,69,4~5
- 2 廖伯琴.普通高中物理课程标准(2017年版)解读[M].北京:高等教育出版社,2018.154,139~140,54
- 3 廖伯琴.普通高中物理课程标准(2017年版)解读[M].北京:人民教育出版社,2018.4
- 4 辞海编辑委员会.辞海(1989年版)[M].上海:上海辞书出版社,1990.1890
- 5 林明华.高中物理教学中科学思维教育的落实[J].物理教学探讨,2018(10):1~4
- 6 李正福,谷雅慧.论物理核心素养视野下的科学思维教育内容[J].课程·教材·教法,2018(2):100
- 7 夏征农,陈至立.辞海(第六版)[M].上海:上海辞书出版社,2009.21
- 8 廖伯琴.普通高中物理课程标准(2017年版)解读[M].北京:高等教育出版社,2018.30
- 9 邢红军,张抗抗.论物理思想的教育价值及其启示[J].教育科学研究,2016(8):61~67
- 10 张喜荣.适合我国国情的物理科学方法教育体系建构[J].物理教师,2012(12):1~4
- 11 艾静,熊建文.物理核心素养的解析与重构[J].物理教师,2018(7):2~12
- 12 廖伯琴,李洪俊,李晓岩,等.高中物理学科核心素养解读及教学建议[J].全球教育展望,2019(9):77~88
- 13 王晶莹,张跃,张洋.中学物理教师对科学模型教育认识的实证研究[J].全球教育展望,2016(2):93~105
- 14 俞国富.科学推理及其在高中物理教学中的策略[J].中学物理,2019(5):21
- 15 Lawson, A E. The development and validation of a classroom test of formal reasoning [J]. Journal of Research in science Teaching, 1978, 15 (1):11~24