

【专题：科学态度与责任】

编者按：无论是2017年版高中物理课标，还是2022年版义务教育物理课标，均将“科学态度与责任”列为物理核心素养的维度之一，凸显了物理课程立德树人的价值追求。比之物理核心素养的其他维度，“科学态度与责任”维度的研究相对匮乏。囿于一线教师对其内涵理解不够深入、价值认同不高、方法措施不到位等原因，教学中对于“科学态度与责任”素养的培育往往流于形式。本期专题选文深度解析“科学态度与责任”的内涵及内容指向，结合具体案例探讨“科学态度与责任”素养的培养路径，以供参考。

科学态度与责任素养的课程意蕴与教学落实

张恩德 谢 丽

【摘要】科学态度与责任素养的缺失，意味着物理学科核心素养的非整合性，也意味着物理课程育人效果的缺失。为此，应基于对科学态度与责任素养的内涵、层次的深度剖析，详细阐述科学态度与责任和情感态度与价值观之间的关系，探索科学态度与责任素养是什么、怎么来、如何教等基本问题。实践中，可从教学内容审读、教学目标制订、课堂教学实施三个角度出发更好落实科学态度与责任素养。

【关键词】科学态度与责任；科学本质；核心素养

一、科学态度与责任素养的课程意蕴

（一）科学态度与责任素养的内涵分析

概念的内涵反映着对象的本质特征、存在关系、价值取向等。一个庞杂的复合型概念，其内涵大多通过综合式的定义予以说明，但综合式定义一般难以精准地反映对象的本质特征。《普通高中物理课程标准（2017年版2020年修订）》对科学态度与责任的定义为：在认识科学本质，认识科学·技术·社会·环境关系的基础上，逐渐形成的探索自然的内在动力，严谨认真、实事求是和持之以恒的科学态度，以及遵守道德规范，保护环境并推动可持续发展的责任感，主要包括科学本质、科学态度、社会责任等要素。

上述定义将科学本质与科学态度、社会责任并列，共同作为科学态度与责任的要素。具体来看，科学态度是获得科学本质的动力基础与必备品格^[1]，一个能很好地理解科学本质的人，一般具有较好的科学态度，所以科学态度在科学态度与责任素养中具有基底作用。无论是科学本质还是社会责任都要求学生遵守道德规范，只不过两者侧重的场域有所区别。上述定义的物理学科特性较为隐晦，这既说

明科学态度与责任素养具有一定的跨学科性，也要求教师在落实过程中注意结合物理学科案例予以学科化。另外，上述定义中的社会责任与中国学生发展核心素养中的社会责任构成了一般与特殊的关系，前者侧重“保护环境并推动可持续发展的责任感”，与后者“热爱并尊重自然，具有绿色生活方式和可持续发展理念及行动”等表述基本契合，较好地体现了人、课程与素养的和谐统一关系。

（二）科学态度与责任素养的关系分析

关系是“事物之间相互作用、相互影响的状态”^[2]，是重要的研究视角。有研究提出了科学态度与责任同其他物理学科核心素养的关系^[3]（见图1）。

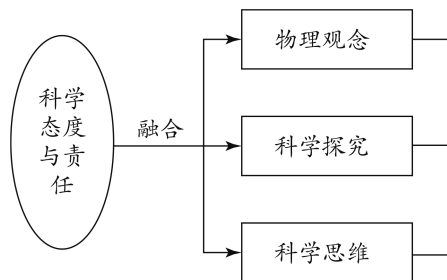


图1 物理学科核心素养的关系

从图1可以看到，科学态度与责任是必备品格，

观照物理观念、科学探究、科学思维的生成,具有统摄意义。科学思维中的质疑创新同科学态度与责任中的科学本质、科学态度具有较强的相关性,物理观念与科学本质也存在相关。物理学科核心素养四要素有共同的时空场域,在人的培养方面具有价值的可通约性。

科学本质关注的是如何看待“科学”,本质上属于认识论问题。社会责任主要是价值论和实践论问题。两者没有直接的关系。科学态度中“实事求是”“修正错误”“尊重他人”等表述与社会责任中“道德与规范”的表述具有高度的相关性。陈刚认为,社会责任感需要个体表现出“愿意”承担责任的倾向,本质上也属于态度。^[4]结合前文所述的科学本质与科学态度的关系,可以发现科学态度具有中介作用与基底作用。从心理学上看,科学态度涉及知、情、意、行四个层面,涵盖认识论、价值论和实践论。因此,科学态度可以观照科学本质、社会责任的生成,从而在逻辑上避免对科学态度与责任素养“拼盘式”结构的诘难。

(三) 科学态度与责任和情感态度与价值观

科学态度与责任素养是对三维目标中情感态度与价值观的整合与发展。但是,科学态度与责任素养继承了情感态度与价值观的哪些方面,又在哪些方面突破了对情感态度与价值观的诘难呢?我们不妨从内容角度对二者的文本进行比较。(1)内容删除。删除了原情感态度与价值观中的部分内容,如领略自然界的奇妙与和谐,乐于探究自然界的奥秘等。(2)内容增加。增加了科学本质要素,但没有做拓展性说明,在社会责任中增加了“道德规范”。(3)内容调整。将原来的某些情感内容调整到科学态度中,如好奇心与求知欲,将“敢于坚持真理、勇于创新”调入科学思维素养的质疑与创新要素中。(4)内容升华。整合多处可持续发展内容并予以升华,如“可持续发展的意识”升华为“可持续发展的责任感”,“科学·技术·社会”升华为“科学·技术·社会·环境”。(5)内容凝练。社会责任继承了原价值观中的大部分内容,但表述更加凝练,突出了原来“可持续发展”“责任感”“保护环境”这三个要点。

由此可知,科学态度与责任对原来的情感和态度进行统整,将部分情感内容调入科学态度,将部分

内容舍弃。社会责任则继承了原来价值观的大部分内容,但价值观涉及价值论问题,社会责任涉及价值论和实践论问题,具有良好社会责任的人一般都具有正确的价值观,即价值观是社会责任的基础,社会责任抓住了价值观的关键要点。以科学本质、科学态度、社会责任三要素代替原来的情感、态度、价值观三要素,在一定程度上消解了学界对情感态度与价值观学科特性不明确以及情感、态度、价值观三个概念逻辑混乱的诘难。上述文本的增删调整并非科学态度与责任素养同情感态度与价值观目标之间的简单搬运。核心素养强调“核心”“关键”,三维目标注重共同基础与托底作用,它们的目标层级与定位存在明显差异。

(四) 科学态度与责任素养的水平划分

1. 各水平的文本分析

文本分析是指从文本的表层深入其中,发现那些不能为普通阅读所把握的深层意义。对于相似的内容,科学态度与责任素养各水平的文本并非仅通过不同层级的行为动词或程度副词予以递进。其中,科学本质的内容文本涵盖三个要点:自然现象是可描述与解释的;物理研究是一项创造性工作;物理学是不断发展的,兼具相对持久性、普适性和局限性。这些文本略显单调,如何寻找科学本质最核心、最关键的部分,如何对各部分进行再整合,是学界亟须思考的问题。科学态度文本较好地整合了好奇心、兴趣、态度、动机等内容,强调合作、尊重、实事求是等关键要素,知、情、意、行的逻辑衔接得当。社会责任文本以道德与规范、环境和可持续发展为核心,但道德与规范到底属于社会责任还是科学态度,其答案的关键在于道德与规范的内涵是什么。这个问题亟待学界或课标制定者予以厘清。

2. 水平层级合理性的评判

素养的水平层级划分只有保持纵向等距、横向协调,才能兼具可测性、自洽性与融合性。在课程标准中,素养的水平层级一般通过行为动词、程度副词或形容词、内容广度等来划分。一般来说,最低层级是所有学生经过高中学段的物理课程学习必须达到的素养要求,最高层级则是可能达到的要求。科学本质要素各水平层级的行为动词完全相同,主要运用内容广度和程度副词或形容词进行水平划分,尚

未很好地体现水平差异。科学态度要素较好地综合运用了行为动词、程度副词或形容词、内容广度、专业术语以区分其水平层级,如“好奇心—兴趣—较强的兴趣—动机—较强的动机”较好地体现了水平的层递关系。科学态度要素还恰当地运用了认知、情感、意志、行为四个阶段以体现其五个水平,如水平5强调“能自觉抵制违反实事求是的行为”,综合了科学态度的意志与行为。社会责任要素也综合运用了行为动词、程度副词、内容广度表述水平层级,强调社会责任体现为从他律到自律、从自发到自觉、从认知到情感再到行为的渐进上升,各水平层级的递进性与差异性比较明显。

3. 水平的合理运用

科学态度与责任素养水平层级合理性的评判有助于教师发掘物理知识背后的科学本质与态度责任素材,为素养教学提供可能。科学态度与责任素养在物理教学中不可或缺,即使课程标准没有提供示例,教材没有设置对应素材,教师也一定要适当增补加以彰显。但是,每节课的素养水平要求各有侧重。例如,对于“相对论时空观与牛顿力学的局限性”内容,课程标准的内容标准提出“知道牛顿力学的局限性,体会人类对自然界的探索是不断深入的”。该要求介于科学本质水平3与水平4之间。学业要求提出“认识到科学研究包含大胆的想象和创新,科学理论既具有相对稳定性,又是不断发展的,人类对自然的探索永无止境。具有探索自然、造福人类的意识”。该要求除了涉及科学本质要素,基本对应社会责任的水平3。课程标准没有显性的关涉科学态度的话语,但人教版教材中有“爱因斯坦、庞加莱等人则主张彻底放弃某些与实验和观测不符的观念,……提出能够更好地解释实验事实的假设”。该话语表明科学家有研究物理的内在动机,坚持实事求是,既能坚持观点又能修正错误,基本可与科学态度的水平4相对应。

二、科学态度与责任素养的教学落实

科学态度与责任素养的教学落实是素养由课程内容向教材内容、教学内容转化的过程。教学内容审读有助于教师勾连课程标准、教材和物理学史并理解其转化关系。教学内容蕴含着教学目标,内容审读有助于教学目标的精准制订。教学目标可为素

养的教学落实提供导向,内容审读也可为素养的教学落实提供具有活性的素材与明晰的逻辑理路。

(一) 教学内容审读

教学内容是落实素养的重要抓手,是课程标准教材化、教学化的重要支撑。教材必须选择有强烈的德性感召力和充分科学本质理据的素材,才能使学生形成强烈的社会责任感与严谨求实的科学态度。一线教师常常对物理教材进行孤立的、原子式的审读,这容易导致内容文本意义的缺失、人的缺失和关系的缺失。为了提升内容素材的意义深度、历史长度和人文宽度,笔者建议教师对着课程标准审读教材、对着教材审读课程标准、对着教材审读教材、对着物理学史审读教材。

1. 对着课程标准审读教材

对着课程标准审读教材有助于教师理解教材内容源自何处,是怎样拓展、丰富与深化课程标准内容的,从而深度理解教材章节内容的微结构与逻辑关系,以便对教材内容进行再凝练与升华。例如,人教版高中物理必修1教材“自由落体运动”一节设置了“科学漫步”和“STSE”栏目介绍伽利略的科研历程,看似重复冗长。但课程标准要求:“结合物理学史的相关内容,认识物理实验与科学推理在物理学研究中的作用。”“查阅资料,了解伽利略研究自由落体运动的实验和推理方法。”“查阅资料,了解并讨论伽利略关于物体运动的实验研究对科学发展和人类进步的重大意义。”这些表述虽然没有对科学态度与责任素养提出明确要求,但内容标准提及物理学史,活动建议隐性地涉及科学思维素养和科学态度与责任素养。由此,教材通过“科学漫步”和“STSE”栏目回应课程标准的内容要求与活动建议。

2. 对着教材审读课程标准

对着教材审读课程标准有助于教师基于教材生动丰富的素材理解课程标准抽象与刚性的规定,消弭对课程标准具体性、明晰性不足的误解。例如,课程标准必修2主题要求“体会人类对自然界的探索是不断深入的”,其内涵是什么?如何理解其隐性关涉的科学本质要素?这些问题一直困扰着广大教师。人教版高中物理必修2教材的“相对论时空观与牛顿力学的局限性”详细描述了牛顿力学的成就与局限性,结合正文中穿插的评述性语言和若干旁

白,诠释与深化了“体会人类对自然界的探索是不断深入的”中的科学本质和社会责任素养意蕴,让教师理解到科学理论既具有相对稳定性,又是不断发展的,人类对自然的探索永无止境,从而形成探索自然、造福人类的意识。

3. 对着教材审读教材

对着教材审读教材能避免教材编者单调的课程旨趣,以及因篇幅所限造成的素养素材的可选择性可与替代性的缺失,增强教师的素材精加工能力。例如,人教版高中物理必修3教材用一节阐述“能源与可持续发展”,而鲁科版则用了整整一章。前者语言浓缩明快,对能源与可持续发展的观点鲜明,聚焦科学态度与责任素养的社会责任要素。后者图文并茂,案例丰富,融合科学态度与责任素养的诸要素,同时关注物理观念、科学探究与科学思维素养。审读不同教材有利于教师根据学情、校情采用或简约或丰富,或独立或综合,或凸显或隐晦的方式落实科学态度与责任素养。

4. 对着物理学史审读教材

对着物理学史审读教材有助于教师深度发掘教材文本背后的人文意蕴。中学物理教材一般不采用准历史法或史学重演法呈现物理学史,而是将史学内容以简约的形态加以呈现,且这些素材大都不直接服务于科学态度与责任素养。因此,对着物理学史审读教材有利于将科学态度与责任素养素材从一般的知识文本表述与探究活动中提炼出来,再综合运用激活、联结和转化等策略,对其进行再经验化、再情境化与再历史化。例如,对于“电磁波的发现”内容,仅凭“麦克斯韦确信自然规律的统一性与和谐性,相信电场与磁场的对称之美”,难以展示麦克斯韦的科学态度与责任素养。物理学史中有关麦克斯韦这一工作的描述包括:他体验到法拉第的思想与传统的静电理论是协调的,有可能进一步建立统一的电磁理论;在潜心研究了法拉第关于电磁学方面的新理论和思想之后,坚信法拉第的新理论包含着真理……物理学史文本有助于教师深化对物理教材中素养素材的理解,将麦克斯韦潜在的科学本质观、科学态度与社会责任显性化。

(二) 教学目标制订

有研究者根据科学态度的情感、认知、行为三要

素列出了科学态度与责任素养的教学目标^[5],但忽略了科学本质要素。从语法结构上看,科学态度与责任素养教学目标可采用传统三维目标的语法结构,即包括行为条件、行为主体、行为表现及表现程度,具体可以借鉴崔允漷或蒋永贵等人的教学目标表述方式。但是,与物理观念和科学思维素养教学目标相比,科学态度与责任素养教学目标存在表现程度缺乏质的规定性、缺少内容与素材载体而偏重教师生成等问题。为了更好地表述科学态度与责任素养教学目标,本文分别从行为动词、行为条件、表现程度三个方面加以说明。科学态度与责任素养的行为动词可以借鉴《义务教育物理课程标准(2011年版)》和《普通高中物理课程标准(实验)》中的认知性目标动词和体验性目标动词(如认识到、理解、评价、形成、养成、发展、尝试、观察、经历、探究、能、关心、关注、有……意识、具有、乐于、敢于、勇于、善于、体验、感知、学习、调查等),以及科学态度与责任素养水平划分中的部分行为动词。上述部分行为动词适合表述行为条件,如观察、经历、探究、调查、学习、尝试等;部分行为动词适合表述态度,如关心、关注、体验等;部分行为动词适合表述行为,如乐于、敢于、勇于、善于等;部分行为动词适合表述认知,如认识到、形成等。

缺乏行为条件的教学目标是虚假的、去情境化的。行为条件的情境化是科学态度与责任素养落实的重要前提,必须借助上述的观察、经历、探究等行为动词。同时,行为条件必须是学生在物理教学过程中亲自经历的事件,且该事件应与行为表现具有明显的因果关系。如通过阅读伽利略研究落体运动的史实,认识到物理研究是建立在观察和实验基础上的一项创造性工作。

从语法结构上看,科学态度与责任素养教学目标的表现程度需要综合运用行为动词、程度副词或形容词以及某些专业术语加以说明。但是,在中学物理教学中,除了某些典型内容,一般不对科学态度与责任素养的教学目标提出程度上的要求,教师需要基于个人的课程理解和具体学情予以确定。例如,“超重与失重”的科学态度与责任素养教学目标可确定为:通过观看神舟十三号载人飞船返回地球的视频,认识到人类探索太空历程的艰辛,初步理解

科学是一项人类共同的伟大事业。上述教学目标运用了行为动词“认识到”“理解”以及程度副词“初步”,“科学是一项人类共同的伟大事业”则相对抽象。因此,该教学目标的表现程度总体上看属于中等水平。

科学态度与责任素养教学目标的表述应根据科学本质、科学态度、社会责任三要素的具体特点而确定。对于科学本质,可采用“行为条件+行为动词+科学本质”的表述形式,如前文的“通过观看神舟十三号载人飞船返回地球的视频,认识到人类探索太空历程的艰辛,初步理解科学是一项人类共同的伟大事业”。科学态度教学目标的表述切忌缺乏行为表现,以空洞的科学态度代替具体的情、知、行,将行为条件去情境化。社会责任教学目标主要涉及认知、情感和行为三个层次,其语法结构分别为“行为条件+认知类行为动词+行为表现”“行为条件+情感类行为动词+行为表现”“行为条件+成功类行为动词+行为表现”。例如,“光的干涉”的社会责任教学目标为:学习光的微粒说与波动说的历史纷争,能依据普遍接受的道德与规范认识和评价物理学的学术论争。

(三)课堂教学实施

科学态度与责任素养的落实需要强烈的情境性,由情而知,由知而情,情知交融,最终实现素养的人脑入心。科学态度与责任素养的逐层落实是有目的、有计划的教育行为,不允许厚此薄彼,更不允许整体虚无。科学态度与责任素养最好能与物理观念、科学思维等素养兼容共生。下面以人教版高中物理教材“宇宙航行”一节为例,说明科学态度与责任素养的课堂教学落实。

课程标准中与之相关的科学态度与责任素养内容要点包括:了解牛顿力学对航天技术发展的重大贡献;观看有关人造地球卫星、神舟飞船、航天飞机、空间站的录像片,与同学交流观后感;收集我国和世界航天事业发展历史和前景的资料,写出调查报告。教材中,科学态度与责任素养的素材分布在“人造地球卫星”“载人航天与太空探索”两个子标题以及“STSE”“科学漫步”栏目中,但素养要点相对分散。基于上述分析,教师可将科学态度与责任素养的教学目标制订为:通过操作神舟飞船模型与天宫模型

运动对接,体验科学家严谨、认真、求实的科学态度;查阅玉兔号登月的过程以及探索火星的计划,认识到人类探索太空的使命与责任。

教学流程图有利于统合教学各要素并予以结构化、逻辑化、系统化,从而使科学态度与责任素养的落实成为有目的、有计划的自觉行为。基于上述课程标准、教材分析以及科学态度与责任素养教学目标,制订“宇宙航行”的教学流程图(见下页图2)。

教学中,先以蒙太奇手法展示从嫦娥奔月到明朝万户自制火箭,从神舟飞船到玉兔号登月的探索历程,将人类探索太空的虚拟场景与现实场景相融,既让学生认识到人类探索太空的责任使命与不懈努力,又为宇宙速度概念的引入创设问题情境:(1)人类能否飞离地球的关键是什么?(2)万户为什么没有成功飞离地球?(3)神舟飞船的速度到底有多快?

随后,紧紧围绕“速度有多快才能飞离地球”开展科学探究与科学思维活动:将万户的火箭换成牛顿的大炮,综合运用几何画板以及动画模拟,依次增加炮弹的速度,当炮弹速度增加到7.9千米/秒时,它就不会落回地面了。在动画模拟过程中,教师综合运用理想实验以及科学探究,强调物理学是基于人类有意识的探究而形成的对自然现象的描述与解释,人类对自然的认识具有渐进性,从而将科学态度与责任素养的落实与科学思维、科学探究素养的落实紧密融合。

对宇宙速度进行理论演绎之后,教师综合“人造地球卫星”和“载人航天与太空探索”两个子标题,以图片形式展示人类探索太空的历程与成就,从科学态度与责任素养角度阐述阿姆斯特朗的名言:“对一个人来说,这不过是小小的一步,但对人类而言,却是巨大的飞跃。”然后,让学生阅读“航天事业改变着人类的生活”栏目,操作神舟飞船模型与天宫模型运动对接,体验科学家严谨、认真、求实的科学态度,将科学态度与责任素养落实于实践操作过程之中。最后,安排学生在课后查阅玉兔号登月的过程以及我国探索火星的计划,撰写“我的宇宙航行”科学小论文,感受我国航天事业的伟大成就、激发民族自豪感以及宇宙探索的责任担当。

该节课科学态度与责任素养落实的关键在于将部分正文以及栏目内容前移作为教学导入,凸显科学

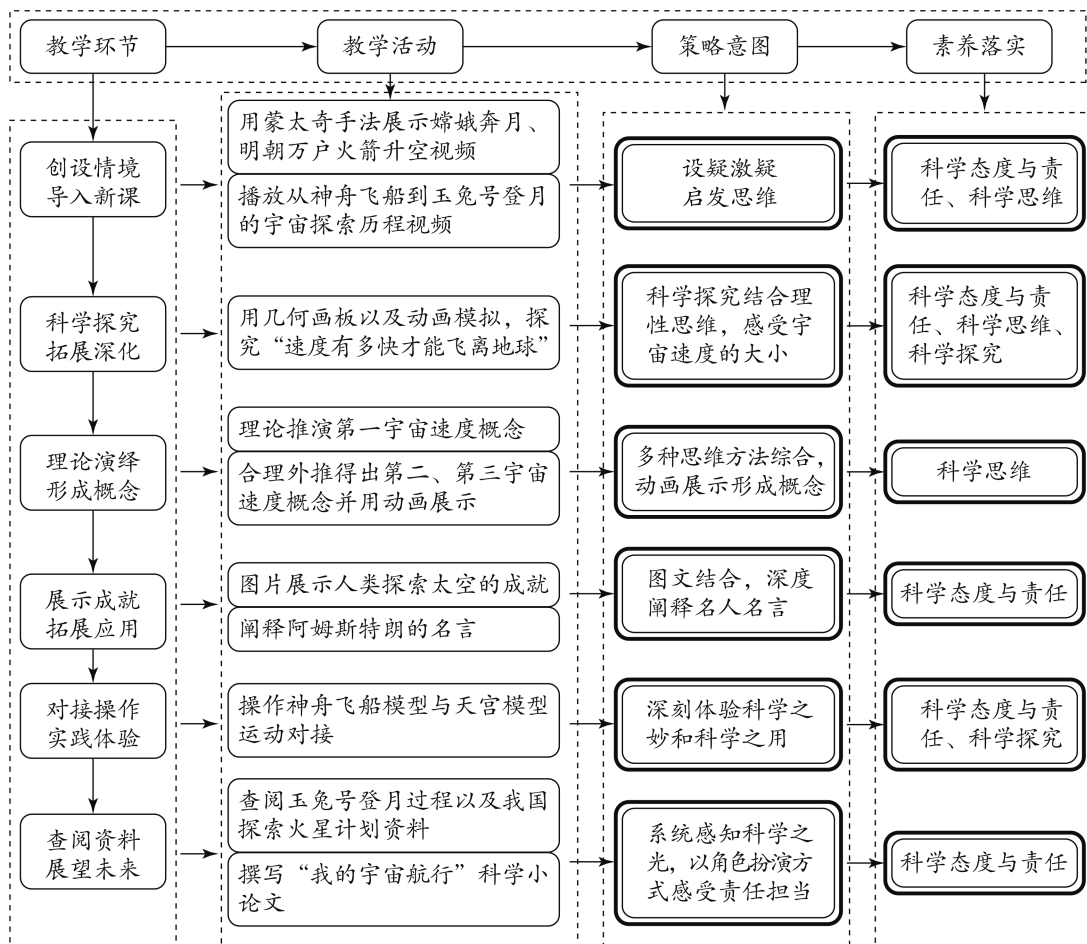


图2 “宇宙航行”教学流程

态度与责任素养并激疑生趣;对相对冗长的史学素材进行整合优化,突出其中的关键话语以彰显科学态度与责任素养;综合运用蒙太奇手法、动画、视频、实践操作、资料查阅,将科学态度与责任素养的落实与科学思维、科学探究素养的落实深度融合。

参考文献:

- [1] 廖伯琴,李洪俊,李晓岩.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.
- [2] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室.现代汉语词典:第7版[M].北京:商务印书馆,2016:478.
- [3] 应俊.指向培养学生“科学态度与责任”的教学策略探索:以“动量和动量定理”教学为例[J].物理教学,2020(8):9.
- [4] 陈刚,刘金梅.试论“科学态度和责任”素养的实质以及培养[J].物理教学,2021(9):8.

[5] 高洁,潘苏东,陈刚.指向核心素养的物理教学目标设计理念[J].课程·教材·教法,2018(12):103.

【作者简介】张恩德,韩山师范学院物理与电子工程学院教授,硕士生导师,教育学博士,主要从事物理课程与教学论研究(潮州 521041);谢丽,长江大学物理与光电工程学院副教授,教育学博士,主要从事物理课程与教学论研究(荆州 434023)。

【原文出处】摘自《课程·教材·教法》(京),2022.10.145~151

【基金项目】广东省哲学社会科学“十三五”规划2020年度一般项目“基于乡村教师专业发展的名师工作室运行模式研究”(GD20CJY45);2022年度广东省教育科学规划课题“基于‘新师范’的师范生教学能力分段培养研究”(2022GXJK262)。