

科学家精神融入高中物理教学的策略研究^{*}

吴宏伟 (西北师范大学教育科学学院 甘肃 730070)

摘要 为破解高中物理教学“重知识传授、轻精神培育”的现实困境,立足物理教学立德树人的育人本质,探究科学家精神融入高中物理的教学策略。通过对人教版高中物理教科书中有关科学家精神素材的系统梳理,构建“资源开发—课堂实施—课后延伸”三位一体教学策略:以学史育人为根本,构建精神筑基型资源开发体系;以思维淬炼为核心,创设精神浸润式课堂实施范式;以实践深化为保障,健全精神内化的课后评促机制,推动高中物理教学从“知识本位”向“素养培育与精神塑造协同发展”的范式转型。

关键词 科学家精神 高中物理教学 教学策略

文章编号 1002-0748(2026)5-0002

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

2025年,教育部等七部门联合印发《关于加强中小学科技教育的意见》,将“培育科学精神”确立为核心目标^[1],为中小学科学精神培育的落地,提供了具象化实施指引。《普通高中物理课程标准日常修订版(2017年版2025年修订)》(以下简称《课标》)聚焦对学生科学本质认知、科学态度养成及社会责任的培育,其中对培养学生科技强国责任感与使命感的价值导向尤为鲜明^[2]。在此背景下,高中物理教学应突破“单纯知识传授”的传统范式,深度挖掘知识生成过程中的科学精神内涵,实现知识习得与价值引领的有机统一^[3]。

然而,在物理教学实践中,“科学家精神浸润缺位”的问题尤为突出:教学重心过度侧重公式推导、题型训练等应试导向环节,对知识生成过程中蕴含的科学家探究路径、思维方法及精神特质的挖掘流于表面,加剧了“知识传授与精神培育割裂”的现实困境。这种培育脱节直接导致多数学生虽具备应试层面的基础知识应用能力^[4],但对科学探究的本质认知模糊,缺乏科学敬畏意识与探索热忱,难以深度领悟科学家团队攻坚克难的爱国精神、伽利略质疑权威的求实品格等核心要义。从人才培养规律审视,拔尖创新人才的核心特质体现为“知识—思维—精神”的协同发展,而当前教学中“重知识轻精神”的倾向,正是科学家精神培育缺失的核心诱因。物理教学中科学精神培育的缺位,可能造成拔尖创新人才“精神维度”素养短板,与我国“培养拔尖创新人

才”的国家战略目标存在明显落差。已有研究证实,将科学家精神融入物理教学可有效破解知识与精神培育脱节的难题^[5],提升学生的科学探究能力与家国情怀。据此,本研究立足物理教学立德树人的育人本质,对人教版高中物理教科书中有关科学家精神的素材进行系统梳理,探寻将科学家精神融入高中物理教学的策略,以期推动物理教学从“知识本位”向“素养培育与精神塑造协同发展”的范式转型。

1 人教版高中物理教科书中科学家精神素材分析

《课标》明确规定,高中物理课程需在义务教育阶段的基础上,进一步推动学生物理学科核心素养的养成与发展^[2]。将科学家精神有机融入高中物理教学全过程,对促进学生物理学科核心素养进阶具备不可替代的支撑效能,同时能有效拓展物理学科育人范畴,为夯实国家科技人才培养根基提供重要学理支撑。

人教版高中物理教科书经过系统遴选与科学编排,融入了众多中外知名科学家的典型事迹、研究历程及科研成果案例(见表1)。在教学实践过程中,深度挖掘此类素材所蕴含的科学家精神,并将其精准渗透至教学各环节,既能助力学生系统梳理科学理论的演进脉络,又能引导其深度体悟科学家的认知范式与探究路径,进而深化学生对科学家精神内核的认知与内化,为在青少年群体中培育崇尚科学、勇攀高峰的精神理念奠定坚实基础^[6]。

^{*} 基金项目:本文系四川省2024年度教育科学规划项目一般课题“数智时代中学教师教学胜任力提升路径研究”(课题编号:SCJG24C170)的阶段性研究成果。

表 1 人教版高中物理教科书中科学家精神素材分析

科学家精神	具体内容	科学家	高中物理教科书
爱国精神	家国情怀 服务人民	赵忠贤	必修 3 第 11 章第 2 节“导体的电阻”:1987 年,在国际超导研究竞争激烈的背景下,中国科学家赵忠贤团队攻坚克难,与华裔美国籍科学家朱经武团队相继研制出钇-钡-铜-氧系材料,将超导转变温度提高到 90K(-183.15℃),打破了国外在高温超导领域的技术垄断
		南仁东	必修 3 第 13 章第 5 节“能量量子化”:FAST 工程是我国自主创新突破的标志性成果,而南仁东作为总工程师,牵头论证、选址、研制长达 22 年,扎根贵州喀斯特山区攻坚克难,攻克一系列技术难题,南仁东也因此被誉为“天眼之父”
创新精神	勇攀高峰 敢为人先	普朗克	选择性必修 3 第 4 章第 1 节“普朗克黑体辐射理论”:普朗克在大学选择物理专业时,一位教授曾告诫他,物理学的核心规律已基本被发现殆尽,这门学科难有新的突破。但普朗克并未退缩,反而聚焦黑体辐射这一经典物理无法解释的难题,大胆提出能量量子化假说,创立了以该假说为核心的黑体辐射理论
		安德烈	选择性必修 3 第 2 章第 4 节“固体”:2004 年之前,人类预言单层石墨可能具备优异的导电性、力学强度等特殊物理性质,但如何将石墨剥离至单原子厚度,成为全球科学家面临的技术难题。安德烈在偶然的契机中,观察到助手用透明胶带去除石墨块表面污渍时,胶带会粘附上薄层石墨。该现象启发了他的创新思路—突破传统“磨薄”的思维局限,尝试用透明胶带反复粘贴石墨块,逐步剥离薄层,最终成功剥离出单原子厚度的石墨—石墨烯
求实精神	追求真理 严谨治学	伽利略	必修 1 第 2 章第 4 节“自由落体运动”:亚里士多德提出“重的物体下落更快”的观点,长期被奉为权威。伽利略对此提出质疑,先用逻辑归谬法反驳,再设计理想斜面实验,通过控制变量、反复测量,推导出自由落体运动是匀加速直线运动的结论,最终用实验验证了理论猜想
		牛顿	必修 2 第 7 章第 2 节“万有引力定律”:牛顿在开普勒行星运动定律和牛顿运动定律基础上,以微积分为数学工具开展系统性推演,历时多年完成严谨论证。既整合天体运动与地面物体运动的共性规律,又通过月地检验验证引力规律的普适性,最终提出万有引力定律。而海王星的发现,进一步印证了该理论的科学价值
奉献精神	淡泊名利 潜心研究	法拉第	必修 3 第 13 章第 3 节“电磁感应现象及应用”:法拉第甘于清贫、专注科研,始终保持朴实谦逊的品格。他谢绝了皇家学会会长、皇家研究院院长、伦敦大学教授等高位与头衔,拒绝了名利诱惑,数十年如一日深耕电磁学领域,潜心探索电磁感应规律,最终为电磁学发展奠定重要基础,将一生无私奉献给了科学事业
		居里夫人	选择性必修 3 第 5 章第 1 节“原子核的组成”:居里夫人深耕放射性领域,在简陋的实验室中历时多年潜心钻研,克服设备匮乏、资金短缺等困难,成功发现镭和钋两种元素,于 1911 年获诺贝尔化学奖,成为史上首位两次获得诺贝尔奖的科学家。当镭以高价被推向市场时,她拒绝为成果申请专利,甘愿过着清贫的生活,始终将科学贡献置于个人名利之上。为深入研究放射性物质的特性,她长期近距离接触镭射线,最终因辐射诱发的白血病逝世
协同精神	集智攻关 团结协作	第谷 开普勒	必修 2 第 7 章第 1 节“行星的运动”:17 世纪初,行星运动规律的研究陷入困境——传统天体理论与观测数据存在矛盾,而精准的观测数据与系统的数学建模成为突破关键。第谷作为当时顶尖的天文观测家,积累了海量精准的行星观测数据,但缺乏将数据转化为科学理论的数学能力;开普勒则擅长理论推演与数学建模,却亟需精准数据支撑理论建构。两人建立深度合作关系,第谷主动分享毕生观测成果,开普勒倾注全部心力整理分析数据,结合其数学天赋反复推演、校验,最终总结出行星运动三大定律,破解了长期困扰天文学界的难题,为经典力学体系的建立奠定基础
育人精神	甘为人梯 奖掖后学	法拉第 麦克斯韦	必修 3 第 13 章第 4 节“电磁波的发现及应用”,麦克斯韦被法拉第关于“场”和“力线”的思想所吸引,并洞察到法拉第表述偏于定性的局限。为此,他特意拜访法拉第,尽管两人年龄相差 40 岁、学术风格各有侧重,但对物质世界的探索理念产生强烈共鸣。法拉第不仅毫无保留地分享自己的研究笔记与实验数据,更以包容开放的态度鼓励麦克斯韦:“你不应该停留在用数学解释我的观点,而应该突破它!”在法拉第的研究基础与无私扶持下,麦克斯韦历时 10 年深耕钻研,建立起完整的电磁场理论,整合了经典电磁学体系,并预言了电磁波的存在,推动物理学进入新阶段

结合表 1 的分析得知,人教版高中物理教科书以物理核心知识为载体,在系统传授学科知识的同时,将众多科学家的事迹及其精神内核进行了有机融入,于潜移默化中培育学生的科学素养与人文精神:科学素养依托学科知识的系统学习逐步建构,人文精神则依托科学家的具体事迹深度渗透,二者互为支撑且相辅相成。这些蕴含爱国、创新、求实、奉献、协同、育人等多维度的科学家精神素材,成为学

生成中的宝贵精神财富,为其后续投身科学探索、践行社会责任筑牢思想根基。

2 科学家精神融入高中物理的教学策略

将科学家精神融入高中物理教学需突破“标签化渗透”的现实困境(如仅简单罗列科学家姓名及成就,缺乏对精神内涵的深度挖掘),遵循“认知—体验—内化—升华”的育人逻辑链,构建完整的“资源

开发—课堂实施—课后延伸”三位一体教学策略。从实施准则维度分析,该策略以“学史为基、思维为核、实践为要、评价为导”为核心准则,各环节与准则形成精准呼应:资源开发聚焦“学史为基”,课堂实施紧扣“思维为核”,课后延伸突出“实践为要”,全程贯穿“评价为导”。这一准则与既有研究中“资源统领、思维中心、实践活化、评价反馈”的育人共识^[7, 8]理念高度契合,印证了该策略的科学性与可行性,进而助力实现科学家精神与物理教学的深度融合。

2.1 学史育人为根本:构建精神筑基型资源开发体系

教学资源开发是科学家精神融入物理教学的前置性支撑,需紧扣“素材精准化、体系结构化、应用场景化”三大核心准则,挖掘物理知识生成过程中的科学家精神内核,构建“科学史为脉络、科学家事迹为载体、科研方法为桥梁”的三维资源体系,厘清三者“脉络—载体—桥梁”的递进逻辑,这一体系既呼应“以科学家精神要素统领资源开发”^[7]的核心要求,又通过分层挖掘中的“质疑问难”设计,践行“以质疑问难为起点”^[9]的实践逻辑。

2.1.1 分层精准挖掘科学史素材,锚定精神与知识的契合点

建立“知识生成脉络—科学家探究困境—精神特质凝练”的分析范式,系统回溯物理核心知识点的历史演进脉络,构建“知识节点—科学家—精神维度”的三维映射框架。如在力学模块中,深度解构伽利略“斜面实验”所蕴含的“逻辑归谬—实验创新—抽象建模”等求实创新特质;在电磁学模块中,系统梳理法拉第历时十载潜心钻研并发现电磁感应现象的执着求索历程,麦克斯韦以系统思维建立电磁理论体系的开拓性实践,提炼二者所共通的求实创新精神内核;在现代物理模块中,结合原子核、宇宙航行等知识点,融入钱学森“冲破技术封锁归国投身国防科技攻关”的爱国奉献精神,以及王淦昌“深耕激光核聚变领域、追求实验精度极致”的执着求真品格,并结合二者在科研攻关进程中培育科研后备力量、搭建学术传承梯队的育人实践经验,强化爱国奉献、求实创新与协同育人的多维价值引领作用。

2.1.2 整合多元资源载体,构建科学精神培育导向的物理结构化资源库

以教科书为核心载体,深度挖掘“科学漫步”栏目等的育人内涵,补充科学家手稿、实验装置复原图、历史影像等典型史料,为培育求实创新精神提供坚实的史实与实证支撑;拓展本土化优质教育资源,

重点挖掘“两弹一星”工程中物理原理的工程化应用、北斗导航系统在力学与电磁学领域的关键技术突破等典型素材,通过具象化的工程情境提升爱国奉献精神培育的情境浸润效果;深化跨学科资源整合,联动语文、历史学科开展科学家传记文献的梳理与萃取,精准提炼与物理知识关联的探究片段,构建“物理原理阐释—科研事迹印证—科学精神解读”的结构化资源,强化跨学科协同育人效能。以“万有引力定律”为例,梳理第谷精密天文观测与数据积累、开普勒基于观测数据凝练行星运动定律、牛顿万有引力定律的体系化建构、卡文迪许通过扭秤实验精准测量万有引力常量等关键历史演进环节,清晰阐释科学研究“观测—猜想—推导—验证”的求实创新范式;同步嵌入钱学森运用天体运动规律开展卫星轨道设计的工程实践案例,凸显科学理论服务国家战略需求的爱国奉献内核;最终形成“理论演进—实验验证—工程应用”的三维资源体系。该体系既完整呈现科学理论从假说提出、逻辑推导到实验验证的求实创新历程,又通过本土化工程应用案例厚植爱国奉献情怀,更为跨学科协同育人提供具象化实施载体。

2.1.3 设计场景化应用方案,实现精神引领资源与教学的深度转化

针对不同课型设计资源应用场景,破解资源碎片化应用的困境。理论课以“知识生成脉络”为轴线,构建历史化认知情境。以“牛顿第一定律”为例,以亚里士多德、伽利略及牛顿等物理学家对“力与运动关系”的认知演进为逻辑线索,通过动画复原完整呈现“斜面实验”的设计推演细节;嵌入“伽利略如何通过‘斜面实验’‘冲淡重力’突破计时工具局限”的质疑问难探究环节,引导学生体悟求实精神。实验课以“创新设计思维”为核心,重点搭建思维启发情境。如在“万有引力常量测量”中,聚焦“微小形变放大”创新思维的培育目标,系统展示卡文迪许扭秤原始设计图纸、改进脉络与关键迭代节点,引导学生对比现代实验装置,体悟“微小形变放大”的创新思维,构建“原始设计—迭代优化—现代应用”的完整资源链,引导学生从古今装置对比中提炼创新思维的内在逻辑,深化对求实创新精神的体悟。习题课以“工程实践案例”为载体,构建价值引领场域。以“卫星轨道计算”习题教学融入工程案例为具体例证,深度嵌入孙家栋团队修正北斗卫星轨道的真实工程案例,关联案例中“数据反复校准”环节所承载的求实精神,引导学生从案例解读中深度体悟“数据校准”

的求实态度、“为国造星”的爱国情怀及协同攻关的精神特质,进而实现知识传授与价值引领的协同增效。

2.2 思维淬炼为核心:创设精神浸润式课堂实施范式

课堂将科学家精神融入教学的核心场域,其核心实施路径为:针对理论建构型、实验探究型、思辨研讨型等课型,构建“问题驱动—探究实践—思维碰撞—精神升华”的教学模式,该模式紧扣“以思维为中心构建教学生态”^[7]与“改进经典实验、设计开放性问题”^[6]的实践策略,实现知识习得与精神培育同频共振。

2.2.1 理论建构型课堂:“情境设问—历史复盘—思维建模”三维模式

该模式以科学家探究历程为核心脉络构建认知情境,通过“思维过程复刻”搭建认知情境与科学精神培育的关联桥梁,实现科学精神的精准渗透与内化,助力学生建构理论认知与思维范式。以“电磁感应”为例,实施三维建构流程:(1)情境设问:困境呈现与问题聚焦。通过展示法拉第研究手稿构建历史认知情境,聚焦核心问题“法拉第历经十年才发现电磁感应现象,其面临的认知瓶颈与技术瓶颈分别是什么?”(2)历史复盘:探究复刻与逻辑梳理。引导学生以小组为单位复盘“静态磁场—动态磁场”的实验设计与操作过程,还原法拉第“控制变量—现象记录—归纳总结”的探究逻辑,深化对探究过程的认知。(3)思维建模:理论建构与精神提炼。结合麦克斯韦“位移电流”概念对电磁感应理论体系的补充与发展,组织“科学突破的思维品质要素”专题研讨,在理论体系建构中提炼求实、创新等科学精神的核心内涵,形成结构化思维范式。

2.2.2 实验探究型课堂:“经典复刻—瓶颈突破—创新改进”三阶模式

该模式以经典实验复刻、实践瓶颈突破、创新改进实践为递进式关键环节,依托“经典复刻+创新改进”双重载体,助力学生体悟科学家“实证优先”的核心科研准则。以“探究平抛运动的特点”为例,开展三阶探究实践:(1)经典复刻:核心实验溯源与瓶颈识别。精准复刻伽利略研究自由落体的“冲淡重力”斜面实验,遵循其装置装配要求与操作规范,并记录“人工计时误差显著”“轨迹测量精度偏低”等核心瓶颈。(2)瓶颈突破:科学思维追溯与方案设计。引导学生追溯上述实验思维内核,结合瓶颈成因设计“频闪摄影计时”“光电门精准计时”等优化方案,通过实测数据对比各方案误差控制效能。(3)创新改进:工

程实践链接与科学精神内化。引入火箭回收着陆区控制案例,设计“着陆区模拟与精准计算”进阶任务,引导学生沿“问题识别—方案设计—数据验证—优化迭代”逻辑链,体悟并内化“数据校准—协同验证”的工程化逻辑与严谨性科学精神。

2.2.3 思辨研讨型课堂:“争议呈现—证据论证—共识建构”三层模式

依据“论证式教学培养求实精神”^[8]与“开放式论证教学创设情境”^[10]教学策略,以物理核心知识学术演进或应用争议为载体,构建适配学情的深度研讨模式。以“天体运动规律的演进”为例,实施三层研讨实践:(1)争议呈现:史料溯源与驱动问题提出。呈现“地心说与日心说千年争议”核心史料,结合托勒密《天文学大成》、哥白尼《天体运行论》的核心主张,聚焦争议焦点提出驱动问题“日心说挑战地心说的关键证据是什么?理论突破蕴含何种科学勇气?”(2)证据论证:多维辨析与辩证思维培育。引导学生分组梳理“行星逆行观测”“恒星视差测量”等核心证据,结合开普勒定律的观测验证及牛顿万有引力的推导逻辑,论证日心说取代地心说的必然性;同时结合时代科技发展水平辩证剖析地心说的历史价值,培育学生“尊重证据、理性质疑”的核心思维。(3)共识建构:案例链接与精神范式凝练。以“嫦娥探月轨道计算理论传承”为例,组织“科学理论如何赋能技术实践”协同研讨,在共识凝聚中提炼“观测—假设—论证—验证—修正”的科研范式,凝练“传承创新、协同攻坚”的精神内核。

2.3 实践深化为保障:构建精神内化的课后评促机制

课后延伸与评价是保障育人实效的关键环节,需构建“实践体验—项目深化—评价反馈”的闭环机制,深度践行“以实践融合培育精神”^[11]与“以评价机制强化反馈”^[8]的育人策略,实现科学家精神从课堂认知向实践践行再到精神内化的递进式深化。

2.3.1 分层实践活动:搭建精神内化的体验载体

设计“基础—提升—拓展”三级实践任务体系,匹配不同认知与能力层级学生的发展需求。基础任务聚焦“实验技能强化”,以实验室为核心实践阵地,开展“经典实验复刻”活动,如复刻卡文迪许扭秤实验,撰写“误差分析与创新改进”报告,深度体悟科学家严谨务实的求实精神内核;提升任务侧重“探究能力培养”,开展“校园物理问题调研”项目,如“教学楼采光优化的光学原理应用研究”,引导学生完整模拟

科学家“问题发现—方案设计—实证分析—成果迭代”的探究范式;拓展任务突出“价值引领”,组织“科技报国”主题实践活动,如参观科技馆或开展“两弹一星”精神研学等,深化对科学家爱国奉献、勇攀高峰等核心精神的认知内化及情感共鸣。

2.3.2 跨学科项目学习:培育协同创新素养

依据“跨学科项目化学习助力核心素养培育”^[12]的研究结论,突破传统学科壁垒,设计跨学科综合实践项目。以“卫星模型设计与轨道计算”为项目主题,系统整合物理、数学、信息技术、语文等多学科教学资源,构建“学科赋能—任务驱动—协同探究—成果共创”的跨学科项目实施框架;物理学科聚焦轨道力学原理的具象化转化,为轨道设计提供核心理论依据与技术支撑;数学学科聚焦轨道关键参数的量化建模,通过实测数据开展数据拟合与误差校准工作;信息技术学科依托专业仿真技术与软件工具,开展轨道运行模拟推演,实现动态可视化呈现;语文学科通过系统梳理国内外航天领域科学家的典型科研事迹,撰写“航天科研历程及精神传承”专题研究报告。学生以项目小组为基本单位,结合物理、数学、信息技术、语文学科专长,分工承接“轨道理论建模、参数精准计算、运行误差修正、成果凝练展示”等子任务,复刻科研团队“目标拆解—分工协作—攻坚克难—成果整合”的经典协同攻关逻辑,在项目实施过程中深度培育学生分工协作、资源共享、攻坚克难、成果共创的协同创新素养。

2.3.3 多元评价机制:筑牢育人实效的反馈保障体系

构建“过程性评价与终结性评价深度融合、定量评价与定性评价有机互补”的多元评价体系,旨在破解科学家精神培育“重形式轻实效、评价标准不具象”的难题。过程性评价聚焦探究过程中的精神外显行为,通过“实验操作规范记录表”“小组协作评价量表”等动态追踪记录学生在探究过程中呈现的求实态度、创新探索能力、协作配合表现及责任担当意识等;终结性评价采用“知识应用与精神阐释”相结合的综合化评价范式,以“万有引力与宇宙航行”单元测评为例,可设置开放性试题:“结合钱学森等科学家运用天体运动规律开展卫星轨道设计的实践案例,阐释基础物理理论对国家核心技术突破的支撑作用,剖析科学家在其中展现的探索精神与报国情怀”;定性评价则以动态化“精神成长档案袋”为载体,系统归集学生实践报告、反思日志、研学总结等质性素材,结合师生反馈与素材分析,综合评估学生

精神内化的层级、深度及实际成效。与此同时,构建“师生互评—生生互评—自我评价与反思”三维反馈机制,形成“评价诊断—问题归因—策略优化—迭代改进”的良性闭环,为科学家精神培育质量的持续优化提供闭环保障。

3 总结与展望

科学家精神既是物理学演进的核心驱动力,更是赋能高中生物理核心素养进阶的关键载体。本研究构建了“资源开发—课堂实施—课后延伸”三位一体的教学策略,有助于破解“知识传授与精神培育割裂”的困境,助力学生达成知识体认、科学思维与价值情怀的协同发展。未来可从三方面深化:一是拓展本土化、时代化素材,耦合“大国重器”中的物理原理与科学家事迹;二是借力数字化技术,构建“虚拟仿真+情景复现”混合教学生态;三是细化“素养—精神”双向评价指标,提升成效可测性,为落实立德树人、培育科技强国拔尖创新人才提供核心支撑。

参考文献

- [1] 教育部等七部门. 关于加强中小学科技教育的意见[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/jcys_jzyb/202511/t20251111_1419878.html.
- [2] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准日常修订版(2017年版2025年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2025:5—57.
- [3] 黄晓,钱晨璇. 科学史与科学哲学在中学物理课程标准中的呈现和意义[J]. 中国科技教育,2022(10):10—16.
- [4] 张殷. 科学素养怎么考、怎么教——2023年高考物理全国卷试题分析与启示[J]. 人民教育,2023(Z3):44—51.
- [5] 李维,郭昕瑶,邢红军. 科学家精神:中学物理学科育人新视域[J]. 课程·教材·教法,2023(5):131—137.
- [6] 潘国盛,宗晓玮. 科学家精神融入高中物理的教学策略[J]. 物理教师,2025(8):17—20.
- [7] 居津. 高中物理融入科学家精神的实践逻辑[J]. 物理教学,2025(5):19—23.
- [8] 倪韵章,胡庭辉,顾洪亮,等. 科学家精神融入中学地理教学的价值意蕴、逻辑理路、内容构成及实践路径[J]. 课程教学研究,2025(2):97—104.
- [9] 蔡千斌. “科学家创新精神”融入高中物理教学的实践逻辑与路径[J]. 中学物理,2025(21):39—41.
- [10] 李轩,邱上庆,杨丁辰,等. 重塑中学物理教育:科学家精神深度融入的分析研究[J]. 物理教师,2023(5):2—6,21.
- [11] 史书芳. 新时代科学家精神融入地理教学的意义与策略[J]. 中学地理教学参考,2025(26):20—23.
- [12] 何萍,仲小敏,张海强. 科学家精神融入地理实验教学的价值向度、逻辑理路与实践路径[J]. 中学地理教学参考,2025(1):4—7.