

教师科学素养的内涵特征、构成要素 与发展路径

王宪平¹, 麦慧君², 朱国晶³

(1. 浙江师范大学 发展规划处, 浙江 金华 321000;

2. 澳门科技大学 国际学院, 澳门 999078;

3. 芜湖职业技术学院 马克思主义学院, 安徽 芜湖 241000)

摘要:教师科学素养是响应新一轮科技革命和产业变革、培养科技创新人才和提升全民科学素养的关键因素。从教师工作特性来看,教师科学素养包含动和静的两个层面:静的层面是指教师应具备基本科学知识、科学精神和态度;动的层面是指教师应掌握培育学生科学素养的方法,具备帮助学生形成科学素养的能力。教师科学素养具有育人性、动态性、系统性特征。通过理解分析教师科学素养的内涵和特征,借助专家咨询法对教师科学素养构成要素的框架模型进行两次调整,从科学情意与科学精神、科学认知与科学教育能力、科学方法与技术三大维度构建教师科学素养结构框架。基于此,为促进教师科学素养发展、提升教师科学教育能力,相关政策应进一步细化,推进教师科学素养概念具象化;教师教育应优化教师培养举措,实现职前教师科学素养“内嵌”;教师培训应更新培训内容和形式,支持职后教师科学素养持续提升;多方联合提供科学文化支撑,协同营造促进教师科学素养发展环境。

关键词:教师科学素养;科学教育;教师教育;职前培养;职后培训

中图分类号:G451.2 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-8129(2024)06-0008-10

作者简介:王宪平,教育学博士,浙江师范大学发展规划处处长;麦慧君,澳门科技大学国际学院博士研究生;朱国晶,教育学硕士,芜湖职业技术学院马克思主义学院助教。

面对新一轮科技革命和产业变革的深入发展,各国普遍将提升全民科学素养视为国家和社会发展的战略优先任务。习近平总书记指出,“没有全民科学素质普遍提高,就难以建立起宏大的高素质创新大军,难以实现科技成果快速转化”^[1]。在世界各国加强科技创新、重视人才培养的大背景下,科学教育成为提升全民科学素养、培养高素质科技创新人才、建设科技强国的重要途径^[2]。事实上,科学教育不局限于科学课程的内容,而应当渗透到所有学科的教育教学过程中。我们需要深入挖掘各个学科中的科学要素,并将其融入学科知识、教学目标和教学实践中。通过对各学科专业知识的学习,培养学生的科学思维和科学能

力。因此,培养青少年科学素养不仅是科学教师的责任,更是全体教师的使命。2021年6月,国务院印发《全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)》,明确要求实施教师科学素养提升工程。2023年5月,《教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》进一步强调升级实施中小学教师科学素养提升行动计划,以增强中小学教师的科学教育意识和能力^[3]。2023年7月,《教育部关于实施国家优秀中小学教师培养计划的意见》出台,提出“从2023年起,国家支持以‘双一流’建设高校为代表的高水平高校选拔专业成绩优秀且乐教适教的学生作为‘国优计划’研究生”^[4],同时提出“‘国优计划’首批试点支持30

所‘双一流’建设高校承担‘国优计划’研究生培养任务,从2023年起,每年每校通过推免遴选不少于30名优秀理工科应届本科毕业生攻读理学、工学门类有关学科学术学位、专业学位研究生或教育硕士,同时面向在读理学、工学门类的研究生进行二次遴选,重点为中小学培养一批研究生层次高素质科学类课程教师,加强基础教育阶段创新型学生培养”^[4]。这一系列文件表明,提高教师科学素养已成为提升青少年科学素养的重中之重。

然而,当前关于教师科学素养的研究主要集中于理科教师和幼儿教师。在中小学科学教育实践中,以传授知识为主而忽视科学素养的培养,并未真正触及科学的本质^[5],教师具体课堂表现和理想形态之间脱节,充分暴露出教师科学素养存在的问题。此外,关于教师科学素养的元分析研究明确指出,教师科学素养各维度及其相互关系仍需进一步讨论和澄清^[6]。因此,教师科学素养研究亟待深入推进,进一步明确教师科学素养的内涵特征、构成要素与发展路径。

一、教师科学素养的内涵特征

“科学素养是现代教师素养的重要组成部分,是构成教师专业属性的核心内容”^[7],与学科素养、通识素养、跨学科素养、信息素养、发展改进等教师素养要素相互配合,共同助力新时代中国教师素养的形成。国内外学者对教师科学素养的研究主要从两个视角出发:一是聚焦课堂实践,这意味对科学素养的研究,实现了从对教师科学素养的概念化理解到关注教师科学素养课堂实践的转向^[8];二是基于公民身份,强调科学素养是教师作为公民所必备的基本素养。相关研究各有侧重,一方面注重教育性,强调教师应具备科学素养帮助学生理解科学、解决真实问题,关注教师对科学素养的理解、认识,探讨科学素养对教师思维、教学计划、教学法以及学生学习科学意愿的影响,探讨通过“大单元”“大概念”“项目化学习”等教学方法促进教师和学生科学素养的发展;另

一方面,注重公民属性,强调教师日常生活情境中所需的科学素养。

尽管研究者已针对教师在不同身份与情境下的科学素养内涵展开探讨,然而其中存在两个主要问题。其一,从公民身份角度展开的研究,未能充分体现教师在特定历史时期所承担的角色与任务。其二,有关课堂实践的研究,并未将学生的科学素养发展需求纳入考量范畴^[9]。特别是有关教师整体科学素养的研究,过度偏重公民层面而忽视教师的身份特征,未能全面反映“素养导向”对教师职责的影响。故而,我们有必要重新理解并定义教师的科学素养。

(一)教师科学素养的内涵

“‘素养’的英文为‘literacy’,由拉丁词‘litteratus’演变而来,原意表示有学问。在汉语里,‘素养’一词一般有以下几种含义:①修习涵养;②平素所供养;③素质与教养;④平时所养成的良好习惯。《辞海》中‘素养’是指经常修习涵养。……《现代汉语词典》中‘素养’则指‘人平日的修养’,从这个角度而言,‘素养’与‘素质’同义,包括人身心发展的各个方面和潜力,也指完成某种活动所必需的个人条件。”^[7]在西方语境中,literacy源于拉丁语,被译为“识字、读写能力”,literate通常意味着接受良好教育和习得相关技能^[10]。可见,素养和“识字”“学习”等词有密切关联。另外,“素养”相较于“素质”更侧重于人与环境之间的互动^[11],强调通过教育、实践等方式形成素质的过程。因此,将“literacy”译为“素养”更为恰当。

科学教育和科学素养密不可分。早期使用“科学素养”这一术语的研究者强调要增强对科学教育的关注度^[12],希望将自然科学的相关知识纳入通识教育,倡导在中学阶段设置科学课程,以帮助学生熟悉科学的历史与成就,了解科学知识与日常生活之间的关系,同时强调科学教育对持续促进科学进步和帮助人们适应变化的重要作用。此后,科学素养的定义不断扩展和演变,尽管学者们对其理解尚未达

成一致,但其核心观点大致相似。首先,“科学素养”的内涵包括科学知识、科学过程、科学方法、科学态度、科学精神、科学本质观、科学技术与社会的关系、科学能力等方面。这些方面相互影响并构成了科学素养的主要内涵。其次,科学素养的定义逐渐清晰,从关注科学教学到关注科学情境,再到进一步强调科学技术与社会生活的关系^[13],以此加深理解人与科技、社会环境的关系。有关科学方法的理解也从单纯了解科学过程转向关注社会情境下的科学应用和学习,科学素养的构建也从“通过教育来学习科学”转向“通过科学来教育”^[14],旨在通过科学相关内容的学习来理解社会科学问题,实现科学素养和人文素养的整合^[15]。因此,教师科学素养的构建与提升与社会生活情境、科学教育紧密相关,不仅包括科学知识的积累,还包括科学方法的运用,更主要的是有助于培育学生的理性思维、创新能力、独立探究能力、问题解决能力和科学思维模式,引导学生深入思考和讨论科学发展的伦理和社会影响。

教师角色具有社会性、文化传递性和主动性。社会性强调教师个体与他人角色互动中形成的相互关系,这种关系建立在社会对教师角色期待的基础上^[16]。换言之,教师角色体现了社会对教师职责、社会地位的要求和期待。由此,教师角色不仅规定了教师在社会结构中的位置、身份、权利,也规定了教师的职责和义务。文化传递性是指在角色互动中上一代人把传统文化传递给下一代人,通过“濡化”(即人们获得文化教养的过程)和“涵化”(即人们在不同文化背景下和长期互动中的适应和改变过程)两种模式进行传递。这意味着教师角色在文化传递过程中会受到时代、文化和组织形态等多重因素的影响,呈现出特有的形态。主动性体现在教师个体面对外界规范和期待的同时,可以根据具体情况作出判断、选择和改变,注重教师的个性和主观能动性,强调教师在角色认知、选择和扮演过程中的主动参与和调整。

综上,通过借鉴科学素养的定义并结合教师角色的本质来界定教师科学素养,使教师科学素养各维度及其相互关系得到进一步澄清。教师科学素养指教师在教育教学过程中应具备的科学情意与科学精神、科学认知与科学教育能力、科学方法与科学教育研究能力等多方面的综合素质和能力,具体涵盖科学精神、科学本质观、科学态度、科学知识、科学思维、科学能力、教育教学的科学方法与技术、教育教学研究的科学方法与技术等方面。

(二)教师科学素养的特征

教师科学素养既有公民科学素养的共性,又有教师职业的特殊属性。依据教师科学素养的内涵,探究其特征,为分析教师科学素养构成要素提供基础。

1. 育人性:实现学科教育中科学和人文的统一

育人性是教师在科学教育中的核心价值,强调教师在科学性与人文性统一的基础上引导学生形成正确的科学认知、解决科学问题的能力以及批判性思维和创新精神。因此,教师需要明确科学教育的育人价值,挖掘并融合学科教学中蕴含的“科学性”与“人文性”。科学性与人文性的融合旨在弥补学校教育中片面追求“科学知识”的缺陷,帮助学生在科学教育中树立正确的价值观,建立系统的科学认知框架,培养和弘扬科学家精神^[17]。这一过程不仅强调积极参与社会事务讨论与决策的重要性,还强调扎根现实生活,关注不确定的未来世界。通过这种方式,促进学生掌握科学知识和科学思维方式,培养学生的科学态度和创造精神。科学与人文的整合为教师自我反思提供契机,引导教师从关注个人拓展到关注全人类、全世界,理解不同环境和社会与个人之间的联系,同时在教学实践中尊重学生个体,认识其发展的差异性、丰富性和复杂性,采取灵活多样的评价标准和教育形式,维护个人的尊严和价值^[18]。因此,教师应在遵循学生身心发展和学习规律的基础上创造具体的学习机会和丰富多样的探究机会以助力学生理解科学

的运作方式^[19],积极引导学生将所学知识与生活中的问题和具体情境相结合,形成个性化的科学知识能力结构,保护学生的好奇心和科学兴趣,鼓励学生深入思考,激发学生潜能。

2. 动态性:快速响应科技时代和科学教育的要求

动态性主要体现在两个方面:其一,教师的科学素养结构随着时代发展不断优化;其二,教师自己具备科学素养的同时,还需让学生拥有持续发展科学素养的能力。有关教师科学素养的讨论离不开科学教育,而中小学科学教育内涵丰富,不仅强调科学(物理、化学、生物等学科)、数学、信息科技等学科教学,还包括科学学科与语言、历史、政治等人文学科教学的有机融合,以STEM教育、大主题、项目化学习等多种形态开展的跨学科实践更是实施科学教育的新途径^[20]。因此,一方面,教师科学素养与科学教育的整体规划相联系,应考虑各级各学科教师在科学教育中的位置以及如何充分激发教师参与的热情,预设实践过程中的走向,并随之调整教师科学素养结构,更新教师学科知识和教学方法,把握科学教育变革的核心因素,将其纳入教师评价体系;另一方面,科学学科与人文学科的融合是科学教育的重点,具体运作面临着如何将理念转化成实际操作的问题,需要思考教育教学过程中各学科与科学教育的结合点,注意每个环节都应包括问题的提出、质疑、实践和检验等步骤。由此,教师应关注科学教育的发展变化,讨论科学学科和人文学科教学的共性,探索微观实践操作的逻辑路径,从科学教育实践出发,及时调整科学素养结构,使其不断迭代更新以适应科技时代的发展要求。

3. 系统性:推动科学要素高效渗透教育教育的各个环节

教师科学素养的系统性意味着教师从全面和立体的角度看待各个学科、教学活动和资源环境等方面的关联性,在学科教学实践活动中适时、适当、适量地融入科学要素。系统性具体体现在四个方面:一是立足学科独特性,

梳理教材整体脉络,注重教学中渗透科学本质和科学精神,为学生提供理解科学世界的不同视角;二是综合多学科知识,以具体实际问题为导向,通过各学科教师集体协作,举办形式多样的学习活动以搭建学生知识加工和转化之梯,共同促进学生科学精神、高阶思维和创新能力的形成;三是通过运用人工智能、互联网软件、移动终端等新型学习工具,不仅要提高教学效率,还要为提升学生科学素养创造机会;四是整合校内外科学学习资源,在有效利用学校科学教育资源的基础上,“加强科学馆、博物馆与学校教育的有效衔接”^[21],构建科学教育生态体系,拓展科学教育资源,通过多种互动形式、超现实的奇妙体验、跨时空的无限创想,激发学生求知欲和创造力,培养学生创新型思维。

通过以上分析可知,育人性、动态性和系统性是教师科学素养的基本特征,体现了科学教育对教师素养的要求,从不同视角对教师科学素养进行了阐释,也为探讨和分析教师科学素养的构成要素提供了依据。

二、教师科学素养的结构模型

教师科学素养的构建并不是各个要素的简单罗列和叠加,不仅需要扎实的理论基础,还需要科学、完备、可行的研究过程和充足的现实依据。因此,在把握教师科学素养内涵特征和已有科学素养测评标准的基础上,本研究初步拟定教师科学素养的框架结构,接着使用专家咨询法,征求专家的建议,并在此基础上进行修订,最终形成教师科学素养结构模型。

(一)结构模型的初步设计

基于教师科学素养的内涵特征,通过对科学教育政策文件与相关文献的分析,归纳美国国家科学理事会(NSB)公民科学素养测评要素、中国公民科学素养测评结构、公众科学素养测评通用指标等测评内容的共同特点并作为教师科学素养各项指标的基础,总结国际学生科学素养测评项目(PISA)、国际数学与科学趋势研究项目(TIMSS)科学素养测评框架、美

国国家教育进展评估(NAEP)科学框架等项目对教师日常教育教学提出的要求,以此作为教师科学素养的要素,分析国内学者对教师科学素养的研究及其优点与不足,借鉴曹奎、韩桂玲、李淑萍等学者构建的教师科学素养基本框架^[7],初步拟定教师科学素养的3个一级维度(指标)、9个二级维度(指标)和31个三级维度(指标)。其中3个一级维度(指标)分别为科学精神与科学情意、科学认知与科学教育能力、科学方法与技术,三者相互联系,共同促进教师日常工作中科学实践问题的解决。科学情意与科学精神是指教师在工作中所表现出的科学认知方式、科学价值观、科学品格、行为准则等综合状态,包括科学精神、科学本质观和科学态度3个二级维度(指标)。科学认知与科学教育能力包括教师的科学知识、科学思维和科学能力3个二级维度(指标)。科学方法与技术是教师科学素养的重要组成部分,根据教师的生活实践活动将其划分为基础的科学方法、教育教学的科学方法与技术、教育教学研究的科学方法与技术3个二级维度(指标)。

(二)结构模型的维度调整

科学建构教师科学素养结构模型离不开对初始结构模型的修订过程。为获得具有针对性和专业性的专家咨询意见,本研究选择了主要从事教师教育研究、科学教育研究和一线学科教学的教育专家,共计20名。本研究进行了两轮专家咨询,邀请专家组成员对教师科学素养结构模型中的具体指标进行确认或提出不同意见。本研究以集中度、离散度和变异系数为统计参数,其中,集中度越大,离散度越小,变异系数越小,表明指标的认同度越高^[22]。另外,采用“界值判断法”对全体维度(全部指标)进行筛选,平均值的界值=平均值的均数-平均值的标准差,变异系数的界值=变异系数的均数+变异系数的标准差,且平均值高于界值、变异系数低于界值的维度(指标)入选^[23],当维度(指标)在平均值和变异系数两个尺度上都与要求不匹配时予以删除,而针对仅在一个尺度上不匹配的维度(指标),则通过充

分思考和评估进行取舍。

1. 第一轮专家咨询结果分析

第一轮专家咨询问卷共计发放22份,回收有效问卷20份,回收率91%。从专家咨询结果看,在离散程度上,3个一级维度(指标)、9个二级维度(指标)的标准差均小于1,表明专家认为一、二级维度的適切度较高。在集中度和协调程度上:3个一级维度经过界值判断(平均值 ≥ 4.480 ,变异系数 ≤ 0.135),均符合筛选标准;二级维度除基础的科学方法与技术(平均值=4.40,变异系数=0.171)和科学能力(平均值=4.45,变异系数=0.185)外,其他7个维度(指标)的平均值及变异系数均符合筛选标准(平均值 ≥ 4.435 ,变异系数 ≤ 0.167)。针对“基础的科学方法与技术”这一维度(指标),有专家建议,其中涉及三级维度和“教育教学的科学方法与技术”之间的界限不明显,可以将基础的科学方法与技术中的指标融入到教育教学的科学方法与技术中。由此,删除基础的科学方法与技术,将其中的三级维度(指标)和“教育教学的科学方法与技术”合并。“科学能力”维度(指标)协调程度不高的原因主要在于专家对科学能力的释义存在争议,依据专家意见和已有研究成果,本研究将“科学能力”这一指标保留。

根据数据统计结果和三级维度(指标)筛选界值,31个三级维度(指标)中有25个维度(指标)符合标准(平均值 ≥ 4.526 ,变异系数 ≤ 0.142),有6个指标在平均值、标准差或变异系数上未达到标准。其中主要问题在于部分表述不精准,并且有些指标彼此之间存在重复。为此,结合专家提出的建议,本研究作出以下调整:将“理解科学是在不断变化发展的”修改为“理解科学知识的正确性是暂时的,会随着时间、科技的发展发生改变”;在“科学本质观”维度(指标)中,增加“科学知识是创造性、想象力和特定社会文化环境的产物”这一维度(指标);在“科学知识”指标中,“具备个人生活、参加社会活动所必需的科学知识”与“拥有系统、扎实、广博的学科专业知识和跨学科教学实践

知识”有部分重叠,因而删去“具备个人生活、参加社会活动所必需的科学知识”;在“科学教育能力”维度(指标)中,删除“具有教育科学研究与创新能力”;将三级维度(指标)中“采用混合研究方法,实现定量研究和定性研究结合”修改为“能够依据具体研究问题选择适配的科学研究方法”。以此向专家展开第二轮咨询。

2. 第二轮专家咨询结果分析

第二轮专家咨询问卷发放 20 份,回收有效问卷 19 份,回收率 95%。通过统计专家咨询结果发现,3 个一级维度(指标)和 8 个二级维

度(指标)的均值和变异系数均符合界值筛选标准,三级维度中有 2 个指标“具有教授学生获取、分辨、验证和处理信息的能力”和“会主动搜索科学技术相关信息”仅满足一个界值标准,但为了防止单纯因为数据不好而被删除,在充分考虑必要性后,予以修正并保留。

综上,根据两轮专家咨询意见对初步拟定的维度(指标)进行调整后,最终整合确定了由 3 个一级维度(指标)、8 个二级维度(指标)和 30 个三级维度(指标)构成的教师科学素养结构模型(如表 1 所示)。

表 1 教师科学素养结构模型

一级维度(指标)	二级维度(指标)	三级维度(指标)
1. 科学精神与科学情意	(1)科学精神	具有认真严谨、精益求精的工作精神
		具有敢于质疑的批判精神
		具备实事求是的实证精神
		具备虚心合作的民主开放精神
	(2)科学本质观	具备勇于探索的创新精神
		理解科学知识的正确性是暂时的,会随着时间、科技的发展发生改变
(3)科学态度	理解科学知识是创造性、想象力和特定社会文化环境的产物	
	理解科学与技术、社会和环境之间存在相互依赖和相互促进的关系	
	愿意在教学中融入科学手段和科学内容	
	喜欢开展科学教育相关活动	
2. 科学认知与科学教育能力	(1)科学知识	会主动搜索科学技术相关信息
		认同科学对于教育具有重要意义
	(2)科学思维	拥有系统、扎实、广博的学科专业知识和跨学科教学实践知识
		拥有学校所处地区的自然和人文知识
		具备在学习、工作以及职业发展中运用科学方法解决问题的知识
		具备抽象思维和形象思维两种基本的科学思维形式,注重提升自身思维品质
(3)科学教育能力	熟练运用思维相关科学知识,包括计算思维、科学推理、科学论证、科学建模、问题解决等方面的知识	
	利用各种材料或机会训练学生思维,培养学生科学思维品质,教会学生像科学家一样思考	
	能够基于教学目标,有效利用信息技术,使其与学科教学知识整合	
	能够提供社会现实议题,探索基于学科的课程综合化教学,开展项目化、合作式学习研究	
3. 科学方法与科学教育技术	(1)教育教学的科学方法	能够基于教学目标,将科学精神、科学思维、科学方法、科学知识等有效融入学科教学
		具有指导学生获取、分辨、验证和处理信息的能力
	(2)教育教育研究的科学方法与技术	能够对自身科学教育活动进行评价、反思和改进
		理解科学研究的方法,包括分析与综合、比较与分类、归纳与演绎等
		理解收集证据、形成观点、表达交流等分析和解决科学问题的科学研究过程
		能够创设具体问题情境,组织和开展探究活动
(1)教育研究的科学方法	能够基于教学目标,有效开展小组讨论或辩论	
	能够论证教学,引导学生提出主张,基于证据展开推理和证明	
(2)教育教育研究的科学方法与技术	能够掌握教学教育研究方法	
	能够依据具体研究问题选择适配的科学研究方法	

三、教师科学素养的发展路径

提升教师科学素养是对培养科技人才的响应,是对夯实科学教育基础的回应,是建设新时代高质量教师队伍的重要举措。探讨教师科学素养的发展路径,需要聚焦关键问题,掌握发力点,明确主要任务。一是在政策层面,细化相关标准,推进教师科学素养概念具象化;二是在职前教师培养过程中,优化科学素养培养举措,实现科学素养“内嵌”;三是更新教师培训内容和形式,支持教师科学素养的持续提升;四是立足学校,协同推进各方科学教育资源共享,提供科学文化支撑,营造促进教师科学素养发展的良好生态环境。

(一)细化政策标准,推进教师科学素养概念具象化

概念具象化是指将抽象的概念用具体可感的形式表现出来。尽管当前课程标准和教师专业标准等对教师在教学中应具备的科学素养方面的要求越来越高,但现阶段政策层面缺乏对这部分内容的深入澄清,仅《义务教育科学课程标准(2022年版)》对科学观念、科学思维、探究实践、态度责任作出规定,其他课程大纲未提出具体要求。教师对科学素养在他们的学科教学中意味着什么以及如何提升科学素养产生困惑。如果课程标准中没有详细解释科学素养的含义、不同要素之间的关系以及在学科教学中的价值,教师将很难发展科学素养,这不仅阻碍对有效科学教学方法的学习与运用,也会使培训课程达不到提升教师科学素养的目标。

基于此,相关政策需进一步厘清教师科学素养的概念,在相关学科的教学大纲中对科学素养作出具体解释,提出相应的要求^[24],要阐明教师应具备哪些方面具体的知识和能力,以及将科学素养与具体学科课堂教学内容相结合的方法。此外,强调课程再开发过程中教师所参与的内容组织、资源利用、情境设计、评价落实等环节应融入科学素养,通过制定学校课程实施规划,提出有针对性的、校本化课程实

施建议^[25],并将培育科学素养纳入学校课程目标,从而助力教师组织课程实施,有效展开教学活动。

(二)优化培养举措,实现职前教师科学素养“内嵌”

面对个性化的学生群体和多样化的工作环境,教师需要具备多方面的专业素养和教学能力,比如科学素养、信息素养、学科素养、发展改进素养、创新素养、教学资源利用素养等。许多国家的教师教育机构也开设了培育和提升各项素养的相关课程,但这些课程和培养模式是否符合职前教师发展需要和未来教育教学工作实践需求,仍存在较大争论^[26]。另外,在职前教师教育中,科学素养相较于其他素养的受关注程度较低,极大地影响师范生科学素养的养成。因此,为了适应科学教育发展、回应个体学习需求,职前教师培养应提高对科学素养的重视程度,从知识端和技能端入手,注重科学探究实践、科学高阶思维,实现职前教师科学素养和其他重要素养的有机整合和系统培养。

其一,提升教师科学素养在职前教师教育中的重视程度,加强对职前教师科学素养的培养。利用算法和模型,构建基于不同教师教育课程目标的科学素养“关联识别方法体系”^[27],实现不同素养要素的最优匹配,促进科学素养各要素与教学实践活动的有效结合,并从社会期待和个体需求最优匹配角度对科学素养与课程内容的关联进行深度挖掘,完成科学知识系统和实践技能系统资源的优化组合,推动科学素养核心要素在教师教育课程中具体落实。其二,在培养方式上,结合本土特点,建立职前和职后紧密联系的教师培养体系,促进师范院校与中小学、科研机构、企业、科普场馆等深度合作,打造职前教师科学素养培养基地,不断丰富职前教师的科学探究体验,强化跨学科教学、主题式教学实践^[28]。其三,在课程内容方面,着力培养职前教师元认知能力和以推理、论证、建模为路径的科学高阶思维能力^[29]。相关研究显示科学推理和论证方面的专业发展

将有助于加强职前教师的科学教育实践能力^[30]。因此,职前教师教育课程应增设推理和论证策略、策略使用方法和条件、活动目标和具体问题等方面的内容,并提供实践机会,注重特定问题情境和学习特定策略之间的联系,注重培养职前教师在教育实践探究过程中落实计划、进行监测和反思的能力。职前教师应加强对科学论证、建模和推理等高阶科学思维方法的学习,掌握系统的、以科学素养为导向的高阶思维教学策略(如图尔敏论证模型、5E教学模型、教学序列模型和关键特征图),积极参加基于社会性科学议题的教学活动,并以开放的心态接受跨学科理念^[31]。

(三)更新培训内容和形式,支持职后教师科学素养持续提升

职后教师培训是提升教师科学素养的关键环节。项目式教学、跨学科教学、科学探究、社会性科学议题学习等与教师的科学素养息息相关,但经调查发现职后教师培训内容中学科知识仍占据较大的比例^[32],课堂教学内容没有发生太大的变化。教师如何点燃学生学习热情、如何通过教育让世界更美好、如何重建课堂教学、如何助力不同课程建构、如何利用科学解决不确定性等一系列问题,值得我们深入思考。因此,教师培训应更新内容和形式,关注不同学科之间的融合,深化教师科学教育实践,借助多主体共同参与的教师评价制度,从概念、技能和特征等方面综合考量并合理设计科学素养评价指标,促进教师科学素养持续提升。

其一,借助“学”“用”转化机制,提供个性化指导。培训前,教师带着问题、任务和责任参与培训学习;培训后,培训机构要及时复盘,组织召开学习成果分享会和培训计划落地讨论会,帮助教师将培训所学内容落实到教育实践活动(尤其是具体问题的探究过程)中^[33],并根据实际操作中不同教师对培训内容掌握的不同程度,开展针对性的指引。其二,针对教学实际问题,开展不同学科教师之间的深度合作,共同提升教师科学素养。研究表明语

言、艺术和科学的教育工作者之间的合作可能有助于教师培养科学交流、解释数据图表和分析文本方面的必要技能^[34]。由此,要重视通过区域内教师合作、教研共同体、名师工作室等途径提供教师科学素养提升平台。其三,制定适应科学教育发展需求的教师科学素养评估标准,在获取教师的偏好、经验和评估有效性等信息的基础上^[35],将教师科学素养各项指标纳入评价体系,引导教师评估自身科学素养发展程度,从而不断反思和改进科学教育实践活动,促进教师科学素养持续提升。

(四)提供科学文化支撑,协同营造教师科学素养发展环境

教师科学素养培育不是孤立的、单一的短期行动,需要得到各方面的不断反馈和支持。但目前教师工作的重要场域——学校,未能提供强有力的支持,未能营造促进教师科学素养发展的科学文化氛围,教师与学校管理层、社会科学教育资源之间缺少有意义的持续互动^[36]。因此,学校应积极协同各方力量,促进科学教育资源共享,从而营造促进教师科学素养发展的良好生态环境。

其一,基于教育教学实践,推动专家和学校深度合作,形成跨界研究共同体,为教师审视自身实践活动提供机会,指导教师有意识、系统地收集数据,注重“循证教育”并不断反思,强调教学研究过程中证据的重要性^[37]。其二,不断丰富工作场域中科学教育资源,制定社会资源融入科学教育的明确标准,采取相应的配套措施,促进科技馆、博物馆与学校合作常态化,拓展教师科学知识的同时,培育教师的科学精神。其三,搭建科学教育研修数字化平台,为教师提供获取科学知识、学习科学方法的便捷途径,借助“教师信息技术应用提升工程”^[38]促进教师科学素养和科学教育能力的提升。

四、结语

习近平总书记在中共中央政治局第三次集体学习时发表重要讲话,指出“要在教育‘双

减’中做好科学教育加法,播撒科学种子,激发青少年好奇心、想象力、探求欲,培育具备科学家潜质、愿意献身科学研究事业的青少年群体”^[39]。中小学教师承担着青少年科学教育的重任,提升教师科学素养是加强中小学科学教育的关键。因此,中小学教师要充分认识到,科学教育不仅仅是科学教师的职责,更是各学科教师的任务,各学科教师都应重视利用科学研究成果、科技发展的新技术创设学习情境、更新教学内容,以此提高课程的实践性、综合性和创新性,在教学中渗透科学教育的内容。同时,中小学教师不仅要学习科学本体知识、掌握科学教育方法、提升科学教育能力,还要引导和帮助学生掌握科学知识,激发青少年的好奇心、想象力、探求欲,为培育具有创新精神的科技人才奠定良好的基础。

参考文献:

- [1] 国务院关于印发全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)的通知[EB/OL]. (2021-06-25)[2024-10-02]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2021-06/25/content_5620813.htm.
- [2] 施久铭. 义务教育科学新课标实施的重难点何在?——访义务教育科学课程标准修订组组长胡卫平[J]. 人民教育, 2022(Z2):38-40.
- [3] 教育部,中央宣传部,中央网信办. 教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见[EB/OL]. (2023-05-29)[2023-06-03]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A29/202305/t20230529_1061838.html.
- [4] 教育部关于实施国家优秀中小学教师培养计划的意见[EB/OL]. (2023-07-27)[2024-10-02]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A10/s7011/202307/t20230726_1070952.html.
- [5] 杨晓梦. 新课标视域下中小学科学教育的发展方向与推进路径[J]. 中小学管理, 2023(6):30-33.
- [6] 首新,胡卫平,刘念,等. 我国中小学教师科学素养状况与变迁的元分析[J]. 教师教育学报, 2017(5):16-25.
- [7] 曹奎. 教师科学素养[M]. 北京:高等教育出版社, 2014:1-7.
- [8] SMITH K V, LOUGHRAN J, BERRY A, et al. Developing scientific literacy in a primary school[J]. International Journal of Science Education, 2012, 34(1):127-152.
- [9] 裴新宁. 重新思考科学教育的若干概念与实施途径[J]. 中国教育学报, 2022(10):19-24.
- [10] NORRIS S, PHILLIPS L M. Scientific literacy: its relationship to “literacy”[M]//Encyclopedia of Science Education. Boston, MA: Springer US, 2014:1-4.
- [11] 马欣研. 中小学教师信息素养研究——基于理论与实践的双重视角[D]. 上海:华东师范大学, 2019.
- [12] LAUGKSCH R C. Scientific literacy: a conceptual overview[J]. Science Education, 2000, 84(1):71-94.
- [13] 黄芳, 黄林青, 张娥娥. 科学素养的情境、目的、内涵分析及启示[J]. 高等工程教育研究, 2022(1):116-120.
- [14] HOLBROOK J, RANNIKMAE M. The Nature of science education for enhancing scientific literacy[J]. International journal of science education, 2007, 29(11):1347-1362.
- [15] 郭凤林, 高宏斌. 科学素质概念的发展理路与实践形态[J]. 中国科技论坛, 2020(3):174-180.
- [16] 秦启文, 周永康. 角色学导论[M]. 北京:中国社会科学出版社, 2011:5-7.
- [17] 杨健. 从全局思考到协同行动:共创学校科学教育新格局[J]. 中小学管理, 2023(6):9-13.
- [18] 刘庆昌. 人文底蕴与科学精神——基于《中国学生发展核心素养》的思考[J]. 教育发展研究, 2017(4):35-41.
- [19] 姜景一. 校外教育协同育人,为科学教育做好加法[J]. 中国教师, 2023(7):31-34.
- [20] 郑永和, 杨宣洋, 袁正, 等. 高质量科学教育体系:内涵和框架[J]. 中国教育学报, 2022(10):12-18.
- [21] 吴岳良. 整合资源协同育人加快青少年科技人才培养[J]. 中小学科学教育, 2024(3):12-14.
- [22] 黄晓磊, 邓友超. 学校活力评价指标体系构建——基于德尔菲法的调查分析[J]. 教育学报, 2017(1):23-31.
- [23] 朱德全, 彭洪莉. 教师跨学科教学素养测评模型实证研究[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023(2):1-13.
- [24] SARKAR M, CORRIGAN D. Teaching for scientific literacy: Bangladeshi teachers’ perspectives, practices and challenges[J]. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 2012, 13(1):1-28.
- [25] 制订学校课程实施规划的专业规范[EB/OL]. (2023-07-04)[2023-12-31]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/moe_2082/2023/2023_zl09/202307/t20230704_1067180.html.
- [26] 于庆奎, 邓涛. 国际视野下教师“发展改进”素养的培育路径与现实困境[J]. 比较教育学报, 2023(1):118-132.
- [27] 黄璐, 蔡依洁, 陈翔, 等. 组合优化视角下的科技关联识别方法研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2024(4):118-136.
- [28] GARCÍA-CARMONA A. From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices[J]. Science & Education, 2020, 29(2):443-463.
- [29] 郑永和, 周丹华, 王晶莹. 科学教育的本质内涵、核心问题与路径方法[J]. 中国远程教育, 2023(9):1-9, 27.
- [30] MCNEILL K L, KNIGHT A M. Teachers’ pedagogical content knowledge of scientific argumentation: the impact of professional development on K - 12 teachers[J]. Science Education, 2013, 97(6):936-972.

- [31] OWENS D C, SADLER T D. Socio-scientific issues in instruction for scientific literacy: 5E framing to enhance teaching practice[J]. *School Science and Mathematics*, 2024, 124(3):203-210.
- [32] 郑永和, 杨宣洋, 王晶莹, 等. 我国小学科学教师队伍现状、影响与建议: 基于 31 个省份的大规模调研[J]. *华东师范大学学报(教育科学版)*, 2023(4):1-21.
- [33] 李瑾瑜. 教师培训的“学用之困”及其破解之策[J]. *中国教育学刊*, 2023(11):7-13.
- [34] PITOT L N, BALGOPAL M. Science education reform conundrum: an analysis of teacher developed common assessments[J]. *School Science and Mathematics*, 2021, 121(5):299-309.
- [35] DELUCA C, LAPOINTE-MCEWAN D, LUHANGA U. Teacher assessment literacy: a review of international standards and measures [J]. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 2016, 28:251-272.
- [36] OECD. Policies to support teachers' continuing professional learning: a conceptual framework and mapping of OECD data[R]. Paris: OECD Publishing, 2020.
- [37] 宋萑, 胡馨. 为未来而教: 教师专业发展的时代命题[J]. *中小学管理*, 2022(9):10-14.
- [38] 王晓生. 小学科学教师队伍建设: 价值使命、现实羁绊与实践路径[J]. *中国教育学刊*, 2023(6):91-95.
- [39] 习近平主持中共中央政治局第三次集体学习并发表重要讲话 [EB/OL]. (2023-02-22) [2024-10-15]. https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/22/content_5742718.htm.

Connotations, Components and Development of Teachers' Scientific Literacy

WANG Xianping¹, MAI Huijun², ZHU Guojing³

(1. Department of Development Planning, Zhejiang Normal University, Jinhua 321000, China;

2. International College, Macau University of Science and Technology, Macau 999078, China;

3. School of Marxism, Wuhu Institute of Technology, Wuhu 241000, China)

Abstract: Teachers' scientific literacy is a key factor in responding to the new round of scientific and technological revolution and industrial change, cultivating scientific and technological innovation talents and enhancing the scientific literacy of all people. From the view of the characteristics of teachers' work, teachers' scientific literacy contains both dynamic and static levels. The static level means that teachers should have basic scientific knowledge, scientific spirit and attitude while the dynamic level implies that teachers should also have the method and ability to foster students' scientific literacy. Therefore, teachers' scientific literacy presents unique characteristics of education, dynamics, and systematicity. Through the analysis of the connotations and characteristics of teachers' scientific literacy, the framework model of the components of teachers' scientific literacy is revised twice with the help of expert consultation. Then the framework of teachers' scientific literacy consists of three dimensions, which are scientific spirit and educational awareness, scientific cognition and educational ability, and scientific method and teaching and research skills. It is suggested that teachers' scientific literacy and education ability should be enhanced through such paths as fine-tuning policy, concreting the conceptualization of teachers' scientific literacy, optimizing cultivation initiatives to realize the "embeddedness" of pre-service teachers' scientific literacy, updating the content and form of training to support the continuous improvement of post-service teachers' scientific literacy, providing scientific and cultural support to create an environment for the development of teachers' scientific literacy.

Key words: teachers' scientific literacy; scientific education ability; teacher education; pre-employment training; post-employment training

责任编辑 秦 俭