

■专题:幼儿园科学教育

中小学学生科学素养框架的构建与实现路径

曾 碧, 颀 静

(陇南师范高等专科学校, 甘肃成县 742500)

摘 要:科学素养是培育核心素养的关键环节,其框架的构建与维度的筛选是构建教学评价体系的重要一环。本研究立足于我国教育实际情况,深入分析了国内外学者、国际大型测评项目 PISA、TIMSS、NAEP 等对科学素养的界定,初步构建了五个维度的科学素养模型,并提出了实现路径:强调实践动手探索能力;重视科学课程中人文素质的培养;发挥学生主动性,倡导协作创新;注重科学素养的社会化维度。

关键词:基础教育;科学素养;指标框架

中图分类号:G622

文献标识码:A

文章编号:2095—770X(2018)04—0023—04

PDF 获取: <http://sxxqsfxy.ijournal.cn/ch/index.aspx>

doi: 10.11995/j.issn.2095—770X.2018.04.006

The Construction and Realization of Scientific Literacy Framework of Middle School Students

ZENG Bi, XIE Jing

(Longnan Teachers College, Chengxian 742500, China)

Abstract: Scientific literacy is a vital component of the core competencies and values for Chinese students' development. The construction of its framework and selection of dimensions is an essential part for the construction of teaching assessment system. The paper is based on the teaching practice in our country, analyzes the definition of scientific literacy from scholars home and abroad, and large-scale international assessment system, such as PISA, TIMSS and NAEP, establishes a model with 5 dimensions, and proposes ways of implementation. It put emphasis on student's ability of exploration, the training of humanistic quality in science courses, advocating innovation in cooperation and the socialization of scientific literacy.

Key words: elementary education; scientific literacy; indicator framework

科技创新是提高我国综合国力的战略支撑,培养创新型科技人才的重要基础是培养具有科学素养的学生。中小学学生的科学素养要适应未来社会对创新型人才的要求,其指标的遴选就显得至关重要。本文通过文献梳理,参考国际大型测试中科学素养的测评框架,结合我国的基本国情,从学生发展和社会需求的视角出发遴选了我国学生科学素养的关键指标,并提出了这些指标实现的具体路径,为发展中小学学生科学素养提出相关建议。

一、研究背景与目的

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出“坚持以人为本、全面实施素质教育是教育改革发展的战略主题,是贯彻党的教育方针的时代要求,其核心是解决好培养什么人、怎样培养人的重大问题”^[1]。学生科学素养模型构建是核心素养模型构建的重要一环,不仅关系到我国学生“科学精神”与“实践创新”两大核心素养的培养,而且是

收稿日期:2017—09—05;修回日期:2017—09—18

基金项目:2016 甘肃省高等学校科研项目(2016B—170)

作者简介:曾碧,女,四川金堂人,陇南师范高等专科学校学前教育学院副教授,主要研究方向:教育学;颀静,女,甘肃成县人,陇南师范高等专科学校初等教育学院助教,主要研究方向:课程与教学论。

推动学校科学课程改革和学生培养模式改革的重要指引。因此,开展中小学学生科学素养框架研究,对于回答纲要中“培养什么人,怎样培养人”具有重要意义。自上世纪90年代以来,“素养”问题就成为全球范围内教育政策、教育实践、教育研究领域的重要议题^[2],包括国际经济合作与发展组织和欧盟在内的国际组织与美国、新加坡等众多国家也纷纷提出“21世纪素养”框架,旨在培养学生各方面素养。在我国历次课程与教学改革中,科学素养也是科学课程教育的重要目标,但对科学素养的研究具体落实到科学素养的测评上,目前还缺乏具体的测评指标框架。因此本研究立足于我国实际的教育情况,通过对教育领域诸多专家、教师等的调查,结合国际大型科学素养测试经验,尝试归纳适合我国的科学素养的指标,为建构科学素养框架提供依据。

二、国内外对科学素养的界定

(一)对科学素养内容和功能的研究

国际上公认的是米勒(Jon Miller)教授的研究成果。他认为科学素养由三部分组成:对科学术语和概念的了解(科学知识),对科学研究过程和方法的了解(科学本质),对科学对社会的影响的基本了解(态度与情感)^[3]。这三者是一个相互作用、相互联系的有机整体。欧美大多数国家均以米勒三维度素养模型为依据对公众科学素养开展测量。但在过去的几十年中,科学素养的涵义不断地变化和丰富。Cross和Price等学者强调科学素养在社会文化中展示出的积极性^[4];Hodson等则强调科学素养与社会政治生活的关系^[5];Shamos等回归到科学知识本身,认为传统的学科知识提供的信息性指导对科学素养的养成是至关重要的^[6]。此外,还有学者(Hazen & Trefil)强调运用科学知识理解新闻事件的能力^[7]。Helenrose Five等决定采取较为稳妥的折中的立场,将科学素养看做在生活中可以处理具体事务的实际的有意义的运用,并且在前人理论的基础上将科学素养划分为六大要素:科学角色;科学思想与实施;科学与社会;科学媒体素养;科学中数学的运用;科学动机与信念。^[8]

(二)对科学素养模型的研究

国内对科学素养模型的研究主要有三维模型、四维模型和多维模型。徐州师范大学物理系提出科学素养的三维模式:科学知识维度、科学技能方法维度和科学观念维度,其中科学观念包括科学本质和STS(Science, Technology and Society)^[9];顾志跃认为科学素养的基本结构是同心圆结构,这个综合结构的核心部分是科学精神、态度和价值观(科学观),中间部分涵盖科学知识、技能、方法、能力(科学知能)四个方面,外围是科学行为和习惯(科学行

为),其中以科学观为核心,以科学知能为基础,以科学行为的养成为标志,三者是一个不可分割的有机整体^[10]。科学素养的四维度结构模型主要体现在我国的课程目标和一些学者的研究中。我国科学(7—9年级)课程目标对科学素养的界定从科学探究、科学知识与技能、科学态度、情感与价值观和科学、技术、社会、环境四个维度来进行^[11];王素把科学素养归纳为四个核心要素:对科学技术的理解,对科学、技术、社会三者关系的理解,科学的精神和态度,运用科学技术解决日常生活及社会问题的能力^[12]。主张多维模型的叶禹卿认为科学素养由五大要素组成,分别是科学知识、科学能力、科学方法、科学意识和科学品质,这五大要素构成一个有机整体,其中科学知识是基础,是培养其他要素的载体;科学能力是核心,包括各种科学思维能力和科学实践能力等内容;科学方法是科学素质的重要组成要素,是科学的认识方法;科学意识和科学品质是科学素养的重要表现形式;科学品质指科学态度、精神以及对科学的兴趣、情感、动机等内容。^[13]梁英豪认为,科学素养的内容包括以下十个方面:科学知识,技能,科学方法和思维方法,价值观,解决社会及日常问题的决策,创新精神,科学、技术、社会及其相互联系,科学精神,科学态度和科学伦理和情感。^[14]不管是三维、四维还是多维模型,虽然理解的角度有所差异,但各种维度所涉及的内容几乎都包含了科学知识、科学情感与态度、科学能力、科学实践与科学、技术和社会的相互关系五个方面。

除了学术讨论以外,科学素养的实际测评系统主要有以下三大项目:PISA、TIMSS和NAEP,但这三者对科学素养的内容也有不同的划分。PISA2015将科学素养(Scientific Literacy)定义为:作为一名具有反思力的城市市民能够运用科学思维参与相关科学议题的能力。^[15]认为一个具有良好科学素养的个人要能够理性地评论科学技术应该具有以下能力:科学地解释现象;设计和评价科学探究;科学地阐释数据和证据。^[16]TIMSS2015指出科学素养包括三个方面的内容:科学内容(Science Content)、科学认知(Science Cognitive)和科学实践(Science Practices)。^[17]NAEP中科学素养的界定根据美国科学素养基准(Benchmarks for science literacy)而来,基准从科学世界观(The Scientific Worldview)、科学探究(Scientific Inquiry)和科学事业(The Scientific Enterprise)三个方面去理解科学素养,并从这三个方面对学校的课程目标给予了逐年级确定,NAEP的测评框架也反映了科学素养基准对学生的基本要求。综合三大项目对科学素养内涵的界定来看,各个项目虽侧重点不同,但却集中反映了科学学科本身、社会环境变化对个人能力发展

的要求:不仅要求学生理解一般的科学概念、理论,体验科学探究过程,掌握科学探究方法,形成科学探究能力,而且能够运用习得的科学原理去解释和评价自然世界,理解科学与社会的关系,为个体、科学和人类发展做出努力和贡献。

三、中小学学生科学素养的框架构建

科学知识结构包含科学知识长期以来自发形成的物理、化学、生命科学、地理天文四大学科板块。学生心理发展规律表明,科学能力应该包括科学观察能力、科学设计与实验能力和科学解释与评价能力三个基本方面;另外,学生的科学情感与态度不仅是科学学习的驱动力,而且某种程度上反映了社会对学生非认知领域的要求,主要包括学生对科学的兴趣、求真态度、环境意识等;科学实践是获取科学知识的基本方式,也是学生应用知识解决日常生活及社会问题的主要途径,主要包括应用科学原理、应用科学探究和科学解决社会问题、推动技术创新三个方面;社会对学生科学素养的要求需要学生了解科学与社会的关系,主要包括科学对社会的作用,科学的社会制约性,科学伦理,科学人员的角色与责任和科学决策等五个方面(见表1)。

四、中小学科学素养指标的实现路径

(一) 强调实践动手探索能力

实践与创新素养受到社会的高度重视,具体体现为创新与创造力、批判与创造、问题解决与实践等方面。^[18]而相比国外学生的科学素养,这一块仍然是中国学生的短板。所以,在构建学生科学核心素养评测模型时,应充分考虑到科学实践的重要性,构建多维的实践创新平台^[19],通过教师的教学行为^[20]和“做中学”科学教育项目^[21]等千方百计调动学生动手积极性,鼓励他们实践创新,能够切实解决问题、具有实践能力和创新意识,并保持积极的学习态度和动机,将所学知识应用于实践,成为勤于实践、敢于创新、乐于实践、善于实验的科技新人。

(二) 重视科学课程中人文素质的培养

科学素养包括形成决策和选择运用决策两个方面,这两方面都需要非理性的情感态度的参与。选择何种科学决策与行为,更是人们价值观的直接体现。人们在形成决策,进行科技创新时总是在一些情感的催生下进行的。很多重要的创造发明是科学家在有深厚情感体验中不自觉的下意识完成的。著名科学家彭加莱说:逻辑用于证明,直觉用于发明。科学技术的创新思维不仅仅是一个冷冰冰的机械的逻辑推理的过程,也需要特定情感的伴随。在对科学决策的选择和运用方面,更是需要一定的科技伦理的基础,需要人文底蕴的涵养。所以科学

表 1 科学素养指标框架

领域	一级指标	具体内容
科学态度与情感	科学兴趣	好奇心,乐于探究,持续兴趣,科学职业愿景等
	求真态度	真理面前人人平等,崇尚真知,尊重事实和证据,批判性思维,不迷信和盲从权威等
	环境意识	热爱地球,关心环境,珍惜资源,合理开发利用资源,抵制捕杀、销售和食用珍稀野生动物的行为,具有环境保护和可持续发展的意识等
	科学习惯	学会倾听、合作、质疑、发现、创新、反思、表达等
科学知识	物理知识	热学基础知识:温度的测定与性质;机械运动与力学基础知识:重力、弹力、摩擦力、电磁力等。 光学基础知识:电波、微波、红外线、可见光、紫外线等。 电学基础知识:电压、电流、功率的计算,电路的基本连接方法等。 物理与社会:能源、新材料等。
		常见化学物质:水,空气,金属与矿物质,单质与化合物等 物质构成:电子,离子等 物质的化学变化:酸碱盐的相互反应,燃烧,中和,氧化等
		化学与社会:能源资源利用,合成材料,环境污染等
	化学知识	生物体的结构层次:细胞,组织,器官等 生物与环境:食物链,生态系统等 生物圈的人与绿色植物:人的食物,血液循环,废物代谢;光合作用,呼吸作用等 动物的运动和行為:肌肉骨骼,条件反射,本能等
		生物的生殖、发育与遗传:生殖系统,遗传物质,变异等 生物多样性:细菌,真菌,病毒,无脊椎与脊椎动物,珍稀动植物等 生物与社会:发酵,克隆,转基因,免疫,心血管疾病,酗酒吸烟危害等
		地球:自转,公转,赤道,北极,南极等 地图,比例尺,等高线等 世界地理:国家,地区,大洲,大洋,居民,气候等 中国地理:疆域,人口,民族,自然资源,自然环境,地区差异等
科学能力	科学观察能力	测量,描述,分类,联想,对比,归纳分析,抽象等
	科学设计与实验能力	识别和使用科学模型,提出假设,设计实验方案,使用实验工具进行调查验证等
	科学解释与评价能力	利用数据和证据解释科学实验,评价科学调查与实验等
科学实践	应用科学原理	识别、联系科学原理,解释观测现象,预测观测现象,举例解释某个科学原则等
	应用科学探究	识别、联系数据模型和理论模型,搜集证据验证模型,批判性地解释和预测结论等
	科学解决社会问题	批判性地提出解决问题的方法,设计科学决策方案,科学选择方案,应用科学原理或数据预测决策影响等
	推动技术创新	参加社会技术创新活动,创新技术手段,制造创新产品等

续表 1

领域	一级指标	具体内容
科学与社会	科学对社会的作用	技术产生的影响具有两面性,科技既能造福人类,也可能产生负面作用等
	科学的社会制约性	社会、资金、传统、文化等诸多方面对科学事业发展的影响等
	科学伦理与规则	保持道德底线,遵守实验规则,遵守法律法规等
	科学人员的角色与责任	促进科技发展,促进社会进步,为基础科学和应用科学争取社会支持等
	科学决策	客观公正地分析与科学技术相关的决策,理性表达意见等

素养绝不是机械地囿于科学板块内的,对于科学情景的分析与建模,都需要较强的情感应对与价值判断能力。人文素养有助于科学素养的培养,并非此消彼长关系。

(三)发挥学生主动性,倡导协作创新

科学素养的培育要充分发挥学生的主观能动性,把学生作为学习主体,让他们成为科学技术百花园中的探险家。但现行的教育机制下,科学课程的教学实施过程中仍然是单一的“主——客”模式,仍然以教师为中心的课堂讲授为主体,出现了许多不正常的现象,比如,填鸭式教学模式、教育脱离社会生活、学生厌学情绪无法缓解、素养教育形同虚设等等。^[22]这种教育主体的经验教育严重忽视了教育者和受教育者的互动活动。虽然经过历次教学改革,但现有的科学教育体系仍然没有给予学生充分的主体地位,学生的主观能动性不够强。死板的应试考核模式,也伤害了学生投入精力动手探究的积极性。为此,科学素养的培育,必须打破单一的“主—客”教学模式,有效构建“师生学习共同体”。

(四)注重科学素养的社会化维度

科学与社会的关系尤为紧密,其应用性的特征,彰显了科学素养的实践性是很强的,社会影响力是立竿见影的。个体科学素养的体现,也大多是在社会环境中实现的,科学知识与技能的有效性的价值基础来自于社会实践。学生最基本的生活是日常的社会生活,而在日常社会生活中随时随地得都用得到科学,今天高技术化的社会生活领域的每一件事物都建造在科学技术的基础之上。为此,应围绕眼下的科技热点,贴近具体的生活情景,对需要教授和应用的 知识经验不断的重组改造,大力开发符合我国国情的科学素养教育体系。

[参考文献]

[1] 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010~2020年)[J]. 评价与管理,2010(3):1—17.
[2] 褚宏启,张咏梅,田一. 我国学生的核心素养及其培育[J]. 中小学管理,2015(9):4—7.

[3] Miller J D. Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review[J]. Daedalus, 1983, 112(2):29—48.
[4] Cross, R. T. & Price, R. F. Teaching science for social responsibility[M]. Sydney, Australia: St Louis Press, 1992.
[5] Hodson, D. Going beyond cultural pluralism: science education for socio—political action[J]. Science Education,1999(83):775 — 796.
[6] Shamos, M. . The myth of scientific literacy[M]. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1995.
[7] Hazen, R. M. , & Trefil, J. . Science matters: Achieving scientific literacy[M]. New York: Doubleday,1991.
[8] Fives H, Huebner W, Birnbaum A S, et al. Developing a Measure of Scientific Literacy for Middle School Students[J]. Science Education, 2014, 98(4): 549 —580.
[9] 潘苏东,褚慧玲. 科学素养的基本内涵——三维模式[J]. 科学, 2004(6):39—41.
[10] 徐静. 中学生科学素养构成与评价研究[D]. 北京:首都师范大学, 2013.
[11] 中华人民共和国教育部制定. 义务教育初中科学课程标准(2011年版)[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2011.
[12] 赖小琴. 广西少数民族地区高中学生科学素养研究[D]. 重庆:西南大学, 2007.
[13] 王蕾. 中学生科学素养测评工具研究[D]. 上海:上海师范大学, 2009.
[14] 赖小琴. 科学素养的结构模型和变化等级及其实证研究[J]. 广西教育学院学报, 2007(6):22—24.
[15] OECD. PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy[M]. Paris: PISA, OECD Publishing, 2016.
[16] 张莉娜. PISA2015 科学素养测评对我国中小学科学教学与评价的启示[J]. 全球教育展望,2016(3): 15 —24.
[17] Mullis, I. V. S. & Martin, M. O. (Eds.). TIMSS 2015 Assessment Frameworks[M]. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College, 2013.
[18] 刘霞,胡清芬,刘艳,等. 我国学生发展核心素养的实证调查[J]. 中国教育学刊, 2016(6):15—22.
[19] 李善英. 中国台湾地区学前教育师资培养课程的特点与启示[J]. 陕西学前师范学院学报, 2017(1):104 —108.
[20] 党宪政,陈养民. 新化学课程标准与教学模式的变革[J]. 陕西教育学院学报,2003(4):111—114.
[21] 李玉英. 在西部农村小学实施“做中学”科学教育实验项目的可行性研究[J]. 陕西教育学院学报,2007(2): 104—108.
[22] 马晓燕. 基于哲学视野下中小學生科学素养教育研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2012.