

总 序

教育大计，教师为本。教师，不仅承担着教书育人的神圣职责，也承载着中华民族复兴的伟大使命。教师队伍的整体素质直接关系到教育的质量和民族的质量。

为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》的精神与要求，我们依据《教师教育课程标准（试行）》《幼儿园教师专业标准（试行）》《小学教师专业标准（试行）》和《中学教师专业标准（试行）》，组织全国多所重点师范大学的学科带头人、国家基础教育课程标准参与者以及国内基础教育领域有影响的教育实践专家等，共同策划了“新理念·新实践 教师教育精品教材”，旨在以教育改革的新理念引领教师教育发展的新方向，以教育教学的新实践推动教师教育的新发展，服务于教育教学实际，致力于教师专业发展。

本套教材分为幼儿园教师、小学教师和中学教师三个系列，其具体特色如下。

1. 实践性：本套教材遵循教师发展的规律，凸显不同学段教师培养的特点，紧密结合教育教学的实践，关注各学段教师面临的教育教学的现实问题，强调教育理论为教育教学服务并运用于实践。

2. 专业性：本套教材紧密结合当前教育教学改革的实际和素质教育实施的要求，遵循各学段受教育者身心发展及教育教学的规律，针对教师专业发展的特点，力求构建科学、合理、新颖的内容体系，提高教师培养的专业化水平。

3. 时代性：本套教材力图体现“面向现代化、面向世界、面向未来”的要求，充分吸收国际和国内教育改革的最新成果，全面反映国际和国内教育改革的前沿，体现最新的教育理念。



4. 创新性：本套教材力求在框架设计、内容表述、体例设置、呈现方式等方面有所创新，从而使教材更加好用、实用。

本套教材的写作体例为【本章概览】【学习目标】【正文】【重要结论与启示/应用】【学习评价】【参考文献】【拓展阅读】。

【本章概览】用精练的语言对本章内容做概观的阐述，同时以结构图的形式直观地呈现本章内容的内在逻辑。

【学习目标】旨在说明学习本章所要达到的基本指标与具体要求。

【正文】兼顾内容的科学性、语言的通俗性，注意理论性与实践性。在内容阐述中，设置了“问题·情境”栏目，并以各阶段教育教学的具体问题与情境导入，让教育理论与各阶段教育教学实践充分融合，使其充分服务于各阶段教育教学实践。此外，正文还设置了“知识视域”栏目，对阐述中涉及的有关内容进行拓展，以体现高校学生自主学习的特点，拓展高校学生的知识视野，激发其继续探究的热情与兴趣。另外，本套教材注意吸收国内外最新的研究成果，以体现教材的时代性。除文字呈现形式外，本套教材还引证了一些相关数据、图片、图表等，以增强教材的可读性。

【重要结论与启示/应用】旨在点明本章结论对各阶段教育教学的启示或在各阶段教育教学中的应用，强化学生对重要结论的掌握，并学会学以致用。

【学习评价】旨在从理论和应用两方面对学习者的考查：在理论方面，帮助学习者消化理解本章的主要内容；在应用方面，通过呈现各阶段教育教学真实的案例，帮助学习者有意识地运用所学理论解决实践中的问题。

【参考文献】列出对本章内容具有重要参考价值的国内外相关图书、文章等文献资源。

【拓展阅读】列出在本章内容基础上进一步学习的国内外重要的图书或文章，以满足高校学生拓展学习视野、深入研究问题的需求。

本套教材既可以作为本科职前教师教育相关专业的学生用书，也可以作为教育硕士相关专业的参考用书，还可以作为各教育阶段教师在职培训的教材。

前 言

中华民族进入一个新的历史发展阶段：经济建设上，进一步加大市场经济的比重和科技创新的含量，同时注重对生态环境的保护和有利于可持续发展的结构调整；社会发展上，进一步巩固多元化、开放性的理念，同时重视优秀传统文化的继承和发展。这样的社会环境对教育尤其是科学教育提出了更高的新要求。不断增加的科技投入若要发挥更大的高质量的经济与社会效应，离不开良好的科学教育及其带来的科学理性的人文环境。然而，我们目前的教育状况还不尽如人意。

一位美国专家在访问中国时说，在美国，公众对科技工作是很挑剔的，不仅经常质疑甚至反对某些科学流派，而且对科技工作者的工作也要进行监督，并保持怀疑态度。事实上，美国国家科学基金会要求那些受政府资助的科技项目必须向公众报告他们研究工作的内容，包括科学问题是什么、为何要研究、经费花了多少、花到哪里去了，以及得出的结果是什么，这些都要以科普的形式写进报告，并以科普宣传的方式向公众进行演讲或举办展览。显然，这是一个良性的“科技发展生态环境”：科技工作者的研究活动提高了公众的科学素养；具有较高科学素养的公众又保证了科技的健康发展。

我国目前的情况显然与美国不同。总体而言，公众对科技项目正在做什么不太关心，也不知道应该怎样去关心。除了被动地接受科普“知识”宣传外，对国家的科技事业关注很少。虽然有一些貌似批判和监督的行为，如有些人模仿一些西方“后现代”思潮的口号，但实际上起到更多的是反理性的作用，或者图个热闹而已。一些后现代主义者以“科技是双刃剑”为噱头，鼓吹各种反科学的论调，在促进科技的健康发展、提高科技工作者素质上却无所作为。

毋庸置疑，今天的小学科学教育直接决定了我国二十年后公民的科学素养水平。因此，我们必须重新思考：小学科学教育的目标是什么？与初中以上阶段的科学教育的关系是什么？在整个基础教育目标中的位置是什么？这些问题是我们编写这本《小学科学教学研究》之前必须搞清楚的问题。其次，我们必须明确：

中国的科学教育发展状况如何？这样的发展状况是否决定我们的科学教育与发达国家的科学教育在教学内容和教学方法诸方面应该不同？如果答案是肯定的，那么应该有什么不同？进而，这些不同之处应该怎样落实到科学教师教育层面？

我们认为，小学科学教育应该定位在培养具有较高科学素养的全球化社会公民的目标上，从而能够应对未来愈发复杂、愈发变化多端的世界。它与中学，尤其是大学教育以培养科学的专业学科素养和专业人才不同。第一，小学科学教育应该以培养最基本的科学态度和理性的行为习惯为目标，包括尊重事实的态度、客观观察的习惯、客观记录的能力、展示事实的方法、准确表达的能力和公平讨论的习惯。即便涉及一些实验方法、调查方法的具体科学研究思想和技能，也是为了发展这些事关“事实”最基本的态度和能力，而不是学会做一项专业的、完整的实验设计。第二，小学科学教育应该是一种综合能力的培养，应该与其他学科的学习融会贯通，养成一种终身受用的理性的、批判性的思维习惯。科学将是全球化时代人类最为共同的事业，那么科学的、理性的表达方式应该贯串其他学科教育。第三，小学科学教育应该以发展学生的科学道德为目标。我国传统道德推崇中庸和睦、以和为贵的行为规范，这些是重要的，但是是不够的。科学道德将使我们21世纪的人与人、人与社会、人与自然等问题看得更清楚，正如著名科学教育专家杜祖贻先生所言，科学不仅具有知识的力量，同时具有道德的力量。科学使我们获得充分的智慧去认识自然、善用自然，这是科学知识的力量；同样，科学也使我们对人與人、人与社会、人与自然等问题看得更清楚，我们审察明白其中的因与果关系之后便可以做出合情合理的判断，这就是科学的道德力量。“在科学知识指导下，我们可以做出对自己有益、对他人有益、对整个社会都有益的选择。科学的推理能使我们了解到损人利己的行为会损害社会大众，而当社会大众受害，作为社会的一员，自己受害是迟早的事。无知的人多自私，原因是这些人看不出个人与社会的密切关系；反之，有知识的人较乐于服务公益，既是利他，也是利己，其实这就是客观科学推断的结果。科学与客观二词在此互通，因为客观的推理和科学的推理是相符合的，都是尊重事实，重视因果，也就是不迷信，不妄断。”这也正如著名哲学家康德所言，头顶上星空的运行规律和心中的道德法则是互相一致的。

为了这样的目标，我国从2017年起，科学课程向下延伸至小学一年级，这是我国科学教育历史上的一大里程碑。有人会问：为何要从一年级就开始必修科学课程？一年级开设科学课程，早不早？对低年级的孩子而言，科学课程的重要性是什么？

“科学”是一门不同于我们传统思维方式的学科，因此开设得越早越好。改变思维方式，或者说培养一种新的思维方式当然越早越好。我们都能理解学外语越早越好，因为它是一种不同于中文的思维方式；而科学的思维方式又是外语中的外语，因为它不追求诗性的修辞术，甚至要求尽量排除带有情感的交流方式、表达方式；相反，它重视客观、准确的表达方式。而我们的主流传统文化中的科学元素较少，大多数学生的家庭教育偏重文学艺术思维，科学教育主要靠学校教育来完成。

脑科学成果也支持早期科学教育：人的心智能力并非是先天固定不变的，受损的大脑常常能够重组其功能。当大脑的某一部分失灵时，另一部分能取而代之。如果脑细胞死亡，它们也能被替换。大脑结构（神经元—突触网络—更高级的网络）的基本条件反射也并非我们从前认为的那样是固定不变的，思维、学习和活动可以接通或者关闭我们的基因记忆，由此塑造我们大脑的生理构造以及我们的行为习惯。因此，如果得法，一定的活动就会引起一定的脑部发展，更何况喜欢动物园、植物园，喜欢探究未知世界是孩子的天性。

全球化时代的今天，中国学生和教师面临的最大困惑来自中西方文化的冲突——中国崇尚人文与和谐，西方崇尚科学与创新。中西方文化的关系问题如果解决不好，将带来潜在的、影响深远的社会问题，其中包括科学教育的有效性。中国文化究竟有哪些优秀成分、有哪些有利于人类可持续发展的贡献，需要科学的方法加以研究和科学的表达方法与世界进行交流，只有这样才能被其他民族所认同，而这一点应该成为中国科学教师教育的重要目标之一。具有科学素养的人尊重客观规律，理解万物相互联系之理，因此在自然资源越来越少、人口越来越多的全球化的“地球村”里，崇尚自然与人的和谐，抵制文化偏见和歧视，是具有科学理性的表现，也是具有儒学修养的表现。中西方文化在此可以达到统一。

从科学教育研究的角度看，我国的科学教育学术圈先后经历了翻译引进阶段、比较研究阶段、跨文化反思阶段，目前初步进入本土化研究阶段。本书将在尽可能全面介绍国际学术界的研究进展和基础理论的同时，注重中国问题和本土实践，聚焦中国教师的特殊需求和课堂教学实际，希望能够在形成适合中国的小学科学教育理论体系的道路上迈出坚实的一小步。

我国小学科学课程标准从实验版到正式版历经十多年艰难探索，几易其稿，于2017年颁布了《义务教育小学科学课程标准》。本教材紧密结合新标准的要求，并与美国新课标进行比较分析。最后，真诚欢迎读者们提出意见和建议，与我们共同关心的小学科学教育事业携手并进。

目 录

第一部分 科学教育的历史与现状	1
第一章 国际科学教育发展历程	2
第一节 近代科学与科学教育的诞生	3
第二节 “二战”后至 20 世纪 80 年代的冲突与发展	12
第三节 20 世纪 90 年代至世纪末的改革	21
第二章 国际科学教育的发展趋势	26
第一节 小学科学课程的性质	27
第二节 科学教育目标分析——以英、美两国为例	30
第三节 科学教育的内容及结构	34
第四节 科学教育中的信息技术	47
第三章 中国科学教育发展历程	52
第一节 中国古代科学与科学教育	53
第二节 近代至改革开放前的小学科学教育	60
第三节 改革开放以来的小学科学教育发展	63
第四节 重新审视“李约瑟之问”	68
第四章 中国小学科学教育的现状与未来	74
第一节 中国小学科学课程标准的特点	75
第二节 中国科学教师科学素养现状	85
第三节 中国学生的科学素养发展	91
第四节 中国科学教育展望	98



第二部分 体现科学本质的科学教学	105
第五章 科学教育中的知识观	106
第一节 传统知识观对科学教学的影响	107
第二节 科学知识与其他知识的区别	110
第三节 科学知识的确定性和暂时性	114
第四节 科学教育中应该教授什么样的科学知识观	118
第六章 科学观察与实验：探究教学设计的本质	128
第一节 科学观察的目的与本质	128
第二节 科学观察的特点	133
第三节 科学观察的方法	137
第四节 科学观察的类型与原则	141
第五节 特殊的观察——科学实验	145
第七章 科学、技术、社会与环境	154
第一节 HPS 教育的意义	155
第二节 当前我国 HPS 教育的现状	158
第三节 HPS 教育的实施路径——STSE 教学模式	161
第三部分 科学探究与科学实践的教学与评价	175
第八章 儿童科学学习心理学	176
第一节 儿童的科学前概念	177
第二节 皮亚杰科学学习理论	184
第三节 维果茨基社会建构理论	189
第四节 建构主义理论及其影响	191
第五节 脑科学与儿童学习	197
第九章 科学探究的性质、特征和类型	204
第一节 科学探究的性质	204
第二节 科学探究的特征	206
第三节 小学阶段科学探究活动的基本类型	226

第十章 科学与工程实践和科学探究的关系	235
第一节 科学探究与科学实践概念的内涵	236
第二节 科学实践与美国实用主义传统	242
第三节 “实践”与“探究”在教学中的落实	249
第十一章 科学教学中的评价	266
第一节 成功学习的标志	267
第二节 过程性评价	272
第三节 强调学生“表现期望”的教学评价	283
第四节 运用评价结果	290
第四部分 科学教育与中国传统文化的关系	295
第十二章 科学教学与传统文化的关系	296
第一节 传统文化对科学教学的影响	297
第二节 西方文化中的知识观	301
第三节 中国传统知识观及其影响	305
第四节 中国科学教学目标的矫正	309
第十三章 科学教育与其他学科教育的关系	318
第一节 科学教育与人文教育的关系	319
第二节 科学课程中的工程技术与社会的关系	324
第三节 科学教育与地理、历史教育的关系	332
第十四章 跨文化的虚拟探究与综合科学教学	342
第一节 中国基础教育中科学理性成分的不足	343
第二节 重新解读中国古代科学故事	347
第三节 教育重演律的启示	350
第四节 虚拟探究的原理与应用	355
参考文献	362

第一部分

科学教育的历史与现状

第一章

国际科学教育发展历程

本章概览

西方近代科学与近代科学教育相继诞生于文艺复兴之后的16和17世纪，于18—19世纪的一片争论声中，在势不可当的工业革命洪流推动下高速发展。然而，在教育理论和实践上，科学教育成熟于20世纪初，以杜威的巨著《民主主义与教育》的发表为标志。第二次世界大战后，苏联第一颗人造卫星发射成功使得科学教育在全球得到重视，其主要理论成果在于“科学素养”概念的提出。这与当时布鲁纳的结构主义课程理论的提出相辅相成。之后，70年代的经济萧条带来的多元文化的兴起，以及教育上建构主义思潮的盛行，科学教育理论界又一次出现激烈的争论与发展，集中体现在STS（science, technology, society）、STSE（science, technology, society, environment）、HPS（history and philosophy of science）等理念的提出，以及80年代对科学素养概念的拓展与细化。90年代，西方世界出现了将过去地方化的科学课程标准统一化、国家化的趋势。进入21世纪，以美国为代表的科学教育理论和实践转向将工程和实践的理念引进科学教育课程。本章通过探讨科学教育的变化及其与社会发展的关系，加深读者对科学教育及其与其他学科教育内在联系的理解，加强读者对未来科学教育发展方向的把握提供必要的理论基础。

学习目标

一、知识与技能

1. 了解国际科学教育发展的几个阶段，理解科学与社会发展之间的关系。
2. 正确理解杜威教育理论及其与科学教育的必然联系。
3. 提高对全球化时代科学教育目标和意义的认识。

二、过程与方法

通过对历史的考察，对科学技术与社会发展过程之间的关系进行思考，认识到历史是人类社会的巨型实验室，理解历史的方法是科学推理的一种类型，为理解科学史对科学教育的意义奠定基础。

三、情感、态度与价值观

正确认识科学的社会功能，了解科学教育的理论和观念及其学派之争，为正确认识和分析我国科学教育的目标与发达国家的差异奠定基础。

第一节 近代科学与科学教育的诞生

人类与地球上其他任何一个物种一样，所有的冲突归根结底来自生存需求——争夺资源。自古以来，解决人口与资源冲突的途径有三种：一是战争或瘟疫减少人口；二是宗教、伦理抑制人类无尽的欲望；三是发展战胜自然、开发自然的智慧——科学技术，以增加资源和提高其利用率。第一种途径盛行于古代，如我国经历过的无数次战争，如秦始皇统一中国过程中的战争；欧洲经历过的伯罗奔尼撒战争、亚历山大大帝的东征和恺撒大帝征服高卢等无数次战争。第二种途径盛行于我国的封建社会和欧洲的中世纪。第三种途径则发端于五百年前的欧洲文艺复兴之后，近代科学由此诞生。

一、近代科学的诞生

近代以前的科学一般可以追溯到古希腊时期，当时还没有今天意义上的科学和科学家这样的名词，最有学问的人叫“哲学家”。人们尚不能按照研究对象将知识进行系统分类，所以将对宇宙和自然的探索和思考统称为“自然哲学”。“科学”一词的拉丁语意是指所有的学问或知识。不过，虽然古希腊人对宇宙和自然的认识还处于朦胧阶段，但他们重视观察和理性思考的科学精神已经形成。例如，被称为希腊哲学第一人的泰勒斯就提出过“万物源于水”的英明论断，主张借助经验观察和理性思维来解释世界。他还在波希战争中成功地预测了日食的发生，从而帮助国家赢得了战争的胜利。

当然，因为古希腊得天独厚的爱琴海自然环境，科学的生产力价值还没有得到充分体现，因此除了战争时期的应急之用外，科学家在古希腊早期的社会地位并不高。一则关于泰勒斯的传说可以从侧面反映这一点：他走路的时候常常还在思考天文学问题，以致不慎跌落路边的坑里，引发路人的嘲笑。当时最有市场的知识不是科学，而是一群来自北方大陆的“智者”所传授的“三艺”，即“文法、修辞和雄辩术”，这与我国长期以来的语文教育内容有很多的相似之处，因为两者的教育目标都是培养进行政治辩论的说客。泰勒斯之后的苏格拉底对鼓吹



“三艺”的智者派观点不以为然，他认为人的知识应该是对世界本质的认识。他批评智者派的“三艺”教学内容仅有利于辩才、口才而不能获得新知；而要获得新知应该依靠对社会问题的直接观察和分析，所以他在教学上开辟了定义明确、由表及里、由浅入深、推理严谨的“对话法”。这里举个例子。

有一次，苏格拉底问一个学生：“人人都说要做一个有道德的人，但道德究竟是什么？”学生：“忠诚老实，不欺骗别人，才是有道德的。”苏格拉底：“但为什么和敌人作战时，我军将领却千方百计地去欺骗敌人呢？”学生：“欺骗敌人是符合道德的，但欺骗自己人就不道德了。”苏格拉底：“当我军被敌军包围时，为了鼓舞士气，将领就欺骗士兵说援军已到，大家奋力突围出去，结果突围成功。这种欺骗不道德吗？”学生：“那是战争中出于无奈，日常生活中这样做是不道德的。”苏格拉底：“假如你的儿子生病了，又不肯吃药，作为父亲，你欺骗他说，这不是药，而是一种很好吃的东西，这也不道德吗？”学生只好承认：“这种欺骗也是符合道德的。”苏格拉底并不满足，又问道：“不骗人是道德的，骗人有时也可以是道德的。这就是说，是否道德不能用骗不骗人来评价。那么，究竟怎样才能做有道德的事呢？”学生想了想，说：“不懂得道德就不能做到有道德，懂得道德才能做到有道德。”苏格拉底这才满意地笑起来。

当然，苏格拉底虽然主张关注人是否能够认识世界和怎样认识世界的问题，但他尚未涉及以客观观察为基础的经验主义科学认识论。换句话说，他的主要贡献在于逻辑学思想：概念清楚和推理严谨，而这一点是进行科学推理的基础。然而，苏格拉底的结局比泰勒斯更糟，他是被实行民主制度的雅典城邦政府以毒害青少年的罪名判处死刑的。法国历史学家布伦在他的《苏格拉底》一书中对这一民主与正义不协调的历史事件是这样解释的：对待苏格拉底的态度，不仅来自政府，而且代表了民意，因为不仅权力者本身可能把异端思想当作威胁，怯懦的民众也把思想家当作青少年离经叛道行为的教唆犯、破坏其安宁生活的罪魁祸首。由此可见，民主制度发挥作用需要高素质的公民。用今天的语言来表达就是：科学与民主是车之双轮、鸟之两翼；没有高水平科学素养的民众，难有行之有效的民主政体。

苏格拉底的学生柏拉图继承了导师探求客观真理的志趣，但鉴于导师高深的学术思想遭遇普遍被误解的悲惨结局，他另辟蹊径，开创了西方理性主义哲学先河。柏拉图认为，经验主义那种依靠感觉器官获得的知识是肤浅的，是普通人都可以妄谈的知识，真正的“知识”是可以证明的真实的信念。那么，证明的工具是什么？是数学、逻辑，而不是基于感觉器官的经验，因为如他所言，知识就是

回忆。人的灵魂里本来就有某种知识，但后来被忘记了，处于蛰伏的状态，若要回想起来，被察觉到，就等于重新被发现，这就是回忆。不过，柏拉图认为，“回忆”能力是少数哲学家特有的，大多数人生活在躁动不安的情感世界，缺乏理性和“回忆”能力。因此他认为，教育的目的就是使人的灵魂转向，转离变动不居的情感世界，转向永恒不变的理性世界。所以，柏拉图学院以“四艺”为教学内容，即算术、几何、天文和音乐（声学），由此可见其重视数学的程度。之前的“三艺”和柏拉图的“四艺”教育在当时称为“自由教育”（liberal education）。

将古希腊的哲学和科学推向顶峰的人是柏拉图的学生亚里士多德。亚里士多德有一句名言：“吾爱吾师，吾更爱真理。”他在肯定和发展柏拉图的数学和逻辑理论的同时，将自然哲学的发展方向调整到经验主义的轨道上来，在教育上开创了理论联系实际的教学模式的先河。他创办的学校教育内容在继承智者派的“三艺”和柏拉图的“四艺”基础上，增加了物理学、生物学、心理学、伦理学、政治学等内容。亚里士多德对人类知识的贡献堪称奇迹，无愧于“百科全书式”学者的称号。亚里士多德现存的学术著作多达三百多万字！

不过，古希腊时期的科学技术还很原始，还不能转化为生产力进而使国力发生根本改变，因此在北方强悍游牧民族多次武力的征伐下，古希腊很快走到尽头。不过，无论是早期征服古希腊的马其顿人还是后期的古罗马人，都十分敬仰并继承了古希腊的许多科学成就并使其为己服务。史书记载，马其顿帝国的国王菲利普邀请亚里士多德为其十五岁的儿子亚历山大执教：“我有一个儿子，但我感谢神灵赐我此子，还不若我感谢他们让他生于你的时代。我希望你的关怀和智慧将使他配得上我，并无负于他未来的王国。”^① 亚历山大在明师的指导下，不仅学习伦理学和政治学，还学习更为深奥的逻辑学和科学理论，这为他成为名垂青史的罗马帝国的缔造者奠定了坚实的智慧基础。他的后继者托勒密（可能也是柏拉图学园的学生）在以他的名字命名的港口城市亚历山大里亚建城九年后，建造了一个规模宏大的图书馆，其藏书多达七十万卷，使亚历山大里亚成为希腊化时期世界各地学者的新首都。希腊数学家欧几里得大约于公元前300年生活在那里。学者们最初的责任是前赴后继地写作，从事文献的著述——类似今天大学中人文学科的职责。正是托勒密王朝如此推崇希腊文化，并把它视为一种学术性的而非政治性的话语，才使得知识分子受益巨大，也为其他文化假道希腊文化融入西方

① 黑格尔. 哲学史讲演论：第二卷[M]. 贺麟，王太庆，译. 北京：商务印书馆，1983：272-273.



文明提供了平台。^①

然而,由于后来的罗马人缺乏对科学虔诚的热爱和深邃的理性精神,缺乏今天我们所称的自主创新能力,因此科学发展停滞不前。而且,落后的古罗马统治者及其广大臣民又使教育重新回到崇尚文法、修辞和雄辩术的老路上,他们学习自然科学知识的目的就是显示自己是有学问的人,甚至是为了给演说雄辩提供论据和素材,其教学方法当然就是死记硬背。这与我国改革开放前的教学方法及其根源何其相似。科学在古罗马之后漫长的中世纪(一般认为476—1453年)更是全面走向衰落,逐渐沦为“神学的婢女”和“圣经的注释”,科学教育也淹没于教堂的钟鼓声和骑士的马蹄声中。^②

15—16世纪的文艺复兴打破了中世纪的清规戒律,带来了人性的解放、文化的交流和市场经济的繁荣,长达千年之久的政教合一的统治制度终于土崩瓦解,科学探索重见天日。所谓“文艺复兴”,英文原文是“Renaissance”,我国早期的翻译是“古文复兴”,复兴的古文主要指的是亚里士多德的学术,后期翻译成文艺复兴而不是科学复兴确实耐人寻味。不过,无论如何,文艺复兴的出现源于人类求生本能的唤醒。以哥伦布发现新大陆为标志的15世纪欧洲商业活动和航海事业的大发展,既代表又推动了作为最强大的生产力的科学技术的发展。恩格斯曾说,从十字军远征以来,工业有了巨大的发展,并产生了很多力学(纺织、钟表制造、磨坊)上的、化学(染色、冶金、酿酒)上的,以及物理学(眼镜)上的新事实,这些事实不但提供了大量可供观察的材料,而且提供了和以往完全不同的实验手段,并使新工具的制造成为可能。

可以说,发现新大陆源于对资源的渴求,缓解资源与人口的矛盾,而其副产品——科学技术的发展要比发现新大陆本身更有意义。例如,航海事业的发展必然带动人们对历法准确性的重视,因此天文学重获新生,所以在近代科学史的舞台上首先出现的重要人物是天文学家哥白尼。哥白尼基于自己的观察提出的“日心说”否定了教会的“地心说”,这不仅革命性地改变了人类对自然和自身的看法,也激活了人类改造自然的创造性,为后来的科学发展铺平了道路。在之后的一个世纪里,相继涌现了一大批近代科学巨匠:第谷、开普勒、伽利略、牛顿。尤其是伽利略,他以系统的实验和观察获得的知识,推翻了中世纪建立在文法、修辞和雄辩术等纯粹思辨方法上的神秘主义自然观,开创了以实验为根据的近代

① 谢尔曼,索尔兹伯里.全球视野下的西方文明史:从古代城邦到现代都市(上册)[M].陈恒,洪庆明,钱克锦,等译.上海:上海三联书店,2011:105.

② 周川.科学的教育价值[M].南京:江苏教育出版社,1993:16-17.

科学思想。1620年,英国经验主义集大成者弗朗西斯·培根,以与亚里士多德《工具论》一书相呼应的书名《新工具》,对科学实验和归纳法思想进行了系统的论述和总结,构建了近代经验主义科学思想的大厦。牛顿则总结了自阿基米德至伽利略以来的零散的物理学发现,系统地提出了著名的牛顿力学体系,并于1687年将其集成于划时代巨著《自然哲学的数学原理》中。此书在实验思想的基础上,运用精确的数学原理描述了力与运动的关系,使自古希腊以来分裂的经验主义与理性主义在科学实践上得以融合,改变了人们之前对力与运动的关系的有限认识,奠定了经典力学的基础,为现代物理学的发展建立了不朽的功勋,牛顿也因此被誉为“近代科学之父”。

约一百年后,基于牛顿经典力学原理的瓦特蒸汽机诞生了,它的出现有力地推动了工业自动化的发展,从根本上提高了生产力,进而加快了英国工业革命的步伐。吴国盛在其《科学的历程》一书中说道:今日所谓科学,不是简单的一种自然知识,从对待自然界的态度、研究自然界的方法,到所形成的各种关于自然界的理论,以及在这些理论之下对自然界的改造,都已形成一套特定的体系。这个体系常常被称作“近代科学”。^①

这种与第一次工业革命直接相联系的近代科学又被称为“经典科学”,它是指以实验方法为根据、以牛顿的机械力学为代表的科学体系,其特点是强调科学观察的客观性、科学理论的稳定性、科学方法的统一性等所谓机械唯物主义观点。与“经典科学”相对的叫“现代科学”,后者是指20世纪以后以爱因斯坦的相对论和普朗克、玻尔、海森堡等科学家共同创立的量子力学为代表的科学理论体系。量子力学原理使自牛顿以来的科学界对物质结构及其相互作用的认识发生了革命性的变化,使经典物理学理论无法直接预测的现象可以被计算出来。与此同时,量子力学在科学哲学层面上也提出了一系列的新问题,如“测不准”现象。这使得经典科学的客观性和可重复性等观点受到质疑。而且,这些思考使哲学界诞生了新的哲学学派:后现代主义哲学。后现代主义思潮多种多样,其中多数是基于量子力学等现代科学理论对经典科学思想进行的反思、补充,其宗旨是为了更好地推动科学的发展。

二、近代科学教育的诞生

近代科学的诞生是与当时欧洲尤其是英国资本主义经济大发展分不开的,近

^① 吴国盛. 科学的历程[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2018: 81.



代科学教育的出现也同样如此。在教育领域,自17世纪开始,不仅出现了普及化的学校教育制度,还出现了与古典人文教育内容大相径庭的“实科”教育,其目的就是培养工业化进程所需要的大批实用型人才。捷克教育家夸美纽斯在1636年发表了划时代的经典之作《大教学论》;他提出的十项教学原则就包含:教学应该基于学生的感觉器官,这或许是受到培根经验主义思想影响的结果。与科技教育思想相辅相成的是教育普及思想,正如夸美纽斯的名言:把一切事物教给一切人类。

18世纪中期,以广泛使用蒸汽机为标志的英国工业革命之后,为了适应当时高速发展的工业化社会对技术技能型人才的需求,科学技术的内容逐步成为基础教育课程的组成部分,尤其是斯宾塞《什么知识最有价值》一文的发表,为科学教育的发展吹响了号角。斯宾塞提出,为了直接保全自己或是维护生命和健康,最重要的知识是科学;为了谋生间接保全自己,具有最大价值的知识是科学;为了恰当地履行父母的职责,给予孩子正确指导的知识是科学;为了解释过去和现在的国家生活,使每个公民能合理地调节行为所必需的钥匙是科学;同样,为了各种艺术的完美创作和高水平的欣赏所需要的准备也是科学;而为了智慧、道德、宗教训练,最有效的学习还是科学。

近代科学教育史上另一位名垂青史的人物是《天演论》^①的作者赫胥黎。1876年,他在美国第一所研究型大学^②——约翰·霍普金斯大学建校典礼上的演讲中说道:“世界的未来掌握在那些对于自然的解释能够比他们的前辈更进一步的人手里。大学最重要的职责,就在于发现这些人,爱护这些人,并培养他们最大限度地服务于自己事业的能力。”^③

19世纪后期,正是维多利亚时代的英国经济繁荣、社会稳定时期,不同思想、文化相互砥砺,自然科学方法深入人心,并对社会科学产生了重大影响。建立在达尔文的《物种起源》提出的进化论思想基础上的以赫胥黎、斯宾塞等为代表的社会科学理论和学说开始风行于英国并传向世界。赫胥黎认为,人类和自然界的生物一样,不是万古不变而是不断进化的;进化的原因在于物竞天择,优胜劣汰。而且,他相信,人类文明愈发展,适于生存的人们就愈是那些伦理上最优秀的人。与赫胥黎同样重视科学教育的斯宾塞也持有这种“社会达尔文主义”观

① 我国近代著名思想家严复最早翻译了《天演论》,此书对晚清社会变革产生了巨大影响。

② 所谓研究型大学,指的是以科学研究为中心,以科研带动教学的高水平大学,相当于我国目前“985”高校在高等教育系统中的地位。

③ 赫胥黎. 科学与教育[M]. 单中惠, 平波, 译. 北京: 人民教育出版社, 2005: 170.

点,不过与斯宾塞的不同之处在于,赫胥黎在重视科学教育的同时,强调科学教育与人文教育并举的通识教育(general education)思想。

当然,随着社会历史的不断变迁,科学和科学教育的发展也不是一帆风顺的,其主要原因在著名科学社会学家默顿的名著《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》中有清楚的阐述。科学的出现预示着一批新兴职业将取代一批传统职业,进而必然导致社会阶层结构的重构,原来的上层人物、贵族将可能逐步被一批平民百姓所取代。而且,当科学技术被滥用而导致严重的社会、环境、战争问题出现时,科学和科学教育的名声更是被败坏殆尽。因此,在人类进入20世纪以后,虽然科学技术有了很大发展,但科学在西方贵族学校的课程结构中仍处于边缘地位,学校课程还是以传统古典学科为主。英国各教派甚至为恢复公立学校的宗教教育发起了多次运动;法国在20世纪20年代的中学课程中恢复了以古典主义为基础的宗教教育。^①这些反映在课程内容上的冲突表象背后的原因之一是:不同学科文化和价值观的冲突,这些在斯诺的《两种文化》中有精辟的论述。也许我们难以想象,著名教育家、《爱弥儿》的作者卢梭就是当时反对将科学技术内容引进学校教育的旗手。

在基础教育层面,科学教育最早出现在19世纪中后期的欧洲大陆和美国。这是因为世界资本主义经济中心已经从英国经由德国转移到美国。工业化中心所到之处便伴随着科学教育的兴盛和发展。那时由爱迪生的一系列发明带来的以电力的广泛应用为标志的第二次科技革命在美国爆发,促进了工业电气化和农业机械化,推动了社会生产力的发展,科学内容在学校课程中不仅站住了脚,而且开始向系统化发展。当时人们对科学教育目标的认识正如时任美国第十届全国教育协会主席的哈佛大学校长埃利奥特在其《教育改革》一书中所概括的那样:“教育的真正目标就是有效的行动,而不是储藏知识……。当今时代的教育就是为了给学生这样一种力量,他们可以从事他们自己的、永无止境的事业,而这种力量是教育以外无法获得的。那种不能让学生学会应用理论,或者将知识用到实践中去以发展自身的教育,是一种没有目标的教育。”^②众所周知,杜威在他1916年出版的《民主主义与教育》中也充分表达了这种实用主义思想,引领了当时影响深远的进步主义教育运动。

① 李太平,翟艳芳.20世纪西方科学教育发展轨迹探源[J].湖北大学学报(哲学社会科学版),2009,36(5):109.

② George E D. Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2000, 37(6): 583.



三、杜威的科学教育思想及其影响

杜威是20世纪美国著名教育家、哲学家，实用主义哲学的创始人之一，引领了美国乃至世界20世纪早期的进步主义教育运动。而且，杜威的教育理论影响了整个世界20世纪的教育改革方向。对于这一理论，我国教师和学者也是耳熟能详。然而，正如我国著名哲学家刘放桐所言，中国学术界“对杜威的误解比其他思想家更深，在一系列重要问题上与杜威本意不仅存在差距，有时甚至大相径庭”^①。事实上，教育界的误解更为严重，其直接原因在于，人们对科学本质的理解因文化传统而有障碍，因为杜威的思想是以实验思想为基础的。正如爱因斯坦所言，中国传统文化缺乏实验思想。^②著名教育哲学家阿香博说过：“要理解杜威哲学的任何内容，必须先理解杜威有关科学的概念”；在他的教育哲学中，“不仅是实际的科学内容与方法使杜威感兴趣，甚至可以说是统治了他，而且是科学的内在精神：客观、诚实、自由、开放统治了他”，“杜威将民主看成科学在政治上的表现形式……，包括它客观性与目的性的结合、自由与纪律的结合、个人探索与集体验证的结合”。^③

杜威在谈及什么是知识、知识与科学的关系时强调：“科学”是反映“知识”本质特性的最佳名称；“科学”也代表学习的最高境界；“知识”的崇高在于它不同于观念、猜测、推测或纯粹的传统；“知识”应该是动词而不是名词。^④著名教育史家祁尔德指出，杜威的教育理想是“民主的生活方式”和“科学的思想方法”。^⑤

杜威哲学的逻辑起点是自然环境，归属是社会实践。他在《民主主义与教育》的开篇就与众不同地描写了生物个体与环境之间的适应与抗争的隐喻。在杜威看来，生命的本质就是适应环境的过程；教育的本质就是传递适应环境及其变化的经验；“知识是人类适应环境的习惯”。但杜威并不是机械的经验主义进化论者，而是重视自我行动及其效用的实用主义者，他主张以积极的态度迎接多元与

① 刘放桐. 代序：重新认识和评价杜威[M]//杜威. 构成新旧个人主义：杜威文选. 孙有中，蓝克林，裴雯，译. 上海：上海社会科学院出版社，1997：6.

② 许良英. 关于爱因斯坦致斯威策信的翻译问题：兼答何凯文君[J]. 自然辩证法通讯，2005，27（5）：100-101.

③ Archambault B D. Introduction, in John Dewey on education[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1964: xvii.

④ 杜威. 民主主义与教育[M]. 王承绪，译. 2版. 北京：人民教育出版社，2001：2-3，6.

⑤ Child J L. Educational philosophy of Dewey[M]//Dewey J, Schilpp P A, Hahn L E. The philosophy of John Dewey. Chicago: Northwestern University, 1939: 417.

变化,因为多元才能产生变化,有变化才能产生进步。在对待实践的标准问题上,经验主义强调“足够多次数”的重复观察,即归纳法逻辑,最终由统计检验来确定观察次数的多少;而实用主义强调人与环境之间不断的互动,所以没有机械的重复观察次数的标准。因而在教育活动上,实用主义强调超越物我二元的“学习”与“实习”阶段的划分,进入“天人合一”的“经验”境界,从中不仅可获得经过探究而产生的知识,而且可体验合作过程中孕育的平等、自由、协作的民主精神。

换句话说,杜威头脑中的“科学”不是17—18世纪欧洲工业革命时代经济发展的工具,而是一项意义深远的社会交往活动。他视“民主”为一种超越政府性质问题的相互联系的生活方式,一种通过共同的交流而产生的可以分享的经历。所以教育的真正挑战在于能够教会学生如同生活在一个多元社会里,而实现这个目标的途径是亲身“经历”“科学探究”过程,因为“科学探究”是以民主探讨的组织方式进行的;科学具有相对客观的标准和共同规范,鼓励质疑、创新和合作。教育的任务不是让学生仅知道或记住一些前人发现的科学知识和民主社会有用的规则,为成年后参与科学研究和民主生活做准备,而是让学校成为一个微型的民主社会,生活于其中的学生通过经历适合他们年龄阶段的民主合作、协商的过程,解决探究知识过程中遇到的问题,从而培养民主精神和能力。在杜威那里,“科学探究”既是教育内容,又是教学方法;既是智育内容,又是德育内容。总之,杜威的学术体系第一次将知识发展的科学逻辑、学生认知的心理逻辑,以及道德形成的伦理学逻辑统一起来,^①而不是“先做人后做事”的逻辑。因此,不同学科融为一体,智育与德育融为一体,学习与实习融为一体。

杜威之所以在学术上影响巨大,是因为他顺应了美国19世纪末蒸蒸日上的社会变革的潮流,其划时代巨著《民主主义与教育》代表了当时以科学技术为核心生产力的经济建设的需求和美国多元文化交流与冲突共存的社会诉求。从学术研究本身看,杜威成功的原因在于他对前人文化传统的继承和发展。在他的《民主主义与教育》一书中,几乎每一个创新的理论都是在对前人理论客观分析的基础上展开的。因此,若要真正理解杜威理论及其对其他国家教育实践的适应性,必须要理解西方教育思想的历史;而要理解西方教育思想的历史,最好回溯到产生它们的社会历史环境中去。

到此已经可以看出,在西方教育历史上,科学教育的目标是随着社会发展而

^① 滕大春.序言:杜威和他的《民主主义与教育》[M]//杜威.民主主义与教育.王承绪,译.2版.北京:人民教育出版社,2001:26.

发展的。经济繁荣时期往往也是科学教育发展的黄金时代,而经济萧条时期往往引发社会对教育的问责和教育系统内部的反思,以及反对急功近利,呼吁回归自由教育的传统理智和文化价值。

第二节 “二战”后至 20 世纪 80 年代的 冲突与发展

直到“二战”结束,美国社会对科学的态度总体上是充分肯定的,而且寄予极大希望。“二战”以后,人们对现代化武器尤其是原子弹带来的威胁进行了反思与争论,因此基础教育层面科学教育的目标主要是强调让大众理解科学“双刃剑”的特性,同时加大科学普及力度,号召大众继续信任科学、支持科学研究,因为只有不断发展科学和技术才能使美国的经济和军事在世界上立于不败之地。^①因此,有关科学与技术、科学与社会关系的主题开始进入研究议题,其中最重要的发展是科学素养概念的提出。

一、“科学素养”概念的提出与发展

“科学素养”概念的历史演进可以大致分为四个时期:20 世纪 50~60 年代的合法化时期、70 年代的阐释期、80 年代的实践期、90 年代以后的深化期。^②发达国家在 50 年代之前科学课程的性质,相当于我国 80 年代之前“自然”课程的性质,即以科学知识的简单传授为主要目的。^③而发展中国家当时根本没有任何形式的科学教育课程。

进入 20 世纪 50 年代后,苏美两个超级大国的经济、外交、科技“冷战”愈演愈烈。苏联第一颗人造卫星发射成功,打破了美国科学教育渐进式发展的态势。尤其是以电子计算机的出现为标志的第三次科学技术革命,不仅使得遗传工程、光导纤维、海洋开发、航天技术等领域迅猛发展,而且使得科学内部结构发

① President's Scientific Research Board. Science and public policy (Vol. 1 and Vol. 4) [M]. Washington D C: Government Printing Office, 1947: 113.

② 于海波. 科学素养理念发展的历程[J]. 物理教师, 2005, 26 (4): 38-39.

③ Harlen W. Science education: primary schools [M] //Lewy A. The international encyclopedia of curriculum. Oxford: Pergamon Press, 1991: 910.

生分化、交叉、综合和重组。面对快速变化和高速发展的科学技术,许多学者和社会团体开展了激烈而广泛的讨论,他们认为在这样一个科技高速发展并由此带来社会快速变化的世界里,应该重新定义科学教育目标,以“自然”课程中的零星知识为主题的现状必须进行彻底改造,使之转变为“科学教育”的性质。因此,学界首先在理论上开展了对科学的本质在教育中的意义的研究热潮,并在斯宾塞和杜威等前人思想的基础上,将“探究”和“过程”的概念与科学本质的教学实践联系起来。^①也正是在这样的背景下,“科学素养”(scientific literacy)概念诞生了,成为新时代科学教育的总体目标。

“科学素养”这个名词是美国著名教育家、化学家,时任哈佛大学校长科南特在其1952年出版的《自由社会中的通识教育》一书里首次使用的。^②正像该书的书名所表明的那样,科南特把科学素养教育目标定位于当时美国大学正在兴起的改革运动——通识教育层面。通识教育与专业教育是相对的,通过跨学科领域的学习培养学生高远的视野与批判性的思维方式。尽管科南特当时没有具体阐述科学素养的含义和内容,但他将其定位于通识教育层面,而不是专业教育层面,这为后来的科学素养概念的发展研究指明了方向,即科学素养不仅包含知识、能力范畴,而且包含态度和价值观范畴。^③

1960年,美国教育学会发表的以《重新思考科学教育》为题的年度报告指出:“不是因为那些正在围绕着它们的椭圆轨道运转的人造卫星,不是因为其他国家非常重视科技教育和训练,也不是因为出现了一些与我们的价值观不同的东西,我们方突然想到要将科学放在各级教育的主导地位上……,而是因为我们生活在这样一个被科技的应用所支配的环境中。而且我们相信,科学用以得出结论所采用的过程与我们的思维方式有关,与我们生活各个方面的行为有关。所以,科学教育应该成为我们所有理智遗产的一部分”^④,“我们这个社会对公民有许多要求,尤其是为了满足民主制度的需求……,其中一项是能够判断科学知识应该怎样被使用”^⑤。

继科南特校长提出“科学素养”概念之后,主要的跟进声音不仅来自教育

① Lederman N G. Students' and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research [J]. Journal of Research in Science Teaching, 1992, 29 (4): 331.

② 林坚,黄婷. 科学素养和人文素养的整合[J]. 科普研究, 2011, 6 (S1): 61.

③ 魏冰. “科学素养”探析[J]. 比较教育研究, 2000 (S1): 105.

④ National Society for the Study of Education. Rethinking science education: fifty - ninth yearbook of the NSSE [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1960: 24.

⑤ 同④113.



界,而且来自科学界、企业界,后者的声音甚至更加强劲。当时的美国国家物理研究所所长提出:“科学教育课程应该将科学发展的历史及其成就,以及它们与日常生活的联系作为重点内容。这样的‘科学史’教育应该是叙述性的、鼓舞人心的,应该强调科学的文化根基,以及科学与我们日常生活方式和认识世界的方式无处不在的联系。”一项由洛克菲勒集团赞助的项目研究报告有这样的论述:“正如我们必须坚持每一位科学家应该受到科学以外的广泛的教育一样,我们同样需要每一位有教养的人必须有一定的科学素养……,我们不能让那些最有教养的人生活在一个智力上相互隔离的环境中,对彼此的智力兴趣点一无所知。”^①几乎与此同时,贝壳化学公司主席麦柯迪在谈论科学教育的重要性的时候也用到“科学素养”这个术语,并在1958年的《科学教师》刊物上发文呼吁重视其重要性。^②当然,教育家的响应紧随其后,其中赫德贡献卓著。他明确指出,过去的科学教育片面强调科学技术功利性的一面,并指出“进一步的努力应该放在选择一些重视科学在智力上的成就的教学内容,反映科学的探究和发现的过程与精神气质”^③。

显然,这些观点主要反映的是他们对科学素养通识教育的意义的认识,但各类文献并没有明确地给出一个完整的“科学素养”定义,直到1983年芝加哥国际科学素养发展中心的米勒集前人思想于大成后提出科学素养三维结构:科学知识、科学本质、科学技术和社会的关系。^④近半个世纪以来,随着社会、经济的发展,国际科学教育界对科学素养的定义发生了许多变化,^⑤但万变不离其宗。1996年,美国首次颁布的全国统一的《国家科学教育标准》对科学素养提出了相对权威的定义:“了解和深谙做出个人决策、参与公民事务与文化事务、从事经济生产所需的科学概念和科学过程”,并从八个方面对“科学素养”予以界定,这八个方面的内容是:科学的统一概念和过程、作为探究过程之科学、物质科学、生命科学、地球与空间科学、科学与技术、从个人和社会视角所见的科学、科学的历史与本质。

① Rockefeller Brothers Fund. The pursuit of excellence: education and the future of America[M]//Prospect for America: report number V of the Rockefeller panel reports. Garden City. NY: Doubleday, 1958: 369.

② McCurdy R C. Towards a population literate in science[J]. The Science Teacher, 1958, 25 (7): 366.

③ Hurd P. Science literacy: its meaning for American schools[J]. Educational Leadership, 1958 (16): 13.

④ Miller J D. Scientific literacy: a conceptual and empirical review[J]. Daedalus, 1983, 112 (2): 29.

⑤ DeBoer G E. Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2000, 37 (6): 594.

国际学生评价项目 (programme for international student assessment, PISA)^① 代表了国际学术界对科学素养概念的理解。PISA 2000 和 PISA 2003 对科学素养的表述完全符合米勒的三维结构:“科学素养是指能够运用科学知识、识别科学问题、基于证据得出结论,理解自然界与人类活动的关系并做出相关决策的能力。”PISA 2006 的科学素养内涵一度采取较为笼统的二维框架:科学的知识 (knowledge of science) 和关于科学的知识 (knowledge about science) (可以认为后者涵盖了米勒的科学本质与科学技术和社会的关系两个维度),但 PISA 2012 又回归三维框架,将 PISA 2006 的“关于科学的知识”维度拆分为两个维度:程序性知识 (procedural knowledge) 和认识论知识 (epistemic knowledge)。其实,所谓的程序性知识和认识论知识,只不过是对于米勒的科学本质与 STS 内容的重新组织和划分而已,因为认识论知识不仅包含科学知识产生于社会实践的科学本质问题,而且包含如何看待科学探究过程和步骤以保证知识生产的有效性及其标准等问题。不过 PISA 2012 的再次拆分显示了对认识论知识的强调。科学认识论的根本就是强调知识来源于观察和实践,因而重视对科学活动所涉及的科学方法的作用的理解和运用,主要包括科学方法在获取知识上的可靠性,尤其是实验验证的意义;还包括认识科学知识的产生、发展过程与科学家个体的科学发现活动之间逐步积累的关系,以及由此带来的科学知识前沿的不确定性,从而正确理解理论、假说、观察等概念的内涵。PISA 2015 科学素养的概念框架基本不变,即内容性知识 (content knowledge)、程序性知识和认识论知识三个维度。^②

科学素养教育政策的出台并不仅限于美国和英国,在其他国家也逐步展开。例如,加拿大科学教育协会在 1983 年出版了《科学素养:学校科学课程目标的平衡问题》。以色列科学教学中心在 1986 年出版了《大众的科学和技术素养:对未来以色列教育的挑战》。20 世纪 90 年代初,联合国教科文组织发起了旨在提高全体公民的科学和技术素养的“2000 + 计划”。^③

二、从“结构主义”到“建构主义”

20 世纪 60 年代,尽管科学素养的概念已经在大学教授和企业家那里得到广

① PISA 是经济合作与发展组织 (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 于 2000 年启动的教育合作项目,其目的在于测量参与方的青年 (15 - 16 岁) 在义务教育即将结束时,为走向社会而准备的知识和能力情况。测量科目包括阅读、科学和数学;每三年测量一次。

② OECD. PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education [M]. Paris: OECD Publishing, 2016: 50.

③ 魏冰. “科学素养”探析[J]. 比较教育研究, 2000 (S1): 107.



泛的讨论,但对于基础教育界和学校教师而言,大多数人的认识还停留在强调科学知识学习的重要性上,很少关注学生普遍意义上的科学素养问题。1963年,美国科学教师协会秘书所做的一项调查显示,绝大多数教师对“科学素养”一词含义的理解还主要局限在对学科内容知识和科学方法的掌握上。^①当时除了极少数特别优秀的教师外,大多数教师对新课程的态度就是照本宣科。^②事实上,这个时期受苏联第一颗人造卫星的刺激,整个美国教育界对以杜威为代表的进步主义思潮的反思和批评达到顶峰,回归知识本位的传统趋势明显。因而著名教育心理学家布鲁纳的结构主义教育理论取代了杜威的进步主义教育理论的领导地位,成为美国新一轮课程改革运动的理论基础。

而所谓的“结构”,指的是构成一个学科的基本概念、原理和方法,是事物之间的基本关系在学科内部的体现。布鲁纳的一句名言也反映了这一观念:“如果以适当的教学方式,任何学科知识都能有效地教给处于任何发展阶段的任何儿童。”这里的“适当的教学方式”指的是结构性教学而不是零散的知识堆砌。布鲁纳说:“不论我们选教什么学科,务必使学生理解该学科的基本结构。”^③当我们把这种结构以及该学科所特有的研究方法作为教学内容时,教学就能获得最好的效果。因此,在实践上,这个时期改革的主要工作是组织自然科学家和科学教育专家开发课程与编写教材,包括学生用书和教师用书。可想而知,这个时期编写的教材普遍注重学科知识的系统性和学术性标准,忽视了与学生的生活相联系,结果与普通学生的认知过程相脱离。其中著名的课程改革项目有:美国的“小学科学研究”(the elementary science study, ESS)、“改进科学课程研究”(science curriculum improvement study, SCIS)和“科学:过程的研究”(science: a process approach, SAPA);英国的“牛津初等科学”(Oxford primary science project, OP-SP)、“纳菲尔德初等科学”(Nuffield junior science project, NPSP)和“科学:5-13岁”。虽然新课程开发的哲学基础没有脱离“探究”和“过程”,但由于无限地扩大了布鲁纳的学科结构理论的适用范围,直至涵盖所有年龄阶段、所有能力层次的学生,许多新课程在实践上失败了。这些新课程的内容结构虽然具有前所未有的科学性,但从教学上讲,在很大程度上只是将从前传授知识的模式转化为传授结构的模式而已,未能顾及怎样将科学“探究”和“过程”这样一些与科

① Carlton R. On scientific literacy[J]. NEA Journal, 1963, 52 (4): 35.

② Wilson B. Culture contexts of science and mathematics education; a bibliographic guide[J]. Studies in Science Education, 1981, 8 (1): 27.

③ 布鲁纳. 教育过程 [M]. 邵瑞珍, 译. 北京: 文化教育出版社, 1982: 31.

学素养教育目标密切相关的概念与特定年龄和能力的孩子的教学实践相联系的问题。当然,更没有像今天这样重视科学与社会的关系,以及科学伦理学上的问题。导致新课程改革失败的另一个致命的因素是没有针对新课程及时、有效地进行教师培训。不过今天来看,当时的结构主义运动对后来的科学核心概念的提出和对探究教学法的重视具有基础性影响。^①

20 世纪 60 年代,改革的经验和教训揭示了课程、教材研究与课堂教学实践之间存在一条鸿沟。而造成这个鸿沟的主要因素有两个:一是对孩子们学习特点的研究不够;二是教师的科学素养欠缺。因此,到了 70 年代,整个教育哲学的思潮开始转向“儿童中心主义”,首先在教育理论上对新课程进行反思,接着科学教育心理学的研究开始受到重视,于是影响深远的建构主义学习理论应运而生。^②其中重要的工作有杰亚夫的发现:学生科学学习的成绩与其先前经验的相关性要大于其与通常意义上的认知水平的相关性,而这个特点是与学生科学概念的形成与转变的机制紧密相关的。^③紧随其后,深入研究学生科学概念学习机制的报道数量呈指数上升,^④其中影响最大的是波斯纳等的“概念转变理论”。他们所回答的是两个更加微观的问题,即儿童旧概念及其结构的什么特征控制了儿童对新概念的选择;一个核心概念在什么样的条件下会被另一个概念所取代。^⑤建构主义学习理论为传统的“探究”和“过程”的概念找到了心理学上的意义,孩子们在“探究”过程中构建新概念或修正旧概念,这为科学教育改革的深入发展提供了坚实的理论根据。

另外,对科学教师科学素养的调查评估工作在西方国家同时开展起来,而且在此基础上,开发出了一批有针对性的教师培训材料。许多研究者使用不同的调查手段和测量工具,得出的共同结论是,科学教师的科学素养水平之缺欠令人吃惊。1970 年,一项关于科学教师对科学性质的理解方面的调查发现,有 68% 的高中生在这个方面的测验结果高于 25% 的高中科学教师;而且,科学教师的科学素养与其大学教育时期的学习成绩和教龄没有显著的相关性。因此,普遍的结论

① Harlen W. Science education: primary schools [M]//Lewy A. The international encyclopedia of curriculum. Oxford: Pergamon Press, 1991: 906.

② 丁邦平. 国际科学教育导论[M]. 太原: 山西教育出版社, 2002: 188.

③ Drive R, Easley J. Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students[J]. Studies in Science Education, 1978, 5 (1): 61-84.

④ Osborne J F. Beyond constructivism[J]. Science Education, 1996, 80 (1): 53.

⑤ Posner G J, Strike K A, Hewson P W, et al. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change[J]. Science Education, 1982, 66 (2): 214.



是,在科学新课程开发的过程中,教师培训必不可少,而且科学方法、科学史和科学哲学的有关内容应该成为科学教师职前教育和职后培训的重要内容。^①

无论如何,从教育史上看,20世纪60年代是科学教育的黄金时代。美国科学教育研究协会(National Association for Research in Science Teaching, NARST)于1963年创办了当今著名的国际期刊《科学教学研究杂志》(*Journal of Research in Science Teaching*)。70年代,也是美国 and 英国等发达国家教师教育体制从封闭式的师范模式向开放式的以综合性大学为主体的模式转变基本完成的时期。这为培养较高科学素养的教师做好了体制上的准备。此外,70年代也是发达国家全面普及中等教育的时代,丰富的教育资源不仅能够考虑尖子学生,还可以关注学习能力较低的学生。这种普及科学教育的思想和实践反过来又为后期建构主义教育理论的诞生提供了土壤。

三、STS 运动与激进的建构主义影响

如前所述,进入20世纪70年代后,重视结构化学科知识的课程运动走到了尽头,或者说完成了它的历史使命,“新进步主义”运动出现了。^②首先,科学教育界提出科学教育新概念:将科学知识和方法的学习与社会生活联系起来,强调将科学知识应用于学生的日常生活中,即STS。最早提出科学素养概念的美国科学教育研究专家赫德认为,对于基础教育阶段通识教育意义上的科学教育而言,科学的社会环境是唯一合理的教育情境。^③美国全国科学教师协会(现为美国科学教育协会)发布的《70年代以后的科学教育》文件明确规定,科学素养为科学教育最重要的目标,而具有科学素养的人应当“能够将科学概念、科学过程、科学态度应用于日常生活的决策中,理解科学与技术、社会经济等方面的互动关系”。^④著名科学教育研究专家加拉格尔认为:“对于未来的民主社会的公民,理解科学与技术和社会的关系,也许与理解科学概念和过程同样重要。”^⑤

① Lederman N G. Students' and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 1992, 29 (4): 350.

② 杨正刚. 21世纪美国进步主义教育的改革理念和实施路径:基于“进步教育网络”(PEN)的考察[J]. *教育文化论坛*, 2021 (5): 6.

③ Hurd P D. Science, technology, and society: new goals for interdisciplinary science teaching[J]. *The Science Teacher*, 1975, 42 (2): 29.

④ National Science Teachers Association. NSTA position statement on school science education for the 70s prepared by the NSTA committee on curriculum studies: K-12 and presented to the NSTA board of directors at its annual meeting in July 1971 [J]. *The Science Teacher*, 1971, 38 (8): 46.

⑤ Gallagher J. A broader base for science teaching[J]. *Science Education*, 1971, 55 (3): 337.

20 世纪 80 年代是 STS 运动的高潮时期。基础教育中科学教育目标的科学素养的内涵,越来越强调对科学的社会效益的关注。1982 年,全国科学教师协会的报告题目是《科学—技术—社会:80 年代的科学教育》,宣称科学教育的目标就是培养具有科学素养的人,这样的人能够理解科学与技术和社会是如何相互作用的,并且能够将这样的知识应用于自己的日常生活中。^①在这个报告中,科学素养的内涵被概括为以下几个方面:①科学和技术的过程和探究能力;②科学和技术知识;③科学和技术知识在个人和社会决策中的作用;④对科学和技术的态度、价值观和鉴赏的能力;⑤与科学有关的问题中的社会和技术。

与此同时,STS 课程开始出现。受激进的建构主义思潮影响,有些科学课程甚至以社会问题而不是科学概念作为课程内容的组织框架。所谓的激进的建构主义,指的是否定科学知识的客观性,夸大学生个人经验在科学知识学习过程中的作用,放弃教育的标准。^②对于许多主张 STS 课程的人来讲,STS 教育的最高目标就是社会行动。学生们应该能够识别与科学有关的社会问题,分析这些问题背后的社会背景,了解在有关问题决策过程中关键的人和组织所起的作用,分析这些问题,制订行动方案,并在合适的情况下实施这个方案。^③由此可以看出,对于部分人来讲,美国的小学科学教育已经完全从传统意义上的学科教育转化为社会与政治意义上的公民教育。

不过,美国这种科学教育研究的政治化倾向在世界上也是少见的,即使英国也与此不同,其原因在于美国社会存在的突出问题和民主制度的特殊性。所以说,这种倾向对于美国而言也许具有一定的合理性甚至必要性,因为“重病方需猛药”。当然,美国科学教育这样的政治化倾向一直存在不少批评,例如,如果科学教育肤浅、异化,就不可能使学生具有分析社会的能力,其结果只能是背离科学素养培养目标的初衷。^④美国学生在国际数学、科学考试测验中的较差表现也为反对派提供了有力的武器。与此同时,日本经济在 80 年代达到巅峰状态使美国深受刺激,曾在“二战”中被日本人偷袭过的珍珠港,其海滩区的大部分豪华酒家、楼堂会所、购物中心、高尔夫球场、畜牧场和种植园都被日本商人购买。

① Berkheimer G D, Bybee R W., Donnellan K M, et al. An NSTA position statement: science - technology - society: science education for the 1980s[J]. Iowa Science Teachers Journal, 1983, 20 (2): 16.

② 张红霞. 建构主义对科学教育理论的贡献与局限[J]. 教育研究, 2003 (7): 80.

③ Ramsey J M. A curricular framework for community - based STS issue instruction[J]. //Education and Urban Society, 1988, 22 (1): 41.

④ Kromhout R, Good R. Beware of societal issues as organizers for science education[J]. School Science and Mathematics, 1983, 83 (8): 650.



1983年,美国国家教育卓越化委员会发表了著名的《国家处于危难中:教育改革迫在眉睫》报告;1985年,启动了由美国国家科学促进会(American Association for the Advancement of Science, AAAS)主持的“2061计划”,该计划被经济合作与发展组织誉为“美国历史上最显著的科学教育改革之一”。该计划及其相关文献,如《面向全体美国人的科学》,集中体现了近半个世纪以来科学教育研究和实践的主要成果:①科学教育不仅要超越“知识”领域,还要超越“过程”领域,即“价值和态度”领域也应成为科学教育的目标;②科学教学必须与孩子们的生活经验相联系,要将孩子们已有的经验和认识作为教学的起点;③提出培养终身学习科学的能力;④重视教师培训,建议不仅要为学生制定标准,还要为教师教育制定标准。^①1989年,美国国家州长协会(National Governors Association, NGA)与布什总统共同商讨得出需要改变从前各州自治教育质量标准的做法,建立一个“明确的国家级的统一学生成绩标准”,使美国学生学习成绩具有国际竞争力。^②这就是后来于1996年出台的全美统一的《国家科学教育标准》。

80年代末到90年代初,政治多元化的思潮不仅激发了STS课程的诞生,而且发展了HPS教育理念。HPS是“科学史和科学哲学”(History and Philosophy of Science)的英文缩写。早在20世纪20年代,英国政府在一份题为《教育中的自然科学》的报告(汤姆逊报告)中就明确地提出,在科学教学中应当进行科学史和科学哲学的教学。报告指出:“需要……把科学的主要成就及取得这些成就的方法引进到教学中,应当要有更多的科学精神而不是干巴巴的事实……其方法是开设科学史课程。……科学史和科学哲学知识应当成为每个中学理科教师智慧的一部分。”^③科学课程有了HPS的内容,就可以使学生更好地把握科学本质,懂得科学究竟是什么、科学知识是怎样产生的、科学在社会发展和进步中的作用、科学和科学方法的优点与局限性,等等。80年代后,一些科学教育专家把科学社会学也纳入其中,于是HPS的内涵就变成HPSS:科学史、科学哲学和科学社会学(History, Philosophy and Sociology of Science)。^④把科学史、科学哲学和科学社

① 美国科学促进会. 面向全体美国人的科学[M]. 中国科学技术协会,译. 北京:科学普及出版社,2001:156.

② U. S. Department of education. America 2000: an education strategy sourcebook[R]. Washington D C: Department of Education, 1991: 74.

③ Brock W H. History of science in British schools past, present & future[M]// Shortland M, Warwick A. Teaching the history of science. Oxford: Oxford Basil Blackwell, 1989: 31.

④ Jenkins E W. HPS and school science education: remediation or reconstruction? [J]. International Journal of Science Education, 1994, 16 (6): 613.

会学的有关内容纳入科学课程中以提高科学教育的质量,已经是当时的重要共识,因为只有对当代科学有这样全面的辩证的认识,才能区分科学与非科学和伪科学,才能驱散唯科学主义的迷雾,正确认识科学技术对社会发展的推动作用。^①

总之,80年代初到90年代中期的国际科学教育是建构主义占主导地位的多元思潮时期。在总结了60年代结构主义的经验教训,并运用建构主义的理论进一步丰富“探究”和“过程”教学意义的基础上,全新的科学教育的目标:发展全体民众的科学素养被提出。然而,必须指出的是,在建构主义为科学教育带来福音的同时,也产生了极端的建构主义(又称激进的建构主义)的不良影响。它无限地扩大儿童建构的主观能动性,否认客观世界的可知性,这在根本上是违背科学精神的,^②而且在实践中也使科学教育质量下降。^③激进的建构主义不仅在当时而且一直至今,不断地遭到学术界的批评。^④最令人瞩目的是,美国1996年版的《国家科学教育标准》^⑤“已完全抛弃”1993年版的建构主义观点,采取“科学的探究”作为科学教育的基本理念和方法。^⑥

第三节 20世纪90年代至世纪末的改革

20世纪90年代是美国科学教育改革大讨论、大改革的时代。为了纠正以往忽左忽右的结构主义和建构主义,美国科学教育研究协会主办的著名的国际期刊《科学教学研究杂志》在1992年以此为主题出版了一期专刊,指出改革的方向是建立国家级统一的学生成绩标准、重视科学学科的内容知识、提高科学教学的学术性、重视教育质量的社会问责。众所周知的美国国家科学促进会发表的“2061计划”,以其第一阶段的报告《面向全体美国人的科学》为号角,对这种确立统一标准的教育质量理念给予认同和支持。

① 丁邦平. HPS教育与科学课程改革[J]. 比较教育研究, 2000(6): 10.

② Osborne J F. Beyond constructivism[J]. Science Education, 1996, 80(1): 56.

③ Jenkins E W. History of Science Education[M]// Lewy A. The international encyclopedia of curriculum. Oxford: Pergamon Press, 1991: 904.

④ Matthews M R. Constructivism and science education: a further appraisal[J]. Journal of Science Education and Technology, 2002, 11(2): 124.

⑤ Osborne J F. Beyond constructivism [J]. Science Education, 1996, 80(1): 55.

⑥ Anderson R D. Reforming science teaching: what research says about enquiry [J]. Journal of Science Teacher Education, 2002, 13(1): 2.



在这份重要文件中,为了使教师能够将科学素养的内涵正确应用到教学中去,以科学素养为核心的科学教育目标被重新清楚地定义和阐述。该报告指出,学生的学习效果应该能够显示:“熟悉自然环境并尊重其统一性;意识到科学、技术和数学之间的那些相互联系、相互依存的方式;具有科学的思维方式;理解科学是人类的一种事业,以及这种事业的优点与缺点;能够应用科学知识和思维方式于个人的和社会的生活中。”^① 科学课程内容应该主要包括 12 项关于科学素养教育的内涵:①科学的本质;②数学的本质;③技术的本质;④自然背景;⑤人类环境;⑥人类机体;⑦人类社会;⑧被改造了的世界;⑨数学世界;⑩历史视野;⑪跨学科主题;⑫思维习惯。有关 STS 内容在科学课程中的位置问题仍然有两种不同的观点,不少学者认为应该以学科内容为中心,并在此框架下探讨科学的文化与社会启示,而不是专门开设与学科内容割裂的“科学技术与社会”的课程。

紧随“2061 计划”后面的是美国《国家科学教育标准》(下文简称“国家标准”)的颁布。该标准自 1992 年后几经改版,终稿于 1996 年正式出版。国家标准与“2061 计划”有相似的关于科学素养的定义,其内涵包括 8 个方面:①科学中统一的概念和内容;②科学的探究;③物理科学;④生命科学;⑤地球和空间科学;⑥科学和技术;⑦科学的个人和社会视野;⑧科学史和科学本质。

这种在教育质量控制上的集权化管理趋势在 20 世纪 90 年代成为世界范围的模式。1990 年,英国教育部出台了义务教育阶段的国家课程,由此奠定了 90 年代以后跨世纪的基础教育改革的框架。在此之前,英国小学各科课程由地方教育当局和各个学校自己决定,课程内容偏重动植物知识。60 年代的科学教育改革把课程名称改为“科学”,注重科学过程与方法,增加了物理与化学教学的内容,其学科地位比以前有所提高,但 90 年代以前的小学科学教学仅限于少数师资条件好的学校。^② 英国在 90 年代开始大范围推行《国家科学课程(英格兰和威尔士地区)》,对 5~16 岁孩子的科学教育明确提出了 17 个方面(10 个层次)的“学习目标”。

90 年代中期以后,美国一系列科学教育文献所反映的思想概括起来至少包括如下几个方面:①进一步明确科学素养成为科学教育的目标。②“探究”“过程”等几十年前发展起来的经典概念被确定为科学教育的途径和手段,尤其强调以大

① American Association for the Advancement of Science. Science for all Americans[M]. Washington D C: National Academies Press, 1989: xvii.

② 丁邦平. 英国小学科学教育改革:实地考察与思考[J]. 比较教育研究, 2008 (9): 68.

多数科学家的观念为基础的“科学的探究”和“科学的过程”。如国家标准将“科学的探究”定义为“科学家们用以研究自然界并基于此种研究获得的证据提出种种解释的多种途径。科学探究指的是学生们用以获取知识、领悟科学的思想观念，领悟科学家们研究自然界所用的方法而进行的各种活动”^①，而不是80年代一度盛行的孩子们自己建构的过程。^③科学史、科学哲学对科学教育的意义得到广泛重视。从已有文献来看，其意义主要有：第一，加深孩子们对科学概念、科学过程和社会背景的理解；第二，历史是将科学教育人性化、沟通科学与人文的一条途径。^④科学教育和课程开发须全社会共同参与。课程开发是长期性的不断更新动态过程。^⑤科学新课程建设必须与科学教师教育同步进行。科学教育标准应该同时规定教师培训的标准，并且明确培训的内容与方式，强调“把出发点放在教师当前的科学认识、科学能力和科学观念上”，而不是单纯的科学知识的继续教育。科学教师的参与式培训被认为是有效的手段，教师教育也要像学生那样，通过探究的活动，提高教师对科学的认识。培训内容还要将教学技巧、科学性质和科学过程融为一体。^②其目标是“科学教师就是科学界在课堂上的代表”。^③

综上所述，经过60年代的初步尝试和失败、70年代的反思、80年代的多元探索和对科学教育质量的重新审视，90年代的改革进入新的成熟阶段。其中最显著的标志是，发达国家为了保证科学教育质量有史以来第一次推出全国统一的科学课程标准。至20世纪末，西方发达国家的中小学科学教育地位从学校教育的边缘上升到中心。科学教育的目的从培养专业科学家转变为培养民主社会的合格公民，科学教育的目标从单纯强调科学知识的掌握及其生活技能的发展转变为强调学科结构的掌握，再转变为强调以通识教育形式为主的科学素养的发展。科学教育的内容从关注科学概念转变为同时关注科学与社会发展的关系问题。科学教育课程形态从学科中心课程转变为包含STS、HPS内容的综合课程。值得注意的是，这些科学教育的发展过程与科学技术和社会发展过程是相伴而生的，事实上，是社会需求与科学技术发展的互动推动了科学教育的变革。科学教育的历史实际上是科学技术发展史和社会发展史的一个交叉反映。

进入新千年后，美国国家研究理事会（National Research Council, NRC）修

① 国家研究理事会. 美国国家科学教育标准[M]. 戴守志, 金庆和, 梁静敏, 等译. 北京: 科学技术文献出版社, 1999: 30.

② 同①77.

③ 同①79.

订了《国家科学教育标准》，发布了《K-12 科学教育框架》（A Framework for K-12 Science Education，下文简称《框架》），在“探究”概念的基础上提出更能反映科学活动本质的、也有利于教师设计教学活动的“科学实践”概念，并确立该概念在科学教育中的首要地位。依据该《框架》，NRC 于 2013 年又发布了《新一代科学教育标准》（Next Generation Science Standards, NGSS），将“科学实践”以一系列探究和设计、评价活动的形式划分为不同的认知阶段。这些内容将主要在第二章、第四章和第十章详述。

重要结论与启示

1. 科学教育的发展有一个过程，从重视知识到重视方法，再到重视科学与社会的联系；从学科广度上看，从纯粹的科学教育到科技教育，到 STS、HPS，而这个过程是与科学发展本身，以及经济、社会的发展过程密切联系在一起的。

2. 科学教育的思想往往滞后于社会的发展，这就需要教育研究者和教师多关注教育以外的社会变革，要及时更新教学内容、教学设计和教学方法。

3. 小学科学教育的目的是培养普通公民的科学素养，而不是专业的科学家。因此，小学科学课程应注重与学生的日常生活相联系，培养学生应用科学知识、方法和态度于日常生活中的能力。

4. 科学教育的发展是一个循序渐进的过程，在这个过程中极易出现忽左忽右的极端思潮，这给科学教育的理论和实践带来不利的影响。正如通过科学史的考察可以加深学生对科学本质的理解一样，通过运用历史的方法对科学教育发展过程进行考察，对科学教育与社会发展过程之间的关系进行思考，可以加深对科学教育性质的理解。历史是人类社会的巨型实验过程；历史的方法是科学推理的一种类型。^①

问题情境

1. 杜威的教育思想是“教育即生活”；杜威的学生陶行知曾经提出“生活即教育”。它们之间有什么不同？请评价两者含义的差别，并结合中美当时不同的经济社会环境分析其合理性。

2. 你认为历史上教育目标的变化是符合进化论的演变过程还是革命性的突变过程？具体而言，你怎样理解文中所述：“结构主义运动对后来的科学核心概念的提出和对探究教学法的重视具有基础性影响。”结构主义课程与我国长期以来践行的以知识点为中心的课程有什么不同？

^① Kind P, Osborne J. Styles of scientific reasoning: a cultural rationale for science education[J]. Science Education, 2017, 101 (1): 12.



3. 你认为 80 年代兴起的激进的建构主义思潮和政治化倾向是暂时退出了历史的舞台，还是永远地退出了历史舞台？

4. 结合本章学习内容和目标，请对 2017 年《义务教育小学科学课程标准》书后提供的教学案例进行改写，请加上相关的科学史导言，以体现科学发展与社会需求的关系。例如，对于案例 4 “月相观察”，可以补充古代农业活动对历法的需求故事。事实上，农业生产与季节、天象有着极为密切的关系，中国古代的天文历法知识就是在农业生产的实践中不断积累起来，又直接为农业生产服务的。中国古历采用阴阳合历，即以太阳的运动周期作为年，以月亮圆缺周期作为月，以闰月来协调年和月的关系，这就是“农历”。因为早在五千年前的夏代就使用农历，故又称“夏历”。古人根据太阳一年内的位置变化以及由此引起的地面气候的演变次序，把一年又分成 24 段，分列在 12 个月中，以反映四季、气温、物候等情况。二十四节气反映了一年四季的变化，与农牧业生产密切相关，这就是“农历”名称的由来。在汉初的《淮南子·天文训》中，首次出现了完整的二十四节气名称，与现今通行的名称一致。

另外，如果配以太阳的观察，还可以与我国早在公元前一千多年的西周初期发明的计时器“土圭”进行联系，这样就与技术实践能力的教学目标发生了联系。

拓展阅读

[1] 杜威，民主主义与教育[M]. 王承绪，译. 2 版. 北京：人民教育出版社，2001.

[2] 丹皮尔. 科学史及其与哲学和宗教的关系[M]. 李珩，译. 桂林：广西师范大学出版社，2001.

[3] 斯通普夫，菲泽. 西方哲学史：从苏格拉底到萨特及其后：8 版[M]. 匡宏，邓晓芒，丁菲，译. 北京：世界图书出版公司，2009.