

•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202212033

www.dxhx.pku.edu.cn

国内外代表性物理化学教材知识体系与教学内容的比较

张树永^{1,*}, 侯文华², 刘俊吉³, 王新平⁴, 万坚⁵, 原弘⁵, 孙宏伟⁶, 姚加⁷, 王志勇⁸, 纪敏⁴, 郭玉鹏⁹

¹ 山东大学化学与化工学院, 济南 250100

² 南京大学化学化工学院, 南京 210023

³ 天津大学理学院, 天津 300072

⁴ 大连理工大学化工学院, 辽宁 大连 116024

⁵ 华中师范大学化学学院, 武汉 430079

⁶ 南开大学化学学院, 天津 300071

⁷ 浙江大学化学系, 杭州 310058

⁸ 武汉大学化学与分子科学学院, 武汉 430072

⁹ 吉林大学化学学院, 长春 130012

摘要: 高质量的教材是支撑高水平教学的重要基础。本文对国内外15本具有代表性的物理化学教材进行了对比研究, 对编写理念、教学内容、编排体系、教学目标以及教材的编写和出版情况等16个方面进行了对比研究, 分析了我国物理化学教材的优势与不足, 提出了十四五期间开展物理化学教材建设需要重视的7个方面建议, 对教材的编写和出版具有一定的参考价值。

关键词: 物理化学; 教材建设; 对比研究; 建设建议

中图分类号: G64; O64; N43

Comparison of Knowledge Framework and Teaching Contents of Typical Physical Chemistry Textbooks at Home and Abroad

Shuyong Zhang^{1,*}, Wenhua Hou², Junji Liu³, Xinping Wang⁴, Jian Wan⁵, Hong Yuan⁵, Hongwei Sun⁶, Jia Yao⁷, Zhiyong Wang⁸, Min Ji⁴, Yupeng Guo⁹

¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China.

² School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China.

³ School of Science, Tianjin University, Tianjin 300072, China.

⁴ School of Chemical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

⁵ College of Chemistry, Central China Normal University, Wuhan 430079, China.

⁶ College of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China.

⁷ Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China.

⁸ College of Chemistry and Molecular Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China.

⁹ College of Chemistry, Jilin University, Changchun 130012, China.

收稿: 2022-12-11; 录用: 2023-01-03; 网络发表: 2023-01-31

*通讯作者, Email: syzhang@sdu.edu.cn

基金资助: 教育部2022年高等教育中外教材比较研究重点项目(化学类专业核心课程教材国内外对比研究)

Abstract: High quality textbooks are the important foundation for high level teaching. This paper made a comparative study of 15 typical physical chemistry textbooks at home and abroad. The comparison is made on 16 aspects including compilation idea, teaching content, acknowledge framework, teaching objectives and the composition and publication of textbooks. The advantages and disadvantages of Chinese physical chemistry textbooks are summarized. Seven suggestions of the important directions and key points for the future construction of physical chemistry textbooks during the 14th Five-Year Plan period was proposed. It has certain reference value for the compilation and publication of physical chemistry textbooks.

Key Words: Physical chemistry; Textbook construction; Comparison study; Suggestions

1 引言

物理化学建立的历史可以追溯到1887年德文版《物理化学杂志》的创刊。最初的物理化学知识主要来源于无机化学和有机化学研究发现的规律,以及基于自身对物质、系统和过程的性质进行研究所获得的结论。通过对这些知识进行概括和提升,并从特殊推演到一般,形成基本规律。与其他学科不同,物理化学并不以获得这些基本规律作为终点,而是以这些规律作为起点,借助数学和物理的方法,通过提出模型或假设,进行阐释、验证和修正,最终形成理论并反过来指导实践。故物理化学最重要的工作是将对化学的认识上升到世界观和方法论层面,这也使得物理化学教材成为化学的世界观和方法论的最重要载体。物理化学教学对学生形成学科思维,增强解决问题的综合性、高端性和创新性具有重要意义^[1,2]。这也是国内外高校都高度重视物理化学教材和教学建设的根本原因。

国内外教材的对比研究和国内教材的发展研究一直是教材研究的重点,之前虽然也有一些成果发表^[2-6],但往往不够全面,指导作用发挥也不充分。为了更好地指导未来的教材建设,2018-2022年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会(以下简称化学教指委)受教育部委托,开展了中外化学类基础课教材的对比研究,希望把握教材建设思路和发展趋势。项目组由山东大学张树永教授牵头,成立了由南京大学侯文华教授、天津大学刘俊吉教授、大连理工大学王新平教授和纪敏教授、华中师范大学万坚教授和原弘教授、南开大学孙宏伟教授、浙江大学姚加副教授、武汉大学王志勇副教授和吉林大学郭玉鹏教授组成的物理化学教材比较研究组,通过研究形成了本论文成果。

2 研究思路与教材选择

2.1 比较的基本思路

相对于无机化学和有机化学,物理化学形成的历史相对较晚;不同于描述性学科,物理化学更多地体现出推理特征。这一方面使得物理化学观察与分析问题的站位更高,思考和思辨更加系统深入,另一方面也导致物理化学家对同一事实可能存在不同的解读,提出不同的观点和理论。时至今日,物理化学家在很多方面仍有不同的观点和看法,这也导致作为知识和思维载体的物理化学教材在知识体系、教学内容及相关表述上出现较大差异。同时,由于各高校课程体系和课程内容划分不尽相同,进一步导致物理化学教材的百花齐放。这给教材的比较研究带来一定困难。但作为最接近“科学”的化学二级学科,物理化学的学科思维脉络更加清晰,从知识形成(认识规律)或者观察分析问题的基本思路(学科思维)角度,并结合教学规律进行教材比较研究是一个必然的选择。

2.2 比较教材的选择

国内外已出版的物理化学教材数量庞大。教育部外国教材中心(吉林大学图书馆)采购的国外物理化学教材总数达2508种,目前正在使用的(含结构化学教材)也有617种之多。国内教材方面,高等教育出版社出版的物理化学教材约有30种,结构化学教材有10余种;科学出版社出版的物理化学(含结构化学)教材共41种;化学工业出版社出版的物理化学教材有20种。仅这三家国家级出版社出版的

物理化学(含结构化学)教材就超过100种。对这些教材进行全面的分析和比较既不可行也无必要。经过研讨,项目组决定以国外6本(表1)、国内12本(表2)使用较广、影响较大、编排较有特色的教材为基础进行比较。

表1 用于对比研究的国外物理化学代表性教材

序号	书名	作者	出版社	年份/版本
1	<i>Physical Chemistry</i>	Peter Atkins; Julio de Paula; James Keeler;	Oxford University Press	2018 (11th)
2	<i>Physical Chemistry</i>	Ira N. Levine	McGraw-Hill	2008 (6th)
3	<i>Physical Chemistry: A Molecular Approach</i>	Donald A. McQuarrie; John D. Simon	University Science Books	1997 (1st)
4	<i>Physical Chemistry</i>	Robert G. Mortimer	Academic Press	2008 (3rd)
5	<i>Physical Chemistry Textbook</i>	David W. Ball	Cengage Learning	2014 (2nd)
6	<i>Physical Chemistry: Thermodynamics, Statistical Mechanics, and Kinetics</i>	Andrew Cooksy	Pearson	2013 (1st)

表2 用于比较研究的国内物理化学代表性教材

序号	书名	作者	出版社	年份/版本
1	《物理化学》(南京大学)	傅献彩, 侯文华	高等教育出版社	2022 (6th)
2	《物理化学简明教程》(山东大学)	印永嘉, 奚正楷, 张树永	高等教育出版社	2007 (4th)
3	《物理化学》(北京大学)	韩德刚, 高执棣, 高盘良	高等教育出版社	2009 (2nd)
4	《物理化学》(南开大学)	朱志昂	科学出版社	2017 (6th)
5	《物理化学》(天津大学)	天津大学物理化学教研室	高等教育出版社	2017 (6th)
6	《物理化学》(大连理工大学)	大连理工大学物理化学教研室/王新平	高等教育出版社	2022 (1st)
7	《物理化学》(青岛科技大学)	孟阿兰, 杨宇, 刘杰	化学工业出版社	2020 (4th)
8	《物理化学》(华中师范大学)	万洪文, 詹正坤, 原弘, 范楼珍	高等教育出版社	2022 (3rd)
9	《物理化学讲义》(浙江大学)	彭笑刚	高等教育出版社	2012 (1st)
10	《物理化学》(华中农业大学)	郑新生	科学出版社	2022 (6th)
11	《物理化学》(华东理工大学)	彭昌军, 胡英	高等教育出版社	2022 (7th)
12	《物理化学》(复旦大学)	范康年, 周鸣飞	高等教育出版社	2021 (3rd)

3 国内外教材的全面比较

本次比较主要从教材的内容与编排、编写的特点以及出版情况三个方面进行。

3.1 教材的内容及编排

我们以化学教指委制订的“化学类专业化学理论教学建议内容”(以下简称“建议内容”)^[7]的第I和第II部分为基准,将代表性教材的教学内容和编排顺序进行对比(见补充材料附表S1、S2)。

(1) 教材涵盖内容。

人们通常将包含结构部分(相当于“建议内容”第II部分,包含量子化学基础、物质结构和结晶化学3部分)的物理化学称之为“大物化”,把不含结构部分的称为“小物化”^[6]。国内教材的前7部都采用了“小物化”体系,只有华中农业大学、华东理工大学、复旦大学采用了“大物化”体系。而国外的6本教材均采用“大物化”体系。出现这一差异的原因,是国内绝大多数高校的结构化学部

分都单独开课,国内教材采用“小物化”体系恰恰反映出结构化学在我国的重要地位。在我国不仅从事结构化学研究的人员众多,而且在结构化学领域也取得了众多领先成果,这使得我国的结构化学教材具有明显的中国特色。至于各部分教学内容所占比重及其发展趋势,之前多位作者进行了详细讨论,此处不再赘述^[2,5,6]。

(2) 认知规律和学科思维。

在编排物理化学教学内容时,其逻辑顺序主要有基于认知规律和遵循学科思维两种模式^[2,8]。

根据认知规律。物理化学教材编写最早都是按照学科发展顺序(即认知规律),按照从经验到理论、从宏观到微观、从体相到表面的顺序。目前,国内教材除了复旦大学的《物理化学》外,其他教材仍沿用该顺序。该顺序的优点是内容由浅入深、由表及里,符合实验-经验规律-模型假设-理论建立-实践指导的认识规律,比较容易理解和掌握。在表1所列国外6本教材中,前4本也总体按照该顺序。显示该编排顺序仍是当前教材的主流,仅在细节上略有差异。

根据学科思维。该编排强调分子途径,注重用微观和统计的观点理解和解释物理化学的现象和规律,按照先微观(量子化学和原子、分子结构)、再统计、再宏观性质的顺序进行编排。在这18本教材中,只有复旦大学、McQuarrie和Cooksy的教材按照这一逻辑编排,占比不高。该编排的优势是,容易引导学生形成系统的学科思维,更好地体会物理化学的严谨性和理论性,会使学生思考和分析解决问题的层次和能力得到极大提升;缺点是入门难、挑战大。其中,McQuarrie的教材体现得尤为显著。浙江大学的教材虽为“小物化”体系,但按照学科逻辑编排。对于单独开设结构化学的高校,如将结构化学放在热力学统计之前开设,最后再安排宏观内容和应用拓展,则亦可构成学科思维培养体系^[3]。但目前按照这一方案设计课程体系的高校很少。

由于按照认知规律和学科思维编排各有优势和不足,故很多教材会采用折中方式,如先安排热力学,再安排结构化学,最后安排动力学,甚至将结构化学部分进行分拆,与热力学和动力学部分混排^[4],以降低教学的难度。

(3) 三级学科间的关系。

热力学、动力学和结构化学是物理化学鼎立的三足,其他三级学科或学科方向基本都以这3个学科为基础建立,其基础性相对偏弱,故华东理工大学的教材将其他三级学科归入了“拓展篇”。而且随着化学学科的快速发展,新的物理化学三级学科和学科方向不断涌现,各三级学科之间、物理化学与其他化学二级学科之间(物理无机化学、物理有机化学、高分子物理化学),甚至与其他一级学科之间(材料物理化学、能源物理化学等)的交叉融合越来越广泛和深入。以电化学为例,其内容包含(电化学)热力学、(电化学)动力学、溶液化学、界面(电)化学、材料(电)化学、环境(电)化学、能源(电)化学等诸多特色方向。电化学本身既是一个基础学科,又是一个应用学科,可为其他学科提供研究的思路 and 手段。这种学科间相互交叉融合、相互依存的关系,构成了复杂的学科知识网络。由于学科知识已经不能用简单的树状结构表示,导致知识的归属和划分面临着不少难题。为了解决这一问题,Atkins从编写教材之初就打破三级学科界限,按照平衡、结构和变化三大部分编排,按照科学问题而不是三级学科进行内容整合,这一思路对后续物理化学教材编写产生了重要影响^[3]。

(4) 章节的划分。

目前,国内的物理化学教材主要还是按照三级学科来划分章节。内容过多的则会根据研究方向进一步细分,如热力学部分通常会分成2-3章介绍;像电化学、表面化学、胶体化学等相对完整的三级学科,通常以独立章节形式出现;催化化学和光化学通常不独立成章,而归入动力学部分。溶液化学和输运等内容通常分散在相关章节中;放射化学、机械化学、声化学等内容则较少出现。值得注意的是,相较于其他国外教材,Atkins教材的覆盖面最大,除未涉及非平衡态热力学和结晶化学之外,其他内容均有涉及。但溶液化学、电化学、表面化学、胶体化学、催化化学等内容都没有独立成章。如电化学热力学放在了主题6——化学平衡部分,电化学动力学则放在了主题19——固体表面

上的过程部分。而其他5本国外教材基本都未涉及表面化学、胶体化学和光化学等内容,有些教材甚至不包含电化学、溶液化学等内容。显然,相较于国外,我国的物理化学教材更习惯于采用三级学科的方式编排,也更注重基础知识和基本原理的应用。

3.2 国内外教材编写理念的比较

除内容之外,国内外教材在编写方面还存在一些显著差异,主要体现在以下7个方面。

(1) 教材编写的出发点。

在教材编写的出发点上,国外教材更好地体现出“学生中心”“目标导向”和“产出导向”的特征。首先,教材和章节的教学目标通常都比较明确,能够综合体现知识、能力和素质培养要求。以Atkins的教材为例,每个主题开始都会用简练的语言概述整个主题的内容,使学生可以全面把握本主题的内涵,做到“既见树木、又见森林”。在正式内容之前还会说明学习该部分内容的意义,强化学生学习的主动性;同时明确主要思路,使学生能够把握重点和关键;注明学习所需的基础知识,指导学生提前做好学习准备。在公式推导过程中,会对关键点进行说明,便于学生理解。同时例题数量比较大,有详细的求解过程,例题之后会马上给出相似的自测题并提供答案,让学生自己动手,加深理解,体现“绝知此事要躬行”的理念。在每一章节的最后都会给出概念清单和公式清单,及时引导学生进行检查和整理,确保正确理解和掌握相关内容。该教材语言简练明了,非常适合学生自主学习。整部教材采用问题导向方式,引导学生综合运用相关知识和原理对问题进行深入思考,增强学生综合分析和解决问题的能力。这种做法在国内教材尚不多见。整体而言,国内教材主要将重点放在呈现知识的结构上,而没有放在如何指导学生学习和达成高阶能力和素养上^[2]。

(2) 数理思维的培养。

国外教材整体的理论深度和使用数学物理方法的程度要高于国内教材^[2]。如Atkins的教材对重要公式都提供了简洁明了的推导过程,甚至从不同角度进行推导,引导学生从不同的角度分析解决问题,拓展思维。McQuarrie教材在各章之间穿插安排了10个数学章节(MathChapter),介绍复数、概率和统计、矢量、球坐标、行列式、矩阵、数值方法、偏微分、级数和极值、二项式分布和斯特林近似公式等,以便学生提前复习巩固并有效运用。Levine教材给出了大多数公式完整的推导细节,并对相关数学和物理知识进行了复习,如1.6节的微分学、1.8节的积分学、2.1节的经典力学、2.10节的线积分、8.9节的泰勒级数、13.1节的静电学、13.14节的电偶极和20.12节的磁场等。这些做法有利于培养学生的数理能力和严谨性、科学性。

(3) 教学内容的一致性。

附表S1、S2显示,国内教材除了是否在是否纳入气体、分子动理论和输运等方面存在差异,其他内容均能实现全覆盖,内容比较整齐划一。这与我国有教材内容建议机制和考研统一要求有关。这也使得我国的物理化学教材内容大同小异,特色不够明显。而国外教材的内容则存在明显差异,首先是气体和分子动理论几乎全选,其次是作为重要三级学科溶液化学、电化学、表面化学、胶体化学、催化化学、光化学的选择与否差异巨大;即使是热力学部分,McQuarrie的教材也没有二组分和三组分相图。这与国外物理化学教材缺乏统一的编写内容要求有关。

(4) 知识更新的及时性。

整体而言,国外教材的修订比较及时,知识更新的速度明显更快。如Levine的教材会适时穿插新进展,并在文中给出相应的文献,还会以小字部分对相关内容进行延伸和拓展。以第6版为例,修订时拓展更新的内容包括纳米粒子(7.6节)、碳纳米管(23.3节)、药物的多型现象(7.4节)、扩散控制酶反应(16.17节)、二面角的预测(19.1节)、密度泛函理论中的新泛函(19.10节)、新的半经典方法RM1, PM5和PM6(19.11节)、核自旋对转动能级简并度的影响(20.3节)、使用IR谱研究蛋白质折叠的动力学(20.9节)、变分过渡态理论(22.4节)等。Atkins在大分子部分引入了多层级结构、无规线团、约束链、部分刚性线团、构象熵、弹性体、自组装等概念。这些内容在国内教材基本没有出现。

(5) 教学层次的设定。

整体而言,国外教材更关注问题导向,关注思考和解决问题的思路(学科思维)和方法(方法论),注重引导学生从单纯的记忆、理解和应用上升到分析、综合、判断的层面,即教学的层次设定相对较高,这在Atkins和Levine的物理化学教材中体现得尤为明显^[5]。Atkins的教材显示出综合多学科知识分析和解决复杂问题的导向,其教材的每个主题之前都会明确指明“核心思想是什么”,体现了“问题导向”的特征。如介绍反应级数确定的原理时,就通过设置例题,给出思路,求解示例和贴士说明,使相关原理具体化,从而强化学生的理解掌握,而后马上给出自测题,让学生自主解题实现知识的内化和能力的提升。相对而言,国内教材则更关注以三级学科为框架构建知识体系,注重知识的理解和简单应用,解决问题的综合性和挑战度明显不足,教学层次整体偏低。

(6) 实验原理的介绍。

实验研究的原理和方法是物理化学的重要组成部分,蕴含着大量的学科思维和方法论知识。物理化学教材在介绍体系相关性质之前,通常都会给出相关参数测量或过程研究的原理、仪器、方法、结果和主要结论。但与国内教材一般很少设专节介绍测量原理不同,以Atkins为代表的国外教材则通常会设专节重点介绍测量的原理和方法。如在其2C热化学部分的2C.4介绍了差分扫描量热法和等温滴定量热法;3C.1介绍了熵的测量;在5C双组分系统的相图部分则通过例题详细介绍了相图的绘制方法;在6D电极电势部分详细介绍了电极电势的测量原理,并结合习题给出了具体的测量和分析方法。整体而言,国外教材对测量原理和方法的重视程度要高于国内教材。

(7) 信息素养教育。

将专业教育与信息素养教育深度融合,是信息时代的教育教学改革的重要特征之一,具体的反映就是在教材中引入计算机技术和相关软件,安排计算机计算和模拟等内容,以信息化手段增强学生对物理化学内容的理解,同时提升学生的信息化素养。如McQuarrie在各章习题中都设置了一些鼓励学生使用计算机和软件如MathCad、Mathematica、Excel、Lotus123、Kaleidagraph求解高阶代数方程、绘图、进行数据拟合和结果展示等的任务,以提升学生使用计算机和软件进行分析和处理的能力。Levine的教材也特别注重计算机和相关软件的使用,如5.6节使用电子表格进行多项式拟合,11.6节用计算机程序进行平衡计算,在12.11节相图部分和16.7节速率方程部分使用计算机进行计算等。整体而言,我国教材在引入计算机和软件进行计算和数据处理方面的要求偏弱。

3.3 国内外教材出版情况的比较

国内外物理化学教材在出版和技术使用方面的差异主要体现在以下5个方面。

(1) 教材的版权。

与国外教材均为作者个人版权不同,国内很多教材的编著者标注为教研室,并随着教研室的新老更替,负责教材修订的人员接续改变。教研室体制实际把编者从生命有限的“小我”转化为生命可以无限延续的“大我”,使教材的“理论寿命”可以达到无限长,更容易通过不断修订完善成就经典。如天津大学和大连理工大学的物理化学教材的作者直接标注为教研室。南京大学物理化学教材的作者从傅献彩到姚天扬和沈文霞,再到侯文华,教材版权已转给学院和教研室。

(2) 教材修订的频次。

Levine的教材1978年出版,先后在1983、1988、1995、2002和2009进行了修订,目前是第6版,修订间隔为5~7年;Atkins的教材也是1978年出版,分别在1982、1986、1990、1994、1998、2002、2006、2009、2014和2018年进行了修订,目前是第11版,平均修订间隔为4年。国内南京大学的教材1961年出版,1965、1979、1989、2004、2021年进行了修订,目前是第6版,修订间隔最小3年,最长17年,多数都在10~15年。山东大学的教材首次出版是1965年,在1985、1990和2007年进行过修订,最短5年,最长20年。南开大学的教材1984出版,先后在1991、2003、2008、2013、2017进行了修订,目前是第6版,最短5年,最长12年。可见,国外教材修订的计划性比较强、修订间隔小,这使得内

容和理念的更新更易得到保障。这与国外教材价格高昂,旧书市场比较发达,出版社出于自身利益的推动不无关系。当然,国外教材也会出于某些原因导致更新周期延长,如Levine的教材前六版一直能够正常更新,但2009年修订再版后至今已有13年没有进行修订。

(3) 教材修订的幅度。

国外教材在修订时,出版商出于经济利益的考虑通常要求不同版次间要有明显差异,以降低老版教材的可用性,迫使学生购置新版教材,因此国外教材的修订幅度通常比较大。以Levine的教材为例,在第6版中有关表面化学的第13章被取消,相关内容有的被放在单组分相平衡(第7章)和反应动力学(第16章)部分,其余的则被省去。第4.2节(非平衡系统的热力学性质)、10.5节(非电解质活度系数模型)、17.19节(核衰变)和21.15节(光电谱)被删除,还有部分内容转到了习题中,其他还有数个小节的内容被缩减,增加的内容见本文3.2第(4)部分,可见修订幅度之大。而国内教材在修订时通常会重点考虑授课教师的接受程度,会尽量避免修订幅度过大增加教师备课和授课的难度,因此国内教材的修订幅度通常偏小,这就导致国内教材的更新往往不足。

(4) 教材印刷质量。

国外教材通常采用凸版印刷纸、胶印纸和纯质纸印刷,纸张白度高、细腻平整、具有一定的防水性,色彩还原度高,印刷效果好。其纸本教材已经全面进入双色甚至彩色(4色)印刷时代,很多教材采用全彩色印刷模式,彩图丰富,同时通过不同色块在全书中穿插辅助教学注释。相关做法在Atkins教材第11版体现得特别充分,为教材增色不少。而国内教材正文印刷通常采用胶版纸或轻涂纸,彩色插页采用铜版纸,纸张质量通常不高。虽然也开始推进双色印刷,部分教材还安排了少量彩页,但整体的印刷质量还不高,装帧也不够精美。这与我国教材追求价格低廉,方便学生购买和使用的定位有关。

(5) 教材的技术发展。

20世纪50年代,录音带和录像带等电子媒介开始进入教育领域。随着计算机和电子技术的发展,软盘、光盘作为媒体载体开始与教材配套出版,极大地拓展、丰富了教材的内容和形式;进入新世纪,网络技术发展带动了课程网站、精品课程和在线开放课程的建设,支撑了二维码、超链接等资源拓展方式,实现了教材与课程的深度融合。很多教材都建立了多功能网站、学习平台(OpenStax7、Chemistry Libre Texts)、电子书包、学习工具(APP、视频录制、视频剪辑)等资源。一些国家的学科工具资源开发已成系统,学生可以通过使用推荐的小程序或软件,360°观看分子模型、晶体结构,了解反应机理并开展分子水平的模拟。整体而言,国外教材在采用新技术改革教材形态、推进教学效果提升方面一直走在前列。但自2012年“慕课元年”以来,我国的慕课呈现出建设速度快、规模大、覆盖广、使用效果好等特点,已经实现变轨超车,为我们建设新形态教材和数字教材奠定了坚实基础。近年来,我国的物理化学教材开始大规模使用二维码技术,如新修订的南京大学《物理化学》(第6版)就引入了二维码技术。国内9本代表性教材中,南京大学、山东大学、天津大学、大连理工大学、华东理工大学、复旦大学都已建成在线开放课程,华东理工大学、天津大学等教材还建设了Abook,可以很好地支撑新形态教材的建设。但在虚拟现实(VR)、增强现实(AR)和人工智能(AI)等技术的使用方面,物理化学教材还相对滞后。

4 物理化学教材未来建设的重点

从第3部分的比较可知,目前我国的物理化学教材建设还存在一些短板和弱项,需要在“十四五”期间着力加以解决,主要体现在以下7个方面。

(1) 改革教材编写理念。

物理化学是化学主要的世界观和方法论的集成。世界观的形成和方法论的提升,单纯通过“读”和“听”是很难实现的,需要学生身体力行。增强学生自主学习能力,养成终身学习习惯,是学生

实现高层次、可持续发展的基础。这就要求教材编写必须突出学生中心、产出导向的理念,明确课程提升学生分析、综合、判断和创新能力的高阶目标,减少死记硬背,同时避免“面面俱到”,生怕讲不到学生就不会,什么都想嚼碎了喂给学生的作法,在强化基础之上要着力突出重点难点,提升内容和要求的挑战度,将拓展应用部分更多地通过例题和习题的方式交给学生完成,借以提升学生综合分析和解决复杂问题的能力,培养学生的数理逻辑和学科思维。

(2) 强化时代要求。

作为基础学科,物理化学教学对基础学科拔尖人才、强基人才和“四新”人才培养发挥着重要的支撑作用。在教材编写中更好地体现专业教育与思政教育^[9]、信息素养教育和创新创业教育的深度融合,更好地培养学生的科学素养和批判创新能力^[5,10],适应新一轮科技革命和产业变革对创新型人才培养的需要,同时更多地采用中国案例,引导学生关注中国问题、中国发展,强化教材的中国特色,是物理化学教材编写改革的重要趋势。在这方面国外教材给我们提供了可资借鉴的经验。

(3) 完善内容规范。

通过《国标》^[1]和教指委相关建议^[7],我国对物理化学教学内容进行了规范。这些规范主要针对知识点,并没有对教学所应达到的能力和素质提出明确要求。为了弥补这一缺陷,制订了“高等学校化学类专业物理化学相关教学内容与教学要求建议(2020版)”^[10]。这些规范和建议一方面可以保证物理化学基本教学质量,为教学和教材编写提供指导和依据,但另一方面也容易导致物理化学教材内容和编排的千篇一律。未来需要一方面引导编者依据这些建议更新教材编写理念和教学内容,保障基本内容的教学,另一方面也要引导编者突破固化思维和刚性框架局限,在基础之上构筑优势和特色,形成特色发展、百花齐放的教材建设生态。这需要教育部教指委、物理化学教学研究会、教材编者和出版社的共同努力。

(4) 强化知识更新。

科技的迅猛发展和信息技术的深度融入,客观上使教材版本的生命周期缩短。针对我国物理化学教材修订周期不固定、修订间隔较长以及修订幅度过小所导致的新理念新方法融入缓慢、内容与科研和生产实际脱节等问题,建议出版社进一步规范教材修订,同时发挥我国教研室机制、全国物理化学教学研究会和物理化学虚拟教研室,以及出版社广泛联系编者和读者等制度优势,促进编者及时了解修订需求,定期进行修订更新。也可以通过数字化方式,及时更新线上资源,使教学内容与时俱进。在更新内容时还要特别关注我国科学家的最新进展,将聚集诱导发光(AIE)、电化学发光电池、电化学合成淀粉等新概念新原理新进展及时引入教材或教辅资料,并在应用拓展部分更多引入解决中国重大工程问题的事例,增强自信自豪和家国情怀。更新时可以参考物理化学教学研究会制订的相关建议^[10,11]。

(5) 完善审核推荐机制。

虽然我国目前出版的物理化学教材种类很多,但真正有特色、能够适应新时代人才培养需要、引领教学改革方向的教材并不多,而且由于不正确的评价导向,使部分高校和教师盲目追求自编教材,导致教材低水平重复建设和“劣币驱逐良币”的现象。为了保证教材水平,支持优秀教材尽早脱颖而出,一方面需要引导经典教材强化修订更新,另一方面应着力引导编者大胆探索,组织好新体系新形态教材的编写出版。同时依托教育部教指委、物理化学教学研究会、物理化学虚拟教研室等组织完善教材审核推荐机制。

(6) 加强技术创新和应用。

信息技术与教育的深度融合给教材的编写、出版和使用带来了革命性的变化。要充分利用在线课程和云平台资源对教材内容和出版形式带来的重大机遇,一方面持续加强新形态和数字教材的建设和出版力度,另一方面不断升级数字化教学平台和资源,更多地利用网络资源丰富教学内容、强化交互、增加体验,使教材内容更加鲜活生动、丰富多彩。必要时将虚拟现实(VR)、增强现实(AR)

技术与纸本教材结合, 增强教学内容的现场感、体验感, 更好地服务于教学效果的提升。

(7) 提升教材的国际影响。

目前, 国外教材的印刷质量明显优于国内教材。但从提升中国高等化学教育的国际影响以及教材作为国家重要名片的角度看, 推进国内优秀教材“走出去”, 既是建设高等教育强国的需要, 也是我国化学学科国际化发展的必然趋势。国际化的前提之一是加快教材编写理念、标准以及印刷质量、推广能力与国际的接轨, 大幅提升我国物理化学教材的出版品质, 这需要相关出版社、高校和教材编者的共同努力, 应提早谋划、加快推进。

5 结语

从教学内容、知识体系、编写理念、教学目标以及编辑出版情况等16个方面, 对国内外代表性物理化学教材进行了对比研究。研究发现, 国外教材均采用“大物化”体系, 而国内则以“小物化”体系为主; 国内教材主要按照学科发展顺序和认知规律来编排, 而国外的教材则更多地采用学科思维的方式进行编排; 国内教材注重体现二级学科—三级学科—学科方向的树形知识结构, 尽可能全面地展现三级学科和重要的学科方向, 也比较注重知识的拓展和应用, 而国外多数教材则更强调基础性内容, 对三级学科和拓展应用涉及较少。通过比较, 明确了我国物理化学教材建设的优势与不足, 给出了改革编写理念、融合时代要求、改进内容规范、强化知识更新、完善审核推荐、推进技术创新和提升国际影响等7方面的建议, 对十四五期间的物理化学教材建设具有一定的参考价值。

补充材料: 可通过链接<http://www.dxxh.pku.edu.cn>免费下载。

参 考 文 献

- [1] 教育部. 普通高等学校专业类教学质量国家标准. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [2] 蒋栋成, 邵玉英. 教材通讯, **1992**, No. 6, 3.
- [3] 苏文焄. 大学化学, **1994**, 9 (1), 58.
- [4] 苏文焄. 教学与教材研究, **1994**, No. 8, 19.
- [5] 伍硕. 教育与现代化, **1989**, No. 4, 26.
- [6] 鲍浩波. 高等化工教育, **2011**, No. 5, 100.
- [7] 2013–2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, **2016**, 31 (11), 11.
- [8] 张树永, 朱亚先. 大学化学, **2017**, 32 (1), 9.
- [9] 张树永. 大学化学, **2019**, 34 (11), 4.
- [10] 张树永, 李金林, 范楼珍, 侯文华, 刁国旺, 郭玉鹏. 大学化学, **2021**, 36 (1), 2009052.
- [11] 张树永, 刁国旺, 侯文华. 大学化学, **2019**, 34 (11), 74.