

•教育专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX201804007

www.dxhx.pku.edu.cn

综合性大学化学专业本科人才培养方案探究

吴奕*, 王杭菊, 田秋霖, 庄林

武汉大学化学与分子科学学院, 武汉 430072

摘要: 为了贯彻武汉大学本科人才培养目标, 武汉大学化学与分子科学学院修订并形成了2018版本科人才培养方案。2018版方案特点是: 夯实数理基础, 强化能力提升, “科研能力训练与实践”覆盖全体本科生, 大幅压减专业选修课学分, 倡导学生个性化发展, 鼓励学科交叉和跨专业选课。

关键词: 化学专业; 本科教育; 培养方案; 教学改革

中图分类号: G642.0; O6

Exploring the Education Scheme for Undergraduates of Chemistry Major in a Comprehensive University

WU Yi *, WANG Hangju, TIAN Qiulin, ZHUANG Lin

College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, P. R. China.

Abstract: To carry out the undergraduate education objective of Wuhan University, the College of Chemistry and Molecular Sciences in Wuhan University had revised and compiled the 2018 edition of the education scheme. The 2018 edition features the strengthening of the mastery of mathematics and physics, the concentration on the improvement of problem-solving skills, the requirement for all the students to take “scientific research training and practice”, the dramatic reduction of the required credits for elective courses, the advocating of personalized development, and the encouragement for taking interdisciplinary courses and cross-major courses.

Key Words: Chemistry major; Undergraduate education; Education scheme; Teaching reform

高等学校本科人才培养方案是高等学校实现本科人才培养目标、保证人才培养质量的纲领性文件^[1], 也是高校组织课程教学、规范教学管理、进行毕业审核等教育、教学各个环节的根本依据。定期修订和完善本科人才培养方案, 既是高等学校体现与时俱进的人才培养观的要求, 又是高等学校本科教育教学改革的重要内容之一。高等学校本科人才培养方案立足于学校层面, 专业本科人才培养方案则是在各专业层面上保证高等学校本科人才培养目标得以实现的保证。因此, 专业本科人才培养方案应该契合大学办学定位, 服务于大学人才培养目标, 并以大学本科人才培养方案为指导。

为了规范我国高等学校化学类专业教学, 教育部高等学校化学类专业教学指导委员会制定了《高等学校化学类专业指导性专业规范》^[2], 内容涉及化学类专业培养目标、培养规格、教学内容、课程体系、教学内容和办学条件等, 是指导我国化学类专业教学改革与建设的纲领性文件^[3]。

国内综合性研究型大学一直在探索、完善化学专业本科人才培养方案。吉林大学于 20 世纪 90 年代起按化学一级学科制定人才培养方案并实施, 突破了当时普遍实行的按化学二级学科制定的人

收稿: 2018-04-04; 录用: 2018-05-17; 网络发表: 2018-05-31

*通讯作者, Email: wuyi@whu.edu.cn

基金资助: 武汉大学 2016 年教育教学协同育人项目

人才培养方案,受到同行关注和肯定^[4]。南京大学化学专业贯彻学校办学思路和办学理念,大力推进通识教育,实施全面化学教育与人才培养,着力构建个性化、多元化的人才培养体系^[5]。浙江大学在基础化学实验中探索并实践了“厚基础、强能力、重探究”的新型三阶段教学模式^[6]。四川大学在综合化学实验教学改革中,以实验教学内容改革实践为主,从增加实验的趣味性、生活性、实验的绿色化、科研项目转化等多方面入手,取得了一定的效果^[7]。

作为国家首批“双一流”建设高校,武汉大学2015年开展了本科教育改革大讨论,进一步明确了大学本科教育的定位和目标。在此背景下,武汉大学先后启动大学(学校层面)和各专业(专业层面)本科人才培养方案修订工作。武汉大学化学与分子科学学院(以下简称化学学院)在修订化学专业本科人才培养方案时,是以学校本科人才培养方案为依据,贯彻落实大学办学理念,充分发挥综合性大学多学科的优势,着力培养创新型人才;同时,以《高等学校化学类专业指导性专业规范》为参考标准,体现化学学科特点,兼顾学科发展前景,实现既定人才培养目标。

武汉大学化学专业2018版本本科人才培养方案的特点体现在:强化数理基础,增设交叉学科课程,体现综合性大学“宽口径、厚基础”的要求;革新实验教学模式,强化能力提升,科研能力训练实现本科生全覆盖;大幅压减专业选修课,避免课程设置过度专业化;鼓励学科交叉和跨专业选课,倡导学生个性化发展,有利于创新型人才培养。

1 2018版培养方案修订背景和过程

1.1 学校人才培养目标重新定位

近年来,武汉大学以建设中国特色、世界一流大学为目标,不断强化本科人才培养力度。2015年,武汉大学开展了以“提升人才培养质量”为主题的本科教育改革大讨论,进一步探讨研究型大学本科教育的定位和目标,继续深化本科教育教学改革,促进本科人才培养质量的提升。经过反复讨论,武汉大学本科人才培养目标明确为:坚持以“创新、创造、创业”为核心,培养具有坚定民族精神和开阔国际视野、强烈社会责任感和使命感、人格健全、知识宽厚、能力全面、能够引领未来社会进步和文明发展的国家脊梁和领袖人才。学校同时明确了本科教育改革重点在于以学生发展为中心,提出了“人才培养为本,本科教育是根”的办学理念,注重艺术和体育教育,促进科研与教学良性互动,教育与教学有机融合,激发教师“教”和学生“学”的双重动力。在此理念指导下,武汉大学积极推动通识教育与专业教育的有机融合,重构本科教育培养体系。

1.2 修订指导意见

武汉大学本科人才培养方案最近一版是2013年修订版。2016年,作为本科教育改革大讨论的成果,武汉大学出台了以《关于进一步加强本科教育改革若干意见》为主、深化本科教育改革的“1+8”系列文件,并启动新一轮本科人才培养方案修订工作。武汉大学提出学习借鉴世界一流大学的教育经验,要求新版培养方案力求适应国家经济社会发展的需要,适应学科专业发展的需要,适应学生个性发展的需要。与上一版(2013版)人才培养方案相比,武汉大学2018版人才培养方案的指导思想有以下几大明显变化^[8]。

1.2.1 强调通识教育和大类培养

充分发挥综合性大学的多学科优势,大力培养厚基础、宽口径的复合型人才。重构通识课程体系,要求学生至少在“中华文化与世界文明”“艺术体验与审美鉴赏”“科学精神与生命关怀”“社会科学与现代生活”四大模块中跨选三个模块。打破专业壁垒,按专业大类制订培养方案,每个大类制订一个培养方案,专业方向以不同模块来区分。

1.2.2 优化专业教育

针对传统专业教育中总学分过高、专业课程比例过大等弊端,要求进一步凝练、精简专业核心课程,在优化、整合的基础上,各专业大类重点加强10门左右专业核心课程建设,增加选修课程比例,鼓励学生自主学习、选择和思考。

1.2.3 鼓励跨学科人才培养

鼓励学院开设更多的跨学科课程,鼓励学生跨学科、跨学院选修课程,更好地培养跨学科、复合型创新人才,支持、促进学生个性化发展。

1.2.4 加强创新创业教育力度

学校将原来对学院设置创新创业学分的鼓励性条款,修改为对全体学生修读创新创业教育课程的全覆盖、硬性要求,确保创新创业教育贯穿人才培养的始终。

1.2.5 自主权适度下放到学院

学校设置不同学制年限专业的总学分下限要求和上浮比例限制,各学院(系)可自主确定总学分要求,同一大类不同专业总学分必须相同。

1.3 化学专业人才培养存在的问题

化学学院本科共设有化学、应用化学、化学生物学 3 个专业(含专业方向)。化学学院从 2012 年起实施大类招生,均按化学类专业招生;大类培养,学生进校后,均按化学类专业培养,从第 4 学期(大学二年级下学期)起,学生分专业和专业方向。

2016 年 12 月 27–29 日,作为全国高校首批接受理学专业认证(第三级)的试点单位,武汉大学化学专业接受了教育部高等教育教学评估中心组织的专家组现场考察。按照专业认证的要求,化学学院组织了对毕业 1–3 年的化学专业毕业生进行问卷调查,以了解毕业生对个人素养、专业基础知识、基本试验技能、综合能力、专业教学方面的满意度。调查使用问卷星系统,回收有效问卷 151 份。调查结果显示,参加调查的毕业生大多数认为个人素养达成度较高(相关指标满意度在 0.75–0.90),对部分化学专业基础知识掌握满意度较低(相关指标满意度在 0.34–0.44),对综合能力和素养以及化学安全技能满意度较高(均为 0.79),对从事化学及相关学科研究能力满意度不高(满意度 0.51),对专业教学总体满意度较高(0.85)。

根据毕业生问卷调查和学院师生座谈会的结果,结合专业认证专家反馈意见,化学学院分析认为,当前化学专业人才培养存在的主要问题有:专业课程设置过多,通识教育理念没有完全体现;学生数学物理基础知识存在薄弱环节,影响其后续发展;按二级学科设置的实验教学环节,割裂了化学二级学科之间应有的联系,难以促进学生系统性理解化学知识体系,更难以融会贯通地运用;学院促进学生积极参与科研训练、创新训练的体制机制还不完善,学生科研能力有待进一步提升;“教”与“学”的双向动力没有得到完全激发等。

按照武汉大学统一部署,结合化学专业人才培养存在的实际问题,化学学院以 2018 版化学类(化学)专业本科人才培养方案(以下简称 2018 版培养方案)修订为契机,以问题为导向,贯彻落实武汉大学人才培养目标,针对存在的问题,进行有针对性的改革和完善。

1.4 2018 版培养方案修订过程

化学学院先后调研北京大学、南京大学、中国科学技术大学、美国康奈尔大学、美国加州大学伯克利分校等国内外一流大学,借鉴、参考其化学专业本科人才培养方案;召开 7 场教学改革研讨会,组织无机化学、有机化学、物理化学、分析化学、化学生物学、高分子科学、实验教学中心等专业和单位的教师分别进行研讨。学院认真听取各专业教师的意见、建议,并在一定范围征求校友、本科生的意见。在此基础上,按照“厚基础、宽口径、高素质、强能力”标准,初步形成 2018 版培养方案(讨论稿)。化学学院教学指导委员会成员对 2018 版培养方案(讨论稿)进行全面、细致的讨论、修订,对课程设置进行全面调整和优化,经学院教授委员会、党政联席会讨论通过,最终形成了 2018 版培养方案。

2 2018 版培养方案简介

2.1 设计理念

2018 版培养方案的设计理念是:落实学校人才培养目标,以培养具有坚实化学基础的理科大类

人才为目标,结合当代化学与物理、生物、材料等学科高度交融的特点,调整和优化专业课程设置,增强课程内容的通识性和学科交叉性,注重学生实践能力与创新能力的培养,鼓励学生跨专业、跨学院选课。2018 版培养方案在保持化学专业本科生四年学制、150 学分总体要求不变的前提下,对课程体系、结构进行调整和优化。

2.2 课程结构

2018 版培养方案将课程结构由原来(2013 版)的通识课程、专业课程 2 大类,调整为公共基础课程、通识教育课程、专业教育课程 3 大类,详见表 1。专业教育课程学分从 2013 版的 96.5 减少到 80,减少了 16.5 学分(11 个百分点)。在毕业要求的 150 学分中,必修课程 117 学分,占比 78.0%;选修课程 33 学分,占比 22.0%;理论教学 110 学分,占比 73.3%;实践教学 40 学分,占比 26.7%,较 2013 版 33 学分增加了 7 学分(4.7 个百分点)。

表 1 化学专业 2018 版培养方案课程类别统计表*

课程类别	课程类别-子项	课程门数	学分数	学分要求	比例
公共基础课程	必修	10	45	45	30.0%
	选修	5	13	≥10	6.7%
通识教育课程	基础通识课程(必修)	2	4	4	2.7%
	核心通识课程(选修)	≥6		6	4.0%
	一般通识课程(选修)	4	7	≥5	3.3%
专业教育课程	大类平台课程(必修)	8	47	47	31.3%
	专业必修课程(必修)	7	21	21	14.0%
	专业选修课程(选修)	20	40	12	8.0%

*毕业总学分为 150 学分

2.2.1 公共基础课程

公共基础课程细分为必修、选修 2 个子项。其中,必修课程包括大学英语、高等数学 B、大学物理 A、军事理论与训练、体育及马克思主义基本原理概论等共 10 门、45 学分。选修课包括 C 语言程序设计、线性代数 B、概率论与数理统计 B、大学物理实验 A、生命科学导论共 5 门、13 学分,要求至少选修 10 学分。

2.2.2 通识教育课程

通识教育课程细分为 3 个子项——基础通识课程、核心通识课程和一般通识课程。详见表 2。

1) 基础通识课程为全校本科生必修课,包括人文社科经典导引、自然科学经典导引 2 门课程共 4 学分。

2) 核心通识课程共有中华文化与世界文明(A)、艺术体验与审美鉴赏(B)、社会科学与现代社会(C)、科学精神与生命关怀(D) 4 个模块,理工医类(含化学专业)学生必须从 ABC 三个通识模块中至少各选修 2 学分,人文社科类学生必须选修 ABD 模块课程。核心通识课程要求至少选修 6 学分。

3) 一般通识课程为选修。化学学院开设了化学实验安全技术、魅力化学、当代化学、科技论文阅读与写作 4 门与化学专业相关的课程共 7 学分,要求学生至少须选修 5 学分。“科技论文阅读与写作”是由 2013 版培养方案中的 2 门通识课“化学应用英语”和“化学信息学”整合、调整设置的。“魅力化学”为新增课程。

表 2 2018 版培养方案中通识课程说明

课程类别	修课类别	说明
基础通识课程	必修	包括人文社科经典导引、自然科学经典导引 2 门必修课程
核心通识课程	选修	分为中华文化与世界文明 (A)、艺术体验与审美鉴赏 (B)、社会科学与现代 社会 (C)、科学精神与生命关怀 (D) 4 个模块;理工医类(含化学专业) 学生必须在 ABC 三个通识模块中至少各选修 2 学分课程
一般通识课程	选修	包括化学实验安全技术、魅力化学、当代化学、科技论文阅读与写作 4 门 课程,学生至少选修 5 学分

2.2.3 专业教育课程

专业教育课程细分为 3 个子项——大类平台课程、专业必修课程、专业选修课程。详见表 3。

表 3 2018 版培养方案中专业教育课程说明

课程类别	修课类别	课程名称	备注
大类平台课程	必修	无机化学、分析化学、物理化学、有机化学、结构化学、 基础化学实验、综合化学实验、科研能力训练与实践	
专业必修课程	必修	高分子化学、高分子物理、生物化学、化工基础、有机 波谱分析、分子模拟实验、毕业论文	化学专业学生选修其他理科学 院的大类平台课程(必修课程), 可作为其专业必修课学分
专业选修课程	选修	配位化学、晶体化学、催化与表界面化学等 20 门	化学专业学生选修化学类其他 专业的专业必修课,可作为其专 业选修课学分

1) 大类平台课程为化学专业核心课程,要求化学学院所有专业(化学、应用化学、化学生物学方向)学生必修,具体课程包括无机化学(理论课,96 学时)、分析化学(理论课,96 学时)、物理化学(理论课,96 学时)、有机化学(理论课,96 学时)、结构化学(理论课,48 学时)、基础化学实验(实践课,192 学时)、综合化学实验(实践课,192 学时)、科研能力训练与实践(实践课,96 学时),共 8 门、47 学分。其中,“科研能力训练与实践”为创新创业类课程,4 学分,要求全体本科生必修。大类平台课程是化学学院重点建设的专业核心课程。

2) 专业必修课程包括高分子化学(理论课,32 学时)、高分子物理(理论课,32 学时)、生物化学(理论课,48 学时)、化工基础(理论课,48 学时)、有机波谱分析(理论课,48 学时)、分子模拟实验(实践课,48 学时)及毕业论文(实践课,144 学时),共 7 门、21 学分。化学学院 3 个专业(含专业方向)培养方案的差异性主要体现在专业必修课程的不同。2018 版培养方案规定,化学专业学生选修其他理科学院的大类平台课程(必修课程),可记作其专业必修课学分,即化学专业学生可用所修的数学、物理、生物等理科学院大类平台必修课程学分折算成本专业必修课程学分。

3) 专业选修课程包括配位化学、晶体化学等 20 门、40 学分,面向化学学院所有专业(化学、应用化学、化学生物学方向)学生开设,要求化学专业学生至少须选修 12 学分(6 门)。化学专业学生选修化学类其他 2 个专业(含专业方向)的专业必修课,可记作其专业选修课学分。在化学学院开设的 20 门专业选修课中,晶体化学、金属有机化学、有机硅化学、高分子工程、应用化学实验、显微与微结构分析、环境监测 7 门课程安排在每年第三学期(为期 4 周,安排在 6 月底-7 月底)开设,采用模块化的教学内容,以便学生更灵活地安排时间。

3 2018 版培养方案特点

与本校本专业 2013 版本科人才培养方案和国内外部分一流大学化学专业课程设计相比, 武汉大学化学专业 2018 版本科人才培养方案有以下特点。

3.1 夯实数理基础, 增设交叉学科相关课程

针对毕业生调查反映的数理基础知识薄弱问题, 结合专业认证专家建议, 化学学院在修订 2018 版培养方案时, 着重提高了对数学和物理的要求。2018 版培养方案中, 高等数学由 E 级(6 学分)提高到 B 级(10 学分), 大学物理由 B 级(6 学分)提高到 A 级(8 学分), 以此帮助学生打下扎实的数学、物理功底。

综合性大学强调通识教育和大类培养。化学专业 2018 版培养方案中, 公共基础课程与通识教育课程学分合计占总学分的 46.7%, 专业教育课程中的大类平台课程学分占比 31.3%, 专业必修课与专业选修课学分合计占比 22.0%, 化学专业这种课程设置体现了武汉大学“宽口径、厚基础”的人才培养要求。

当前, 化学学科与生命、材料、能源等多学科高度交叉、融合。为了让学生更广泛地获取相关学科知识, 2018 版培养方案在公共基础选修课中安排了线性代数 B (3 学分)、概率论与数理统计 B (3 学分)、C 语言程序设计(3 学分)、生命科学导论(2 学分)、大学物理实验 A (2 学分)等课程。

3.2 着眼大类培养, 革新实验教学模式

化学学院从 2012 年起实施大类招生、大类培养。2018 版培养方案保持了大类培养, 进一步打通相关课程, 使 3 个专业(含专业方向)的公共基础课程、通识教育课程、大类平台课程保持一致, 相同课程的学分占比达到 78.0%, 充分体现了大类培养的思路。

传统化学实验教学一般按照化学二级学科(无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、高分子化学)分类设置, 依次安排。这种实验教学的设计, 主要侧重于深化学生对理论知识的理解和实验技能的培训, 但弱化了化学各分支学科间的关联与融会贯通, 同时, 还存在着实验教学与理论教学无法完全同步的问题。国内很多高校积极开展化学实验教学改革^[6,7,9-11]。武汉大学化学实验教学中心(以下简称实验中心)作为国家级实验教学示范中心, 较早建立了大学化学实验 3 个创新教学平台, 分别是: ① 实验教学-理论教学-科学研究结合平台; ② 计划教学-开放实验-业余科研结合平台; ③ 实验中心-科研机构-企业公司结合平台^[10], 并将实验教学独立设课, 形成了计划教学与开放教学相结合的复合型教学体系^[11]。为了保障实验教学效果, 实验中心将网络及现代信息技术与专业教学进行融合, 建立了专门的化学实验教学网站和“实验信息系统”。学生通过网站自主学习, 查看授课教案、观看多媒体课件, 获取实验相关信息; 学生还通过信息系统自主答题, 系统自动评分, 只有测评结果合格的学生方可进行实验操作。这种“网络预习-示范观摩-反复练习-操作量化-技能考核”的教学方法能够强化对学生基本操作、基本技能、基本素质的培养, 保证实验效果。

在既有的实验教学改革基础上, 化学学院 2018 版培养方案对实验教学模式进行了重构, 打破以往按化学二级学科专业分类实验教学的 tradition, 整合为基础化学实验(大学一年级开设)和综合化学实验(大学二年级开设)。调整的目的在于, 先夯实学生化学实验技能, 培养严谨细致的科学素质; 再通过跨二级学科的综合实验, 增强学生对化学知识的系统性理解及融会贯通的运用能力, 进而为大学三年级开设的“科研能力训练与实践”做好铺垫。这些变化彻底改变了以往“依葫芦画瓢”式的实验教学模式。

3.3 强化能力提升, 新设“科研能力训练与实践”

培养创新型人才, 应当把科学研究全面渗透到本科教学中去, 并以此作为教学改革的突破口^[12]。培养学生良好的科研能力, 是综合性研究型大学化学专业人才培养标准中极为重要的部分。武汉大学化学学院有着雄厚的科研人才队伍, 良好的科研平台, 浓厚的科研氛围。将科学研究实质性地纳入教学过程, 实现优势科研成果和科研资源向教学的转化, 达到高校教学与科研的有机结合^[13], 同

时进行制度化规范,实现科研训练对本科生全覆盖,从而实现创新型人才培养目标。

以往,化学学院对于本科生的科研能力训练没有在培养方案中得到体现,除部分本科生自觉进入科研实验室参与科研训练外,学院主要靠“喊”(宣传动员)、靠“拉”(举办活动)。在学校层面,武汉大学从2007年起实施了创新学分制度,本科生发表论文、参加学科竞赛获奖、科研成果被认定等几种情况可获得学分奖励,这项政策发挥了一定的激励和导向作用,但覆盖面不够宽,无法做到本科生全覆盖。为了解决这个问题,2018版培养方案新设了“科研能力训练与实践”课程(4学分,96学时),将其列为大类平台必修课,安排在大学三年级进行,以强化本科生的科研能力训练,并做到本科生全覆盖。通过系统的科研能力训练和实践,学生能够根据自己的兴趣爱好,探索前沿性和应用性课题,进而全面提升其独立工作和解决实际问题的能力。

3.4 压减专业选修课学分,避免课程设置过度专业化

2018版培养方案在对基础教育、通识教育做“加法”的同时,对专业选修课程做“减法”,将育“人”与育“才”统一起来,更加重视对学生德智体美全面发展的培养,落实立德树人根本任务^[14]。在专业认证时,有认证专家指出,化学专业存在“本科教育专业性过强,把本科生当成研究生培养”的问题。在2018版培养方案讨论中,化学学院教师们达成了共识,本科教育应该注重基础和通识,应该让学生获得尽可能大的选择权。在2018版培养方案中,化学学院大幅下调专业选修课程数,将专业选修课由2013版要求的34学分(15~17门)压减到12学分(6门)。同时,对专业选修课程进行优化和调整,在专业选修课20门总数不变的前提下,新增、调整12门:配位化学、晶体化学、催化与表面化学、金属有机化学、有机硅化学、电厂化学、化工制图、高分子工程、计算化学、应用化学实验、显微与微结构分析、环境监测,调整比例达到60%。这20门专业选修课,同时向化学、应用化学、化学生物学3个专业(含专业方向)学生开设,覆盖所有化学二级学科。

按照2018版培养方案,学生可以根据自己的兴趣、结合未来发展,从20门课程中选修其中6门。这样的课程设置避免了本科生陷于过度专业化且缺乏针对性的课程学习,使学生有更多的时间开展创新实践和选修跨专业的课程。

3.5 倡导学生个性化发展,鼓励学科交叉和跨专业选课

在2018版培养方案中,大类平台课程、专业必修课程、专业选修课程分别处于培养方案的三个层级,大类平台课程居于核心地位,反映在三类课程的学分要求占毕业学分比例上,分别为31.3%、14.0%、8.0%。所以,大类平台课程(8门)是获得化学专业毕业证的基本要求。比较而言,专业必修课程、专业选修课程都可以在一定范围内替换,以此鼓励学科交叉和跨专业选课。

为了倡导学生个性化发展,2018版培养方案允许学生选修其他理科学院的大类平台课程,所得学分可计为其专业必修课学分。专业选修课则有更大的灵活性,学生除了可以在本院开设的20门选修课中选修6门以外,还可以将化学类其他专业的专业必修课甚至其他理科学院的专业必修课作为其专业选修课。这些措施使学生可以更加主动地学习,自行定制最适合其个人兴趣和发展规划的课程表,是落实学生个性化发展和培养领袖型人才的重要举措。

4 结语

武汉大学化学专业2018版本科人才培养方案以问题为导向,高度契合武汉大学人才培养目标,注重学科交叉,将从2018级本科生开始正式实施。化学学院将根据实际教学情况和师生反馈意见,对培养方案进行适度优化,确保人才培养质量。

参 考 文 献

- [1] 孙振国,段先华.中国大学教学,2004, No. 11, 47.
- [2] 教育部高等学校化学类专业教学指导委员会.高等学校化学类专业指导性专业规范.北京:高等教育出版社,2011.

-
- [3] 张树永. 中国大学教学, **2014**, No. 4, 48.
- [4] 田少萍, 邹明珠, 吴通好, 宋天佑. 化工高等教育, **2003**, No. 2, 17.
- [5] 侯文华, 丁维平, 王志林. 大学化学, **2010**, 25 (3), 7.
- [6] 曾秀琼, 蔡吉清, 魏晓芳, 王敏, 王国平, 毛侦军. 大学化学, **2018**, in press. doi: 10.3866/PKU.DXHX201802001
- [7] 郭彩红, 宋红杰, 熊庆. 实验室科学, **2017**, No. 3, 108.
- [8] 新一轮本科人才培养方案修订工作深入推进. (2017-06-22) [2018-03-20]. URL. <http://openday.whu.edu.cn/rdyw/2014-06-07/299.html>.
- [9] 段连运, 常文保. 大学化学, **2000**, 15 (4), 19.
- [10] 黄驰, 席美云, 程功臻. 大学化学, **2006**, 21 (6), 20.
- [11] 龚淑玲, 黄驰, 侯安新, 程功臻, 夏春兰, 刘昕. 实验技术与管理, **2012**, 29 (8), 1.
- [12] 施开良, 姚天扬, 俞庆森. 实验技术与管理, **2004**, 23 (3), 1.
- [13] 赖绍聪, 何翔, 华洪. 中国地质教育, **2011**, No. 4, 8.
- [14] 教育部关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见. (2014-04-08) [2018-05-09]. http://www.moe.edu.cn/srcsite/A26/s7054/201404/t20140408_167226.html.