

普通化学实验“学生中心”教学模式改革与探索

周德志¹, 何名芳^{1,2}, 曹小华^{1,*}, 徐常龙¹, 钟婵娟¹, 王萍萍¹

¹ 九江学院化学与环境工程学院, 江西 九江 332005

² 江西财经职业学院, 江西 九江 332000

摘要: 结合教学实践, 介绍了普通化学实验“学生中心”教学模式改革实施方案及意义。从教学过程、教学评价、教学实施效果三方面对“教师中心”教学模式和“学生中心”教学模式进行了全面比较。实践表明: “学生中心”教学模式以“学生为主体, 学习为中心”, 利用学习通网络学习平台, 实施线上、线下混合式教学、启发式教学及合作学习, 引导学生自主探究获取知识、培养能力和塑造人格, 激发学习兴趣和主动性, 有助于构建和谐师生关系、培养学生科学素养和人文素质, 促进学生全面发展。

关键词: 学生中心教学模式; 教师中心教学模式; 自主学习; 合作学习; 全面发展

中图分类号: G643; O6

Reform and Exploration of Student-Centered Teaching Mode in General Chemistry Laboratory

Dezhi Zhou¹, Mingfang He^{1,2}, Xiaohua Cao^{1,*}, Changlong Xu¹, Chanjuan Zhong¹, Pingping Wang¹

¹ College of Chemical and Environmental Engineering, Jiujiang University, Jiujiang 332005, Jiangxi Province, China.

² Jiangxi College of Finance and Economics, Jiujiang 332000, Jiangxi Province, China.

Abstract: This paper introduces the implement program and significance of the teaching reform of student-centered teaching mode, on the basis of classroom practice in general chemistry laboratory. A complete comparisons between the student-centered teaching mode and teacher-centered teaching mode were carried out in many aspects, such as teaching process, teaching evaluation, teaching implementation effect, etc. The main status of students should be built and all efforts are made focusing the students in student-centered teaching mode. Students can absorb knowledge, improve ability, and cultivate healthy personality by online and offline teaching models, heuristic teaching methods and cooperative learning strategies, which were implemented with the Superstar learning platform. The student-centered teaching mode helps to build a harmonious relationship between teachers and students, cultivate students' scientific literacy and humanistic quality, and promote the all-round development of students.

Key Words: Student-centered teaching mode; Teacher-centered teaching mode; Independent learning; Collaborative learning; Overall development

普通化学实验是生物、医学、食品等本科专业开设的一门基础必修课, 旨在通过强化实验“三基”训练, 培养学生科学精神、合作意识、创新能力及分析和解决实际问题能力等综合素质, 并为后续课程的学习打下基础^[1-5]。由于该课程存在内容多、课时少、学生基础参差不齐等现实困难, 诸

收稿: 2020-03-10; 录用: 2020-05-02; 网络发表: 2020-06-05

*通讯作者, Email: caojimmy@126.com

基金资助: 江西省教改课题(JXJG-18-17-18, JXJG-17-17-3, JXJG-16-17-4); 江西省教育规划课题(2019YB227, 2017YB218); 九江学院教改课题(JXCGJZD-19-03, XJJGZD-16-01, XJJGYB-16-03, XJJGYB-15-10)

多高校仍采用传统的“教师中心”教学模式。注重知识“注入”，虽能较好地培养学生“三基”，但不利于学生综合素质的培养，实际教学效果不够理想^[1-5]。

“以学生为中心”教学模式强调以学生全面发展为中心，注重激发学生学习兴趣和主动性，自主学习，变“学会”为“会学”，促使学生在知识掌握、自身能力和综合素质上获得全面提升^[6-10]。我校自 2018 年开始在普通化学实验教学中尝试“学生中心”教学模式改革，取得预期实施效果。本文就此进一步深入探讨，现总结汇报如下，以求教于同行，共同提升课程育人效果。

1 我校普通化学实验开设情况

目前，我校共有临床医学、药学、生物科学与技术等 5 个本科专业单独开设普通化学实验课，共 40 课时(见表 1)，每年有近千名大一新生参与学习。

表 1 普通化学实验教学安排

序号	项目名称	类型	课时	序号	项目名称	类型	课时
1	化学实验常识及安全教育	验证	3	7	水硬度的测定	综合	3
2	溶液的配制及缓冲溶液性质	验证	3	8	市售双氧水中 H ₂ O ₂ 含量测定	综合	3
3	粗食盐的精制	综合	3	9	碘酸铜的制备及其溶度积的测定	综合	4
4	食用醋中总酸度的测定(酸碱滴定)	验证	3	10	硫酸亚铁铵的制备及组成分析	设计	4
5	化学反应速率和活化能的测定	验证	3	11	葡萄糖酸锌的制备及含量测定	设计	4
6	用废旧易拉罐制备明矾	综合	3	12	碱式碳酸铜的设计合成及组成分析	设计	4

2 教改实践方案

2.1 教学分组

选取临床医学 A1813 班(44 人)作为对照班，实施“教师中心”注入式教学。临床医学 A1814 班(45 人)作为实验班，实施“学生中心”启发式教学^[11]，利用超星学习通平台实施线上、线下混合式教学和合作学习^[12]。两班学生入学成绩、化学基础、学习兴趣等均无显著性差异。

2.2 教学过程

实验班与对照班任课教师(均安排 2 位指导教师)、实验教学进度(每周 1 次实验)、实验操作考试内容及选用主教材^[13]均相同。仅采用的教学模式不同，具体见表 2。

可见，学生中心教学模式突出学生主体地位，构建网络学习平台辅助课堂教学，开放、互动，激发学生学习兴趣和主动性，促使学习过程变“学会”为“会学”，促进学生全面发展。

表 2 “教师中心”教学模式与“学生中心”教学模式教学过程比较

过程	“教师中心”注入式教学模式	“学生中心”启发式教学模式
共同点	(1) 提前发布课程教学大纲、授课计划、教学 PPT、基本操作微视频、安全教育视频、示范性实验报告和预习报告、报告评分细则、考核细则、实验拓展资料等 ^[1] ，要求学生提前预习；(2) 要求学生按时撰写并提交实验预习报告和实验报告；(3) 将学生分成 10 个合作学习小组(4-5 人/组)，明确小组学习任务、考核要求 ^[3] 。	
实验前	1. 教师提前做好实验各项准备工作。 2. 学生主要在线下进行实验预习，参考实验教材，撰写纸质实验预习报告。学生在正式上课时上交预习报告，教师届时检查和点评实验预习情况，预习情况监控相对滞后。 3. 一般不主动开放实验室。	1. 值日小组(负责某一个具体实验的小组)负责提前做好实验相关准备工作(教师指导，学生自主配制试剂、调试仪器并完成预实验等)。 2. 学生在学习通平台进行实验预习，在线完成预习过关测试，网络自动记录并评分，查阅资料撰写预习报告，教师随时监控并通报学习情况。 3. 主动开放实验室，以备值日小组、兴趣小组开展准备及探究实验。

(待续)

(续表 2)

过程	“教师中心”注入式教学模式	“学生中心”启发式教学模式
实验课讲授	1. 教师按照实验“目的-原理-主要仪器试剂-操作及步骤(示范实验操作)-数据记录要求及结果处理方法-注意事项”等进行约 30 分钟讲解。 2. 学生听讲并做笔记,并在课后以此为主要依据撰写实验报告。 3. 教师偶尔提问(主要围绕实验重难点及实验教材思考题),学生回答。	1. 值日小组学生代表讲解实验,主要讲“原理-主要仪器试剂-实验操作及步骤”,演示主要操作,约 15 分;其他组员可补充。 2. 学生听讲、提问、讨论和记录笔记。 3. 教师听讲,并进行 5-10 分钟总结点评,质疑提问,重点补充和强调实验注意事项,纠正学生讲解和操作中存在的不足。 4. 教师发布开放性思考题:① 你的猜想和实验结论是不是一致?② 你的结果和其他同学相比有没有较大的差异?如果有较大的差异原因是什么?③ 在探究过程你是否发现了新问题?④ 你对这个装置是否有新的改进?⑤ 有没有更好的实验方案?
实验中	1. 学生照方抓药开展实验。全班按统一实验方案和进度进行,在预习报告上记录实验现象和数据,严控学生使用手机。 2. 教师巡视指导、答疑,批阅预习报告。	1. 学生自主开展实验。允许尝试不同实验方案,在预习报告上记录实验现象和数据,不清楚的地方可随时用手机上网搜索资料。 2. 教师巡视、指导、答疑及发问、参与讨论,批阅预习报告;引导学生围绕开放性问题,展开探索。
实验结束	1. 学生撰写纸质实验报告; 2. 教师评阅实验报告(注重分数评价,评语往往比较简略); 3. 教师进行本次实验学生考勤、实验表现、预习及实验报告成绩评阅及统计。	1. 学生撰写纸质实验报告,并拍照上传到学习通网站。在学习通平台按照评分细则填报本人学习出勤、实验表现、交流讨论等自评成绩。 2. 值日小组学生按照评分细则批阅实验报告(评分和评语),学生可质疑。其他小组长填写值日小组值日表现得分(实验讲解、预备实验等,取平均值),要求学生做到“评分有据、扣分有理”,强化学生责任意识。 3. 教师抽查、评阅实验报告,并对值日小组评阅情况进行点评。 4. 教师抽查核实学生自评及值日小组评价各项分数,并填写教师评价分数和评语,组织讨论开放性问题,展示优秀实验产品、实验报告、优秀教案及其他作品。注重营造民主、宽容、和谐的课堂氛围,鼓励互动。

2.3 成绩评价

对照班与实验班实验成绩评价方法比较见表 3,具体评价内容比较范例见表 4,学生课堂参与情况评价考查点见表 5。

可见:对照班采取传统的单一、封闭式、终结性评价方式,“重结果轻过程、重三基轻素养、重教师轻学生”,关注知识的系统性和教学规范统一性,学生处于从属地位。实验班采取多元、开放式、形成性评价,学生处于主体地位,“过程与结果、知识能力与素养”并重,关注“语言、行为和评语”三种形式激励学生,旨在引导学生不断自我完善。

表 3 “教师中心”教学模式与“学生中心”教学模式实验成绩评价方法比较

模式/过程	“教师中心”注入式教学模式	“学生中心”启发式教学模式
评价方法	单一封闭、终结性评价(重结果、轻过程)	多元开放激励性评价(形成性评价+终结性评价)
评价内容 (范例见表 4)	1. 主要考查实验三基(基本理论、基本知识和基本技能),注重知识能力。 2. 具体成绩由平时成绩(40%) + 考试成绩(60%)组成。 3. 平时成绩包括:实验考勤情况(20%) + 实验纪律(20%) + 预习报告(30%) + 实验报告(30%)。 4. 考试成绩包括操作考试(抽取操作)和理论考试(口头或书面回答问题)。	1. 注重知识能力素养全面考核:包括实验“三基”、科学素养(自主探究、合作意识、创新能力等)、人文素养(理想信念、情感价值、使命担当等),评分细则由师生商定并熟知、执行。 2. 具体成绩包括学习“态度评价(40%) + 成果评价(60%)”。 3. 学习态度评价(40%),包括:出勤情况(5%)、参与讨论情况(10%)、小组合作情况(5%)、网络预习情况(10%)、自主探索情况(10%)。 4. 学习成果评价(60%),包括:预习报告(10%)、实验报告(15%)、理论测试(10%)、操作考试(10%)、口头表达(授课及 PPT) (5%)、实验产品(5%)、其他成果(5%)等资料。

(待续)

(续表 3)

模式/过程	“教师中心”注入式教学模式	“学生中心”启发式教学模式
评价主体	1. 各项成绩评分标准由老师确定和把握、评定, 学期末才公布分数, 一般不接受质疑。 2. 学生知悉成绩, 往往关注分数。由于缺乏教师评语, 学生往往不明确努力方向。	1. 评分标准由师生共同制定和把握, 各项成绩由学生本人、小组、教师进行共同评价, 部分成绩由学习通平台自动计分。 2. 及时公布过程阶段性得分, 小组长汇总本小组成绩, 班长汇总全班成绩。接受学生质疑, 并予以核实更正。 3. 学生关注分数, 也关注评语, 明确努力方向。
学生地位	1. 教师主宰, 学生被动接受。 2. 标准由教师掌握, 不能轻易改变。	1. 教师主导、学生主体, 师生平等友好交流、合作。 2. 评价标准逐步动态调整(主要针对实验中出现“故障”、部分创新性成果及典型人文素养“正能量”等难量化指标)、不断完善, 发挥评价的导向和激励功能。

表 4 “教师中心”教学模式与“学生中心”教学模式评价内容比较——以水硬度的测定实验考试为例

联系	考评内容
相同点 (实验三基)	1. 理论考试部分(实验思考题) (1) 什么叫水的总硬度? 怎样计算水的总硬度? (2) 为什么滴定 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 总量时要控制 $\text{pH} \approx 10$, 而滴定 Ca^{2+} 分量时要控制 pH 为 12–13? 若 $\text{pH} > 13$ 时测 Ca^{2+} 对结果有何影响? (3) 如果只有铬黑 T 指示剂, 能否测定 Ca^{2+} 的含量? 如何测定? (4) 加入铬黑 T 指示剂后, 铬黑 T(In^{3-}) 先与 Ca^{2+} 配位, 还是与 Mg^{2+} 配位? 用 EDTA 标准溶液滴定时, EDTA 先与 Ca^{2+} 配位, 还是与 Mg^{2+} 配位? (5) 络合滴定中为什么往往需要加入缓冲溶液? (6) 为什么通常使用乙二胺四乙酸二钠盐配制 EDTA 标准溶液, 而不用乙二胺四乙酸? 2. 操作考试部分 (1) 水样的移取(按手法、洗涤、润洗、吸液、调零、放液等操作要点评分)。 (2) 硬度的测定(按手法、洗涤、润洗、装液、赶气泡、调零、滴速控制、摇瓶、读数等操作要点评分)。 (3) 数据的处理(按数据真实性、有效性(有效数字)、准确性给予评分)。 (4) 其他(指示剂的选用、滴定终点的判断、 C_3H_3 素养 ^[14] 等)。
不同点 (综合素养)	教师中心教学模式: 1. 全班学生均测定同一个水样(实验室自来水)的硬度。2. 理论部分 30 分, 操作部分 70 分。 学生中心教学模式: 1. 准备 5 个水样(实验室自来水样、某同学家井水样、学校莲池水样、长江水样、鄱阳湖水样), 随机抽取测定其中 1 个水样的硬度。 2. 增加开放性试题(测试学生自主探究能力、理想信念、情感价值、使命担当等)。 如: 基于水污染情况、饮用水的总硬度指标及对人体影响调查回答以下问题: (1) 水污染的主要来源: _____; _____; _____; (2) 软水和硬水的区别方法 _____; 硬水转化为软水的常用方法 _____; (3) 按照《生活饮用水卫生标准》(GB 5749–2006)有关问题的通知中规定, 生活饮用水总硬度(以 CaCO_3 计, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)不超过 _____ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 世界卫生组织推荐最佳饮用水硬度是 _____ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。 (4) 使用硬水会造成哪些危害(列举 3 条左右)。 (5) 绿水青山就是金山银山, 人人都要节约水、爱护水。 ① 下列有关水的说法正确的是() A. 饮用水的水质越软, 越有利于人体健康; B. 长江的水经过沉淀、过滤、吸附后, 可以得到纯水; C. 为了保护水资源, 禁止使用化肥和农药; D. 用肥皂水可以区分软水和硬水。 ② 下列水的净化方法中净化程度最高的是() A. 静置沉淀; B. 吸附沉淀; C. 蒸馏; D. 过滤 (6) 爱护水资源, 落实长江大保护。树立保护水体意识, 下列说法正确的有() A. 活性炭能使海水淡化; B. 明矾可以净水; C. 过滤能降低硬水的硬度; D. 生活用水可以任意排放 3. 理论部分 30 分, 操作部分 54 分, 开放性问题 16 分。

表 5 “学生中心”教学模式课堂参与情况评价观察点

学习环节	观察点	观察点分类
课前准备	资料学习(PPT、微视频、教材等)、实验方案撰写及准备实验等。	认真学习学习通平台相关资料,平台监控学习情况,自动保存学习记录及对部分项目进行自动评分;值日小组负责完成准备实验。
小组讨论	讨论时整体状态:观察发言、倾听、争论、做笔记等行为。	1. 积极型:始终积极参与讨论,能倾听他人的观点或进行回应。 2. 慢热型:慢慢融入小组讨论,如陈述观点,提出问题等。 3. 沉默型:较少发言,但认真倾听并做笔记。 4. 游离型:不参与讨论,很少记录或为完成任务记录讨论要点。
小组交叉讨论	1. 讨论时整体状态。 2. 小组内容汇报时陈述清晰程度。	整体状态同小组讨论
小组汇报及教师总结	从汇报 PPT 制作情况、内容把握、表达准确清晰情况及时间控制等观察主要行为。	1. 相关行为:倾听、提问、质疑、讨论;无关行为:闲谈、玩手机等。 2. 课件:重点难点突出、图文表安排合理,美观大方、声像资料的使用。 3. 表达:思路清晰、层次清晰、逻辑性强、分析透彻、生动流利、重难点突出,提倡言简意赅,时间安排合理。 4. 内容:完整性、系统性、新颖性、准确性,重点难点突出,对照开放性问题有回应。 5. 教师总结陈述,指出不足,肯定优点,注意“语言、行为和评语”激励学生,保护求知欲、强化荣誉感。

3 教学效果调查比较

通过问卷调查及考试考查等形式对教学效果进行考查,结果见表 6。

可见,与“教师中心”教学模式相比,“学生中心”教学模式具有以下优点:(1)学习态度方面。“学生中心”教学模式利用学习通网络学习平台实施线上、线下混合式教学,启发式教学和合作学习,以学为中心、学生为主体,可有效激发学生学习兴趣和主动性。调查显示大多学生对实验充满兴趣,充分认可本教学模式,能认真预习、主动参与实验准备、讲授、互动及成绩评价各个环节;(2)科学素养培养方面。“学生中心”教学模式运用启发式、开放式教学,引导学生对实验进行自主探索,互动合作,分析和评判实验结果,有助于培养自主学习能力、思维能力、信息收集能力、表达能力、合作能力及创新能力等;(3)人文素养培养方面。“学生中心”教学模式中教师承担辅助者、合作者和引导者角色,学生主体、教师主导,教学相长,师生关系平等和谐,教学氛围宽松融洽,学习过程自主愉快,有助于学生责任感、合作意识和辩证思维的培养,塑造健全人格,提升人文素养;(4)考试成绩比较。实验班考试成绩(理论及实验)优良率和平均分均优于对比班。这是因为“学生中心”教学模式下学生自主探索实验、合作互助,参与实验教学全过程,增加了对实验全过程的理性认识,增加了实验动手操作机会,加深了对知识的理解和实际应用。

表 6 “学生中心”与“教师中心”课程教学效果对比

1. 您认为普通化学实验课程有趣吗()				2. 您会认真进行实验预习吗()			
选择项	A.非常有趣	B.一般	C.乏味	选择项	A.认真准备	B.一般	C.被动应付
对照班	13 (29.5%)	23 (52.3%)	8 (18.2)	对照班	12 (27.3%)	17 (38.6%)	15 (34.1 %)
实验班	28 (62.2%)	13 (28.9%)	4 (8.9%)	实验班	27 (60.0%)	15 (33.3%)	3 (6.7%)

(持续)

(续表 6)

3. 实验过程中, 您认为您的学习状态()				4. 您认为普通化学实验教学中教师扮演的主要角色是()			
选择项	A.自主愉快	B.一般	C.被动参与	选择项	A.讲授者	B.促进者、合作者	C.指导者
对照班	8 (18.2%)	21 (47.7 %)	15 (34.1 %)	对照班	28 (63.6 %)	7 (15.9%)	9 (20.5 %)
实验班	25 (55.6%)	16 (35.5%)	4 (8.9%)	实验班	0 (0.0%)	22 (48.9%)	23 (51.1%)
5. 除老师提供的材料外, 您主动调研过其它资料吗()				6. 您参与课程讨论的情况是()			
选择项	A.广泛调研	B.一般	C.很少	选择项	A.积极型	B.一般	C.游离性
对照班	3 (6.8%)	29 (65.9%)	12 (27.3%)	对照班	7 (15.9%)	30 (68.2%)	7 (15.9%)
实验班	25 (55.5%)	17 (37.8%)	3 (6.7%)	实验班	18 (40.0%)	23 (51.1%)	4 (8.9%)
7. 您对教学中的师生互动情况是否满意()				8. 教学过程中老师是否关注过您()			
选择项	A.充分、满意	B.还行、一般	C.偏少、不满意	选择项	A.经常	B.一般	C.很少
对照班	7 (15.9%)	20 (45.5%)	17 (38.6%)	对照班	6 (13.6%)	19 (43.2%)	19 (43.2%)
实验班	28 (62.2%)	17 (37.8%)	0 (0.0%)	实验班	21 (46.7%)	20 (44.4%)	4 (8.9%)
9. 您感觉普通化学实验课堂教学中师生关系是()				10. 您对普通化学实验教学中的师生关系满意吗()			
选择项	A.教师威严	B.交流不多、一般	C.民主平等和谐	选择项	A.满意	B.一般	C.不满意
对照班	18 (40.9%)	20 (45.5%)	6 (13.6%)	对照班	6 (13.6%)	29 (65.9%)	9 (20.5%)
实验班	5 (11.1%)	8 (17.8%)	32 (71.1%)	实验班	27 (26.7%)	12 (64.4%)	6 (8.9%)
11. 您认为现行普通化学实验考核评价方式合理吗()				12. 对实验结果评价, 您最关注的是()			
选择项	A.合理	B.一般	C.不合理	选择项	A.分数	B.评语及努力方向	C.无所谓
对照班	4 (9.1%)	24 (54.5%)	16 (36.4%)	对照班	30 (68.2%)	5 (11.4%)	9 (20.4%)
实验班	22 (48.9%)	20 (44.4%)	3 (6.7%)	实验班	12 (26.7%)	29 (64.4%)	4 (8.9%)
13. 通过实验, 您认为您的学习能力是否有提高()				14. 通过实验, 您认为您的思维能力是否有提高()			
选择项	A.较大提高	B.一般	C.不明显	选择项	A.较大提高	B.一般	C.不明显
对照班	5 (11.4%)	15 (34.1%)	24 (54.5%)	对照班	6 (13.6%)	20 (45.5%)	18 (40.9%)
实验班	19 (42.2%)	20 (44.4%)	6 (13.4%)	实验班	19 (42.2%)	18 (40.0%)	8 (17.8%)
15. 通过实验, 您认为您的语言表达能力是否有提高()				16. 通过实验, 您认为您的信息素养是否有提高()			
选择项	A.较大提高	B.一般	C.不明显	选择项	A.较大提高	B.一般	C.不明显
对照班	6 (13.6%)	17 (38.7%)	21 (47.7%)	对照班	5 (11.4%)	15 (34.1%)	24 (54.5%)
实验班	24 (53.3%)	17 (37.8%)	4 (8.9%)	实验班	27 (60.0%)	14 (31.1%)	4 (8.9%)
17. 您感觉实验教学对您的人文素养培养是否有帮助()				18. 您喜欢现行的实验教学模式吗()			
选择项	A.帮助很大	B.一般	C.帮助不大	选择项	A.喜欢	B.一般	C.不喜欢
对照班	7 (15.9%)	18 (40.9%)	19 (43.2%)	对照班	9 (20.5%)	22 (50.0%)	13 (29.5%)
实验班	17 (37.8%)	20 (44.4%)	8 (17.8%)	实验班	22 (48.9%)	18 (40.0%)	5 (11.1%)
19. 实验理论考试成绩(两班统一试卷和评分细则)				20. 实验操作考试成绩(两班统一试卷和评分细则)			
选择项	A.优秀(≥90)	B.良好(80-90)	C.平均分	选择项	A.优秀(≥90)	B.良好(80-90)	C.平均分
对照班	6 (13.6%)	14 (31.8%)	73.5	对照班	9 (20.4%)	22 (50.0%)	81.7
实验班	11 (24.4%)	21 (46.7%)	84.2	实验班	16 (35.6%)	23 (51.1%)	86.3

4 结语

“学生为中心”教学模式突出了“学生主体”, 学生通过自主探究、合作学习, 获取知识、培养能力和塑造人格。弥补了传统“教师中心”教学模式“灌输式”存在的不足, 切实提高学生学习

兴趣、学习能力和综合素质，能有效实现教与学的协调统一，促进学生全面发展。教学效果明显，值得推广实施。

参 考 文 献

- [1] 王萍, 姜雪梅, 杨昕, 周志才. 化学教育, **2016**, 37 (4), 59.
- [2] 丁春玲, 姚天明, 陈云, 吴庆生. 实验技术与管理, **2013**, 30 (11), 190.
- [3] 王萍萍, 曹飞, 曹小华, 雷艳红, 张康华. 化学教育, **2011**, 32 (7), 42.
- [4] 金显春. 化学教育, **2008**, 29 (10), 55.
- [5] 温鸣, 吴庆生, 陈云. 大学化学, **2013**, 28 (5), 19.
- [6] 李志义. 中国高等教育, **2014**, No. 21, 19.
- [7] 于剑. 中国高等教育, **2018**, No. Z1, 42.
- [8] 刘婧婧, 王平, 谭春红, 何禹震, 陈文琪, 肖锡林. 化学教育(中英文), **2019**, 40 (8), 92.
- [9] 梁永锋, 龙冬梅, 张志峰, 赵文霞, 安玉民. 化学教育(中英文), **2019**, 40 (8), 18.
- [10] 饶佩, 周序. 当代教育科学, **2016**, No. 1, 31.
- [11] 曹小华, 占昌朝, 徐常龙, 严平, 雷艳虹, 肖国光. 实验技术与管理, **2018**, 35 (8), 174.
- [12] 王西兵, 王坦. 中国成人教育, **2018**, No. 3, 88.
- [13] 王萍萍, 曹小华, 雷艳虹. 基础化学实验教程. 北京: 科学出版社, 2011.
- [14] 曹小华, 张康华, 徐常龙, 陶春元. 化学教育, **2008**, 29 (12), 58.