

科技赋能，产教融合，高素质应用型化学人才培养12345实验教学体系创新与实践

夏其英^{1,*}, 王爱香^{1,*}, 马登学^{2,*}, 刘国魁¹, 李云志¹, 冷霞¹, 韦瑶瑶¹, 周广丽¹

¹ 临沂大学化学化工学院, 山东 临沂 276000

² 临沂大学材料科学与工程学院, 山东 临沂 276000

摘要: 针对目前化学实验教学中存在的问题, 以学生应用能力和创新精神培养为根本, 构建了“一体、两翼、三融、四结合、五平台”(12345)实验教学体系。以OBE (Outcome based education)理念为指导, 以科教融汇和产教融合为抓手, 优化实验内容, 创新实验教学模式, 改革教学方式方法, 探索考核评价体系。经过三年的改革, 构筑了四层次、递进式实验项目体系, 形成了“虚”与“实”相结合、设计性与创新性实验相结合、实验室开放与科研相结合、线上与线下教学相结合的任务驱动教学模式, 在实验教学改革、课程教材建设、高素质应用型化学人才培养方面取得了丰硕的成果。

关键词: 科教赋能; 产教融合; 12345实验教学体系; 应用型化学人才; 立体化评价体系

中图分类号: G64; O6

Science and Technology Empowerment, Production and Education Integration, High-Quality Applied Chemistry Talents Training 12345 Experimental Teaching System Innovation and Practice

Qiyang Xia^{1,*}, Aixiang Wang^{1,*}, Dengxue Ma^{2,*}, Guokui Liu¹, Yunzhi Li¹, Xia Leng¹, Yaoyao Wei¹, Guangli Zhou¹

¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Linyi University, Linyi 276000, Shandong Province, China.

² School of Materials Science and Engineering, Linyi University, Linyi 276000, Shandong Province, China.

Abstract: Aiming at the problems existing in the current chemistry experiment teaching, based on the cultivation of students' application ability and innovative spirit, the experimental teaching system of "one body, two wings, three integration, four combination and five platforms" (12345) was constructed. Guided by the concept of OBE (Outcome based education), with the integration of science and education and the integration of production and education as the starting point, the experiment content was optimized, the experimental teaching model was innovated, the teaching methods and modes were reformed, the assessment and evaluation systems were explored. After 3 years of reform, a four-level, progressive experimental project system has been built, and a task-driven teaching model has been formed, which combines "virtual" and "real", design and innovative experiments, laboratory opening and scientific research, and online and offline teaching. Fruitful results have been achieved in the reform of experimental teaching, the construction of course materials and the training of high quality applied chemical talents.

收稿: 2024-08-30; 录用: 2024-10-10; 网络发表: 2024-12-26

*通讯作者, Emails: xiaqiyang@163.com (夏其英); wangaixiang1974@163.com (王爱香); madengxue@163.com (马登学)

基金资助: 2024年山东省普通高等学校实验教学和教学实验室建设研究项目(76); 2023年山东省本科高校教学改革研究项目(M2023058); 2022年山东省本科教改项目(Z2022132); 教育部产学合作协同育人项目(202102111046); 临沂大学2023年实验教学改革与实验技术研究项目(SYJG2023Z06); 2020年临沂大学本科教学改革研究项目(JG2020Z10)

Key Words: Technological empowerment; Integration of production and education; 12345 Experimental teaching system; Applied chemistry talents; Three-dimensional evaluation system

实验是化学的灵魂和生命,实验课程在化学类专业人才培养中起着关键作用,它是整个课程理论体系的实践延伸和理论深化^[1,2]。通过开设实验课程,可以加深学生对基本知识的理解,训练学生实验动手能力和综合实践能力,增强学生的创新意识和创新能力,更为学生的未来职业发展奠定基础^[3-5]。

《教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》指出,强化科教协同育人,建立科教融合、相互促进的协同培养机制。推动学生早进课题、早进实验室、早进团队,将最新科研成果及时转化为教育教学内容,以高水平科学研究支撑高质量本科人才培养。推进校企深度融合,探索以推动创新与产业发展为导向的教育新模式。随着科学技术的日新月异、社会经济的快速发展和数字化时代的到来,高校人才培养工作面临巨大挑战,培养具有应用能力和创新能力的高素质人才成为高等学校肩负的重要历史使命^[6,7]。作为高校人才培养的重要组成部分,实验教学同样会遇到许多新问题,一是课程有限学时与不断进阶的培养目标之间的矛盾;二是“新工科”背景下人才素养高阶性要求与学生化学实验水平较低之间的矛盾;三是行业需求与学生对行业认知、接纳程度普遍偏低之间的矛盾^[8]。

为此,国内许多化学教育工作者对于这些问题及其解决措施进行了积极的探索。张军丽等^[9]以实际企业或生活中的项目为依托,开展了项目教学法、案例教学法、同伴教学法,加强了实验与产业的联系,有助于增强学生实践能力。为了提高学生实验主动性,刘杰等^[10]提出了以学生为中心的化学实验“三三三”翻转教学新模式。为了将信息技术用于实验教学,张学博等^[11]提出通过开发虚拟仿真实验项目,可以及时地将最新的科研成果和生产技术融入实验内容,以满足科技和产业发展对人才的要求。为了培养学生的综合实践能力,姚奇志等^[12]提出了“综合+探究”式、模块化化学实验教学,要求学生自主设计实验方案,进行个性化综合实验探究。

纵观已发表的文献,多集中在实验教学的某个方面进行探索,而且化学实验教学的实践中,教学内容、教学模式、教学方法、教学评价等方面仍然还存在一些问题。为解决这些问题,临沂大学化学化工学院提出了“一体、两翼、三融、四结合、五平台”(简称12345)实验教学体系,对实验教学进行了全面的系统改革。

1 化学实验教学存在的问题

1.1 实验内容与生产科研脱节,缺乏应用性和创新性

高校化学实验教学存在的一个重要问题是实验多为经典实验,以基础实验为主,其作用是巩固理论知识,形成基本操作技能,但是实验内容缺乏实际应用和创新性。这使得学生无法真正理解实验的意义,也无法培养他们的实践能力和创新精神。实验内容应该向应用延伸,通过实验操作,利用学过的知识解决生产生活问题。同时,科研课题和成果应该及时转化为实验内容,形成探究性实验,促使学生创新性地解决问题。

1.2 教学模式对“学”关注不够,学生的实验积极性不高

传统的实验教学:教师讲、学生做、教师看、实验总结。整个教学过程都是教师起主导,学生按部就班做实验,写实验报告,学生很少思考为什么做这个实验,它与生产生活以及科学发展有什么关系,对自己的将来就业有何影响,有哪些因素影响这个实验,如何改进这个实验,做了这个实验能解决什么问题。如果不带着这些问题做实验,学生始终处于被动的地位,很难发挥实验在人才培养中的作用。

1.3 实验操作机会偏少,学生的实验技能训练不足

当前的实验课堂,检查预习效果、教师的讲解会占用较多的时间,留给学生自己做实验的时间

就会偏少。同时学生在实验时往往“照方抓药”，他们最为关心的是实验现象和结论，没有把精力放在如何提高操作技能和改进实验上，导致实验技能的训练不足。除了专业实验室，其他实验实践平台利用不足，开放性实验和创新性实验参与度有待提高。

1.4 实验考核方式不合理，缺乏全面性和公平性

高校化学实验教学的考核多为预习笔记、课堂表现、实验报告、笔试或操作考试，这样的考核方式过于简单，缺乏科学性、全面性和公平性，无法真正反映学生的学习情况和教师的教学质量。不合理的考核方式不仅会打击学生的学习积极性，也会对教师的教学热情产生负面影响。

2 化学实验教学改革举措

2.1 基于OBE理念，构建12345实验教学体系

以OBE理念为指导，以培养高素质应用型化学人才为目标，对实验教学进行了全面改革，构建了“一体、两翼、三融、四结合、五平台”实验教学体系，如图1所示。其中“一体”是指以学生为主体；“两翼”是指以科技赋能、产教融合为驱动；“三融”是指知识、能力和素质培养相融合的实验课程目标；“四结合”是指“虚”与“实”相结合、设计性与创新性实验相结合、实验室开放与生产相结合、线上与线下教学相结合；“五平台”是指专业基础实验室、综合实验室、创新训练实验室、科研实验室、校企合作实践基地。

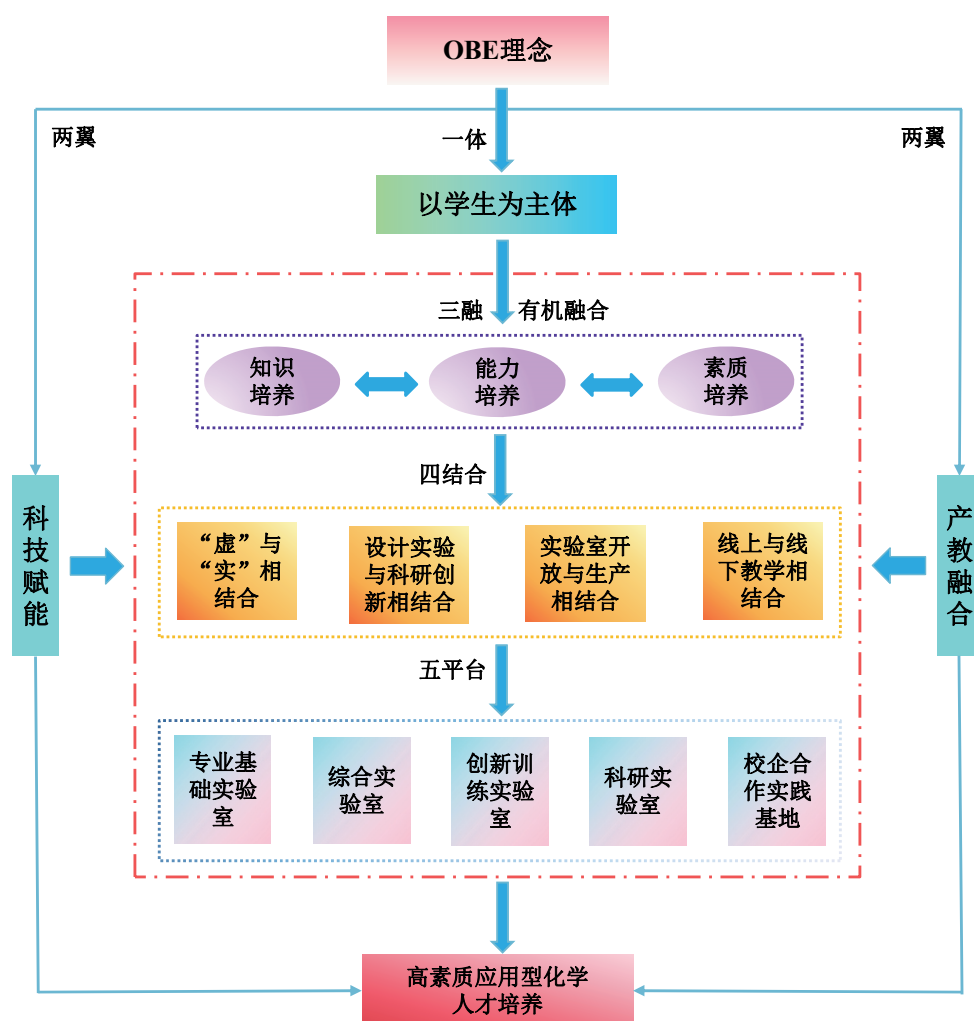


图1 OBE理念下“一体、两翼、三融、四结合、五平台”实验教学体系

实验室、科研实验室和校企合作实践基地五个实验实践平台。

2.2 优化实验内容，建设递进式实验项目体系

根据科学技术发展需要和企业岗位能力要求，优化实验内容，将企业中的生产案例和国家标准转化为综合应用性实验、将教师的科研课题转化为设计创新性实验，构建四层次、递进式实验项目体系，具体如图2所示。建设线上学习资源，如无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验、仪器分析实验、物理化学实验等在线课程，开发虚拟实验项目，建设虚拟实验平台，不断更新仪器设备，完善实验条件，优化实体实验资源。充分利用专业基础实验室、综合实验室、创新训练实验室、科研实验室和校企合作实践基地五个实验实践平台，开设基础技能型实验、综合设计型实验、工程应用型实验、创新探究型实验。通过四大基础化学实验，学生既能巩固理论知识，又能掌握基本操作、提高实验技能；在专业提高和综合化学实验中，学生利用多学科知识和多种技能操作设计实验方案，解决复杂问题；在课程设计、生产实习、社会实践、创新大赛、科研训练等工程应用型实验、创新探究型实验中，学生应用所学知识和技能解决生产生活问题，参加科研创新训练，有效提高了应用能力和创新能力。

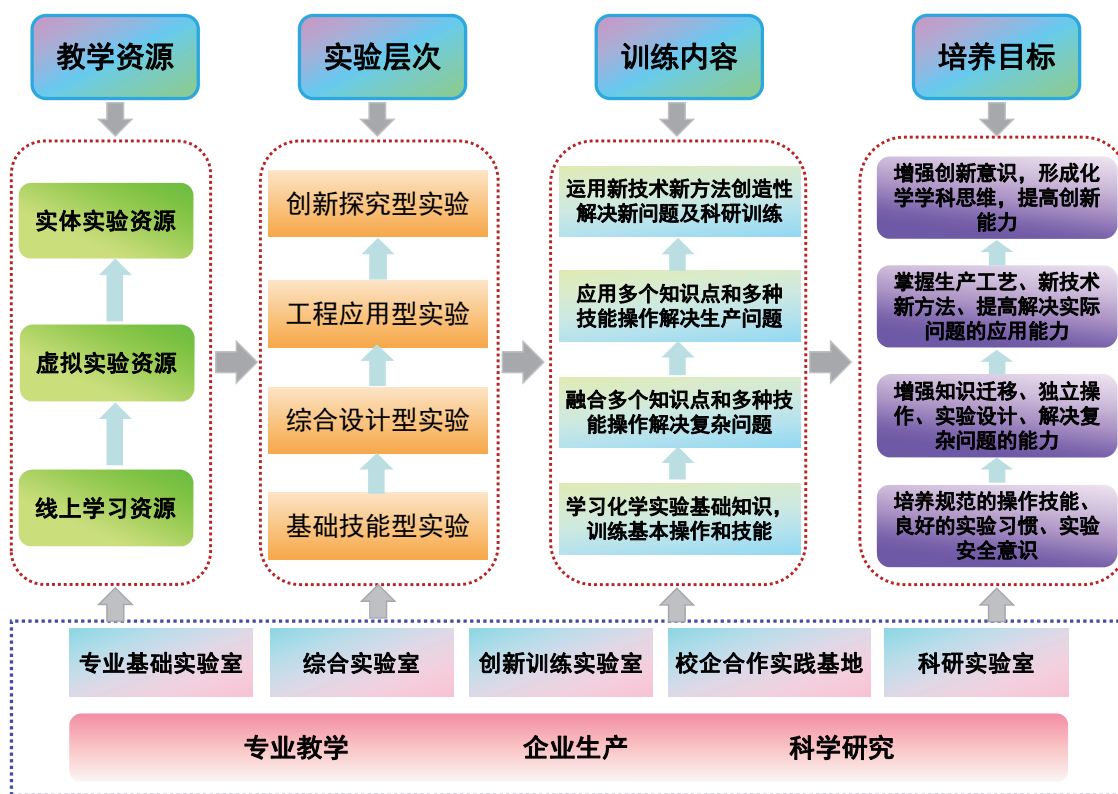


图2 “四层次、递进式”实验项目体系

2.3 改革教学方法，强化学生实验技能

促进现代信息技术与实验教学的深度融合，基本实验操作、实验单元拍摄了微视频，基础实验课程拍摄了教学视频，建成了线上课程，大型仪器使用和经典实验制作了仿真实验，充分利用自建和共享线上资源，通过雨课堂、知到、蓝墨云的智能平台辅助实验教学。实验过程遵循“以学生为中心”这一理念，针对不同类型的实验项目，采取灵活多样的教学方法，基础性实验主要采用目标导向教学法，教师讲解和演示重要操作、学生自主实验等；综合性实验主要采用案例互动式教学方法，教师启发指导和对重要问题的讲解或提示等；设计创新性实验主要采用开放式教学，如探究式、

讨论式、翻转课堂；此外，充分利用五大实验平台开展课后拓展训练。课前的线上学习和检测大大节省了课堂教师讲解的时间，学生有更多的时间进行操作，深入思考，保证实验效果。

2.4 创新教学模式，提高学生应用能力

根据化学相关行业需求和职业要求，制定化学专业人才培养目标和毕业要求，确定实验课程目标，设计实验项目，构建任务驱动线上线下混合实验教学模式，如图3所示。学生分析任务，自主学习线上资源，包括实验原理、仪器结构、使用方法、实验视频，完成线上测试，分组相互讨论，设计实验方案，汇报实验方案，互评修订实验方案，执行方案实施操作，分析结果完成任务，课后进行各种拓展训练。整个实验过程中，始终以学生活动为中心，充分调动了学生实验的主动性，积极探索，不断反思，促进了知识的内化、实验技能的形成、解决问题能力的提升。

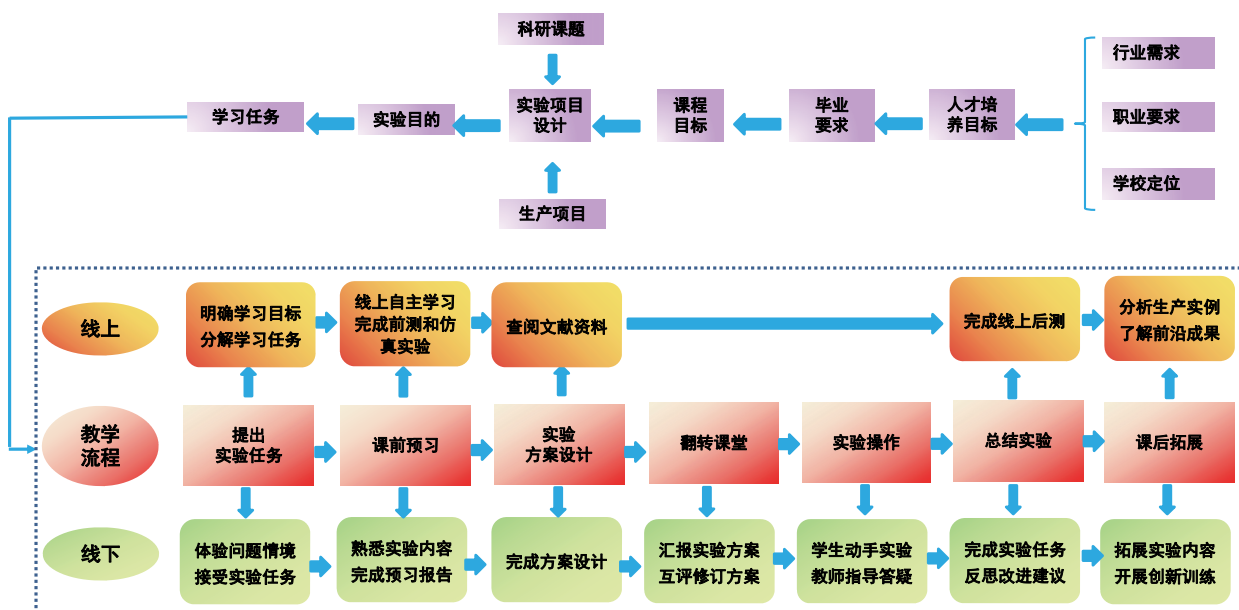


图3 基于OBE理念的任务驱动线上线下混合实验教学模式

2.5 改革考核方法，全面评价学生综合素质

结合临沂大学学生特点，进一步修订和完善实验教学大纲，采用过程性和终结性相结合、线上和线下相结合的考核方式，建立多维度立体化教学评价体系，如图4所示。同时将“课程思政”纳入考核内容，计入期末总成绩，实现课程思政教学过程全覆盖。另外还创新性地设置了加分项，对于积极参加创新性实验实践活动、各类化学相关的大赛、发表创新性成果的同学进行额外的赋分，培养学生勇于创新的精神。具体的评价类别、考核方式、考核内容、评价标准、思政目标、评价主体和评价形式如表1所示。并非所有的实验课程都采用表1中的所有考核形式，不同的实验课程根据各自的特点从中灵活选择和使用，过程性考核不得少于4种，加大过程考核的比重，占总成绩的70%。思政目标的考核分为显性和隐性考核两类，其中隐性考核为主，显性考核为辅。显性考核主要有两种形式，一是实验报告的总结和反思部分，每个实验都要求学生写出自己在知识、能力和素养三个方面的收获，尤其是思想上的触动和改变；二是要求学生对自己设计的实验方案进行自我评价，主要从创新性、操作难易、经济价值、环境代价、不足与改进几个方面进行。隐性考核分散在线上预习与测试、仿真实验、方案设计、汇报答辩、实验操作、实验报告、后测、操作考核、书面考试、创新训练等多种考核形式中，在这些考核形式中，思政目标达成作为重要的观测点。例如，2024年春季学期，在仪器分析实验报告中要求学生查阅仪器信息网的相关内容，例如“2023年全球仪器公司营收TOP排行榜揭晓”“国产品牌冲进前三，2024年全球仪器公司市值榜出炉”等，完成以下任

务：① 总结科学仪器尤其是分析仪器世界各国的市场份额；② 说明我国的分析仪器与西方国家的分析仪器的差距并分析原因；③ 分析我国仪器的发展势头，你认为如何发展我国的科学仪器？通过学生的实验报告可以看出，他们能充分认识到自主创新是我国科学仪器发展的必由之路，敢于面对现实，同时又看到希望，树立科技报国的远大理想，增强责任担当，传承家国情怀。

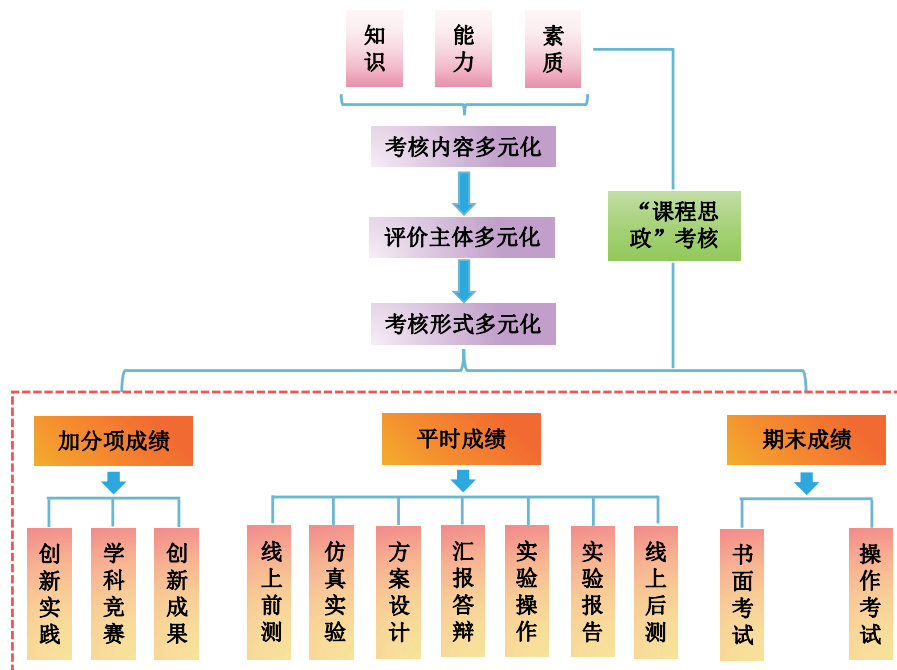


图4 多元化评价考试考核模式

表1 化学实验立体化教学评价体系

评价类别	考核方式	考核内容	评价标准	思政目标达成	评价主体	评价形式
形成性评价	前测(线上预习与测试)	线上学习情况	按照要求进度学习，参与互动，完成测试	自主学习、自主发展	知到平台	线上
	仿真实验	模拟实验操作	仿真实验平台使用熟练程度，实验参数的自主设定，实验结果的比较分析与自我评判，系统记录的完成时长、错误次数等信息	自我管理、认真细致、规范操作、分析评价	虚拟仿真平台	线上
	方案设计	实验方案设计合理性	相关文献的检索，分析整理文献，提出合理的实验方案，符合要求的实验目的，符合绿色化学理念	科学思维、环保意识、可持续发展理念	教师、学生	线下
	汇报答辩	PPT制作质量，汇报答辩情况	PPT制作内容完整，格式规范，讲解熟练，表达清晰，答辩有理有据	辨析能力、辩证观点、逻辑思维	教师、学生	线下
	实验操作	实验操作规范熟练程度，实验现象和数据记录	仪器使用，实验操作规范性，实验现象和数据记录、异常问题处理，实验安全规范，突发问题处理，卫生习惯，废液废物处理	团队协作、规范意识、严谨求实、安全意识、责任意识、绿色化学观念	教师	线下

(待续)

(续表1)

评价类别	考核方式	考核内容	评价标准	思政目标达成	评价主体	评价形式
形成性评价	实验报告	实验报告内容, 数据处理, 结果讨论, 问题分析, 反思与收获	说明实验背景, 明确实验目的, 注明试剂的规格和配制、仪器型号和使用方法, 实验步骤明确具体, 数据处理正确, 结果分析深入, 结论合理正确, 反思深刻, 尤其是实验对学生思想的触动和影响, 指出实验的不足和改进方向	经济发展需求、科学方法、批判思维、学科价值、严谨求实	教师	线下
	后测	拓展练习	实验原理的深化、实验方法的应用领域	国家重大发展需求、社会责任、家国情怀	雨课堂、教师	线上 线下
终结性评价	期末操作考核	仪器使用, 基本操作, 综合实验	熟练使用大型仪器, 基本操作规范, 独立完成综合实验, 该实验报告质量	规范意识、工匠精神	教师	线下
	期末书面考试	与实验相关的内容	实验原理知识、仪器使用方法、注意事项、实验存在的问题及改进措施, 案例分析与评价, 实验方案设计	批判精神、精益求精、科学方法	教师	线下
	创新训练	创新创业项目、互联网+大赛、参与教师科研课题等	创新成果, 研究报告, 研究过程	创新意识、创新能力、科学思维	教师	线下

3 化学实验教学改革效果

“12345”高素质应用型化学人才培养实验教学体系在临沂大学化学化工学院各专业经过三年的实践, 取得了一系列成果。

3.1 创新型人才培养质量显著提高

学生的应用实践能力和创新创业能力增强, 学生主持省部级以上大学生创新创业项目41项, 获得省级以上学生竞赛奖励80余项, 学生发表学术论文70余篇, 获得山东省优秀学士论文2项, 获批专利12项。近三年毕业生就业率均在98%以上, 继续深造率超过50%, 麦可思调查表明用人单位对化学类毕业生的满意度为96%。

3.2 教学改革和课程建设成果丰富

获批山东省本科教学改革与研究项目5项, 山东省本科课程思政教改项目2项, 山东省一流课程3门, 山东省本科课程思政示范课程1门、山东省教师教学创新大赛二等奖1项、三等奖1项, 山东省高等学校优秀教学案例一等奖1项、三等奖1项, 在《化学教育》《大学化学》等期刊发表教研论文20余篇。

4 结语

临沂大学化学化工学院坚持OBE理念为指导, 以培养学生应用能力和创新精神为根本, 优化实验内容, 构建了四层次、递进式实验项目体系, 改革教学方法和模式, 重构考核评价体系。建立了“一体、两翼、三融、四结合、五平台”高素质应用型化学人才培养实验教学新体系, 有助于提高学生的实验积极性和主动性, 增强学生的应用能力和创新能力。

参 考 文 献

- [1] 田东亮, 钱建刚, 翟锦, 闻利平. 实验室研究与探索, **2022**, *41* (2), 219.
- [2] 刘益江, 姜忠民, 阳梅, 黎华明. 化学教育(中英文), **2023**, *44* (10), 63.
- [3] 李育佳, 朱成建, 张剑荣. 大学化学, **2020**, *35* (2), 6.
- [4] 刘永红, 李慧慧, 段丽君, 文利柏, 胡先文, 陆冬莲, 王运, 成协设. 大学化学, **2022**, *37* (8), 2109045.
- [5] 刘艳玲. 教育理论与实践, **2022**, *42* (30), 62.
- [6] 曹江平, 邸宏伟, 赵文霞, 张萍, 郭敏慧, 丁炜. 实验室研究与探索, **2020**, *39* (1), 191.
- [7] 沈骁, 程勇. 实验技术与管理, **2022**, *39* (8), 189.
- [8] 王薇, 任家强, 周宝哈, 张旺喜. 化学教育(中英文), **2024**, *45* (6), 23.
- [9] 张军丽, 马金金, 时文中. 高教学刊, **2021**, No. 6, 140.
- [10] 刘杰, 魏影, 魏标, 苗慧, 杨松, 陈水生. 化学教育(中英文), **2022**, *43* (8), 86.
- [11] 张学博, 刘依蒙, 杨明. 大学教育, **2023**, No.12, 14.
- [12] 姚奇志, 金谷, 朱平平. 大学化学, **2024**, *39* (3), 143.