

· 高校生物学教学 ·

生物化学实验线上线下混合式教学建设与实践

史影^{1,2*}, 章骥^{1,2}, 史锋², 赵小立², 江辉², 应颖慧^{1,2}

1 浙江大学 生物学国家级实验教学示范中心, 浙江 杭州 310058

2 浙江大学生命科学学院, 浙江 杭州 310058

史影, 章骥, 史锋, 赵小立, 江辉, 应颖慧. 生物化学实验线上线下混合式教学建设与实践[J]. 生物工程学报, 2023, 39(3): 1260-1268.

SHI Ying, ZHANG Ji, SHI Feng, ZHAO Xiaoli, JIANG Hui, YING Yinghui. Development of an on-line and off-line blended teaching practice for Biochemistry Experiments[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2023, 39(3): 1260-1268.

摘 要: 线上线下混合式教学是未来高校实验教学模式改革的方向之一。混合式教学具有体系性强、知识点可重复、学生自主学习及师生互动多等特点。浙江大学线上线下混合式教学生物化学实验课程包含大型开放式网络课程(massive open online course, MOOC)、线下综合性系列实验和自主实验设计与实践。该课程的混合式教学建设与实践表明, 实验课程的混合式教学有助于扩充实验教学内涵, 建设标准化的实验教学预习、过程与考核机制, 并推动实验课程的共享应用。

关键词: 混合式教学; 实验教学; 大型开放式网络课程; 课程建设; 课程应用

Development of an on-line and off-line blended teaching practice for Biochemistry Experiments

SHI Ying^{1,2*}, ZHANG Ji^{1,2}, SHI Feng², ZHAO Xiaoli², JIANG Hui², YING Yinghui^{1,2}

1 National Demonstration Center for Experimental Biology Education, Zhejiang University, Hangzhou 310058, Zhejiang, China

2 College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, Zhejiang, China

Abstract: On-line and off-line blended teaching is one of the directions for future experimental teaching mode reform in universities. Blended teaching is characterized by systematic course

资助项目: 浙江省“十三五”省级重点建设实验教学示范中心项目(浙教办函[2019]218号); 浙江大学本科生 MOOC 课程建设项目; 浙江大学本科生线上线下混合式课程培育项目

This work was supported by the Project of Zhejiang Provincial “The 13th Five-Year Plan” Key Experimental Teaching Demonstration Center Project (Zhejiang Educational Official Letter [2019] No. 218), Zhejiang University Undergraduate MOOC Course Construction Project, and by the Zhejiang University Undergraduate Online and Offline Hybrid Curriculum Training Project.

*Corresponding author. E-mail: shi_y@zju.edu.cn

Received: 2022-08-11; Accepted: 2023-01-07

design, repeatable knowledge nodes, autonomous learning and frequent interaction between teachers and students. The on-line and off-line blended teaching course of Biochemistry Experiments in Zhejiang University includes massive open online course (MOOC), off-line comprehensive series of experiments and independent experiments design and practice. The blended teaching practice of this course expanded experimental teaching content, developed standardized preparation, process and assessment mechanism, and promoted shared application of the course.

Keywords: blended teaching; experimental teaching; massive open online course; course development; course application

生物化学实验是生物学各分支学科和生物工程、农业、医药、环境科学等相关专业的重要基础课程,所涉及的生化技术、方法与思路是生命科学各相关领域的重要研究工具^[1-5]。浙江大学每年有来自全校 20 多个专业(包括生物科学、生物技术、生态学、园艺、海洋科学、医学、茶学、生物工程、食品科学与工程、园林、农学、药学、动物科学、环境工程、生物医学工程等)近 600 名本科生必修或选修生物化学实验课程。

基于量大、面广及专业基础课程的重要性,以及“知识、能力、素养、价值”全方位人才培养目标,近年来浙江大学生物化学实验课程在实验体系及教学方法方面进行了多次改革,建立了有特色的综合性系列实验体系^[6-9]。为了提升教学效果并推广教学成果,同时建设了配套的生物化学实验大型开放式网络课程(massive open online course, MOOC),以辅助线下实验教学。实践显示,线上线下混合式教学有助于加强学生对实验基本技能的掌握,有助于促进学生对实验体系及实践思路的多重思考。实验课程的线上线下混合式教学,不仅丰富了实验教学内涵,并可促进实验课程的标准化建设及共享应用,是未来实验课程改革的有效途径之一^[10-12]。本课程的建设与实践体会期望对高校实验教学改革提供相关的思路与途径。

1 生物化学实验课程体系和混合式教学课程教学目标

1.1 生物化学实验课程体系

面对不同学院和不同专业来源的学生,多年来浙江大学逐步构建了分层次的系列生物化学实验课程体系,包含面向求是班拔尖人才的“生物化学实验”(96 学时),面向生命科学学院高年级学生的“高级生物化学实验”(32 学时),面向生命科学学院、理学院、材料与化学工程学院、生物医学工程与仪器科学学院、农业与生物技术学院、动物科学学院、生物系统工程与食品科学学院、环境与资源学院等多个专业的大类专业基础课“生物化学实验(甲)”(64 学时),面向农业与生物技术学院、动物科学学院、环境与资源学院、材料与化学工程学院等某些专业的基础选修课“生物化学实验丙”(32 学时),面向全校非生物类专业的通识课程与实验“人体代谢与健康”等,此外还建设了“G 蛋白偶联受体 FPR1 全基因克隆、真核表达和功能测定虚拟仿真实验”以及“生物化学实验 MOOC 课程”。其中“生物化学实验(甲)”涉及专业最广且选课人数最多。自 2021 年 9 月起,“生物化学实验(甲)”结合“生物化学实验 MOOC 课程”进行线上线下混合式教学实践(图 1)。

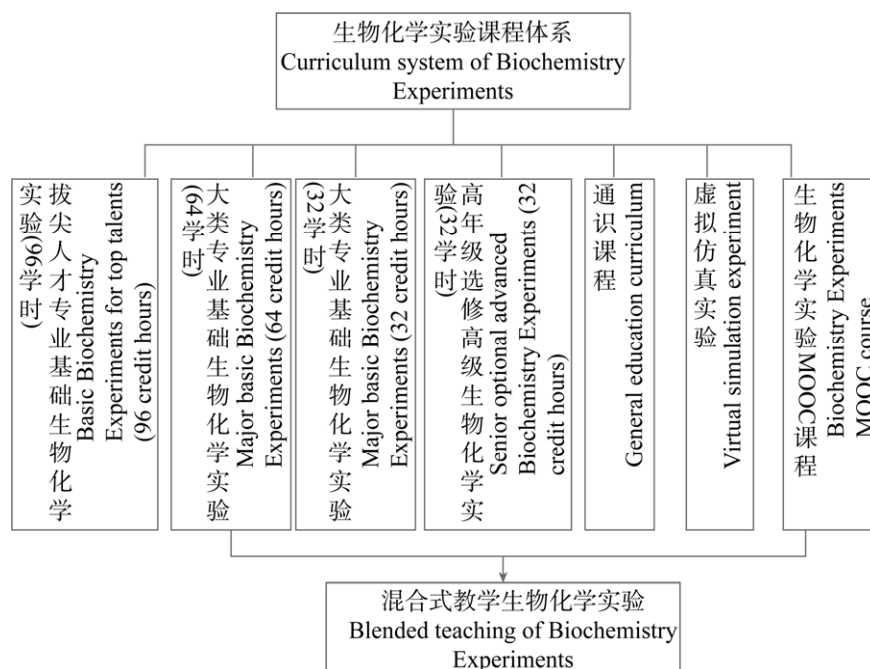


图 1 生物化学实验课程体系

Figure 1 Curriculum system of Biochemistry Experiments.

1.2 生物化学实验线上线下混合式教学课程教学目标

生物化学实验线上线下混合式教学课程使用线上配套 MOOC 课程辅助生物化学实验线下课程,强化学生对实验背景、原理和技术的掌握,提升学生对系列实验的整体认知,拓展学习新型生化研究方法。通过基础系列综合实验,系统掌握生物化学实验基本原理、方法和操作技能。通过自主实验设计与实践,学习探索研究的基本方法,提升分析问题、解决问题的科学思维及初步设计并完成实验的实践探索能力。培养具有宽厚和扎实理论与实践基础、社会责任感和自学能力强、具有良好科学素养及创新精神的研究型或应用型生命科学类人才。

2 生物化学实验 MOOC 课程建设

2.1 MOOC 课程介绍

为提升教学效果,克服线下教学课时有限制

和实验难以重复等问题,我们建设了与线下生物化学实验课程配套的浙江大学生物化学实验 MOOC 课程。MOOC 课程在智慧树上线,同时进驻国家高等教育智慧教育平台。课程通过知识解读和实验实践相结合、实验设计与实验项目相结合、系统性分析与拓展设计应用相结合,系统性讲解实验的理论原理、背景及具体实验过程。除线下课程内容之外,还包括常用生化仪器的正确使用、常用生化缓冲液及配制,重要的生物化学实验技术等内容。MOOC 课程可促进学生自主学习与思考,帮助夯实生物化学的重要知识点和重要实验技能,提升系统性思考实践和科学严谨的实验思路。目前该课程已服务于浙江大学生物化学实验课程的学生,上线以来被国内多所高校选用。

2.2 MOOC 课程具体内容

浙江大学生物化学实验 MOOC 课程包括绪论、生物化学实验基本技术和酵母蔗糖酶提取纯化及性质鉴定系列综合实验 3 个部分内容(表 1)。

表 1 生物化学实验 MOOC 课程章节安排

Table 1 Design of MOOC course chapters for Biochemistry Experiments

| 章序号 Chapter | 章名 Name of the chapter | 章节名 Name of the sections | 知识点 Knowledge nodes |
|------------------|--|--|--|
| 第一章 Chapter 1 | 绪论 Introduction | 1.1 生物化学实验介绍 Introduction of Biochemistry Experiments | 生物化学实验综合介绍 A comprehensive introduction to Biochemistry Experiments |
| | | 1.2 生物化学实验常用仪器 Common instruments of biochemical experiments | 1.2.1 离心机 Centrifuger 1.2.2 移液器 Pipettor 1.2.3 可见分光光度计 Spectrophotometer 1.2.4 酶标仪 Microtiter plate reader |
| | | 1.3 生物化学实验常用缓冲液 Commonly used buffer in biochemical experiments | 生物化学实验常用缓冲体系 Commonly used buffer systems in biochemical experiments |
| 第二章 Chapter 2 | 生物化学实验基本技术 Basic biochemical experiments techniques | 2.1 蛋白质制备及分离纯化技术 Protein preparation, separation and purification | 2.1.1 蛋白质纯化策略 Protein purification strategy 2.1.2 蛋白质的提取及粗分离 Extraction and separation of crude proteins 2.1.3 层析技术总论 General introduction of chromatography 2.1.4 凝胶过滤层析 Gel filtration chromatography 2.1.5 离子交换层析 Ion exchange chromatography 2.1.6 亲和层析 Affinity chromatography 2.1.7 层析策略总结 Summary of chromatography strategy |
| | | 2.2 电泳技术 Electrophoresis | 2.2.1 电泳原理及分类 Principle and classification of electrophoresis 2.2.2 SDS-PAGE 电泳 SDS-PAGE electrophoresis 2.2.3 蛋白质活性电泳 Protein native electrophoresis 2.2.4 琼脂糖凝胶电泳 Agarose gel electrophoresis 2.2.5 凝胶染色方法 Gel dyeing methods |
| | | 2.3 蛋白质印迹技术 Western blotting technique | 2.3.1 蛋白质印迹技术原理 Principle of Western-blotting technique 2.3.2 Western blotting 基本过程 Basic process for Western-blotting 2.3.3 Western blotting 常见问题与对策 Common problems and solutions for Western blotting |
| | | 2.4 光谱及发光分析技术 Spectroscopic and luminescent analytical techniques | 2.4.1 可见-紫外分光光度法 Visible-ultraviolet spectrophotometer 2.4.2 荧光分光光度法 Fluorescent spectrophotometer 2.4.3 化学发光法 Chemiluminescence |

(待续)

(续表 1)

| 章序号 Chapter | 章名 Name of the chapter | 章节名 Name of the sections | 知识点 Knowledge nodes |
|------------------|--|--|--|
| 第三章 Chapter 3 | 酵母蔗糖酶提取纯化及性质鉴定系列综合实验 Extraction, purification and characterization of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sucrase | 3.1 实验背景 Experimental background 3.2 酵母蔗糖酶的提取 Extraction of <i>S. cerevisiae</i> sucrase 3.3 离子交换柱层析分离纯化蔗糖酶 Sucrase purification by ion exchange chromatography 3.4 蔗糖酶正交实验设计 Design of sucrase orthogonal test 3.5 蛋白质浓度测定及蔗糖酶活力测定与纯化方案评估 Determination of protein concentration and sucrase activity and evaluation of purification protocol 3.6 SDS-PAGE 结合 Western blotting 分析蔗糖酶分子量 Analysis of molecular weight of sucrase by SDS-PAGE and Western blotting 3.7 蔗糖酶去糖基化反应及活性电泳鉴定 Sucrase deglycosylation and activity identification by electrophoresis 3.8 酶促反应动力学 Enzymatic reaction kinetics 3.9 蔗糖酶系列实验综合分析 Comprehensive analysis of series experiments on sucrase | 蔗糖酶研究背景 Background of sucrase research 酵母蔗糖酶提取原理与步骤 Principle and procedures for extraction of <i>S. cerevisiae</i> sucrase 离子交换柱层析分离纯化蔗糖酶原理与步骤 Principle and procedures for sucrase purification by ion exchange chromatography 蔗糖酶正交实验设计原理与方法 Principle and methods for design and experiment of sucrase orthogonal test 蛋白质浓度测定及蔗糖酶活力测定原理及步骤 Principle and procedures for determination of protein concentration and sucrase activity 3.6.1 SDS-PAGE 蛋白质电泳原理、步骤与注意事项 Principle, procedures and instructions for protein SDS-PAGE electrophoresis 3.6.2 Western blotting 检测蔗糖酶实验原理、步骤与注意事项 Principle and procedures and instructions for sucrase detection by Western blotting 3.7.1 蔗糖酶去糖基化实验原理与步骤 Principle, procedures for sucrase deglycosylation 3.7.2 蔗糖酶活性电泳实验原理与步骤 Principle and procedures for sucrase activity detection by electrophoresis 蔗糖酶酶促反应动力学实验设计与步骤 Design and procedures for sucrase enzymatic reaction kinetics 蔗糖酶系列实验总结、分析与展望 Summary, analysis and prospect of series experiments on sucrase |

绪论对整体实验进行综合介绍,包含常用生化仪器的基本原理及规范化使用方法,以及生物化学实验常用缓冲体系的原理和种类。第2部分生物化学实验基本技术围绕蛋白质制备及分离纯化技术、电泳技术、蛋白质印迹技术、光谱及发光技术这四大重要生化技术展开,阐述实验技术的

发展进程及原理要点,提供实验策略。第3部分是和线下实验同步的酵母蔗糖酶提取纯化及性质鉴定系列综合实验,介绍实验背景、技术路线和步骤,引导学生进行综合分析。MOOC课程还设置了单元测试、开放思考题、期末考试和参考资料等配套内容。

3 线上线下混合式教学实践

3.1 实践内容

生物化学实验线上线下混合式教学课程总计 80 学时,包括线上 MOOC 课程、线下蔗糖酶系列综合实验和线下自主实验设计与实践 3 部分内容。

3.1.1 蔗糖酶系列综合实验

该系列实验是以酵母蔗糖酶为研究对象的连续实验教学体系,包含蔗糖酶提取纯化及各类性质鉴定和蛋白质的糖基化修饰分析等内容,涉及蛋白质和酶学研究的重要内容和关键技术。期望在基础实践能力基础上,推动培养学生关联性思考及系统性分析问题的能力。本部分为线下教学项目,共 39 学时。

3.1.2 自主实验设计与实践

自 2008 年起,本门课程加入了自主实验部分。近几年对自主实验内容进行了改革。自主实验设计与实践以 3—4 位学生为一组,瞄准前期蔗糖酶系列实验中的问题进行改进或做拓展性实践。学生自主设计方案并自主实践完成,教师从旁引导。学生通过初步的项目式的科研设计与实践,提升科学探索能力。该部分为线下教学项目,共 25 学时。

3.1.3 生物化学实验 MOOC 课程

生物化学实验 MOOC 课程通过理论和实践相结合,系统性讲解生物化学实验体系、重要仪器设备、重要生化技术和实验策略,同时视频展现说明规范化的实验操作过程。线上 MOOC 课程共 16 学时。

3.2 混合式教学实施

本门课程的混合式教学糅合线上线下教学内容,结合“学在浙大”翻转课堂进行。线上线下混合式教学贯穿课程的整个过程,通过课前、课中、课后线上线下学生自主学习和教师指导与互

动来实现。首先通过“学在浙大”翻转课堂在课前布置 MOOC 课程预习作业,学生提前进行 MOOC 课程学习,在“学在浙大”翻转课堂完成预习测试,然后进行线下实验。线下实验过程与 MOOC 课程内容相呼应并共促进。课后学生自主进行 MOOC 课程的复习及章节测试。根据线上和线下的引导,分析总结实验结果并进行拓展性思考,提出自主实验新问题。然后学生进行自主实验设计并线下实践。最后进行系列实验及自主实验的论文展示和 MOOC 课程标准化考试(图 2)。

3.3 其他课程资源

本门课程同时还配备《生物化学实验》教材、生物化学实验课程 PPT、课程参考文献、实验技术视频、学生自主实验论文集等课程资源,其中部分资源上传在 MOOC 课程中共享。同时在生物实验教学中心网站开设开放实验模块,用于自主实验设计与实践的课题申请、实验试剂与材料申请、开放时间预约及汇报总结等互动交流。

4 混合式教学生物化学实验课程特色

4.1 开放性、主动性和实践性相结合

基于 MOOC 课程的混合式教学带给学生更大的开放学习空间。课程采用系列探究式教学、线上自学线下实践、自主设计实践并讨论展示。生物化学的实验理论与实践密切结合,促进学生自主学习、实践及多重思考。

4.2 课程内容体系化构建,助力实现教学目标

本课程的线上线下教学内容均进行模块化、系列化和项目化构建。无论线上线下均是连续的系列实验体系,注重基本实验技能的培养、学生系列实践与综合分析能力的提升。并推动自主设

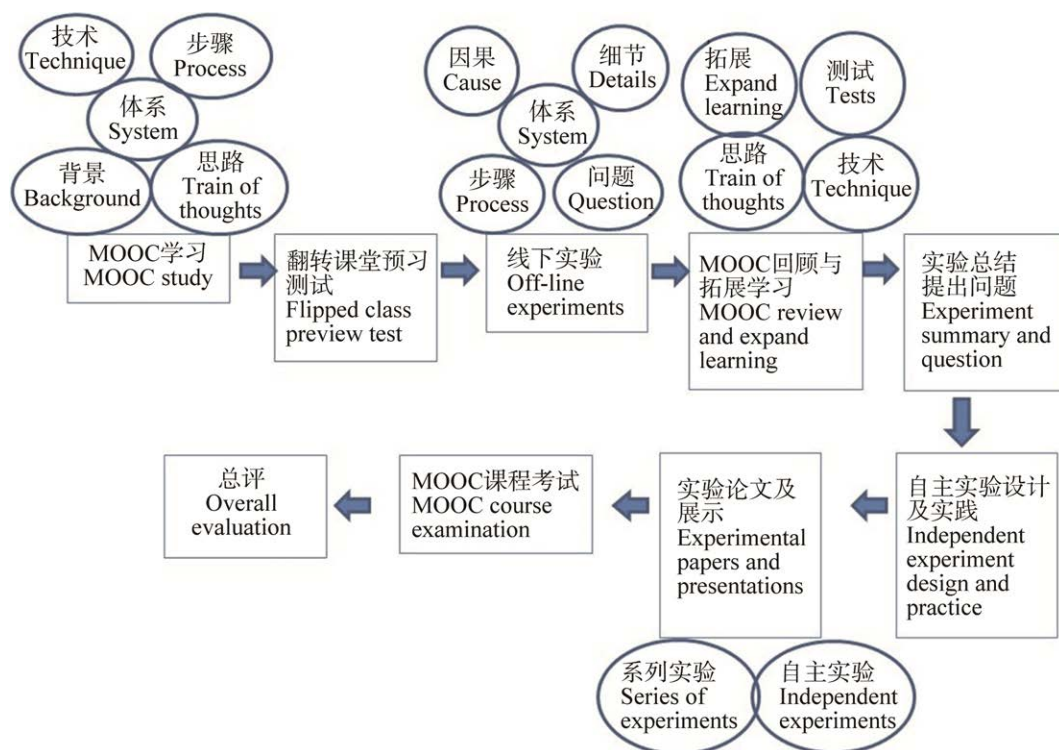


图2 混合式教学实践过程

Figure 2 The process of blended teaching.

计与创新实践,培养学生自主实验实践、发现问题和解决问题,以及文献检索、科学汇报、团队协作等能力,助力实现本科生多方位、高水平能力培养的教学目标。

4.3 规范课程的预习及考核机制,推动实验课程的标准化建设

通过线上课程及“学在浙大”翻转课堂辅助本门课程的预习及评价体系,完善了大类专业基础实验课的预习、教学及考核模式,有助于不同平行班教学要点、教学过程及教学要求等课程要素的统一。本门课程采用多元评价体系,成绩由线上和线下2部分组成。线上考核包括观看视频(50%)、线上测试(10%)和线上期末考试(40%),占总成绩的比例为20%。线下考核包括实验习惯(15%)、蔗糖酶系列综合实验(含实验实践、实验报告和汇报,50%)、自主实验设计与实践(含实验实践、实验报告和汇报,35%),占总成绩

的比例为80%。

5 生物化学实验混合式教学课程成效

5.1 课程教学资源更丰富

MOOC课程的加入使整个生物化学实验体系更完整,不但包含线下实验内容,还包含实验技术专题,阐述重要技术的原理、要点及实验策略。每个实验的背景也讲述得更充分。通过MOOC预习学生们能更好地理解并参与线下实验,实验结束后亦能进一步温习并深入地连贯思考整个系列实验的内涵。

5.2 实验教学过程更直观流畅

教师在进行线下实验教学时,可结合MOOC内容,提炼重点,有的放矢。例如在使用离心机、分光光度计、微量移液器之前,课堂上可再次播放MOOC上的操作视频,提醒操作

要点。在 SDS-PAGE 电泳实验中同样可用 MOOC 视频来更直观地指导操作细节。通过线上线下的结合,使复杂实验教学过程更清晰和流畅。

5.3 学生获得感增强

MOOC 实验的单元测试和期末考试是衡量学生对实验基本原理和技能掌握程度的重要指标。通过考试结果,我们发现学生对中等难度和高难度习题的回答正确率符合甚至超过了我们的预期值。学生们在 2 次实验总结汇报时出现的错误率和单纯线下实验课程相比明显降低。在课程总结中主动提到课程收获丰富的学生人数从 70% 上升至 82%, 在学校课程质量评价中对课程非常认可的比例从 85% 上升至 90%。大部分学生反映不仅学到了动手能力和实验知识,同时很好地锻炼了科学思维。

6 结语

高校实验教学是高等教育的重要组成部分,是人才培养的重要途径之一^[13-15]。实验教学存在技术要求高、知识更新慢、难以推广共享等现实不足。线上线下混合式实验教学为大学实验教学的改革提供了新的思路 and 方向^[16-20]。线上课程的先导及同步学习有利于提升学生的知识储备,可重复学习有利于学生对关键技术的掌握,并可呈现较完整的实验体系及技术进展。MOOC 课程的期末考试情况及最终实验论文显示,混合式教学后学生对重要知识点及实验思路的掌握有了明显提升。同时混合式教学将课程的预习、学习、交流和考核等环节进行了系统化整合和呈现,有助于各类实验课程的标准化教学建设及教学推广。在混合式课程建设基础上,后续可进一步以学生为本,优化线上线下的教学衔接、运作和考评,完善课内课外沟通机制,多方位充实提升课程的辅助资源等,探索实验课程不断优化和标准化及“金”课建设。

REFERENCES

- [1] 郭众, 冯昆, 张健, 熊春江. 生物化学与分子生物学实验的教学改革与实践[J]. 教育教学论坛, 2019(42): 276-277.
GUO Z, FENG K, ZHANG J, XIONG CJ. The teaching reform and practice of the biochemistry and molecular biology experiment[J]. Education Teaching Forum, 2019(42): 276-277 (in Chinese).
- [2] 张蕾. “双一流”建设中生物化学实验教学改革与探索[J]. 实验科学与技术, 2019, 17(5): 38-40.
ZHANG L. Research and exploration of the experimental teaching of biochemistry in the construction of “double first class”[J]. Experiment Science and Technology, 2019, 17(5): 38-40 (in Chinese).
- [3] 沈剑敏, 冯虎元, 刘孟玥. 生物化学实验慕课建设的初步探索与实践[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2017, 7(4): 48-53.
SHEN JM, FENG HY, LIU MY. Exploration and practice on the construction of biochemistry experimental MOOCs[J]. Biology Teaching in University (Electronic Edition), 2017, 7(4): 48-53 (in Chinese).
- [4] 毕群. 生物化学与生物技术综合实验教学平台建设探索[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(6): 13-16.
BI Q. Exploration on establishment of biochemistry and biotechnology comprehensive experimental teaching platform[J]. Experimental Technology and Management, 2016, 33(6): 13-16 (in Chinese).
- [5] 李旭, 李卫芳, 张倩, 赵伟, 臧建业, 赵忠. 中国科学技术大学“生物化学”系列实验课程体系改革初探[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2019, 9(1): 35-39.
LI X, LI WF, ZHANG Q, ZHAO W, ZANG JY, ZHAO Z. Reform and exploration of biochemistry related experiment courses system in University of Science and Technology of China[J]. Biology Teaching in University (Electronic Edition), 2019, 9(1): 35-39 (in Chinese).
- [6] 史影, 章骥, 应颖慧. 分层次生物化学实验课程体系构建与实现[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(11): 178-180, 194.
SHI Y, ZHANG J, YING YH. Construction and realization of hierarchical biochemistry experimental course system[J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(11): 178-180, 194 (in Chinese).
- [7] 史影, 郭志强, 曹铮, 周耐明. 基于转录调控元件设计的高级生物化学实验教学[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(11): 183-186.
SHI Y, GUO ZQ, CAO Z, ZHOU NM. Advanced biochemistry experimental teaching based on transcriptional regulatory elements[J]. Research and

- Exploration in Laboratory, 2019, 38(11): 183-186 (in Chinese).
- [8] 史影, 王伟伟, 叶伶燕, 周耐明. 蛋白质动态运动在生物化学实验中的教学实践[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(1): 24-27.
SHI Y, WANG WW, YE LY, ZHOU NM. Teaching practice of protein dynamic movement in biochemistry experiment[J]. Experimental Technology and Management, 2019, 36(1): 24-27 (in Chinese).
- [9] 史影, 王伟伟, 周耐明, 霍颖异, 应颖慧, 吴敏. 生物化学综合性虚拟仿真实验建设与教学探索[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(4): 154-158.
SHI Y, WANG WW, ZHOU NM, HUO YY, YING YH, WU M. Construction and teaching exploration of synthetic virtual simulation experiment of biochemistry[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2022, 41(4): 154-158 (in Chinese).
- [10] 孙可, 赵楷夫. 线上教学到线上线下混合式教学实践[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2021, 39(4): 365-369.
SUN K, ZHAO KF. Practice of online teaching to online and offline blended teaching[J]. Journal of Shenyang Normal University (Natural Science Edition), 2021, 39(4): 365-369 (in Chinese).
- [11] 邢蓓蓓, 刘翠, 赵玲玲, 范利学. 高校混合式实验教学对学生学习成效与学习体验的影响: 以“基础化学”课程为例[J]. 现代教育技术, 2022, 32(2): 99-108.
XING BB, LIU C, ZHAO LL, FAN LX. Research on the influence of blended experimental teaching in colleges and universities on students' learning effectiveness and learning experience—taking “Basic Chemistry” course as an example[J]. Modern Educational Technology, 2022, 32(2): 99-108 (in Chinese).
- [12] 毛全兴, 张渝阳, 姜振宇, 王月娇, 许旭, 刘琳. 基于案例分析与翻转课堂的分析化学实验混合式教学实践[J]. 大学化学, 2022, 37(4): 77-81.
MAO QX, ZHANG YY, LOU ZN, WANG YJ, XU X, LIU L. Practice of blended teaching mode based on case analysis and flipped classroom in analytical chemistry laboratory teaching[J]. University Chemistry, 2022, 37(4): 77-81 (in Chinese).
- [13] 赵建华. 高校实验教学目标探析[J]. 高教探索, 2012(4): 71-73.
ZHAO JH. Analysis of experimental teaching objectives in colleges and universities[J]. Higher Education Exploration, 2012(4): 71-73 (in Chinese).
- [14] 施亚, 唐毅谦, 何盈. 学科专业一体化视角下地方高校实验教学体系改革[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(8): 203-206.
SHI Y, TANG YQ, HE Y. The exploration of experimental teaching system reform under the perspective of discipline and specialty integration in local colleges and universities[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2017, 36(8): 203-206 (in Chinese).
- [15] 刘虎, 王勤. 高质量发展背景下高校实验教学育人能力的建设[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(12): 258-261, 282.
LIU H, WANG Q. Construction of the cultivation ability of experimental teaching in universities under the background of high-quality development[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021, 40(12): 258-261, 282 (in Chinese).
- [16] 司晓丽, 陈彦文, 王琳欣, 李婧, 刘珊珊, 马少玉, 郭超. 线上线下与显微数码互动混合式教学在护理专业组织学实验教学的应用[J]. 护理学杂志, 2020, 35(16): 71-74.
SI XL, CHEN YW, WANG LX, LI J, LIU SS, MA SY, GUO C. Online-offline and micro-digital interactive system based blended teaching in histological lab classes[J]. Journal of Nursing Science, 2020, 35(16): 71-74 (in Chinese).
- [17] 刘津彤, 刘春宝, 赵大威, 王志琼, 周淑红. 基于慧鱼模型的线上线下混合式实验教学模式探索[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(10): 224-227, 273.
LIU JT, LIU CB, ZHAO DW, WANG ZQ, ZHOU SH. Exploration of the online and offline blended experimental teaching mode based on fischertechnik model[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2020, 39(10): 224-227, 273 (in Chinese).
- [18] 孙理, 花汉兵, 王建新. 新工科背景下的电子线路线上线下混合式实验教学系统研究[J]. 中国现代教育装备, 2022(9): 82-85.
SUN L, HUA HB, WANG JX. Research on the online and offline hybrid experiment teaching system of electronic circuits under the background of new engineering[J]. China Modern Educational Equipment, 2022(9): 82-85 (in Chinese).
- [19] 董伟, 张军峰, 史丽云, 林炜, 佟书娟, 李祺瑞. 以临床能力为导向的线上线下混合式免疫学实验教学探索[J]. 中国免疫学杂志, 2022(38): 1762-1766.
DONG W, ZHANG JF, SHI LY, LIN W, TONG SJ, LI QR. Exploration of online and offline blended teaching in experiment of Medical Immunology guided by clinical competence[J]. Chinese Journal of Immunology, 2022(38): 1762-1766 (in Chinese).
- [20] 谢彦杰, 王卉, 潘汝浩. 基于小组合作的“生物化学实验”线上线下混合教学设计与实践[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2022, 12(3): 47-50.
XIE YJ, WANG H, PAN RH. Design and practice of online and offline mixed teaching of “Biochemistry Experiment” based on group cooperation[J]. Biology Teaching in University (Electronic Edition), 2022, 12(3): 47-50 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)