

• 高校生物学教学 •

一流课程视角下分子生物学实验课程内容体系和教学模式的设计与实践

汤海峰, 崔银秋, 姜大志, 林凤, 刘艳

吉林大学 生命科学学院, 吉林 长春 130012

汤海峰, 崔银秋, 姜大志, 林凤, 刘艳. 一流课程视角下分子生物学实验课程内容体系和教学模式的设计与实践. 生物工程学报, 2022, 38(4): 1640-1648.

TANG HF, CUI YQ, JIANG DZ, LIN F, LIU Y. The design and practice of Molecular Biology Experiment teaching from the perspective of first-class courses. Chin J Biotech, 2022, 38(4): 1640-1648.

摘 要: 课程的教学质量关乎大学的育人能力。创新性、高阶性和挑战度是新时期大学课程改革的总体目标。通过重构大学课程的知识体系、革新课程的教学方法来提升课程的“两性一度”对于提高大学课程的教学质量至关重要。文中设计了分子生物学实验课程的三维教学目标以及支持这一目标的知识体系。然后分析了线上线下混合式教学与实验教学的契合点, 并设计了在分子生物学实验课程中开展混合式教学的途径。改革后的课程内容体系与教学模式提高了课程的两性一度, 在教学实践中取得了良好的教学效果。研究结论可作为高校相关实验课程改革的方法借鉴。

关键词: 分子生物学; 实验课; 混合式教学; 教学模式; 教学改革

The design and practice of Molecular Biology Experiment teaching from the perspective of first-class courses

TANG Haifeng, CUI Yinqiu, JIANG Dazhi, LIN Feng, LIU Yan

School of Life Sciences, Jilin University, Changchun 130012, Jilin, China

Abstract: Teaching quality is directly related to the performance of universities in fostering talents. Being innovative, high-level, and challenging (IHC) is the basic goal of course reform at universities in

Received: August 12, 2021; **Accepted:** January 10, 2022; **Published online:** January 19, 2022

Supported by: Research Project of Higher Education Teaching Reform in Jilin Province, China (2019XZD025); Jilin University Undergraduate Teaching Reform Research Project, 2019 (2019XYB091)

Corresponding author: LIU Yan. E-mail: liuyaorui@126.com

基金项目: 2019 年度吉林省高等教育教学改革研究课题 (2019XZD025); 2019 年度吉林大学本科教学改革研究立项项目 (2019XYB091)

the new era. It is essential to reform the contents and teaching mode to improve the IHC properties of the existing courses. We first designed the three-dimensional goals of Molecular Biology Experiment teaching and the contents to support these goals. Then, we pinpointed the common points shared by blended teaching and experiment course, and designed the ways of blended teaching for the course. The reformed course contents and teaching mode have enhanced its IHC properties, and achieved good teaching performance. This paper provides a reference for the reform of experiment courses in universities.

Keywords: Molecular Biology; experiment course; blended teaching; teaching mode; teaching reform

课程是人才培养的核心要素,是一流大学建设的核心环节,但也是中国大学普遍存在的短板和瓶颈。2018年教育部下发了《关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知》(教高函〔2018〕8号)^[1],要求高校要全面梳理各门课程的教学内容,合理提升学业挑战度、增加课程难度、拓展课程深度,切实提高课程教学质量。2019年教育部启动了一流课程建设“双万计划”,计划建设10 000门左右国家级一流课程和10 000门左右省级一流课程。一流课程包括线上课程、线下课程、线上线下混合课程、虚拟仿真课程和社会实践课程等5类。是否具备“两性一度”即高阶性、创新性和挑战度是评判一流课程的基本标准。根据教育部对“两性一度”的解释,“高阶性”是指知识能力素质的有机融合,培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维;“创新性”是指课程内容要反映前沿性和时代性,教学形式呈现先进性和互动性,学习结果具有探究性和个性化。“挑战度”是指课程要有一定难度,需要跳一跳才能够得着,对老师备课和学生课下有较高要求。实验课是本科教学的重要环节,能够帮助学生巩固和加深理论知识,深刻理解和掌握课程的基本概念;能够培养学生基本的实验知识和技能;能够使学生形成良好的道德品质和科学素质^[2-3]。从20世纪80年代开始,为了强化

学生工程实践能力,部分高校开始探索独立设置实验课、独立计分,使实验课由从属于理论教学逐渐演变为独立的教学体系^[4-6]。2005年,教育部启动了国家级实验教学示范中心建设,倡导高校建立以能力培养为主线,分层次、多模块、相互衔接的科学系统的实验教学体系,与理论教学既有机结合、又相对独立。国家的这种导向进一步巩固了实验课在高校中的地位。因此,不断加强实验课程的内涵建设,提升课程的“两性一度”使课程能够不断适应时代对人才的新需求,是高校进行课程改革的新目标。

1 开展线上线下混合式实验教学的必要性

线上线下混合式教学,也称混合式学习,发源于美国并被美国高校广泛应用。研究表明混合式教学能够提高学生的学习体验和学习成效,使学生更有效地开展学习^[7-8]。2013年,国家开始推动精品资源共享课程建设,以吉林大学的“生物学基础实验”为代表的实验课程在爱课程网上进行了线上资源建设并面向国内共享,从此开启了国内高校实验课线上线下混合式共享教学的序幕。本校分子生物学实验课程正是以此为契机不断探索对现代教育技术的引进融合。利用线上教学的优势,弥补实体课堂的不足。

从教学实践中看,线上线下混合式实验教学具有以下优势:(1) 拓展了教学时间和空间维度,提升了实验教学效率。传统的实验课程严重受实验教学时间和空间的束缚,学生必须在规定的时间到规定的地点进行实验学习。虽然很多高校开设了开放性实验课程,为学生自主实验创造了更多机会,但这样的机会还不能覆盖到全体学生。因此,在固定的时间和空间进行实体课堂的实验学习仍然是普通高校的主流做法。而这样的教学方式难以满足当前高校“学生中心化”的教学理念,也不能很好地满足现代大学生对自主学习的需求。而开设线上实验课程有效打破了实体实验课堂的时空束缚,使学生可以自由安排时间进行线上自主学习^[9]。(2) 利用现代教育技术的优势,提高实验教学的效果和水平。实验教学除了培养学生动手能力外,还承担着实验理论和道德素质培养的教育任务。后两方面的课程目标是完全可以通过线上教学的方式完成的,动手能力的培养也可以通过线上学习进行心理层面的准备。通过制作理论讲解视频、实验演示视频、虚拟仿真实验等数字资源的方式搭建的线上学习平台,能够使学生课堂实操前提前学习实验原理、了解实验操作过程。学生带着理论基础和技能基础进行实体课堂的学习,极大地提高了学习效率。而且,利用虚拟仿真技术还可以开发无法在实体实验室开设的高危实验、不可逆实验和大型实训实习项目,使学生在虚拟环境中学习实验知识,培养初步的操作技能^[10]。(3) 激发学生兴趣,维持学生的学习动机。线上实验教学可以将影视、动漫、游戏等元素与科学原理、科学实验操作相结合,能够更好地满足学生的好奇倾向和参与实验操作的愿望,激发学生的探索动机,提高学生的学习效果。国外研究证明,线上线下混合式学习能够使学生态度更积极,

学习效果更好^[11-12]。而且线上教学所使用的多媒体教学资源还可以激发学生的视觉、听觉、触觉、动觉等多种信息接受器官协同活动,增强信息接受效率,提高对知识的获取能力,强化学习效果^[10]。

2 分子生物学实验课线上线下混合式教学模式的设计

课程设计要以学生为中心、以课程目标为导向、以教学内容为载体。在实验课程教学目标制定过程中要按照一流课程的标准,将“两性一度”固化到课程目标中。如图1所示,分子生物学实验课程的三维教学目标由知识与技能目标、过程与方法目标和情感、态度与价值观目标组成^[13]。

根据课程目标,分子生物学实验课程设置了基本技能型实验、综合性实验、虚拟仿真实验和设计性实验等教学项目(图2)。课程通过基本技能型实验培养学生的基本实验操作能力,通过由教师科研成果转化而来的、反映学科前沿的综合性实验和虚拟仿真实验培养学生实验理论知识和高阶性实验技能。课程设置了设计性实验项目(2个学分),培养学生对知识的综合应用能力。在各个项目的实验教学过程中注重开展实验讨论、发展学生思维,使学生养成对自己的认知和思维活动过程自觉反思、调控的能力和习惯^[14]。教学过程中通过“课程思政”培养学生的文化自信心和民族自豪感,使学生树立为民族振兴而读书的使命感和责任感。

课程统筹设计实验教学过程,使线上、线下教学深度融合。实验原理讲解、实验操作演示以及设计性实验项目、虚拟仿真实验项目通过线上平台开展教学,实现知识与技能目标中的知识性教学目标。而基本技能型实验、综合



图 1 线上线下混合式教学平台功能所对应的实验课程教学目标

Figure 1 Teaching goals of experiment course corresponding to online and offline blended teaching platform.

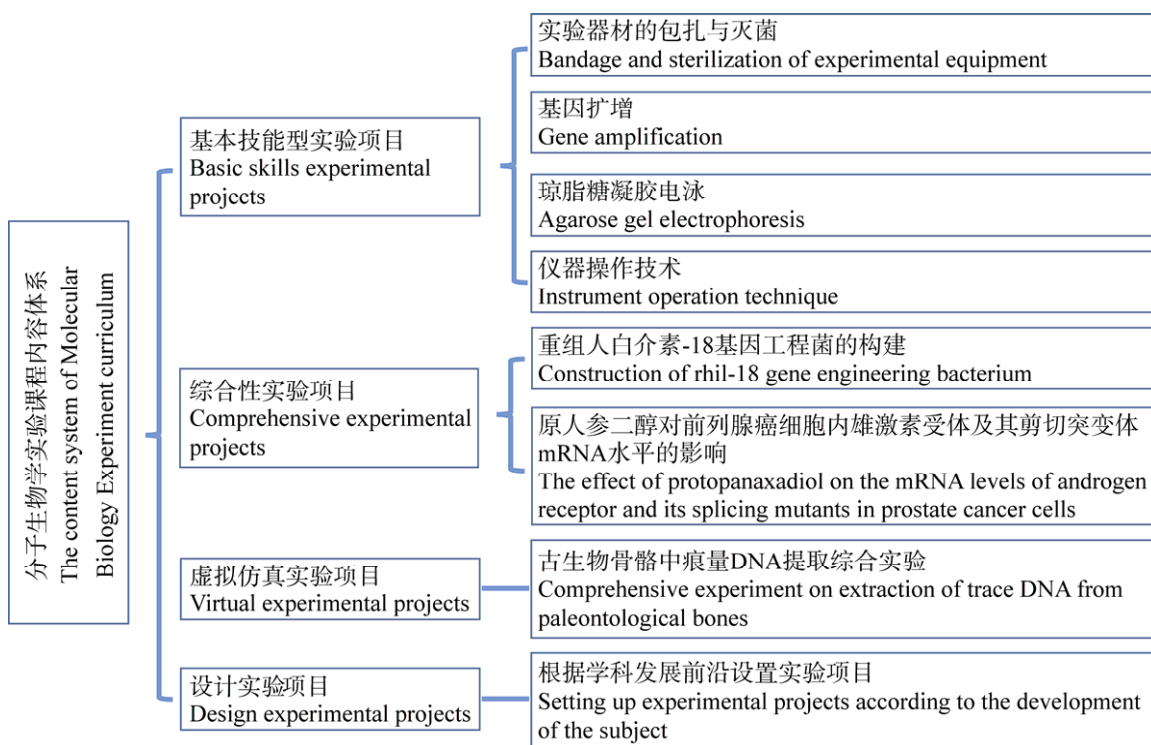


图2 分子生物学实验课程内容体系

Figure 2 The contents of Molecular Biology Experiment course.

性实验等实操项目主要依托线下的实体课堂开展,以完成技能性教学目标为主。实验讨论通过线上、线下平台同时进行并贯穿于实验教学的始终,实现了线上、线下教学平台的教学目标相互交叉渗透,体现了线上、线下教学的深度融合。过程与方法目标和情感、态度与价值观目标等体验性教学目标通过教学过程的组织管理、师生情感交融和道德感染等方式实现。

课程的线上教学平台由理论与演示教学平台和虚拟仿真实验教学平台组成。在高等教育出版社数字课程出版云平台 (ICC) 搭建的分子生物学实验课程可以实现实验原理教学、实验操作演示、设计性实验的教学和线上实验讨论等功能。与高等教育出版社实验空间 (iLab) 对接的虚拟仿真实验平台具有实验方案设计和

虚拟实验操作的功能。

在教学过程中采取形成性评价与终结性评价相结合的方式课程教学效果评价。从实验习惯 (10%)、实验预习 (10%)、实验操作 (40%)、实验报告 (20%)、设计性实验方案 (20%) 等 5 个维度对学生实验过程进行形成性评价,通过课程的期末考试对学生进行终结性评价,综合评定学生的学习成绩。这样既检查了学生的学习准备情况又使学生及时掌握学习效果,不断改进学习方法,也为教师提供教学效果反馈。

3 分子生物学实验课线上线下混合式教学的实践

3.1 通过在线翻转课堂进行实验理论教学

根据学习金字塔理论 (图 3), 主动学习中的讨论 (discussion)、实践 (practice doing) 和

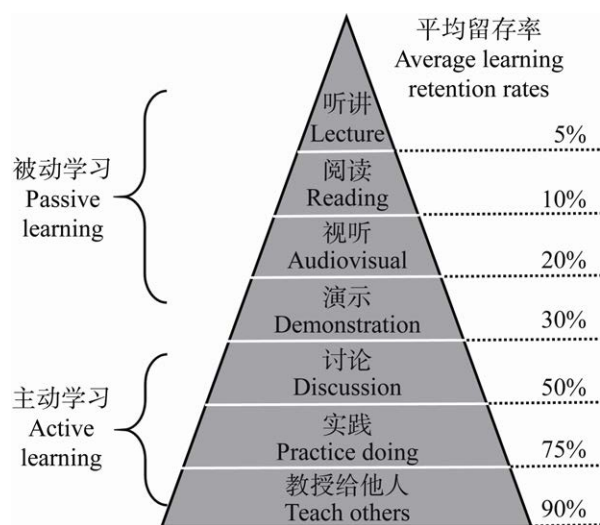

 图3 学习金字塔模型^[15]

 Figure 3 Pyramid model of learning^[15].

将知识传授给他人 (teach others) 能使学习内容留存率分别达到 50%、75%和 90%^[15-16]。利用该理论设计的翻转课堂是近年国外新兴的混合式教学方式。翻转课堂使学生从知识的被动接受者变为知识建构的主动参与者,成为学习活动的主角^[17]。但是普通的翻转课堂很难为每名学生提供均等的“总结汇报反馈”的机会,很难评价个体的学习效果。为了解决这一教学痛点,我们创立了在线翻转课堂的教学新模式,学习和反馈均在线上进行。在线翻转课堂依托 ICC 平台进行,学生先在线学习实验理论讲授视频、演示动画和文本文件等课程资源,然后通过自我测验电子试卷进行形成性评价,使学生及时掌握学习情况,不断改进学习方法。测验合格的学生自己制作“总结汇报反馈”视频并上传到平台,学生互相评价他人的“总结汇报反馈”视频。“总结汇报反馈”和“生生互评”等主动学习行为能够提高实验理论知识的留存率,夯实了学生的实验理论基础。

3.2 虚实结合培养学生实验操作能力

传统观点认为实验能力的培养只能通过实

验操作训练来完成。因此,传统的大学实验课一般是在线下的实体实验室进行演示性实验、验证性实验、综合性实验和设计性实验^[18-19]。但是根据冯忠良等的技能形成四阶段理论,操作技能的形成是从心理意识层面开始的^[20]。线上学习可以参与完成操作技能形成的第一阶段和第二阶段的学习目标,即操作模仿和操作定向。而操作技能形成的高级阶段目标——操作整合和操作熟练,需要经过反复的操作训练才能实现。课程通过线上的实验操作演示视频和虚拟仿真实验帮助学生完成操作技能形成的初级阶段的学习任务。然后通过线下实体课堂教学使学生形成熟练的操作技能。提前的在线学习使学生具备了一定的心理基础,使实体课堂教学效率得到显著提高^[21]。同时线上线下教学内容还能够相互补充,完善学生的知识体系。例如:课程将发表在 *Nature Communication* 期刊的科研成果转化为虚拟仿真实验教学项目“古生物骨骼中痕量 DNA 提取综合实验”。学生通过虚拟项目学习了 PCR 仪等的操作方法,到线下实体课堂上可以脱离老师的指导直接操作 PCR 仪,提升了实体课堂的效率。学生通过虚拟项目学习了“古 DNA 的提取方法”,在实体课堂上又进行了“质粒 DNA 的提取”操作,使学生既掌握了生物体 DNA 提取的共性技能,也学会了古 DNA 提取的特殊知识,完善了知识与技能体系。

与理论课不同,实验操作技能的考核始终是实验教学的难点。由于实验课人数较多、课程包含的技能点也较多,很难全面评价个体对众多技能点的掌握情况。通过评阅学生自我录制的实验操作视频使全面评价学生的实验技能掌握程度成为现实。

3.3 学生品德的培养

合格的高素质人才应该德、智、体、美、劳全面发展,以德为统。品德的培养需要融入

大学教学的各个环节。课程通过挖掘所蕴含的丰富品德教育元素提高学生的思想道德素质。例如：课程利用虚拟技术使学生完成实体实验室难以完成的古 DNA 提取实验操作,培养学生利用分子生物学知识解决考古学、社会学问题的综合能力和高级思维;还能够使学生通过对古人类标本的分子生物学研究来解析中华民族文化的演变过程,增强文化自信和民族自豪感;引导学生树立为民族振兴而学习的责任感和使命感。

4 课程的改革成效

4.1 对学生实验理论学习的促进作用

分子生物学实验课程改革以前,学生普遍重视实验操作的学习而轻视实验理论的学习。实验操作前缺乏有效的实验理论知识预习导致学生机械地进行实验操作,不能将实验原理与实验内容很好地结合,互为促进。学生的实验原理考核成绩普遍偏低。课程改革时,从转变学生的学习态度入手,引导学生将实验理论的学习与实验操作的学习放到同等高度。通过在线翻转课堂“迫使”学生在完成实验理论知识的学习后,通过“总结汇报反馈”等方式检验学习效果,使学生在实验操作前能够扎实地掌握实验理论,并在理论的指导下进行实验操作,使实验操作促进学生对实验理论的进一步理解。通过线上线下的实验讨论引导学生反思,使学生对自身学习活动进行深度的哲学思考,培养学生的元认知能力^[22]。实操性项目完成后,启动设计性实验项目,教师通过线上指导学生自选设计性实验项目的题目,利用所学知识设计实验方案,培养学生的知识综合运用能力,提高实验知识的留存率。

我们从 2018 年开始逐步推进课程改革,通过对比 2017 年和 2020 年的实验理论成绩发现,

在线翻转课堂的方式有效地提高了实验理论的学习效果。虽然两个年级的实验理论成绩均呈现正态分布,但在线翻转课堂使学生的成绩出现了明显的偏移,向高分区域集中(图 4)。虽然在线翻转课堂是学生以自学的方式进行学习,但学习效果要优于单纯的课堂讲授,证明讲解、评价等知识应用性学习能够提高学生对知识的理解和掌握,使学生的学习效果更接近预期教学目标。同时引导学生发生学习态度的转变,使他们重视实验理论知识的学习。这也是促使学生成绩提高的重要原因。

4.2 对学生实验操作学习的促进作用

实行线上、线下混合式教学后,各个教学班的整体实验操作完成时间提前了 5%–10%,可见线上学习能够在一定程度上提高学生实验操作的熟练程度。但是,各教学班最快完成实验操作的实验组(简称熟练组)的实验操作时

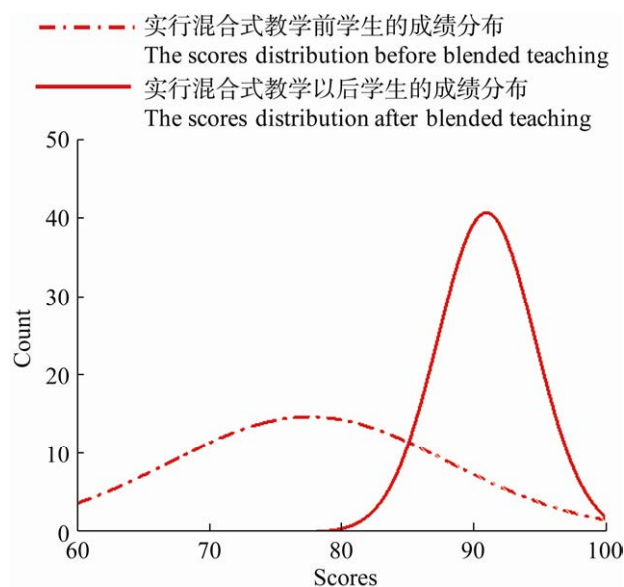


图 4 实行在线翻转课堂前与实行在线翻转课堂后的实验理论成绩分布

Figure 4 The distribution of students' scores of experiment theory course before and after the implementation of online flipped classroom.

间没有明显变化。因此,线上、线下混合式教学对实验操作较慢的学生更有帮助。通过仔细分析各教学班熟练组学生的学情发现,多数熟练组的学生都在上课之前通过开放性实验等途径做过相类似的实验项目,已经形成了相关实验技能,因此在课程的操作中所需的操作时间更少。

5 总结与展望

创新性、高阶性和挑战度是一流课程的基本属性,其内涵丰富且相互交织、互相支撑、互为前提,需要对课程进行综合改革才能切实提升“两性一度”。改革后的分子生物学实验课程设置的基础、综合、设计性实验项目使学生在掌握基础知识和技能的同时形成解决问题的综合能力;将民族文化、科学家的贡献和科学精神融入课程教学培养学生的文化自信和优良品质;通过讨论环节使学生对知识进行消化吸收,使知识转化为能力,支撑了课程的高阶性。课程将能够反映学科发展前沿的科研成果转化为教学实验项目;通过开设具有探究性的设计性实验项目为学生提供个性化学习机会;采用线上线下混合式教学模式提高了教学过程中的互动性、提升课程的教学效果,支撑了课程的创新性;在教学过程中要求教师在课前准备丰富的线上学习资源帮助学生更好地理解课程内容;要求学生在完成学习后通过录像的方式讲解学到的知识,同时对其他同学的讲解进行打分评价,增加了课程教与学的挑战度。课程改革只有进行时,没有完成时。目前实验课程的设置普遍具有严格的学科界限,容易形成知识(技能)孤岛,不利于学生解决跨学科的科学问题。未来的实验课程可以从打破学科界限入手,加强顶层设计,促进学科交叉与学科融合,帮助学生建立完善的学科大类知识(技能)体系。

REFERENCES

- [1] 教育部关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知(教高函〔2018〕8号)[EB/OL]. [2022-01-06]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201809/t20180903_347079.html. Notice of the ministry of education on the implementation of the spirit of the national undergraduate education work conference in the new era (Jiao Gao Letter [2018] No. 8)[EB/OL]. [2022-01-06]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201809/t20180903_347079.html (in Chinese).
- [2] 张发荣. 积极进行教学实验改革. 高教战线, 1984(2): 41-43.
Zhang FR. Carry on teaching experiment reform actively. High Educa Fron, 1984(2): 41-43 (in Chinese).
- [3] 陈德云. 物理实验课的教学. 物理通报, 1957(7): 427-431.
Chen DY. The teaching of physics experiment. Phys Bull, 1957(7): 427-431 (in Chinese).
- [4] 沙玉钧. 略谈教学改革中的几个关系问题. 高等工程教育研究, 1983(1): 87-90.
Sha YJ. Discusses a few relation problems in teaching reform briefly. Res High Educ Eng, 1983(1): 87-90 (in Chinese).
- [5] 北京医科大学药学院. 为培养学生实验能力, 统筹安排, 进行改革. 实验技术与管理, 1986, 3(4): 71-72. School of Pharmacy, Beijing Medical University. In order to cultivate students' experimental ability, we should make overall arrangements and carry out reforms. Exp Technol Manag, 1986, 3(4): 71-72 (in Chinese).
- [6] 华东工学院实验设备处. 高等教育必须重视实践教学环节. 实验室研究与探索, 1989, 8(1): 6-9. Laboratory Equipment Department, East China Institute of Technology. Higher education must attach importance to practical teaching. Res Explor Lab, 1989, 8(1): 6-9 (in Chinese).
- [7] Wai CC, Seng ELK. Measuring the effectiveness of blended learning environment: a case study in Malaysia. Educ Inf Technol, 2015, 20(3): 429-443.
- [8] Eryilmaz M. The effectiveness of blended learning environments. Contemp Issues Educ Res CIER, 2015, 8(4): 251-256.
- [9] 汤海峰, 刘艳, 闫国栋, 等. 开展线上线下混合式教学助推大型仪器面向本科生开放. 实验技术与管理, 2020, 37(11): 174-177.
Tang HF, Liu Y, Yan GD, et al. Carrying out online and offline mixed teaching to boost opening large-scale instruments to undergraduates. Exp Technol Manag,

- 2020, 37(11): 174-177 (in Chinese).
- [10] 汤海峰, 李臣亮, 周毓麟, 等. 对生物工程类虚拟仿真实验建设与共享应用的思考. 生物工程学报, 2021, 37(12): 1-7.
Tang HF, Li CL, Zhou YL, et al. Thinking on the construction and sharing application of the virtual simulation experiments of microbial engineering. Chin J Biotech, 2021, 37(12): 1-7 (in Chinese).
- [11] Lin YW, Tseng CL, Chiang PJ. The effect of blended learning in mathematics course. EURASIA J Math Sci Technol Educ, 2017, 13(3): 741-770.
- [12] Hall S, Villareal D. The hybrid advantage: graduate student perspectives of hybrid education courses. IJTLHE, 2015, 27(1): 69-80.
- [13] 张洪高. “知识与技能、过程与方法、情感态度价值观”的整合. 当代教育论坛, 2005(6): 21-22.
Zhang HG. Integration of knowledge and skills, process and method, emotion, attitude and value. Forum Contemp Educ, 2005(6): 21-22 (in Chinese).
- [14] 姜安丽, 石琴, 陈保荣, 等. 一种培养评判性思维能力的护理教学方法——实践反思讨论法的研究及应用. 山西护理杂志, 1998, 12(3): 115-116.
Jiang AL, Shi Q, Chen BR, et al. A nursing teaching method training the critical thinking ability—study and use of a discussion method about self-examination on practice. Shanxi Nurs J, 1998, 12(3): 115-116 (in Chinese).
- [15] Lalley JP, Miller RH. The learning pyramid: does it point teachers in the right direction. Educ, 2007, 128(1): 64-79.
- [16] 游桂嵩. 基于学习金字塔理论的高中数学翻转课堂实践研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2020.
You GS. A practical study of flipped classroom in high school mathematics based on learning pyramid theory[D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2020 (in Chinese).
- [17] 杨伟杰. 翻转课堂: 转变与挑战. 教学与管理, 2013(10): 93-95.
Yang WJ. Flipped classroom: change and challenge. J Teach Manag, 2013(10): 93-95 (in Chinese).
- [18] 何培斌. 浅谈实验课在教学中的地位与管理. 山东省青年管理干部学院学报, 1999, 15(2): 63-64.
He PB. Talking about the position and management of experimental course in teaching. J Shangdong Youth Adm Cadres' College, 1999, 15(2): 63-64 (in Chinese).
- [19] 贾慧敏. 关于实验独立设课问题的一点思考. 邯郸大学学报, 1998, 11(4): 14-16, 11.
Jia HM. Some thoughts on the problem of setting up independent course in experiments. J Handan Univ, 1998, 11(4): 14-16, 11 (in Chinese).
- [20] 冯忠良, 伍新春, 姚梅林, 等. 教育心理学. 北京: 人民教育出版社, 2015.
Feng ZL, Wu XC, Yao ML, et al. Educational Psychology. Beijing: People's Education Press, 2015 (in Chinese).
- [21] 李兵, 王玉凤, 贺占魁, 等. 生物学虚拟仿真实验教学资源建设. 实验技术与管理, 2016, 33(12): 171-173, 176.
Li B, Wang YF, He ZK, et al. Construction of biological virtual simulation experimental teaching resources. Exp Technol Manag, 2016, 33(12): 171-173, 176 (in Chinese).
- [22] 魏锡山. 在教学中培养学生的元认知能力. 天津教育, 1997(9): 11-12.
Wei XS. Cultivate students' metacognitive ability in teaching. Tianjin Educa, 1997(9): 11-12 (in Chinese).

(本文责编 郝丽芳)