

基于 BOPPPS 模式的大学物理实验混合式教学设计与实践

万 巍 陈湛旭

(广东技术师范大学光电工程学院, 广东 广州 510630)

摘 要 大学物理实验是一门高校理工科培养应用性、创新性人才的基础课程。在金课建设背景下,为切实提高实践类课程的高阶性、创新性和挑战度,课程采用线上线下混合式教学方法,构建基于 BOPPPS 教学模式的闭环实践教学流程,突出以学生为中心,强调学生全方位参与并反馈交流的教学理念。实践表明:基于 BOPPPS 模式的混合式教学,能够有效利用信息化教学平台和网络教学资源,突破实验课程的课时限制、场地限制以及人数限制。围绕物理实验项目进行线上线下“引导——目标——前测——参与式学习——后测——总结拓展”的闭环式训练,促进了学生分析解决问题能力、实践动手能力以及应用创新能力的多方面提升。

关键词 大学物理实验;线上线下混合式教学;BOPPPS 教学模式;有效参与

DESIGN AND PRACTICE OF HYBRID TEACHING FOR COLLEGE PHYSICS EXPERIMENTS BASED ON BOPPPS MODE

WAN Wei CHEN Zhanxu

(School of Optoelectronic Engineering, Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou, Guangdong 510630)

Abstract The College physics experiment is a fundamental course for cultivating applied and innovative talents in science and engineering disciplines in universities. In the context of the construction of the Golden Course, in order to effectively improve the high-level, innovative, and challenging nature of practical courses, the course adopts a mixed online and offline teaching method, constructs a closed-loop practical teaching process based on the BOPPPS teaching model, emphasizing the student-centered teaching philosophy that stresses comprehensive student participation and feedback communication. Practice has shown that blended teaching based on the BOPPPS model can effectively utilize information technology teaching platforms and online teaching resources, breaking through the limitations of experimental courses such as class hours, venue, and number of students in experimental courses. Focusing on physics experiment projects, a closed-loop training of “guidance—objectives—pre testing—participatory learning—post testing—summary and expansion” is carried out both online and offline, which promotes the improvement of students’ abilities in problem-solving, practical operation, and application innovation in multiple aspects.

Key words college physics experiments; online and offline blended teaching; BOPPPS teaching mode; effective participation

收稿日期: 2023-10-06

基金项目: 2022 年广东省高等教育教学改革项目“促进学生全过程学习的多元化考核评价体系实践研究——以《大学物理》课程为例”; 2020 年广东省本科高校教学质量与教学改革工程大学生实践教学基地项目——光电产业大学生实践教学基地; 2019 年广东省普通高校重点领域项目(人工智能)(2019KZDZX1042)。

作者简介: 万巍, 广东技术师范大学光电工程学院硕士, 讲师, wanwei@gpnu.edu.cn。

通信作者: 陈湛旭, 广东技术师范大学光电工程学院博士, 教授, 硕士生导师, 光电工程学院副院长, gsczx@gpnu.edu.cn。

引文格式: 万巍, 陈湛旭. 基于 BOPPPS 模式的大学物理实验混合式教学设计与实践[J]. 物理与工程, 2024, 34(4): 46-52.

Cite this article: WAN W, CHEN Z X. Design and practice of hybrid teaching for college physics experiments based on BOPPPS mode[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(4): 46-52. (in Chinese)

实验、实践类课程教学是高等学校培养综合创新型人才的根基。《大学物理实验》是理工科大学生的第一门必修实验课,是理工实践教学的基础,也是学生从传统的理论分析思维模式转向应用创新型思维模式的重要节点^[1],对培养理工专业人才具有重要的实践意义。课程通过系统的实验技能训练,培养学生严谨的科学思维能力,理论联系实际、分析解决问题的能力以及动手能力和实践创新能力。根据教高〔2019〕8号“教育部关于一流本科课程建设的实施意见”的总体原则,一流本科课程建设须“提升高阶性、突出创新性、增加挑战度”,对标“两性一度”的课程建设目标,《大学物理实验》课程以“提升学生的实验参与度”为出发点,开展教学理念、模式、方法和评价的研究探索,拓展课程内容的深度和广度,体现物理课程的前沿性与时代性,同时突出课程的研究性、创新性和综合性,激励学生参与各类科创竞赛,提高学生学习的积极性和主动性。

1 大学物理实验教学现状

1.1 实验教学内容单一

大学物理实验课程覆盖面广、学生基数大、教学内容多,但线下场地课室空间有限,设备数量有限,因此,多数学校物理实验的学习局限于固定的实验室和规定的学时,师生没有足够的时间和空间对实验项目进行深度的学习、研究和拓展。实验教学内容多数为验证型实验,综合、创新型实验较少,缺乏对学生创新思维能力的锻炼。课程甚至有部分实验是一体化实验箱,学生只需要掌握外部接线即可完成实验任务,不需要理论基础,导致学生的理论知识与实践能力脱节,知识迁移能力不够,不能将其系统化应用。并且,验证型实验对学生来说简单易操作,缺乏一定的高阶性和挑战性,不易引起学生的关注与重视,难以调动学生学习的热情。

1.2 实验教学方法单一

大学物理实验课程的教学方法仍以传统教师授课为主,教师的主动性远大于学生,教师每节课都会详细地讲解实验内容和步骤,学生只是被动地按照老师的操作演示完成实验任务。在参与实

验前不预习不思考,具体实验操作时对仪器生疏,原理不明,遇到问题全部依赖老师解决,不能独立思考、动手解决问题,缺乏综合运用多方面知识技能解决问题的能力。实验结束后不总结反馈,很多同学的实验报告数据处理不完善,对于实验的误差分析不到位,实验问题的讨论停留在表面^[2,3]。学生总体实验参与度不高,不能体现“以学生为中心”的现代教育理念。

1.3 实验教学评价单一

实验课一般直接根据学生的考勤和实验报告撰写水平进行评级,属于终结性评价,过程性评价内容很少,很难考查学生参与实验的认真程度和具体能力,由于平时表现基本不纳入总评^[4,5],学生心态上轻视实验课,认为很容易取得学分,单一的评价方式更难以调动学生日常实验学习的积极性。

2 基于 BOPPPS 模式的线上线下混合式实验教学设计

随着互联网信息技术的快速发展,各高校不断深入开展混合式教学模式改革,线上网络教学与线下面授相结合的方式不仅广泛用于理论课程教学,也逐步应用于对场地、设备要求较高的实践课程教学。大学物理实验课程采用“线上预习——线上线下参与——线上线下总结拓展”的教学方式,贯穿“课前-课中-课后”整个实验教学过程,调整老师、学生的角色定位,拓宽学生实践学习的时间和空间,从而打破实验课场地、课时和人数的限制,加大学生课外时间进行实验探索的主动性和灵活性。

BOPPPS教学模式是一种以教学目标为导向、以学生为中心的教学模式,该模式将每一个教学单元内容分成导言(Bridge-in)、目标(Outcome)、前测(Pre-test)、参与式学习(Participation)、后测(Post-test)和总结与拓展(Summary)6个阶段,为线上线下混合式《大学物理实验》教学提供了一种简洁、清晰、高效的设计思路^[6]。其中,导言、目标和前测在线上学习通进行,通过实验引导问题、实验讲义、课件、微课短视频等学习资料,引导、监督学生完成线上实验预习报告和课前测,加强学生对大学物理实验的预习力度和成效监测,有效激发学生的内外部学习动机,为学生

高效参与线下实验学习做好准备。参与式学习和后测在线下实验室进行,教师采用案例分析、问题启发等方式引导学生真正动手参与实验项目,并认真思考实验的原理和操作流程,培养学生的核心实验能力。同时,各小组建立实验过程监控表,随时记录、解决实验中出现的問題。总结与拓展在线上平台完成,学生分析处理实验数据并提交实验报告,各小组与教师在线上平台讨论实验相关的主题设计,拓展学习实验相关的应用案例,培养学生的科学素养^[7,8]。

相比理论课程,实验类课程更需要强调学生的参与度,学生全程动手、动脑进行实验项目的分析与操作,并与小组成员合作,思考解决在操作过程中遇到的实际问题,最后对实验测得的数据进行处理、分析与讨论,因此,实验课程教学的核心在于学生的有效认知与深度参与,实验教学的设计需要从课内课外全过程入手,循序渐进,设置多层次认知思考水平的活动,满足不同难度水平的实验学习目标,并保证学生有效地参与实验和投入认知性学习,培养学生解决复杂问题的综合能力 and 高级思维。针对实验课程的特点,我们将BOPPPS教学模式与混合式教学相结合,设计了以学生为中心,强调学生全方位参与实验并及时反馈交流问题的闭环教学流程,使之与金课的“学习者有效参与、全员高层次参与”主体性原则高度

匹配。BOPPPS模式教学设计流程如图1所示。

3 基于BOPPPS模式的实验案例设计实施

以大学物理实验项目“燃料电池综合性实验”为例,构建线上线下优势互补的BOPPPS(六阶段)实验教学模式,创设多层次多维度的学习情境,使学生课内课外全程有效参与实验学习,激发学生参与的主动性和积极性,提升学生对实验课程的“认知度”和“参与度”。

3.1 课前实验预习(线上)

1) 导言(Bridge-in): 新课导入

教师发布实验学习目标,学生通过“超星学习通”线上教学平台预习实验项目“燃料电池综合实验”;学生根据实验目标和预习问题,学习课程团队录制的燃料电池教学微课短视频,同时下载实验项目的教学大纲、讲义、PPT等资料,如图2所示,预习实验项目的基本原理、实验重点和难点,解决预习问题。同时,通过学习通的文献资料,了解燃料电池的发展背景、发展现状和前景。

2) 目标(Outcome): 确定、解决问题

师生在学习通平台进行课前重、难点问题的讨论与解决:燃料电池的基本工作原理是怎样的?它的能量如何相互转换?实验中电解池的特性如何测量?电解池的电路系统如何搭建?法拉第电

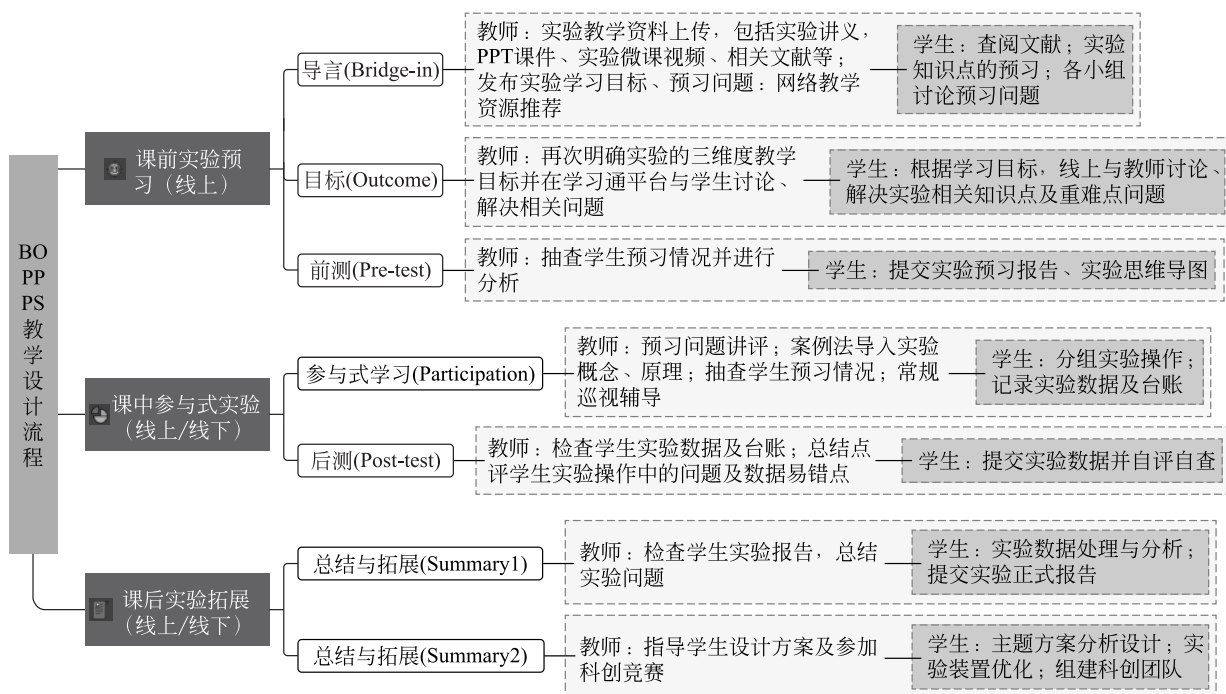


图1 BOPPPS模式教学设计流程

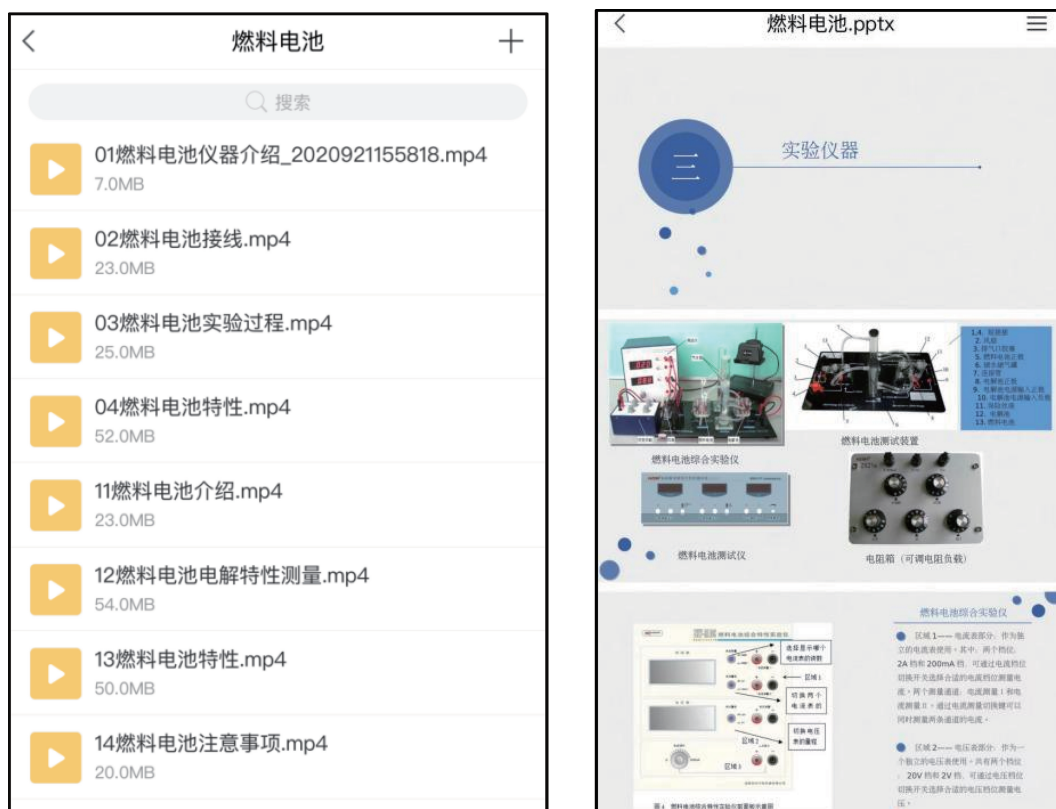


图2 学习通预习资料

解定律如何验证? 实验中燃料电池的电路系统如何搭建? 燃料电池的输出特性如何测量? 实验中有哪些操作注意事项?

3) 前测(Pre-test): 预习效果评价

学生在学习通平台提交实验原理预习报告、实验步骤思维导图以及电解池和燃料电池的电路图,如图3所示。教师抽查学生预习情况并进行分

析,大部分同学掌握了电解池以及燃料电池的基本工作原理,也理解了实验中能量的转换关系,但在分析两种电池的电路系统搭建时,容易混淆不清。

3.2 课中实验(线上/线下)

1) 课堂实验(Participation,参与式学习)

教师对预习报告问题进行讲评,引入燃料电池相关的科技前沿应用案例进行分析,启发导入



图3 燃料电池综合实验步骤思维导图示例

实验的相关物理概念、原理,抽查学生对实验仪器和操作步骤的预习掌握情况并进行总结,重点强调实验操作规范、安全守则以及具体实操过程中的注意事项。学生分组进行实验,合作讨论解决实践中遇到的各种问题,教师和助教常规巡视,关注每组学生参与实验操作的情况,在必要时给予指导和帮助。各小组建立纸质的实验监控记录台账,即实验过程监测表,如表1所示,记录实验中出现的异常现象、发现的典型错误操作、实验过程中提出的疑问以及问题有没有得到解决等,同时记录各组实验测得的阶段性结果以及最终结果。学生合作完成实验项目过程中,教师通过提问、巡查、指导等教学手段来提升每位同学的实验参与度,实现学生深度参与实验的目标,培养学生的实践动手能力。

表1 实验过程监测表

“燃料电池”实验过程台账		是否解决
实验中出现的异常现象	电流表和电压表读数不稳定、氢气管水位不下降反而回升、负载风扇不能转动、气水塔水位不平衡、漏水等	是/否
发现的典型错误操作	蒸馏水添加过量、电池正负极接反、止水夹未打开或关闭、两个电路串接错误、电流表并联错误、电阻箱接错档位等	是/否
实验过程中提出的疑问	两个气水塔水位为何不同?为何电解池产生气体很缓慢?为何燃料电池负载很小时,电流值跳跃变化很大?	是/否

2) 实验数据的检查和点评(后测, Post-test)

各小组自查实验仪器有无损坏,实操中是否有严重失误,操作习惯和操作态度是否需要改进,教师和助教检查各组的测量数据是否完整和可靠有效,并做出总结点评,强调规范化操作和实验细节的重要性,针对在常规巡视中纠正、解决的问题进行归纳、梳理,从而减少错误再次出现的机会。实验数据的检查有助于学生及时发现问题并解决问题,提高实验参与及完成效率。

3.3 课后实验总结与拓展(线上/线下)

1) 实验总结反馈(Summary1)

线下各小组学生对实验测量数据进行处理,

电解池的特性曲线和燃料电池的输出特性曲线采用 Matlab 或 Excel 等软件进行作图,学生学习曲线拟合的方法,并根据结果对实验过程以及实验数据进行误差分析,实验总结阶段学生遇到问题,可以在学习通、微信等线上平台与老师、同学进行讨论交流,学生在学习通提交实验报告。图4、图5为学生提交的燃料电池极化特性曲线和输出功率曲线图。根据数据处理分析图,学生发现燃料电池的三个极化区域基本与理论一致,但最大输出电压相比理论值较低,基本在0.9V,输出功率最大值对应应在电流为95mA附近,燃料电池在最大输出功率时对应的效率偏低。针对实验报告结论,引导学生思考燃料电池效率低的原因,研讨实验装置的改进方案以及更节能高效的创新方案。

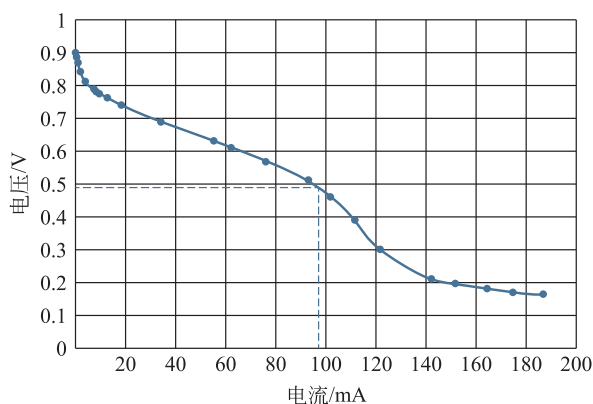


图4 燃料电池极化特性

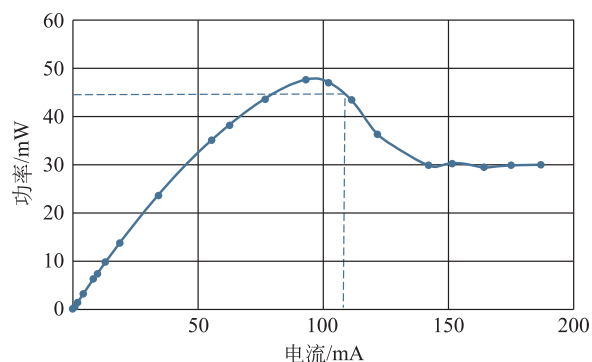


图5 燃料电池输出功率

2) 实验拓展与创新(Summary2)

学生围绕燃料电池的原理、实验方案、实验中遇到的问题以及实验结果,以中国知网、万方、维普等数据库文献为支撑,调研燃料电池在近现代前沿科技中的应用案例,并提出燃料电池实验装置改进方案,各小组撰写方案策划书、制作海报或

PPT,在学习通平台进行讨论、分享。通过线上的拓展汇报,学生对燃料电池技术的原理、发展现状、能量转化率以及实际应用中的问题有了更深刻的认识和理解。同时,学生围绕燃料电池主题的设计分析,充分锻炼了学生自主学习能力和方案设计执行能力。结合文献资料,学生提出优化实验装置减小实验误差、提升燃料电池实际的能量转化率、提高电池输出功率等方案,实现了知识、能力和科学素养的培养目标^[9]。此外,学有余力的同学组建科创团队,申请大学生创新创业项目,继续燃料电池课题的研究和实践,并参加大学物理实验竞赛、挑战杯等活动,进一步培养学生的实践创新能力和科研探索能力。

4 实验学习评价

基于 BOPPPS 模式的线上线下混合式教学给实验课程的评价提供了时间和空间保障,因此,大学物理实验课程开展全过程评价,并以过程性评价为主^[10,11],强调学生全过程参与实验的重要性。课前、课中、课后的学习实践内容都纳入实验评价体系:课前评价包括学习通上的预习报告质量(见图 6)、问题讨论参与度、查阅文献资料情况;课中评价包括线下实验的实际操作能力、遇到问题的解决能力、有没有按实验室操作规范进行实验、实验数据记录的是否规范准确;课后评价包括学习通上实验报告的完成度、软件处理数据的能力、数据和误差分析的准确性与详尽度、实验拓展设计方案的合理性与创新性、方案撰写的能力等。同时,将规范化的评定标准、评定内容与 BOPPPS 模式的六阶段相匹配,使评价渗透于整个实验教学,激励学生产生持续学习的动力,提高实验课程的全程参与度,提升学生学习的自觉性和主动性,从

而促进学生全过程的有效学习,培养学生的自主学习能力,提高学生的实践创新能力。

5 结语

课程采用 BOPPPS 教学模式,对物理实验教学进行线上线下混合式教学改革,有效利用信息化教学平台和网络教学资源,突破了实验课程的课时限制、场地限制以及人数限制,实验教学的时间、空间、场地得到进一步释放,师生实现全过程的“教”与“学”。以“燃料电池综合性实验”为例,通过线上线下“引导——目标——前测——参与式学习——后测——总结拓展”的闭环式训练,促使学生课内课外全过程参与物理实验的学习,实现了实验课学生的高度有效参与,教师的课程角色从“主导者”过渡为“指引者”,学生从“聆听者”过渡为“深度参与者”,学生参与线上学习、讨论、实验操作等学习活动的频次明显增加。学生在查阅文献、线上讨论、解决实操中问题以及撰写改进方案等活动中,理论和实践相结合,提高了实践动手能力、分析解决问题的能力以及应用创新能力,提升了自主学习的能力。

参 考 文 献

- [1] 彭丹,陈少昌.电子技术类课程实验实践教学改革探索[J].实验室研究与探索,2021(11):181-183.
PENG D, CHEN S C. Exploration on practice experiments teaching for electronic technology courses[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021(11): 181-183. (in Chinese)
- [2] 许亚敏,顾力强,曹玮.工程热力学实践教学改革与探索[J].实验室研究与探索,2021(10):232-235.
XU Y M, GU L Q, CAO W. Reform and exploration on practical teaching for engineering thermodynamics[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021(10): 232-235.



图 6 学习通预习报告评价示例

- (in Chinese)
- [3] 张克生. 应用型高校物理实验教学改革与实践探索[J]. 湖北开放职业学院学报, 2022(10):153-157.
ZHANG K S. A new approach of curriculum—Based political and virtuous awareness in college English wisdom teaching[J]. Journal of HUBEI Open Vocational College, 2022(10): 153-157. (in Chinese)
- [4] 闫志巾, 陈素果. 《大学物理实验》线上+线下混合式教学模式研究[J]. 大学物理实验, 2023(2):140-143.
YAN Z J, CHEN S G. Research on online and offline hybrid teaching mode of college physics experiment[J]. Physical Experiment of College, 2023(2): 140-143. (in Chinese)
- [5] 高博, 张倩, 张俊武, 等. 基于“强基计划”的基础物理实验改革探索[J]. 物理实验, 2022(10):20-24.
GAO B, ZHANG J, ZHANG J W, et al. Investigation of fundamental physics experiments based on pilot reform program of enrollment for basic subjects[J]. Physics Experimentation, 2022(10): 20-24. (in Chinese)
- [6] 张蕾, 陈玉香, 于海业, 等. 智慧教学与 BOPPPS 模型结合的环境类通识课程混合式教学设计[J]. 长春师范大学学报, 2023(2):138-142.
ZHANG L, CHEN Y X, YU H Y, et al. The mixed teaching design of environmental general education course based on the combination of intelligence teaching and BOPPPS model[J]. Journal of Changchun Normal University, 2023(2): 138-142. (in Chinese)
- [7] 智凌云, 周彤, 任鑫. 基于 BOPPPS 模型的电工与电子技术混合式教学课堂探索与实践[J]. 北华航天工业学院学报, 2023(4):54-56.
ZHI L W, ZHOU T, REN X. Exploration and implementation of blended teaching of electrical and electronic technology based on BOPPPS model[J]. Journal of North China Institute of Aerospace Engineering, 2023(4): 54-56. (in Chinese)
- [8] 姚悦铃. 基于改进的 BOPPPS 理论的实训课堂教学质量提升探讨[J]. 科技世界, 2022(32):163-165.
YAO R L. Discussion on the improvement of teaching quality in practice class based on improved BOPPPS theory[J]. Science & Technology Vision, 2022(32): 163-165. (in Chinese)
- [9] 李存玉, 彭国平, 郑云枫. 混合式教学法在中药制药专业综合实验教学中的设计与实践[J]. 实验室研究与探索, 2021(10): 204-207, 287.
LI C Y, PENG G P, ZHENG Y F. Design and practice of hybrid teaching method in teaching of comprehensive experimental of Chinese medicine pharmacy[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021(10): 204-207, 287. (in Chinese)
- [10] 赵东旭, 吕雪飞, 范翠红, 等. 强化形成性评价的实验课程的教学设计[J]. 实验室研究与探索, 2021(6):224-227.
ZHAO D X, LV X F, FAN C H, et al. Design of experiment teaching with strengthening the formative assessment [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021(6): 224-227. (in Chinese)
- [11] 贡向辉, 郑权, 孙艳. 研究生实验课线上线下混合分层次教学的探索[J]. 实验室研究与探索, 2021(5):228-231.
GONG X H, ZHENG Q, SUN Y. Exploration of online and offline blending and hierarchical teaching in experimental course for postgraduate[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021(5): 228-231. (in Chinese)