

基于 OBE 教学理念的大学物理实验线上线下混合式教学实践

刘 婷^{1,2} 蒲贤洁^{1,2} 徐玮婧^{1,2} 郑雪丽^{1,2} 杨东侠^{1,2} 杨骏骏^{1,2} 张选梅^{1,2}

(重庆大学¹物理学院;²物理实验国家级实验教学示范中心,重庆 401331)

摘 要 近年来,线上线下混合式教学模式逐步兴起,但该模式未用数据充分分析学生的学情,为改善这一不足,教改组基于 OBE 教学理念,结合课堂派在线课堂管理平台,挑选线上部分及线下建设教育资源,获得学生学情,反向设计线下教学环节,建设基于 OBE 教学理念,从学情出发的大学物理实验线上线下混合式教学模式,满足学生核心需求的同时调动学生兴趣,提升教学质量。通过教学实践及学生期末笔试成绩表明,该教学模式能精准服务教学目标,有利于学生深入理解实验原理,灵活运用所学知识,有助于逐步提升学生实践、创新能力,提高教学质量。

关键词 OBE 教学理念;大学物理实验;学情;创新能力

THE ONLINE-OFFLINE COMBINED TEACHING EXPLORATION ON THE OBE ORIENTED COURSE OF COLLEGE PHYSICS EXPERIMENT

LIU Ting^{1,2} PU Xianjie^{1,2} XU Weijing^{1,2} ZHENG Xueli^{1,2} YANG Dongxia^{1,2}

YANG Junjun^{1,2} ZHANG Xuanmei^{1,2}

(¹ School of Physics; ² National Experimental Teaching Demonstration Center of College Physics Labs, Chongqing University, Chongqing 401331)

Abstract The online and offline hybrid teaching mode has gradually emerged in recent years but without fully analyze the knowledge structure of students using the data. To improve this shortage, the teaching reform group selects online and offline education resources to obtain students' knowledge structure based on the OBE concept and in combination with the KET-ANGPAI online classroom management platform and reversely help teachers design the offline teaching scenarios. By teaching through this OBE oriented online and offline combined teaching mode, the crucial needs of students can be fulfilled while the learning interest mobilized and the teaching quality is improved. All the advantage mentioned above has be validated by the educational practice and the scores of students' final examination.

Key words OBE concept; college physics experiment; knowledge structure; innovation ability

OBE(Outcome Based Education)教学理念起源于美国等国家的基础教学改革,是一种以结果

为目标导向的教育,其结果是指学生完成课程学习后所获得的所有成果^[1-3],根据新课程所提倡的

收稿日期: 2023-05-25

基金项目: 重庆市高等教育教学改革研究项目(No. 213020、No. 223022); 重庆大学教学改革研究项目(No. 2020Y49)。

作者简介: 刘婷,女,重庆大学物理学院实验师,主要从事大学物理实验教学工作,研究方向为物理实验教学,tingliu@cqu.edu.cn。

引文格式: 刘婷,蒲贤洁,徐玮婧,等. 基于 OBE 教学理念的大学物理实验线上线下混合式教学实践[J]. 物理与工程, 2023, 33(4): 66-72.

Cite this article: LIU T, PU X J, XU W J, et al. The online-offline combined teaching exploration on the OBE oriented course of college physics experiment[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(4): 66-72. (in Chinese)

课程教学目标,其成果不仅包括课程所涉及的知识与技能,还包括获得知识与技能的过程与方法,以及情感、态度、价值观等^[4]。OBE 教学理念的以结果为导向即以课程教学目标为导向,利用反向思维推导学生习得知识与技能的课程设计^[5],获得学习知识的方法所对应的教学活动,使结果与实际教学中的教学环节形成一一对应或一对多的关系,最终保证教学目标的达成。通过多年的教学实践,教改组将大学物理实验的教学目标定为:知识目标、能力目标、思政目标。知识目标即要求学生掌握理论误差及各实验项目的基本概念、实验原理、数据处理方法等基本知识;能力目标指培养学生分析实验数据、评估实验误差、解决实际问题的能力,以及探索、创新实验等高阶能力。思政目标指使学生养成科学思维习惯,润物无声地提升学生的社会责任感、历史使命感等。根据 OBE 教学理念,大学物理实验一线教师应该以教学目标为导向,设计教学环节,进行课堂教学实践。目前,已有研究者基于 OBE 教学理念进行大学物理实验的教学改革^[6-10],但还未形成较广泛的辐射示范作用。

1 线上线下混合式教学存在的问题

近年来,大学物理实验的一线教师在线上线下混合式教学模式方面已有不少的探索^[11-14],相应的线上教育资源也颇为丰富。线上线下混合式教学模式对教师的综合能力提出了更高的要求,也需要教师投入更多的精力,所以在进行线上线下混合式教学时存在部分教师将线上、线下教学简单组合、生搬硬套,机械运用线上平台及资源的现象,不考虑引用的线上资源是否与其学生的知识结构对应、各学校学生的学情是否相同,如部分教师利用线上资源,但不充分考虑其学校学生的学情,线下也不因学生的学情动态调整教学方案,简单地将其他学校的线上教育与自身学校传统的线下教学相结合;部分教师机械地将线上部分资源、传统课堂中的预习问题、操作视频等放置线上平台,不做统计分析,线下授课时,依然根据经验去判断学生的知识结构。这不仅徒劳地增加了教师和学生的任务量,教师对学生真实的知识结构及所学的掌握情况还是没有具体的认识,不便于因材施教,不能有效地提升课堂的教学质量。

2 基于 OBE 教学理念,从学情出发的线上线下混合式教学模式的实践

2.1 重构实验项目教学内容

设计大学物理实验不仅需要理论支撑,还需要与实际相联系,所涉及的内容多且可能复杂,教材所展示的内容不可能面面俱到,包含所有的知识点,所以学生要在短时间内较深入掌握实验内容有一定的困难。大学物理实验是面对全校理工科大一、大二学生开放,此时的学生所掌握的大学物理知识还不足以支撑学生较深入地学习大学物理实验,同时考虑到不同专业,不同层次学生的知识结构不同,此次教改补充了部分教材未展示的、对学生理解实验项目原理有帮助的内容,增添了部分实验项目测量内容,并对增改后的实验项目内容进行分层次划分,为设计可动态调整的教学方案提供内容支撑。实验项目内容主要划分为基础、中级、高级三个层次。

(1) 基础。基础层次对应实验项目的最简单知识、测量内容,对学生的知识结构要求不高,物理知识薄弱的学生也能掌握该部分实验内容。这部分内容主要包括实验项目的基本概念、简单的实验原理及实验操作,是学生进入下一层次的基础,同时能增强学生深入实验的信心。

(2) 中级。中级层次对应实验项目的中等难度知识、测量内容,是学生在完成基础层次实验内容后的进阶内容。学生需要运用基础层次的知识内容,对要解决的实际问题进行思考,并找出合适的解决方案才能完成这部分内容,能锻炼学生解决实际问题的能力,并在一定程度上提高学生的探索、创新能力。大部分学生认真思考后能完成这部分内容,小部分学生需要在教师的帮助下完成。

(3) 高级。高级层次对应的实验项目内容的难度比中级层次的稍大,可以是实验项目中重要公式的理论推导,也可以是其他的,与中级层次实验内容相联系的更进一步的实验测量。这部分内容进一步提高了实验的挑战度,对学生的能力要求较高,仅为少部分优秀学生提供进步需求渠道,可进一步提高学生解决实际问题的能力以及创新能力。

2.2 构建线上教学资源

为了不过大增加教师的任务量,可以集中教师的精力搞教学,目前大学物理实验中心精心建设了数字化教材(见图 1(a))、课前测试题库(见图 1(b))、课后测试题库(见图 1(c))、微视频(见图 1(d))等教学资源供所有实验教师使用。数字化教材中大学物理实验的实验项目题目旁边配置了二维码,扫二维码即可观看实验操作视频,方便学生预习时熟悉实验仪器;课前测试题库是学生适用且能体现学生已有知识结构的习题测试库,其中的知识结构包括学生预习实验所重构的知识结构;课后测试题库主要涉及所有实验项目的 60%左右的基础知识点、重难点内容;微视频是实验中心教师合力建设的十六次课程对应的讲解基础知识的理论视频及介绍实验仪器的操作视频。这些教学资源是根据近几年教师的经验、学生的反馈,有针对性建设的,相比传统提问,教师通过现有测试可更快更准确掌握学生的学情;相比其他传统方式预习(看教材,查文献、资料预习),学生通过这些教学资源预习针对性更强,可提升学生的预习效率。



图 1 构建线上教学资源

(a) 数字化教材; (b) 课前测试题库; (c) 课后测试题库; (d) 微视频

2.3 线上教学培训平台

2012 年重庆大学成立了教师教学发展中心,该中心定位于学术性服务型组织,围绕国家教育发展传略与学校教育发展需求,以“促进学校的教学卓越与创新”作为根本使命,是重庆大学教师开展线上线下混合式教学模式的强大后盾,为教师们提供了各类在线培训课程,便于教师提升在线教学能力,弄清混合式教学模式的内涵,避免出现生搬硬套线上平台等问题,见图 2。另外重庆大学物理实验中心在教研活动中分享课堂派教学实践经验,进一步为教师们熟悉课堂派,开展混合

式教学提供支持。



图 2 混合式教学培训课程

2.4 学情分析

课堂派是集直播、课堂管理、师生互动、资源管理等一体的,以互联网移动终端为载体的在线管理平台,主要包括课程教学(包括互动课件、测试、资料、话题、互动答题等功能)、学情分析等功能。通过课堂派建立班级,课前发布针对性的测试、微视频、补充的关键知识、线上挑选的部分资源等,利用自动改题、统计等辅助工具,可在一定程度上基于数据获得学生知识结构、学习能力分析,摸清学生学情。

2.4.1 学生知识结构分析

大学物理实验实验项目涵盖力、热、光、电内容,相互独立的性质强于相互联系的性质,各个实验项目所涉及的原理、知识点不同,所以每次实验项目均需分析学生已有的相关内容的知识结构。下课当天在课堂派对应班级里发布下节课的实验项目课前测试、微视频、补充的关键知识、针对性的线上资源等,要求学生在规定时间内完成相关内容的学习,并在课前前一天完成课前测试。教师根据学生学习微视频、课前测试的得分率等来分析学生本身已存在的知识结构,并基于此数据获取学生关键性比较薄弱的环节、欠缺的地方。

2.4.2 学生学习能力分析

教师将在线下教学实践环节中获取学生学习能力分析,课前教师首先通过课堂派编辑好可在线测评的实时互动测试题(实时互动测试题为教师分析学生已有知识结构后,以教学目标为导向所设计的,或为实验项目的重难点知识),在线下教学实践环节中适时利用课堂派的实时互动测试题在线测试学生学习知识的实际情况,通过实时

互动测试的测试数据掌握线下教学环节教学效果,掌握学生理解相关原理、重难点的程度以及实验操作情况,在较大范围内把握学生学习实验项目相关内容的学习能力。该方法与课堂中的提问、互动相比,好处在于有数据支撑,能更全面地掌握学生的实际情况。

2.5 构建基于 OBE 教学理念,从学情出发的线上线下混合式教学模式

本次教学模式的总体方案如图 3 所示。

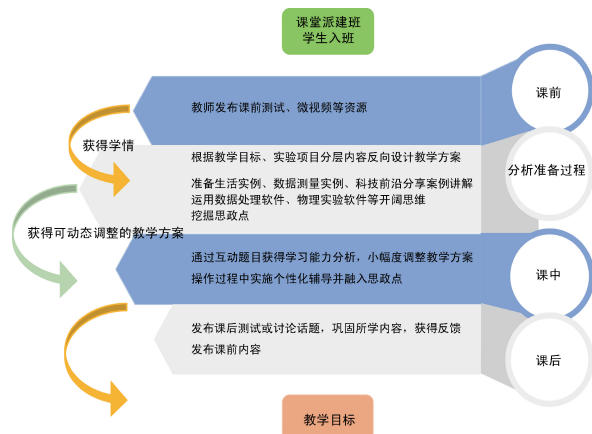


图 3 教学模式总体方案

2.5.1 基于 OBE 教学理念、学生知识结构设计教学方案

课前教师通过学生知识结构分析获取学生薄弱的环节、欠缺的地方后,教师首先补充学生薄弱、对理解实验项目重难点起关键性作用且学生欠缺的知识内容,再根据教学目标中的知识目标、能力目标、思政目标及学生知识结构分析数据,结合实验项目内容的不同层次反向设计可动态调整的教学方案。通常情况下,所有学生均需完成实验项目的基础、中级层次实验内容,基础层次实验内容对应培养学生的知识目标或初步的能力目标,中级层次实验内容对应培养学生的能力目标,高级层次实验内容是继续培养学生能力目标的加强内容,是为学有余力的同学准备的。为完成教学目标,教师根据学生薄弱、欠缺的地方及学生知识结构分析数据继续大致判断学生在掌握基础、中级、高级层次实验内容哪些内容会容易出问题、在完成教学目标的哪些地方会比较困难,在设计教学方案时着重强调这些内容,并准备多种手段或方案解决此类问题,比如结合生活实例、数据测量实例、科技前沿分享等进行讲解,运用数据处理

软件、物理实验软件如 phyphox 等开阔思维,准备、设计有余量、可小幅度动态调整的教学方案,为线下教学实践临场小幅度调节教学方案提供素材。再根据实验项目的不同挖掘一些思政点,巧妙融入设计的教学环节,为思政目标服务。

2.5.2 基于学生学习能力调整教学方案

教师先选定课前设计的某种教学方案,课中按照此教学方案先逐步进行线下教学,选择在一些实验项目重难点处或学生容易出错的地方运用课堂派中的实时互动获取学生实际的学习情况,学生的学习能力情况,方便让学生熟悉、把握重难点的同时,可根据学生所掌握的知识情况及学习能力快速判断当前选择的教學素材是否能支撑学生达成教学目标中的知识目标以及能力目标,如果学生反馈的情况不能达到教学目标,教师应增加补充素材再次进行讲解,如果课前学生的知识结构分析环节做得不错,补充或强调的素材应该在课前设计的教学方案当中,从而在线下教学环节中可以基于学生的学习能力小幅度动态调整教学方案,以保证培养学生达到教学目标中的知识目标以及能力目标。

在线下操作环节,多观察学生的操作情况,并在学生需要时进行个性化辅导,提高学生解决问题的能力,激发学生的探索欲、创新能力;适时融入与课程特色相关的思政点,培养学生良好的科学思维,激发学生社会责任感、历史使命感,为达成教学目标中的能力目标及思政目标服务。再根据实际情况鼓励学有余力的学生完成高级层次的实验内容,进一步强化、锻炼自身的解决问题的能力以及创新等能力。最终形成基于 OBE 教学理念,从学情出发的大学物理实验线上线下混合式教学模式。

2.5.3 巩固所学内容,获得反馈

课后再次通过课堂派发布针对实验项目的测试,在测试发布时选择试题打乱顺序选项,防止学生相互抄袭选择题答案,并要求学生在规定时间内完成测试;或发布、鼓励学生发布相应实验项目的讨论话题,激励学生积极参与到讨论当中去,巩固学生所学内容的同时教师由测试结果数据、讨论实际情况进一步获得学生学习能力分析,为下一轮教学实践持续性改进提供数据支撑。

2.6 教学展示——以理论误差和电子示波器的使用为例

在整个教学实践中,大部分学生在课前预习、

课前测试环节中都按质按量完成,并积极踊跃参与课中实时互动、课后测试或话题讨论环节,令教学实践活动生动有趣。

以第一次理论误差课为例,在理论误差课结束后,教师在课堂派平台建立班级,将班级加课码发送到学生群,学生入班后,为后续熟悉课堂派并检验理论误差课学习效果,教师鼓励学生参与到课堂派平台中的话题讨论当中去,大部分同学都与课堂中发言相反,积极主动地参与到了学生自己发布的话题讨论中去。一位同学关于测量与误差提出为什么精密度是评价随机误差的,准确度是反映系统误差的?有几位同学给出了解释和自己的看法,但多数同学对精密度和准确度的定义及解释还不到位,且对温度和气压是造成系统误差还是随机误差也有疑惑,见图4。而教师在课堂中是详细解释过精密度和准确度的概念及如何区分这两者,也讲解过在不同的条件下,温度可能主要给实验带来系统误差,也可能主要给实验带来随机误差。还有一位同学关于有效数字提出疑问, $121 \times 1.0 + 21$ 应该等于多少?有几位同学都评论指出这位同学的答案错误,还有两位同学直接给出了自己的答案,见图4。教师从这两个话题



图4 话题讨论展示

中可以得出整体上学生在有效数字的运算上掌握得比较好,但在理解系统误差和随机误差上还存在困难,教师分析可能是因为第一节理论误差课程内容较多,也可能是因为学生初步接触系统、随机误差,在之后的课堂教学实践中教师可结合实验项目实例进行讲解,加深学生印象,逐步提高学生在系统误差及随机误差方面的理解能力,为学生打好大学物理实验的理论基础。

以电子示波器的使用为例,这个实验项目的知识目标为掌握电子示波器的测量功能、电子示波器的主要组成部分、示波管的结构;能力目标为熟练掌握示波器扫描与整步装置、放大与衰减装置的原理、利用示波器测量电压、频率、位相差的使用方法;价值目标为培养学生在实验过程中的坚韧、追求真理的科学精神。实验项目内容的基础层次为掌握本次实验项目的基本知识并利用示波器测量待测电压的电压值、待测频率的频率大小;中级层次为在熟练掌握使用示波器测量电压、频率的基础上,利用示波器、移相器测量移相器两端的电压与流过的电流的位相差;高级层次为让学生利用示波器去测量弗兰克赫兹实验或鼓励学有余力的学生结合大学物理实验探索新实验。课前教师在课堂派平台发布课前测试、微视频等资源,并设置学生完成课前测试及课前预习的时间,然后利用课前测试结果数据(见图5(a))及每题的得分率(由于篇幅问题只放了一个例子,见图5(b)),掌握学生课前知识结构和预习情况,有三分

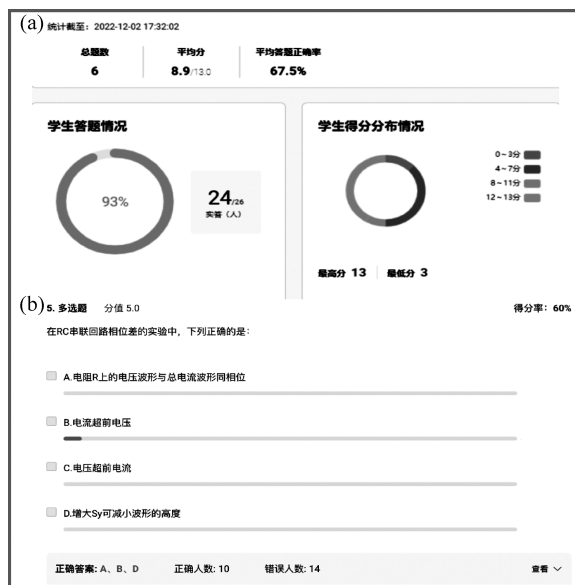


图5 课前测试及小题得分率展示

之一的学生获得满分,其他同学主要失分于示波器的放大与衰减装置的理解上。说明所有学生学习该实验不存在知识结构缺失,通过预习大部分学生已经达成教学目标中的知识目标,只是部分学生对实验本身的内容预习还不到位,或对应知识的理解能力不够,未达到教学目标中的能力目标。为让所有的学生能完成教学目标,在备课设计教学方案时,把示波器扫描与整步装置、放大与衰减装置的讲解作为重点,并制作动画辅助解释示波器的扫描与整步装置的原理,准备待测电压、频率被放大与衰减装置放大或缩小的实例解释放大与衰减装置的原理,同时准备多余实例辅助学生举一反三。根据学生学情再次判断学生在掌握能力目标中的位相差时会有缺陷,备课时把位相差作为重点,并结合物理中信号波形以周期的方式变化,波形循环一周对应的相位为 360° 的实例、定标实例辅助学生理解。线下教学实践过程中在位相差处运用了课堂派的实时互动进行检测,见图6,数据结果显示这部分内容学生掌握得不够扎实,教师可根据充分的备课内容小幅度动态调整教学方案,以保证学生达成能力目标。



图6 课中实时互动展示

示波器的调节面板按键较多,在进行实验操作时,教师可根据实际情况从原理上对问题学生进行个性化辅导,不少同学容易在相位差的测定环节出现问题,原因是不了解示波器输入端的外壳是接地的,教师借此情况让学生体会出错、理解、做对的过程,逐步培养学生实践、创新能力的同时培养其坚韧、追求真理的科学精神,逐步达到教学的能力及思政目标。再根据学生的完成情况鼓励学有余力的学生完成高级层次内容,进一步锻炼学生解决问题及创新的能力。

2.7 期末考试成绩及实践情况分析

为了从客观角度考评基于OBE教学理念,从

学情出发的大学物理实验线上线下混合式教学在提升教学质量方面的成效,此类教改班和普通班在期末统一参加考试,期末考试题型依次为选择题、判断题、设计题、计算题。表1为2个教改班和全校普通班每种题型的平均得分率和总得分率的情况(1、2班为教改班,3班为普通班),其中选择题、判断题、计算题主要考查学生对实验项目原理的理解、对基础知识的掌握、对知识运用的能力,而在选择题、判断题、计算题上2个教改班相对普通班平均得分率分别高出0.04、0.02、0.07,说明此类教改在完成教学目标中的知识目标有一定的积极作用;设计题主要考查学生解决实际问题的能力和创新能力,而教改班的得分率较普通班高出0.04,说明该教改对提高学生实际问题及创新能力有一定的积极作用,能较好地完成教学目标中的能力目标;2个教改班的总得分率为0.54、0.55,而全校普通班的总得分率为0.05,且最高分出自这两个教改班,说明本次教改能在一定程度上提高教学质量。

表1 教改班和全校普通班考试得分率

班级	选择	判断	设计	计算	总分
1	0.50	0.58	0.47	0.68	0.54
2	0.47	0.60	0.47	0.78	0.55
3	0.45	0.57	0.43	0.66	0.50

在教学实践过程中设计了前测、互动、后测或讨论环节,通过这些环节发现学生逐步深入理解了实验原理,在实验操作过程中引入了与专业特色相关的思政元素,这些思政元素在教学实践中润物无声地影响了学生,从学生线下的实验操作能力逐步提高的情况来看在一定程度上培养了学生刻苦钻研等科学精神,服务了本课程教学目标中的思政目标,后续教学实践中还将加强思政方面的探索。

3 结语

教学资源丰富的今天,线上线下混合式教学仍存在生搬硬套、机械运用的现象。本文借助课堂派在线课堂管理平台精准获取学生学情,基于OBE教学理念,根据教学目标反向设计教学环节,建设基于OBE教学理念,从学情出发的大学物理实验线上线下混合式教学模式。实践及期末

考试表明,此教学模式有利于学生深度理解实验原理、灵活运用所学知识,并逐步提高实践、创新能力,精准服务教学目标,提高教学质量,为进一步的探索大学物理实验教学改革提供参考。

参 考 文 献

- [1] 苗永平,代坤,孙二平,等. 基于 OBE 教学理念的大学物理实验初探[J]. 大学物理实验,2020,33(2):133-136.
MIAO Y P, DAI K, SUN E P, et al. The primary exploration of physical experiment teaching under out-coming based education[J]. Physical Experiment of College,2020, 33(2): 133-136. (in Chinese)
- [2] 李妙娟. 基于 OBE 教学理念下的教学质量保障体系构建研究[J]. 佳木斯职业学院学报,2021,37(6):137-138.
LI M J. Research on the construction of teaching quality assurance system based on out-coming based education concept [J]. Journal of Jiamusi Vocational Institute, 2021, 37(6): 137-138. (in Chinese)
- [3] 朱思宁. OBE 教学理念下双语教学效果提升策略研究[J]. 传播力研究,2020,4(18):172-172.
ZHU S N. Research on strategies for improving bilingual teaching effectiveness under out-coming based education concept[J]. Research on Transmission Competence, 2020, 4(18): 172-172. (in Chinese)
- [4] 王道福. 新课程教学目标实效性研究[J]. 教学与管理:理论版,2011(6):19-20.
WANG D F. Research on the effectiveness of teaching objectives in the new curriculum[J]. Journal of Teaching and Management: Theoretical version, 2011(6): 19-20. (in Chinese)
- [5] 杨森,李静,高利,等. 基于 OBE 教学理念的药学分析化学教学改革与实践[J]. 中国高等医学教育,2022(5):47-48,51.
YANG M, LI J, GAO L, et al. Teaching reform and practice of pharmaceutical analytical chemistry under out-coming based education concept[J]. China Higher Medical Education, 2022(5): 47-48, 51. (in Chinese)
- [6] 武立华,刘志海,张杨,等. 基于 OBE 理念的大学物理实验教学体系探索[J]. 实验技术与管理,2018,35(10):188-189, 196.
WU L H, LIU Z H, ZHANG Y, et al. Exploration of university physics experimental teaching system based on OBE idea[J]. Experimental Technology and Management, 2018, 35(10): 188-189,196. (in Chinese)
- [7] 刘利清,陈鹏,李永涛. 基于 OBE 理念下的大学物理实验教学改革的探究[J]. 大学物理实验,2018,31(6):122-124.
LIU L Q, CHEN P, LI Y T. The exploration of educational reform of university physics experiment based on OBE concept[J]. Physical Experiment of College, 2018, 31(6): 122-124. (in Chinese)
- [8] 刘利清,王利霞,鞠维,等. 基于 OBE 理念下的大学物理实验教学改革和试行方案[J]. 大学物理实验,2020,33(1):126-128.
LIU L Q, WANG L X, JU W, et al. Educational reform and pilot program of university physics experiment based on OBE concept[J]. Physical Experiment of College, 2020, 33(1): 126-128. (in Chinese)
- [9] 周红仙,王毅. 新工科背景下基于 OBE 的大学物理实验教学方法研究[J]. 大学物理实验,2020,33(5):141-145.
ZHOU H X, WANG Y. Research on college physics experiment teaching based on OBE model for new engineering education construction [J]. Physical Experiment of College, 2020, 33(5): 141-145. (in Chinese)
- [10] 李春红,王崇杰,孙中皋,等. 基于 OBE 理念的以学生发展为中心的实验教师教育改革[J]. 大学物理实验,2020,33(6): 131-134.
LI C H, WANG C J, SUN Z G, et al. Experimental teacher education reform centered on student development based on OBE concept[J]. Physical Experiment of College, 2020, 33(6): 131-134. (in Chinese)
- [11] 欧阳建明,彭刚,何焰兰,等. 线上线下混合式大学物理实验教学——以示波器使用实验为例[J]. 物理实验,2020, 40(4):38-41.
OU Y J M, PENG G, HE Y L, et al. Experiment teaching with online and offline hybrid model—Taking the experiment of oscilloscope use as an example[J]. Physics Experimentation, 2020, 40(4): 38-41. (in Chinese)
- [12] 唐艳妮,李雪琴,赵云芳,等. 疫情中的大学物理实验线上教学探索[J]. 物理实验,2020,40(5):31-35.
TANG Y N, LI X Q, ZHAO Y F, et al. Exploration on online teaching of physics experiment in epidemic situation [J]. Physics Experimentation, 2020, 40(5): 31-35. (in Chinese)
- [13] 其木格. 大学物理线上线下混合式教学探索与实践[J]. 大学物理,2022,41(10):51-54.
QI M G. Exploration and practice of online and offline blended teaching of college physics[J]. College Physics, 2022, 41(10): 51-54. (in Chinese)
- [14] 王军,王帆,沙金巧,等. 线上线下相结合的大学物理实验教学改革研究[J]. 物理与工程,2020,30(5):26-31,36.
WANG J, WANG F, SHA J Q, et al. Research on the reform of college physics experiment teaching based on the combination of online and offline[J]. Physics and Engineering,2020,30(5):26-31,36. (in Chinese)