

虚实结合、线上线下混合的“大学物理实验” 教学改革与实践

欧阳建明, 彭 刚, 罗 剑, 郑浩斌
(国防科技大学 文理学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要:“大学物理实验”课程是普通高校理工科专业学生必修的公共基础实验课程,也是学生在大学阶段实践能力培养的开端。本文针对“大学物理实验”传统教学模式存在的问题,探索并实践了虚实结合、线上线下混合的物理实验教学模式;对“大学物理实验”教学内容进行改革,通过基础物理实验的军事应用拓展与军事特色实验项目开设等方式,增加课程的军味;以“精益思想”对教学过程进行质量控制,在教学各环节设置反馈节点,通过研讨、测试等方式进行反馈与改进,提高整体教学质量。

关键词:大学物理实验;线上线下混合;教学改革

中图分类号:G642 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-8874(2021)03-0058-05

Teaching Reform and Practice of “College Physics Experiment” Based on the Combination of Virtual and Real and the Integration of Online and Offline

OUYANG Jian-ming, PENG Gang, LUO Jian, ZHENG Hao-bin

(College of Liberal Arts and Sciences, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: College physics experiment is a public basic experiment course for students in universities, and it is also the beginning of cultivating students' practical ability at the university stage. In view of the problems existing in the traditional teaching, the physical experiment teaching mode of combining virtual and real and integrating online and offline is explored and practiced. The teaching content of college physics experiment is reformed, by way of introducing the military application of physics experiment and setting up military characteristic experiment projects, and the military taste of the course is improved. The teaching quality is controlled through “lean thinking” and feedback is gained in every teaching process. The overall teaching quality has been improved through discussions, tests and timely adjusted teaching strategies.

Key words: college physics experiment; online and offline mixing; teaching reform

一、引言

随着信息技术的飞速发展,当今社会对高等学校学生的综合实践能力、创新能力提出了越来越

越高的要求。实验教学是高等学校教学实践体系中基础实践层次的核心^[1],物理实验教学是高等学校实验教学的重要组成部分。“大学物理实验”课程是普通高等学校物理实验教学的核心课程,是理工科专业学生必修的公共基础实验课程,也

收稿日期:2021-03-12

基金项目:高等学校教学研究项目(DJZW201928zn);湖南省普通高校教学改革项目“虚实结合的大学物理实验‘金课’建设”

作者简介:欧阳建明(1980-),男,江西吉安人。国防科技大学文理学院高级实验师,博士,主要从事物理实验教学、高空核爆炸现象学研究。

是学生在大学阶段实践能力培养的开端。通过课程的学习与实践, 学生可以巩固所学物理知识, 掌握基本实验方法, 锻炼基本物理实验技能, 掌握基本物理量的测量以及基本仪器的使用, 熟悉基本数据处理方法。在掌握知识的同时, 通过实验可以培养学生科学的学习态度, 提高学生观察及分析问题的能力、合作及与人共事的能力、自主学习的能力, 掌握研究性学习的方法, 为其他实践课程的学习以及将来的岗位任职打下良好的实践基础。随着信息化技术在教育领域的深度应用, 以 MOOC、虚拟仿真实验为代表的在线开放课程和实验项目发展迅猛, “大学物理实验”课程的教学模式、教学方法、教学内容等方面也需要跟上时代的步伐, 开展教学改革与实践。

二、物理实验传统教学模式存在的问题

国内理工类院校的“大学物理实验”(或“普通物理实验”)课程大都依据教育部高等学校物理基础课程教学指导委员会制定的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2008 年版)进行建设, 以案例式开设普通物理实验(力学、热学、电磁学、光学实验)以及近代物理实验。对于非物理专业学生, 《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》中要求物理实验课程课时不少于 54 学时。各高校根据要求开设了数量不等的实验项目, 在层次上又可分为基础性实验、综合性实验、设计性实验以及研究性实验。

随着混合式教学的兴起, 理论课程混合式教学^[2]已有相对成熟的教学模式。SPOC (Small Private Online Course)^[3]是理论课程混合式教学中应用比较广泛的一种形式。对实验课程而言, SPOC 只能在小范围内进行, 而像“大学物理实验”这种大规模开设的公共基础实验课程实施 SPOC 较为困难。受到实验场地以及仪器台套数的限制, “大学物理实验”一般采用线下的自主选课或大循环排课形式开展教学, 学生在不同的实验项目上进行选课或循环, 在一学期或者两学期内完成所需实验项目的学习与实践。实验课程在进入实验室之前都要求学生自主进行预习, 一般以教材预习为主, 课堂教学环节一般采用指导教师讲授+学生实验的形式, 课后完成并提交实验报告。传统的纯线下物理实验教学模式存在以下

问题:

1. 课前预习效果不好

学生进入实验室之前对实验仪器及实验现象缺乏基本了解, 一般根据教材进行预习, 不够直观, 很多学生照书抄预习报告, 预习目的达不到。

2. 学生接触仪器的机会少

公共基础实验课程中实验场地和仪器使用率高, 学生只能在选课或排课的时间进入实验室学习, 接触仪器次数少, 难以满足学生个性化学习时间的需求。

3. 学生对实验思考不足

传统的物理实验课堂教学过程一般包括: 指导老师讲解实验原理, 介绍实验仪器, 演示实验操作, 布置实验内容, 然后学生按部就班完成实验内容, 指导老师对数据进行确认, 学生整理仪器后离开实验室。在这样的教学过程中, 学生缺乏对实验深层次的思考。

4. 教学质量难以管控

在传统教学模式下, 学生在不同的实验室, 由不同的教师指导完成实验教学, 完成实验后即可离开实验室。实验教学过程各环节中, 学生学习效果反馈不足, 教学质量难以管控。

三、“大学物理实验”课程教学改革与实践

(一) 以线上资源为重点构建教学平台

与理论课程教学不同, 实验课程教学离不开教学平台的建设。结合新兴教育教学技术, 构建新的物理实验教学平台是物理实验教育教学改革的重要发展方向。基于现代信息化技术和虚拟仿真技术, 国防科技大学建设了数理虚拟仿真实验教学中心, 该中心在 2014 年获批为全国首批 100 所国家级虚拟仿真实验教学中心之一。在此基础上, 结合远程教学与学生个性化学习时间的需求, 课程组于 2015 年开始建设“大学物理实验”MOOC (Massive Open Online Courses), 以虚拟仿真实验、自主实验、远程控制实验、思想实验以及演示实验作为实验支撑。课程于 2017 年春季在“爱课程”平台上作为全国首门实验类 MOOC 上线^[4]。“大学物理实验”MOOC 与虚拟仿真实验结合, 实现了实验课程的线上“教”与“做”, 可以全地域、全天候开放学习。该课程于 2018 年先后被认定为湖南省和国家精品在线开放课程。国家

级数理虚拟仿真实验中心和国家精品在线开放课程——“大学物理实验”MOOC 为物理实验教学提供了优质的线上教学与实验环境。

国防科技大学物理实验室具有良好的基础, 2011 年获评湖南省普通高校实践教学示范中心。在此基础上, 在“十二五”重点建设、“十三五”院校教育费等的支持下, 物理实验中心通过重组、升级、新建等方式, 建设了大学物理实验室、技术物理实验室、近代物理实验室。其中, 大学物理实验室以学生的基础实践能力培养为主要目标, 包含基本实验知识、基本方法与技能、典型物理量测量等方面的训练, 开设了涵盖力学、热学、电磁学、光学以及近代物理等领域的 20 余个实验项目, 形成模块化、系列化的基础物理实验项目体系。在“大学物理实验”课程后, 开设了“技术物理实验”“近代物理实验”等进阶以及高阶的物理实验公共选修课程, 完善了物理实验公共课程体系。学生在完成“大学物理实验”课程后, 按照兴趣选修相应课程, 在物理实验技术、近代物理实验等方面开展专门训练, 进一步提高物理实践能力。

(二) 以线上线下混合为方向改革教学模式

物理实验的教学目标通过一个个实验项目作为案例来实现, 这些实验项目大都建设有对应的 MOOC 和虚拟仿真实验。针对基础实验课程能实则不虚的特点, 国防科技大学“大学物理实验”课程构建了以线下实体实验为主、线上虚拟仿真实验为辅的虚实结合、线上线下混合教学模式, 并开展了教学实践。

每一个实验项目教学在时间上可分为预习、实验教学、复习三个阶段, 如图 1 所示。MOOC 和虚拟仿真实验等线上教学方式主要在预习和复习阶段发挥主导作用。其中, MOOC 可以在预习阶段帮助学生掌握实验原理, 了解实验应用。学习完 MOOC 后学生进入虚拟仿真实验预习阶段。借助虚拟仿真实验可以了解实验仪器, 初步掌握实验现象, 进行虚拟仿真实验测试。通过测试后学生进入实验室进行线下实体实验的学习。与单纯的通过教材进行预习相比, MOOC 与虚拟仿真实验能提供从理论到实践的预习, 并能在线检测预习情况, 有效地提高了预习效果。

由于有 MOOC 和虚拟仿真实验预习的基础, 教师在线下实验教学环节可以突出重点, 并对学生预习环节中出现的共性问题进行详细分析解答,

提高了课堂教学的效率。由于实体仪器与虚拟仿真仪器存在很大的差别, 虚拟仿真仪器只需要点点鼠标就能完成仪器调整与操作, 但实体仪器调节更锻炼学生的实验技术。实体仪器的讲解、操作与示范是线下教学的重点。

作为基础实验课程, “大学物理实验”课程还需要学生掌握基本的误差理论、数据处理方法等实验理论知识。这些内容往往安排在实验开始前的绪论部分。由于此时学生没有做实验, 对这些理论方法理解不深, 了解不透。在实验过程中以及实验后的实验报告处理环节, 由于相关理论知识的忘却, 造成学生数据处理能力的不足, 这也是大学物理实验教学过程中遇到的一个难点问题。课程在 MOOC 中专门开设误差理论和数据处理方法模块, 学生可以随时随地进行线上学习, 完成实验数据处理。

实验完成后, 学生可以利用 MOOC 和虚拟仿真实验进行复习, 学生之间以及师生之间也可以通过 MOOC 平台进行交流。虚拟仿真实验是实体实验虚拟化的结果, 学生按照线下实验学习的操作步骤, 也可以在线完成实验的虚拟测量。虚拟仿真实验是实体实验的重要辅助, 为学生提供了全时域、全空域开放的实验环境, 解决了学生接触实验仪器少的问题, 如图 1 所示。

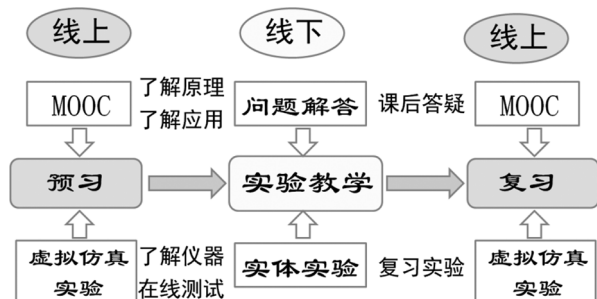


图 1 虚实结合、线上线下混合的物理实验教学模式

虚拟仿真实验、MOOC 等信息化资源除了能为学生提供预习和复习手段外, 也可为学生提供实体实验没有的实验项目, 扩充学生的实验项目表。教育部办公厅“关于开展 2015 年国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作的通知”明确要求, “虚拟仿真实验教学中心建设应充分体现虚实结合、相互补充、能实不虚的原则, 实现真实实验不具备或难以完成的教学功能。在涉及高危或极端的环境, 不可及或不可逆的操作, 高成本、高消耗、大型或综合训练等情况时, 提供可靠、安全和经

济的实验项目”^[5]。对于物理学领域一些高端的实验项目, 比如扫描隧道显微镜, 虚拟仿真实验成为了一个很好的选择。学生可以通过虚拟仿真实验, 了解他们本科阶段难以接触到的高端仪器的原理及操作。

（三）以军事特色为核心优化教学内容

作为军队院校, “大学物理实验”课程在实验项目和教学内容的设置上都应具有军事特色。大部分军事技术都与物理密切相关, 课程充分发掘基础实验与军事技术及最新科技的联系, 启发学生的思维。例如, 重力加速度测量实验拓展到重力场辅助的无源导航系统, 声速测量实验拓展到声纳以及声速梯度对声纳探测距离的影响, 钢丝杨氏模量的测量实验拓展到原子力显微镜的原理, 迈克尔逊干涉仪实验拓展到引力波的测量, 光栅衍射实验拓展到获得 2018 年诺贝尔物理学奖的超强激光啁啾脉冲放大技术。在线下教学过程中, 通常以这些军事应用或新技术作为授课内容的切入点, 激发学生的学习兴趣, 在完成实验后, 对实验原理或实验技术进行军事应用拓展, 启发学生对实验内容进行更深层次的思考。

与此同时, 课程还对部分实验进行改造, 开设军事特色实验项目 (如图 2 所示)。例如, 炮弹弹头转动惯量测量测定实验、全息瞄准原理实验、超声波定位实验等。炮弹弹头转动惯量测定实验以测量炮弹模拟弹头转动惯量为任务, 引导学生标定转动惯量测量仪, 测定弹头转动惯量, 并评

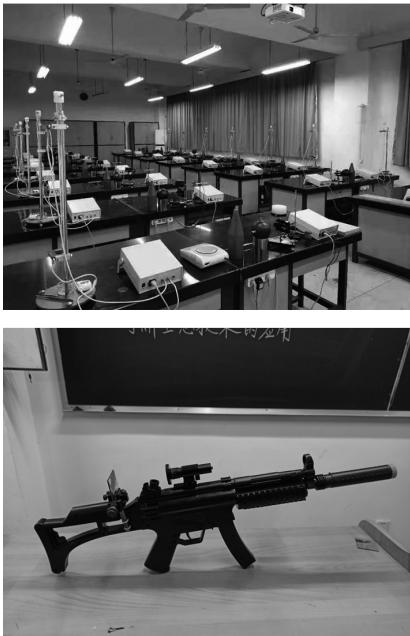


图 2 军事特色实验项目

定测量的精度。全息瞄准原理实验需要学生利用所学的知识, 自主设计并搭建全息瞄准镜片的拍摄光路, 进行镜片的拍摄, 最后在全息瞄准原理系统上进行再现, 体验全息瞄准。课程通过军事特色实验项目的开设以及基础实验军事应用拓展的介绍, 提升了课程的军味。

（四）以“精益思想”为指导管控教学质量

“精益思想”^[6]源于企业精益生产方式, 核心是消除生产过程中的一切浪费, 通过对生产过程中每一环节实时检测与管控、及时反馈与改进, 达到降低成本、提高质量、无浪费和零库存等目的, 确保企业产品质量和成本优势, 在教育领域中也有着巨大的启发和借鉴意义。

“大学物理实验”在线上线下混合式教学模式的基础上, 在教学过程中设置多个线上或线下的反馈节点, 对教学质量进行管控 (如图 3 所示)。在预习环节中, 学生利用 MOOC 对整个课程体系具有一个初步的了解。MOOC 和虚拟仿真实验能提供在线预习手段, 并能提供理论和实验的在线测试, 在线测试作为第一个反馈节点。教师通过后台数据, 可以及时掌握学生的预习情况, 及时改进线下教学策略与教学重点。

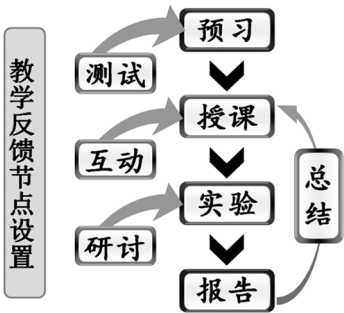


图 3 “精益思想”教学质量控制流程图

在线下实验教学过程中, 改变传统实验教学讲授+实验的教学模式, 设置多重互动与研讨等教学反馈节点, 反馈教学质量。教师在线下实验教学讲授完成后设置互动环节, 互动环节作为第二个反馈节点。通过互动环节, 教师可以及时了解学生对实验原理和实验操作的掌握程度, 在学生实验过程中进行个性化指导。

学生实验接近尾声时进入课堂研讨环节。研讨题目包括实验中出现的一些共性问题、针对同一物理量测量的不同测量方法、实验思想和方法的拓展应用等。研讨以学生为主体, 教师加以引导。课堂研讨作为教学质量管控的第三个反馈节

点,研讨后,实验有问题的学生还可以继续完善实验,同时通过课堂研讨的开展,促进学生对实验进行深层次的思考。

实验后学生利用线上教学平台进行实验复习,并通过讨论模块进行实验的总结与反馈。总结反馈作为第四个反馈节点,教师以此为基础优化下一个班次的教学内容,促进整体教学质量的提高。

四、结语

国防科技大学“大学物理实验”课程组以学生实践能力培养为目标,围绕“以学生为中心,厚基础、强实践、重创新”的教学理念,将原有物理实验教学平台进行拓展与创新,新建线上实验环境,升级线下实验条件,提供虚实结合、线上线下混合的物理实验教学基础条件,满足学生个性化的学习需求。针对大规模开设的公共基础实验课程的特点,探索并实践了以线下实体实验教学为主导、以线上虚拟仿真实验和 MOOC 为辅助的混合式教学模式。在混合式教学模式的基础上,借鉴企业管理中的“精益思想”,通过对教学各环节设置反馈节点,通过研讨、测试等方式反馈学生掌握程度,及时调整教学策略,提高整体教学质量。

在教学实施中,开课向学生发布《大学物理实验 MOOC 选课与虚拟仿真实验要求》,要求学生进行 MOOC 选课。绪论课后完成 MOOC 上针对本校学生的绪论课作业。在进入实验室开展线下实验前,需完成 MOOC 以及虚拟仿真实验的学习,

并在虚拟仿真实验系统上完成实验的预习与测试。学生在实验后,也可以利用 MOOC 和虚拟仿真实验进行复习。课程考核也以线上线下混合的形式进行,包括终结性考核和形成性考核,比例为 3:7。终结性考核以线下考试的形式进行,形成性考核包括线上的绪论作业、虚拟仿真实验成绩以及线下的实验成绩等。“大学物理实验”课程教学改革也取得了较好的成效。以 2018 级学生为例,该级学生考核总评成绩平均 84.5 分,优秀率 17.2%,不及格率 0.1%,平均分与优秀率比改革前具有大幅提高。同时,课程也于 2019 年获得湖南省线上线下混合式一流本科课程认定。

参考文献:

- [1] 田维,易静.基础物理实验教学平台的构建与实践[J].实验室科学,2011(2):167-169.
- [2] 李磊,尹淑慧,王轶卓.智慧教育背景下大学物理混合式教学的研究与实践[J].物理通报,2020(10):6-11.
- [3] 陈宫,谢晓兰,刘汉英.高校基于 SPOC 的差异化混合教学模式构建[J].大学教育,2020(4):10-13.
- [4] 何焰兰,彭刚,欧阳建明,等.如何建设好实验 MOOC (以大学物理实验 MOOC 为例)[J].物理实验,2019(8):37-44.
- [5] 乐永康,龚新高,苏卫锋,等.虚实结合的物理实验教学[J].物理实验,2019(1):39-43.
- [6] 丁道一,何焰蓝,何彪,等.基于精益思想构架图卡式大学物理实验循环教学模式[J].高等教育研究学报,2013(1):98-101.

(责任编辑:邢云燕)