

科教融汇背景下的光纤通信课程教学改革

——以光纤光缆章节设计为例

王艺霖, 陈 召*, 伦秀君*

北京化工大学数理学院, 北京

收稿日期: 2024年10月17日; 录用日期: 2024年12月3日; 发布日期: 2024年12月10日

摘 要

高等教育发展过程中推进科教融汇是培养现代化工科创新人才的重要突破口。文章以光纤通信中的光纤光缆章节为例, 依据课程教学过程中出现的问题, 将一些现代化教学手段融入到课程当中。我们主要从三个角度对课程进行了教学改革探索, 具体内容包括在线教育平台与微视频的创建、计算机仿真模拟的二维或三维的可视化演示、以及计算机仿真与实验融合教学。从而达到理论教学、计算机仿真、实验教学三种教学手段间相互补充, 内容统一。这些课程改革内容紧紧围绕科教融汇, 产融结合的教育理念, 希望为其他课程改革提供一些参考, 并为培养现代化建设的新工科人才的改革举措方面做出一点贡献。

关键词

科教融汇, 仿真模拟, 一体化

Teaching Reform of Fiber Optic Communications under the Background of Science and Education Integration

—Taking the Design of Fiber Optic Cable Chapter as an Example

Yilin Wang, Zhao Chen*, Xiujun Lun*

School of Mathematics and Science, Beijing University of Chemical Technology, Beijing

Received: Oct. 17th, 2024; accepted: Dec. 3rd, 2024; published: Dec. 10th, 2024

Abstract

Promoting the integration of science and education in college is an important breakthrough in

*通讯作者。

文章引用: 王艺霖, 陈召, 伦秀君. 科教融汇背景下的光纤通信课程教学改革[J]. 创新教育研究, 2024, 12(12): 148-154.
DOI: 10.12677/ces.2024.1212872

cultivating modern innovative talents. The article takes the section on optical fibers and cables in optical communication as an example, and integrates some modern teaching methods into the curriculum based on problems encountered during the course teaching process. We mainly explore the teaching cases from three perspectives, specifically, the content in this article includes the creation of online education platforms and micro-videos, two-dimensional or three-dimensional visualizations of computer simulations, and the integration of computer simulation and experiments. In order to achieve the three teaching methods of theoretical teaching, computer simulation and experimental teaching, they complement each other and the content is unified. These curriculum reforms closely focus on the educational concept of integrating science and education and combining industry and finance, hoping to provide some reference for other curriculum reforms and make a little contribution to the reform measures of cultivating new engineering talents for modernization.

Keywords

Integration of Science and Education, Simulation, Unification

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在“双一流”首轮建设完成之时，教育部指出，科教融合、创新发展，是新时代新型研究型大学建设的重要特征。要着力变革教育理念和培养方式，以学科建设为知识体系基础，以科研实体为载体，以有组织的“链条式”重点研究领域为高原高峰，把科学研究、创新团队和人才培养有机结合，真正培养具有创新精神、丰富科学实践和符合社会需求的高精尖紧缺人才[1]-[4]。科教融汇、产融结合是高等教育发展的必由之路，尤其是在新工科研究与实践教育的背景下，针对理工类高等院校，积极响应教育部号召，做好相关课程改革和人才培养工作对国家科技产业的发展至关重要。

“光纤通信”课是电子科学与技术、通信工程、光学工程等专业的核心课程，不断对其进行课程改革和建设是培养现代化信息通信领域人才过程中必不可少的一环[5]-[8]。在科教融汇、产融结合教育理念的引领下，该课程教学应更加重视将现代计算机科技仿真软件和实验等实践教学方式，重视这些方式与理论教学的相结合，注重学生立足于实际产业需求，加深对课堂知识的理解、运用和综合素质的培养[9]。光纤通信课程相关的科教实践改革具有以下必要性：首先，新工科更加注重培养学生的实践能力和创新精神，光纤通信既是一门理论知识繁多的课程，同时又具有极强的实践性，与现代国家光通信产业紧密相连，因此，有必要通过计算机仿真模拟和实验等相关教学活动给学生提供实践的机会，让他们亲自动手进行光纤通信系统的调试和实验，加深对理论知识的理解和光纤通信基本原理、技术的掌握。其次，光纤通信涉及多个学科的知识，包括光学、电子、通信等方面。实验课程改革可以设计一些跨学科的实验项目，让学生从多个角度去理解和应用光纤通信技术。这有助于学生拓宽视野，加深对光纤通信技术的综合认识，此外，实验课程内容可以根据光纤通信产业的最新需求进行调整[10]，通过与企业合作，引入实际应用的计算机仿真设计和实验项目，让学生能够了解当前光纤通信技术的发展趋势和行业需求[11]。这都有助于学生更好地适应产业发展，提高就业竞争力。

目前，除理论教学外，光纤通信课程实践教学占比例仍然过低，这不利于提升学生的实践能力和开发学生的创新思维，而且不能满足时代发展的需要。同时，现有实践课程的教学方案和教学技巧必须进

行相应提升,在保证理论教学学时充足的情况下,完善现有的教学方案,利用新技术、新手段补充实践教学内容,进而完善现有光纤通信教学体系是十分必要的[12]。本次课程的实践教学改革主要针对教学过程中存在的问题,响应科教融汇、产融结合的教育理念,将现代科技前沿仿真软件 Comsol Multiphysics 中的光纤模拟器模块和一些实验教学项目融入到理论教学当中。主要包括对现有教学手段的三点改革,具体内容包括在线教育平台与微视频的创建、计算机仿真模拟的二维或三维的可视化演示、以及计算机仿真与实验融合教学。形成理论教学、计算机仿真教学、实验教学的一体化与统一化。其中,计算机仿真教学可以使借助计算机模拟真实场景,更直观地理解和掌握光纤相关的抽象知识。实验则能够让学生亲自动手进行实际操作和实践,加深对理论知识的理解和应用。理论、仿真、实验的结合起来可以提升学生的学习效果,使他们能够更全面地掌握知识,同时有助于学生培养实践能力、增加学习动力、培养综合能力,以便提高专业人才培养质量,适应祖国现代化建设的需要。

2. 课程教学中出现的问题

光纤通信是一门综合专业课,课程所涉及的知识量很大,学生不仅需要有良好的物理知识基础和数学运算基础,而且在学习过程中更需要分析物理过程,学生必须考虑实际的生产应用场景和存在的应用难题,将理论知识体系与相关产业融合才能较好的掌握该课程。然而,由于实际教学活动主要集中在课上的理论讲授环节,因此,学生并不能很好的联系实际应用场景,具体主要存在以下两方面问题。

2.1. 光纤通信中抽象概念的展示和理解

本课学习的重点章节是第二、三、四章,包括光纤光缆、光纤通信用光器件、光纤通信系统。学生在理论方面也将对光纤光缆和光纤通信用器件原理、结构、特性、应用等知识进行全面学习。其中涉及光学和电磁场电磁波相关的复杂公式,比如单模光纤基模电磁场的表达式、特征方程等等。教学过程中,我们发现学生对枯燥的公式和概念难以理解,也不明白其中的物理意义,即使给出了部分数值计算结果,学生也对此十分困惑。其实,这些公式推演过程只是辅助学生对光纤光缆的参数和性能进行分析,例如,模式的定义、有效折射率、归一化频率等,公式的推演本身并非是学习的重点。但为了讲清楚光纤和每一种光纤通信用光器件的基本参数和物理原理,这些公式又不得不仔细给学生讲解,并且很多学生受初高中思维的影响,纠结于公式的推导和来源,浪费了大量时间,有的同学甚至因此无法对器件的物理性能进行定性分析,严重影响学习效率。此外,也有相当一部分学生对公式背后的推演方法和物理含义确实十分感兴趣,励志做理论物理研究,希望深入推导学习每一公式。因此,在电科专业这种理工融合学科的学习要求下,对于这些抽象概念的讲解和展示,笔者认为需要借助现代科技所带来的便利,在教学手段和方法上进行创新,激发学生的学习主动性和信心,兼顾工程培养和理论培养等多方面的需求,提升课程教学质量和人才培养质量。

2.2. 实验教学可展示场景有限、成本高

实验教学是光纤通信这类应用性极强的专业课程教学过程中必不可少的部分。但受教学成本的影响,实验课程所能进行教授的内容十分有限。当前所开设的实验课程主要有激光器的 P-I 特性测量,光纤基本参数测量,音频短距离光纤通信展示。学生可进行测量的内容较少,而且在实验教学过程中,我们发现很多学生只是按照实验步骤机械性地获取实验数据,遇到实验问题和某些实验现象不加思考就寻求老师帮助,在撰写实验报告过程中也未与理论教学内容相结合进行深入思考。此外,很多理论教学的内容只能通过实验进行间接测量,无法直观获得。例如,在第二章节中通过理论教学学生并不能对光纤模式有直观的理解,并且观察不同光纤参数下的各种模式相关的实验教学成本巨大。单纯的理论教学又枯燥

难懂,严重影响学生对知识点的理解和学以致用,因此,除理论教学和实验教学之外,寻求既经济又简单直观的教学方式势在必行,并且这些教学方式和教学内容之间只有相互映衬互补,才能使学生获得更佳学习效果。

3. 改革案例

在教学过程中,我们以科教融汇、产融结合为出发点,同时为了有效解决上述教学过程中出现的问题,在课上理论教学时,我们对抽象概念和抽象公式采取定性分析为主,定量分析为辅的原则,增加了仿真教学内容,借助先进的专业仿真软件与当前理论、实验教学内容相统一,帮助学生更好的理解课程内容。我们以第二章光纤和光缆为例进行了以下几点教学革新。

3.1. 在线教育平台与微视频

首先,采用线上微视频、在线教育平台等现代化科教手段完善理论教学内容。我们对第二章的知识点进行有效梳理,合理简化,旨在突出基本概念和核心知识点,讲授光纤传输的基本理论和技术。不仅让学生在理论方面提高学习效率,而且引导学生思考工业生产中的问题,做到学以致用。经过教学研讨,由于光的射线理论、波动光学基础等节的内容在其他课程中诸如,光学、数学物理方法等课程中都有具体的讲授,因此将与本门课程相关的“射线光学”、“波动光学”等知识点进行合理简化,此外“光纤的非线性效应”部分主要作用是帮助学生分析影响光纤传输性能的一些因素,并非该章节教学的重点,因此在课堂上也不再具体讲解。我们通过引入在线微视频,在学校在线教育平台中的辅助教学模块展示第二章中的简化内容和公式推演部分,将该光纤通信中相关的较为关键的光学、数学物理方法基础知识制作成微视频,让学生利用课余时间观看和学习。微视频具有时间短、资源容量小、易获取等特点,并且视频内容偏向于重要知识点的背景介绍、公式的推演、因课堂时间有限而简化的内容。这样不仅能帮助学生具体的知识点,打牢基础,而且不占用课上宝贵的理论教学时间,同时,有助于学生提前了解课上内容,提高了学生学习效率,而且有助于学生随时复习,内化知识。

3.2. 计算机仿真模拟的二维或三维的可视化演示

第二章的学习难点是光纤的模式部分,我们先前主要利用几何射线光学法和波动光学法对光纤的模式进行理论解析。对于射线光学法,在教学过程中主要利用菲涅尔公式和 Snell 定律等,推导光纤内的传输光线在满足全反射条件下的特征方程,帮助学生建立光在光纤里传输的基本物理图像,射线光学法虽然足够直观并且容易理解,但难以得到单模光纤传输的必要条件,无法提供光通信中单模光纤和多模光纤的精准设计依据。对于波动光学法,一般从麦克斯韦方程组出发,通过边界条件和分离变量法解柱坐标系下的亥姆霍兹方程,得到横向电场的径向关联的一系列贝塞尔函数正交解和特征方程,从而引出线偏振模式的概念,对模场场强分量或强度的分布则是直接给出数值计算结果,然后与几何光学中的光线传播路径对比分析。从课上学习效果不难看出,理论教学内容仍不够直观且与实际的产业应用脱钩,为了更好的体现科教融汇、产融结合的理念,我们在原有理论教学课时精简的基础上,增加了前沿的计算机仿真教学内容。

仍然以第二章为例,考虑到如何将光纤中的抽象概念更加具体的展示给学生,例如,将模式、有效折射率进行展示。我们将充分利用计算机仿真软件——基于有限元分析的 Comsol Multiphysics,进行二维或三维的可视化教学演示。这种教学手段主要涉及图像和动画的演示,使用图像和动画可以帮助学生更好地理解光纤中的抽象概念,还可以提高学生的学习兴趣,激发学生的学习热情。例如,通过绘制光纤截面的示意图,展示光波在光纤中的传输路径,帮助学生理解光波的传播原理。另一方面,除了对光纤进行射线光学和波动光学分析外,我们将利用 Comsol 开发的光纤模拟器融入课堂,该模拟器覆盖几乎

所有的商用光纤类型，包含一个同心层结构，其内层形成纤芯，外层形成包层。由于纤芯的折射率比包层高，因此导模可以沿光纤传播。为学生理解和计算单模光纤、阶跃型光纤、折射率梯度光纤提供了便利性。**图 1** 是光纤模拟器的界面图展示，该模拟器提供了三种类型的光纤，分别为通信波段标准单模光纤、阶跃型多模光纤、渐变型单模光纤，这三种类型的光纤涵盖了教科书中的几类基本光纤类型，并且学生可通过光纤基本参数栏自由设置纤芯和包层的直径和材料类型，例如，对于标准单模光纤包层直径默认为 $125\text{ }\mu\text{m}$ ，纤芯直径为 $8.2\text{ }\mu\text{m}$ ，对于阶跃型多模光纤，仿真模拟器也会给出默认数值，当然这些数值学生可根据计算需求进行更改。另外，光纤的工作波长和需要解析的模式数可通过仿真参数栏设定。一地的，由于光在光纤中传播的最低损耗窗口附近，可将仿真波段设置在该范围内，同时学生可以根据研究需要设置仿真的线偏振模式数量。

当然，在该仿真模拟器中，学生也可以随意输入光纤纤芯和包层的直径、折射率，计算结果主要包括不同波长点下不同模式的电场强度分布、模场有效直径、群延迟、色散、衰减和平均折射率等参数。图中就是计算的典型单模光纤在 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ 处基模的场强分布图。可以看到光场能量主要集中在纤芯位置，并沿径向呈现高斯分布的特性。将仿真软件和光纤模拟器融入课堂，可加深学生对理论教学知识的理解和掌握，提高学生的科学实践能力，并且该部分学习内容在光纤的设计、研究工业生产中都为光纤基本性能的研究提供了极大的便利性。

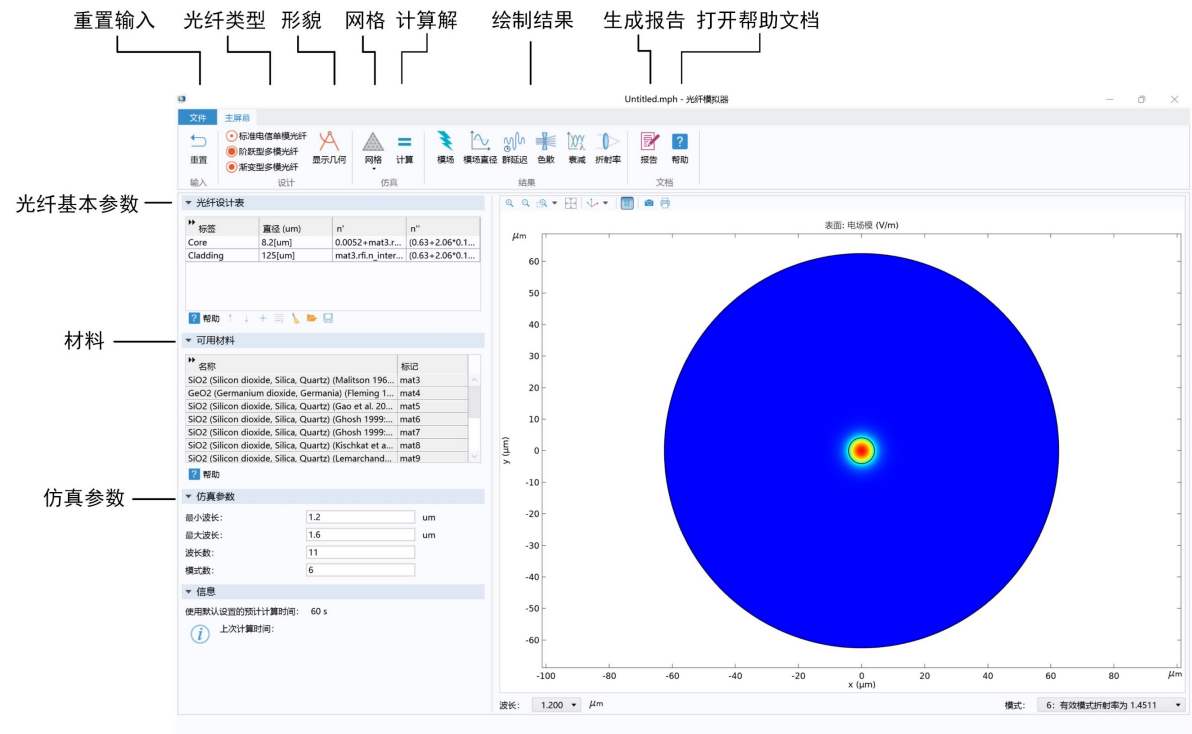


Figure 1. Optical fiber simulator interface
图 1. 光线模拟器界面

3.3. 仿真模拟器与光纤实验综合教学的融合

计算机仿真演示教学是与硬件无关的，无法完全模拟与硬件相关的部分，仿真教学虽然可以模拟真实场景中的抽象概念，加深学生对知识的理解，但无法提供真实的体验感，因此，实验教学中的许多内容也是无法替代的。为了更全面地激发学生的学习兴趣，需要考虑计算机仿真如何跟实验教学融合，内

容统一，以便更好地发挥实践教学的作用。因此，针对第二章节光纤的原理部分的内容，我们还设计了实验教学部分。主要包括光纤的耦合和传输以及数值孔径角的测量，我们首先让学生截取光纤，了解光纤切割和光纤使用过程中的基本原理和注意事项。然后，学生通过自己调整光纤接收光角度等，获取最大输出功率。学生在实验过程中产生了很多疑问并提出了许多尝试解决的方案，例如，在光纤耦合实验教学过程中，光纤要迅速且垂直切割的目的；光纤缺陷对损耗的影响有多大；影响光纤输出光功率大小的因素等等。这些都是只有通过实验学生才能产生的疑问。通过思考和实验，学生可以体会到，光纤端面切割足够垂直才能保证光纤端面的耦合功率值足够大，光纤弯折、包层模式的泄漏辐射等都会极大影响光纤输出功率，以至于无法通过光纤传输信号。此外，我们要求学生将白屏放置在光纤输出端口可直接观察光纤输出基模图样，并仔细调整各调整架上的调整螺钉，尽量使输出成为明亮、对称、稳定的高斯分布。为了测量基模径向强度分布规律，将数值孔径测量附件置于光纤输出端面前，记录光纤端面 and 探测器之间的距离值，仔细调整光栏小孔在光斑中的位置，找到高斯光斑的中心，此时光功率指示值最大，沿径向平移探测器接收到的光功率最小；最终学生可以绘出光强分布曲线，应近似为高斯曲线。学生通过与先前使用仿真模拟器模拟计算的结果进行对比，可以得到一致的结果。

4. 改革成效

如图 2 所示，在进行在线教育平台与微视频的教学改革之后，从平台系统生成的学期内学生学习次数上显示，在本课程一共 12 个教学周的前提下，大部分学生的学习次数都达到 20 次以上。学生一般每周在上课前或课后能进行 2 次学习，且多数学生学习时长保持 200 分钟以上，有特别感兴趣的同学甚至一周能进行 8 次学习，学习时常更是达到 2500 分钟之久。这些数据证明这一改革举措对大部分学生，尤其对本课程极其感兴趣的学生的学习起到很好的促进作用。

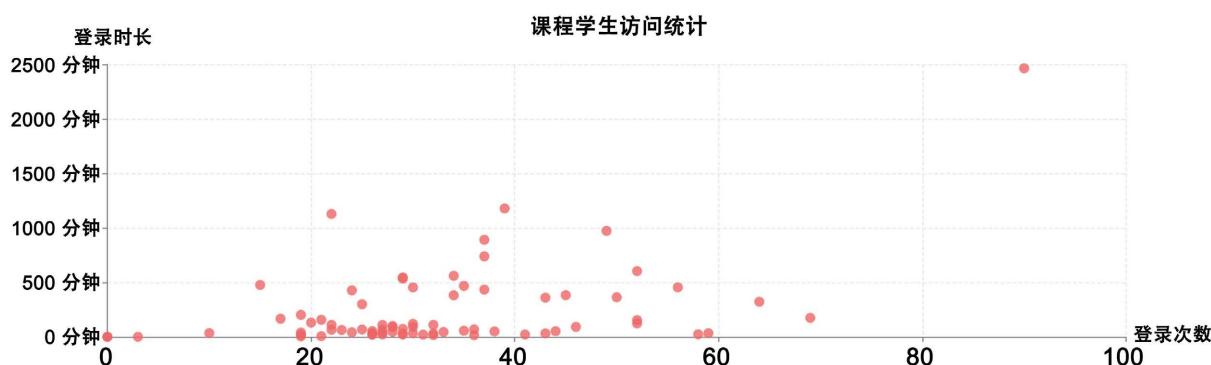


Figure 2. Online platform and micro-video student learning statistics

图 2. 在线平台与微视频的学生学习次数统计

另外，引入计算机仿真可视化演示后，我们发现学生期末考试分数中，计算题的得分率明显上升，这说明学生对光纤中抽象概念有了更深刻的理解。如图 3 所示，我们分别对加入仿真模拟器的实验成绩和未进行教学改革实验成绩进行对比，数据显示，高分段的学生人数从 59% 增加到了 66%，这也充分显示了该教学手段的有效性。改进后的教学效果也显示，通过将这部分的教学内容与仿真模拟融合在一起，学生获得了一定的实践技能，加深了对基本问题的理解，而且有助于与理论知识的融会贯通。此外，从毕业数据上来看，有很多毕业生在毕业后继续攻读研究生，选择光波导仿真相关的研究方向或工作。证明相比于单纯的理论教学，在课程教学中引入计算机仿真模拟，并将其与实验教学融合，不仅能提高学生的学习兴趣 and 科学素养，而且为学生将来从事工业生产和科研工作奠定了良好的技术基础。

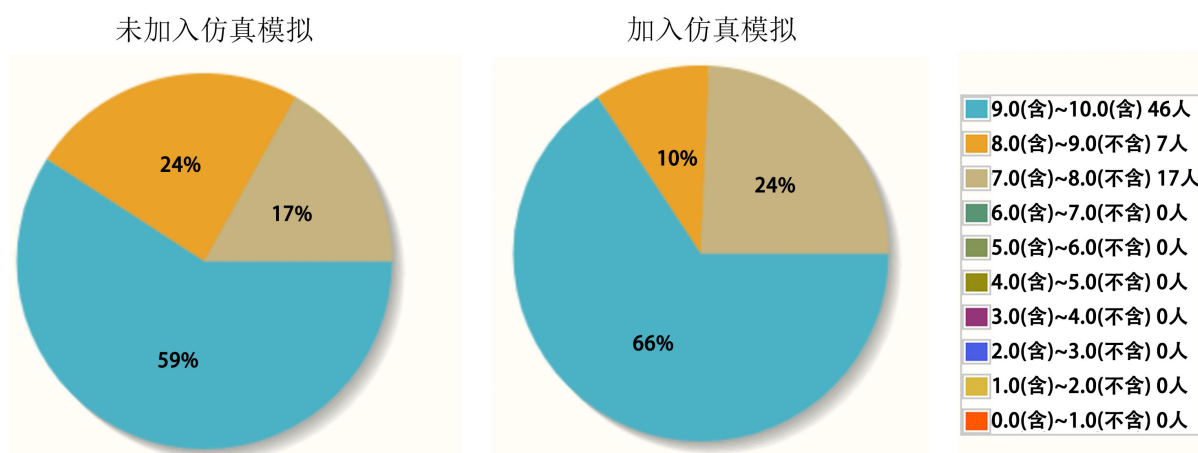


Figure 3. Experimental score statistics
图 3. 实验成绩统计

5. 总结

综上, 针对当前教育部科教融汇、产融结合的号召, 以及新工科教学背景对高等教育改革提出新要求, 在这一系列政策背景下, 传统的理论教学手段已经无法满足现代化专业人才的培养需求, 尤其对电子科学与技术的本科生培养, 应更加注重实践教学的改革。因此, 针对光纤通信课程, 我们主要进行了三个方面的教学改革, 包括: 在线教育平台与微视频的创建、计算机仿真模拟的二维或三维的可视化演示、以及计算机仿真与实验融合教学。在线教育平台与微视频的创建可以帮助学生做好课前预习和课后复习, 辅助学生对基本公式、基本概念的理解; 计算机仿真模拟的二维或三维的可视化演示有助于学生对该课程有更直观的理解, 节约经济成本的同时, 帮助学生提高学习效率, 提升学习技能; 而计算机仿真与实验融合教学可以全面地激发学生的学习兴趣, 带给学生真实的体验感, 同时有助于学生在工程实验中发现问题并解决问题。这一系列的改革举措不仅加深了学生对课程内容的理解和掌握, 而且有助于学生学习更多的实践技能, 提升综合素养, 从而培养现代化建设的新工科人才。

参考文献

- [1] 孟君玲, 徐娜, 冯静东, 赵丽娜. 新时期地方院校应用型人才培养模式的探索与实践——以吉林师范大学化学类专业为例[J]. 化工高等教育, 2024, 41(2): 24-29.
- [2] 周海涛. 高等教育科教融汇的缘由和对策[J]. 国家教育行政学院学报, 2024(3): 11-17.
- [3] 彭莉君. 大学与科研机构科教融汇协同育人机制建构[J]. 研究生教育研究, 2024(2): 73-79.
- [4] 沈家乐, 朱德全. 走向课程秩序: 高职教育科教融汇的具象逻辑[J]. 中国高教研究, 2024(4): 102-108.
- [5] 李茜, 叶振忠. 软件仿真平台在光纤通信实验教学改革中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(12): 165-168.
- [6] 蒋守凤, 王慧. 通信技术专业光纤通信课程改革教学[J]. 中国新通信, 2020, 22(9): 170-171.
- [7] 王勋. 光纤通信课程的改革方略[J]. 数字化用户, 2017, 23(43): 3.
- [8] 高方绮. 浅谈基于 CDIO 教学模式的《光纤通信》课程的改革[J]. 读天下, 2016(15): 98.
- [9] 谷冰. 基于计算机虚拟仿真实验平台研究[J]. 无线互联科技, 2020, 17(3): 123-124.
- [10] 彭霞, 姚玲, 史道玲, 赵玉荣, 张丽华. “云 + 端”理念下光纤通信实验课程智慧课堂设计与探索[J]. 科技视界, 2020(3): 60-61.
- [11] 赵健. 新工科背景下光通信课程 Comsol 仿真实验设计与实施[J]. 科技创新导报, 2019(29): 216-219.
- [12] 陈旭. 新工科背景下光纤通信课程教学改革的思考[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)教育科学, 2022(5): 260-263.