

基于虚拟仿真技术的电磁学实验教学改革

雷欣瑞

上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海, 200093;

摘要: 在电磁学实验教学中, 传统的实验方式存在实验设备昂贵、实验条件复杂、操作风险高等问题。本文探讨了基于虚拟仿真技术的电磁学实验教学改革, 旨在优化传统教学模式, 提升实验教学效率与质量。虚拟仿真实验平台能够模拟真实的电磁学实验环境, 提供丰富的实验案例, 允许学生反复练习, 降低实验成本, 增强实验安全性。采用虚拟仿真技术的电磁学实验教学不仅可以显著提高学生的学习兴趣 and 实验操作技能, 促进了理论知识与实践能力的深度融合, 培养学生的工程思维能力和工程实践能力。此外, 该改革还促进了教学资源的共享与创新, 为电磁学实验教学的现代化转型提供了有力支持。

关键词: 电磁学; 虚拟仿真; 电磁学实验; 教学改革

DOI: 10.69979/3029-2735.25.1.071

随着科学技术的日新月异, 电磁场与电磁波的理论及其应用已广泛渗透并深刻影响着现代科学的众多领域, 涵盖了从电气控制系统的精密调控到通信网络的无缝覆盖, 从雷达系统的敏锐探测与导航系统的精确定位技术, 到遥控技术的便捷操作、环境监测的精密实施、遥感技术的远距离探测、灾害预警的提前布局, 乃至资源勘探的深度探索等^[1-2]。此外, 在光纤通信技术的革新、超导现象的研究、电子对抗策略的制定、生物电磁学效应的探索等前沿科学领域, 电磁场理论同样扮演着核心与关键的角色。然而, 当前电磁场相关课程的教学模式普遍侧重于教师的讲授与学生的听讲记录, 这种教学方式对学生的创造力培养及问题解决能力的提升构成了显著障碍。同时, 课程内容更加注重理论知识的传授, 而在学生实践技能与工程应用能力的培养上较为薄弱。此外, 传统的实验教学方法还面临着实验设备高昂的成本、实验条件设置的复杂性以及实验操作过程中潜在的安全风险等多重挑战。这些问题不仅限制了实验教学的广泛开展, 也影响了学生对电磁场与电磁波理论知识的深入理解和实践应用能力的提升^[3-5]。

计算机技术的飞速发展使得虚拟仿真技术在电磁学理论领域内展现出了非凡的活力与潜力。该技术凭借尖端的仿真软件, 巧妙地将电磁学中原本抽象难懂的物理概念转化为精确且详尽的数学模型。通过严谨的科学计算, 这些复杂的电磁场与电磁波现象得以在三维图形、动画或动态图像中直观展现, 实现了电磁学理论问题从抽象到具象的可视化转变。这一可视化手段极大地促进了学生对电磁场分布特性、电磁波传播机制等抽象概念的理解深度。它使得原本难以捉摸的电磁现象变得触手

可及, 帮助学生构建更为清晰、直观的知识框架, 从而深化了对电磁学基本原理的认知^[6-9]。更为重要的是, 虚拟仿真技术为学生打造了一个既互动又富有趣味性的学习环境。它不仅能够有效激发学生的探索欲望与好奇心, 还鼓励学生自主设计实验方案, 勇于踏入未知的科学领域。在这一过程中, 学生得以锻炼创新思维, 提升问题解决能力, 为将来在科研与工程领域的探索奠定坚实的基础, 为社会培养具备创新精神与实践能力的未来人才。

本文致力于探究虚拟仿真技术在电磁学教育实践中的应用潜力, 系统性地分析其在增强教学成效、缩减实验经济成本及激发学生探索兴趣等方面的显著优势。具体而言, 借助先进的虚拟实验环境, 我们能够精确地模拟电磁波在各种介质中的传播动态、不同实验参数下电磁场的分布格局以及电磁波的辐射模式, 进而促进对电磁波空间分布特性和传播机理的深层次理解。通过整合虚拟仿真平台, 电磁学的教学活动得以转化为一种更为生动、直观且高效的教学模式。此平台不仅允许学生在虚拟环境中安全、重复地进行实验探索, 还极大地丰富了教学手段, 使得抽象复杂的电磁现象得以具象化展现, 从而有效提升教学质量与学习体验。

1 虚拟仿真与理论教学的关系

虚拟仿真教学与理论教学之间存在着一种紧密且不可或缺的相互依存关系。理论教学构成了虚拟仿真实践的坚固理论基石, 它为学生铺设了一条通往深刻理解与应用虚拟仿真技术的认知路径。在这一知识构建的过程中, 学生们通过在理论学习中系统掌握的基本概念、核心原理以及理论架构, 成为了他们后续在虚拟仿真环

境中进行探索与实践的先决条件与理解基石。

鉴于此,课堂教学活动的设计应当超越单纯的理论公式推导层面,转而注重理论对解决实际问题的导向作用与实用价值。这意味着,在传授理论知识的同时,教师应积极融入数值计算的基础理念,以此作为桥梁,连接抽象理论与具体实践,使学生能够学会如何将理论原理转化为解决实际问题的工具,从而深化他们对理论知识的理解和掌握,并促进其在虚拟仿真环境中的有效应用。这样的教学策略不仅丰富了教学内容,还增强了学习的实用性和学生的问题解决能力。

2 基于虚拟仿真的教学探索

虚拟仿真技术构成了电磁场可视化的核心方法论之一。本研究致力于通过运用 MATLAB 构建一个逐步递进、由简入繁的电磁场仿真体系,旨在实现从基础到高级、从直观可视化到精确调控的梯度式实践框架。具体而言,我们利用 MATLAB 的编程能力和内置函数库,设计了一系列仿真实验,这些实验不仅逐步增加了电磁场问题的复杂性,还促进了从直观理解电磁场分布特征向精确操控电磁场行为的跨越,从而在理论与实践之间架设了一座桥梁。

2.1 基于库仑定律的静电场仿真

库仑定律作为静电学的基本定律之一,精确阐述了在真空环境中,两个处于静止状态的点电荷之间相互作用力的数学关系。依据这一定律,研究者能够推导出空间内电场强度的分布以及电势的排列情况,这对于理解静电现象至关重要。然而,当面对电荷分布呈现连续性的复杂体系时,直接通过解析方法求解该体系的电场分布及电势配置往往变得极为棘手和具有挑战性。通过对具有任意复杂性和多样性电荷分布的电场及其伴随的电势分布进行高精度的数值仿真,并结合先进的可视化技术,我们能够为电磁学和静电学的教学,提供一种直观且生动的学习工具。这一过程不仅使学生能够观察到电场线和电势等势面的动态演变,深入理解静电场的空间分布特性,如电场强度的矢量方向、大小变化规律以及电势的标量分布特征,还能够增强学生对电场叠加原理、库仑定律、高斯定理等核心概念的掌握与运用。

此外,这种仿真方法还允许学生探究不同电荷配置对电场和电势分布的影响,包括点电荷、线电荷、面电荷以及体积电荷分布等多种情况。通过调整电荷的位置、数量以及分布形态,学生可以直观地观察到电场和电势随之产生的变化,从而深化对静电场物理本质的认识。进一步地,借助先进的交互式仿真平台,学生能够亲自

参与电场和电势分布的探索过程,通过自主设定实验参数、观察仿真结果并进行数据分析,培养他们的科学探究能力和创新思维。这种主动学习的方式不仅能够提升学生的问题解决能力,还能激发他们对电磁学领域的兴趣与热情。因此,利用数值仿真与可视化技术展示具有任意电荷分布的电场及电势,为电磁理论教学开辟了一条新颖且高效的路径,极大地丰富了教学手段,提升了教学质量,为培养具有扎实理论基础和实践能力的电磁学专业人才奠定了坚实的基础。

同时,静电场仿真的应用范围广泛,可以延伸至多个学科与实际应用场景中。在生物医学领域,静电场仿真技术被用于深入探究生物体内电荷分布格局及电势动态变化,为理解生物电现象及生理过程提供了有力工具。在环境保护领域,该技术则助力分析大气污染物在电场效应驱动下的迁移路径与转化机制,为环境污染控制与治理策略的制定提供了科学依据。此外,在材料科学领域,静电场仿真成为研究材料电学特性及电荷传输行为的关键手段,对于新材料的设计与性能优化具有重要意义。这些静电场仿真的应用实例凸显了其在多学科交叉融合中的独特价值与广泛适用性。通过对仿真结果的细致解析与设计参数的精准优化,不仅能够显著提升相关设备的运行效能与稳定性,还能有效缩减能耗与成本开支。因此,静电场仿真技术在推动科学研究进展、指导工程设计实践以及解决实际应用难题等方面,均展现出了强大的支撑作用与广阔的应用前景。

2.2 基于有限时域差分法的时变电磁场仿真

麦克斯韦方程组构成了时变电磁场的理论基础,描述了电场与磁场之间的激发与演化关系。这些方程组不仅揭示了电场如何由电荷分布产生,同时也阐明了磁场如何响应电流的变化以及电场自身的时变特性。通过麦克斯韦方程组,我们能够理解到电场与磁场在空间中如何相互交织、彼此影响,共同构成了一个动态平衡的电磁场系统。麦克斯韦方程组的精确求解往往比较困难,只有满足特点条件的方程可以求得解析解,因此,需要引入数值求解的方法对电磁波的传播问题进行理解。有限时域差分法通过对麦克斯韦方程在空间域和时间域进行离散化处理,来模拟电磁波的传播和散射过程。该方法的基本原理在于将连续的电磁场问题转化为离散的数值问题。具体来说,它将模拟区域划分为一系列网格,每个网格点代表一个空间位置,用于计算电场和磁场分量,从而模拟复杂电磁波的传播、散射、衍射等问题。

学生通过运用 MATLAB 编程语言,能够自主实现电磁波在复杂介质中传播以及柱状天线辐射等基本问题的数值模拟。与此同时,借助全波仿真领域的专业软件 Lumerical,可以获得更高精度的仿真结果和更快的仿真速度,学生通过对天线、波导等结构下电磁场的传播散射问题进行仿真,能够更加深入地理解电磁场理论。并通过与 MATLAB 编程语言的结果进行对比,可以优化自己编写的脚本语言,以验证仿真结果的准确性和可靠性。这一系列过程不仅锻炼了学生的实践操作能力,还促进了理论与实践的紧密结合,为学生未来的专业发展和研究奠定了坚实的基础。

2.3 基于虚拟仿真的课程考核

虚拟仿真考核流程中的质量控制构成了教学改革的核心组成部分,确保其公平性与公正性显得尤为关键。为了有效防止学生在实践任务中相互抄袭,本次教学改革创新性地实施了一人一题的策略,旨在全面激发每位学生的学习动力。具体实践中,我们对学生进行了系统的编号处理,并依据编号划分了大组与小组,其中大组之间的实践任务内容有所差异,例如求解不同类型的电荷分布所产生的静电场问题。每个大组进一步细分为 3 至 5 个小组,并且实践任务的参数设置与小组编号紧密相关,以此增强任务的独特性和针对性。在提交实践报告的基础上,学生还需就自己的实践内容进行约 3 分钟的口头汇报,详细阐述实践中的具体内容、基本原理、采用的方法等关键细节,从而确保虚拟仿真实践作业的质量,并维护考核的公平性。

为了提供全面的支持,每周还特设 1 学时,专门用于解答学生在理论知识、计算机程序仿真问题、数据论证挑战、实验验证等方面的疑问。为此,我们安排了助教进行针对性的指导和帮助,以确保学生在整个实践考核过程中能够获得及时有效的支持。

3 结语

运用虚拟仿真技术的电磁学实验教学策略,能够成功地将原本高度抽象的电磁学概念具象化为静态乃至动态的直观视觉表征,进而剖析并解决电磁学范畴内的复杂难题。这一方法论通过深度整合可视化技术与理论分析,以一种前所未有的直观性和生动性来展示电磁学知识体系,显著增强了教学效果,拓宽了教学的认知边界。此举不仅极大地激发了学生的学习热情与好奇心,

而且促使学生得以更深刻、更全面地把握电磁学中纷繁多样的物理概念及其内在逻辑。此外,这种创新性的教学模式为教师群体带来了更为多元化、灵活的教学手段与方法论选择,为电磁学理论教学与实验教学的深度融合探索出了一条全新的途径。它不仅丰富了教学活动的维度,也为提升教学质量与效率、促进学生主动学习与深度理解提供了强有力的技术支撑和理念引领。

参考文献

- [1] 盛丽丽, 李云. 应用型高校《电磁场与电磁波》课程改革的探讨[J]. 教育教学论坛, 2018(23): 116-117.
 - [2] 周宏威, 张绍儒, 黄晓舟, 等. 电磁场课程理论及实践教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(8): 371-374.
 - [3] 徐国雄. 信息类本科专业“电磁场理论”的教学难点与解决方法探讨[J]. 课程教学, 2019(28): 105-106.
 - [4] 黄健全, 蒋纯志, 谭乔来, 等. 电磁场与无线技术实践教学体系[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(4): 179-181.
 - [5] 朱金秀, 范新南, 朱昌平, 等. 电气信息类人才实践创新能力培养体系[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(10): 129-131.
 - [6] 娄娟, 蔡国伟, 周军, 等. 以科技活动为载体培养创新人才[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(7): 126-129.
 - [7] 闫绍峰, 廖国进, 曾红, 等. 工程型人才培养模式下的实践教学体系构建[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(6): 223-226.
 - [8] 孙晓东, 朱笛, 缪竟鸿. “电磁场与电磁波”课程教学改革与实践[J]. 当代教育实践与教学研究, 2018(9): 68-69.
 - [9] 凌丹, 陈文华. 电磁场与微波实验教学的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(2): 210-213.
- 本文系上海市“上海市高校青年教师培养资助计划”课题名称:《电磁理论》课程教学中深度强化辩证唯物主义思想的探索与实践的研究成果。