

物理实验



STEAM 教育理念下电场自动测绘仪的开发

陈 华 张丁文 果超逸 吴中元 秦颖华 寻之朋 石礼伟
(中国矿业大学材料与物理学院, 江苏 徐州 221116)

摘 要 将静电场教学实践中遇到的问题,作为课外拓展课题研究是新工科人才培养的有效方式之一。本文基于 STEAM 教育理念,采用项目式学习,以学生为主体,以跨学科融合和创新为导向,制定教学目标和教学方法。将物理理论和实验创新有机融合,引导学生结合单片机技术和 Matlab 程序,设计出新型可视化电场自动测绘仪。该仪器操作简便高效,测量精度高,还能直观展示电场的动态变化。而学以致用用的过程,提高了学生的创新能力和知识综合运用能力,也为高校的教学改革提供了新思路。

关键词 STEAM 教育理念;项目式学习;电场自动测绘仪

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC SURVEYING INSTRUMENT FOR ELECTRIC FIELD BASED UPON STEAM EDUCATION CONCEPT

CHEN Hua ZHANG Dingwen GUO Chaoyi WU Zhongyuan QIN Yinghua XUN Zhipeng SHI Liwei

(School of Materials and Physics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract It is an effective way to train new engineering talents to take the problems encountered in the teaching practice of electrostatic field as extracurricular research topics. Based on the concept of STEAM education, this paper adopts project-based learning, takes student as the main body, and takes interdisciplinary integration and innovation as the orientation, to develop teaching objectives and teaching methods. Physics theory and experimental innovation are organically integrated to guide students to design a new visual automatic surveying instrument for electric field by combining single-chip microcomputer technology and Matlab program. This instrument is easy to operate and efficient, with high measurement accuracy, and can visually display the dynamic changes of the electric field. The process of applying knowledge to practice improves students ability of innovation and comprehensive application of knowledge, and also provides new ideas for the reform of teaching in universities.

Key words STEAM education concept; project-based learning; electric field automatic surveying instrument

密立根说:“科学靠两条腿走路,一是理论,一是实验。有时一条腿走在前面,有时另一条腿走

在前面。只有使用两条腿,才能前进。”大学物理是高校理工科各专业的的基础必修课,对培养学生

收稿日期: 2023-06-01; 网络首发日期: 2023-11-16

基金项目: 江苏省高等教育教改研究重点项目(2023JSJG683)、江苏省青蓝工程优秀教学团队建设项目、教育部高等学校大学物理课程教指委(华东地区)高等学校教学研究项目(2023JZWHD01)、大中物理教育衔接工作委员会教学研究课题(WX202313)、中国矿业大学“教育数字化专项”(2022ZX12、2023ZX38)资助。

作者简介: 陈华,中国矿业大学材料与物理学院讲师, chhmsm@163.com。

通信作者: 寻之朋,中国矿业大学材料与物理学院副教授, zpxun@cumt.edu.cn; 石礼伟,男,中国矿业大学材料与物理学院教授, slw@cumt.edu.cn。

引文格式: 陈华,张丁文,果超逸,等. STEAM 教育理念下电场自动测绘仪的开发[J]. 物理与工程, 2024, 34(3): 145-150.

Cite this article: CHEN H, ZHANG D W, GUO C Y, et al. Development of automatic surveying instrument for electric field based upon STEAM education concept[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(3): 145-150. (in Chinese)

的科学素养、高阶思维和创新能力起着重要作用,但传统教学中“重理论、轻实验”的情况,不利于学生实践能力的培养。随着新一轮科技革命和产业变革的到来,如何培养新工科背景下新经济所需的实践创新能力强的高素质复合型人才,已成教学改革探讨的热点问题^[1,2]。

新工科强调学科的实用性、交叉性和综合性,而传统教学缺乏综合能力培养。2015年,教育部提出要探索 STEAM 新教育模式,加快创新型人才的培养步伐^[3]。STEAM 教育是集科学、技术、工程、艺术和数学为一体的多学科综合性教育,是一种重实践的超学科教育理念。它打破常规学科界限,以跨学科融合和创新为导向,增强学生解决实际问题 and 终身学习的能力。因物理学科与 STEAM 教育理念共融,故在物理教学中融入 STEAM 教育的可操作性更强^[4]。通过项目式学习能有效进行深度学习,并培养学生的核心素养^[5]。

大学物理中研究静电现象及其应用时,需要确定带电体周围的电场分布情况,但电场理论抽象难懂,大都不能求出其电场分布,往往采用实验方法模拟测绘。实际教学中,就有“用模拟法测绘静电场”的经典实验,所用实验装置基于打点法,实验者要描绘电场分布就需手动测量待测电场中上百个位置的电势值,操作耗时、误差大。鉴于此,不少研究探讨了此实验,例如:有研究用指数拟合法、二元线性回归法等数据处理方法来减小误差^[6];也有研究以此实验为对象,开发了虚拟仿真实验,丰富实验教学内容^[7]。但进一步融合大学物理和实验,开发电场自动测绘仪仍是很有意义的课题。

本文在 STEAM 教育理念下,开展大学物理的课外拓展课题研究。结合教学实践中发现的问题,采用项目式学习,引导学生对电场测绘仪进行开发。笔者团队运用单片机技术和 Matlab 软件,设计开发了一种能同时测出多个位置电势的新型电场自动测绘仪。

1 STEAM 教育的教学目标和教学方法

1.1 教学目标

基于 STEAM 教育理念制定课外拓展课题的教学目标时,要注重跨学科融合性、实践互动性和开放自主性。结合“电场自动测绘仪”的设计思路,从知识、技能、思维、素养四个维度设定了教学目标,如表 1 所示。

表 1 STEAM—项目式学习的教学目标

知识	- 掌握静电场、单片机、Matlab 和实验相关理论知识; - 设计系统装置和实验方案; - 能结合数学知识进行数据分析。
技能	- 能用单片机技术设计制作仪器; - 运用 Matlab 软件编程处理信息; - 掌握实验技能,提高动手操作能力。
思维	- 能用跨学科思维思考设计方案; - 能用科学思维对问题进行推理论证、归纳演绎; - 会用批判性思维评价分析实验结果,创新优化方案。
素养	- 提升工程素养; - 提高团队协作意识、沟通表达能力; - 体会物理学的理性美和科学的简洁统一美。

1.2 教学方法

根据教学环境和学生实际情况,在项目式学习中融入了三种教学方法^[4]。

(1) 实验探究法:教师作为组织者,让学生通过亲身参与实验的设计操作、测试交流和评价优化过程,探索出解决问题的方案,增强高阶思维能力。

(2) 合作讨论法:以小组形式,通过分工合作、取长补短共同完成开发项目。这种方法很适合综合性强的项目式学习,能发挥团队优势。

(3) 自主学习法:以学生为认知主体,培养其独立思考和自主学习能力,变“学会”为“会学”。

2 STEAM—项目式学习的实施过程

2.1 项目前期

(1) 发现问题、确定任务。在教学中,先让学生完成传统的静电场测绘实验,鼓励学生用心观察体会,提出问题,并将发现的问题汇总。然后,在教师引导下探讨确定课题研究任务。理论联系实际,激发学生的创新意识。

(2) 设定目标、团队分工。项目基于 STEAM 教育理念,以学生为主体,从科学、技术、工程、数学和艺术五方面构建多元化的学习目标。

按图 1 所示流程,展开设计研究工作。先在

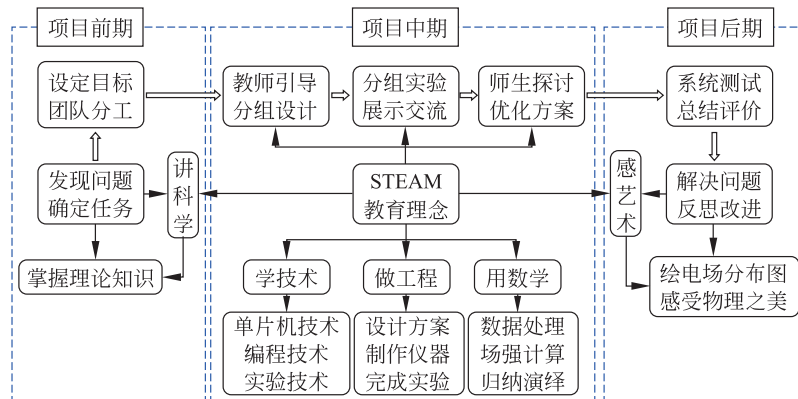


图1 STEAM 教学流程图

教师组织下,根据自身特长确定分组成员。然后,针对现有测绘仪的不足之处,通过自主学习,掌握项目所需的物理、实验、单片机和计算机等相关理论知识。

2.2 项目中期

(1) 教师引导、分组设计。在教师引导下,将所学理论知识和单片机技术、编程技术、实验技术用于设计系统装置和仪器制作。各小组具体任务如表2所示。

表2 STEAM—项目式学习的任务

组别	任务
1	用C语言往单片机的固件写入程序代码
2	用Matlab编写可视化绘图程序
1	电势测量主板和实验装置设计
1和2	提供设计方案选购实验器材
1和2	实验仪器制作及调试

学生将多学科知识融会贯通,构建综合知识体系,实现知识的横向互补。鼓励学生提出多元设计方案,体验失败。在发现、解决现实问题的过程中体验科学探究的乐趣,提升学生的实践能力。

(2) 分组实验、展示交流。要用稳恒电流场模拟静电场,就要使两者满足相同的数学方程和边界条件。即①所测电极的形状和带电体的几何形状相同;②电极和导电介质要接触良好,导电介质是均匀各向同性介质;③电极的电导率远大于导电介质的电导率。因此,实验采用与电源正负极连接的两个点电极的稳恒电流场来模拟等量异号的

点电荷系的电场,而导电介质选择与电极接触良好且导电率均匀的导电溶液。分两组进行实验,分别选用0.5mol/L的 Na_2SO_4 溶液和0.5mol/L的 NaHCO_3 溶液。然后结合数学对实验结果进行数据分析,两组进行展示交流。通过实验探究和展示交流,提高了学生的操作技能和组织表达能力,还能培养学生的科学态度,体会数学的严谨之美。

(3) 师生探讨、优化方案。师生根据实验结果对实验装置反复交流探讨,找到设计中的不足,不断优化,形成的最终设计方案如下:

系统装置如图2所示,主要包括电场测绘仪

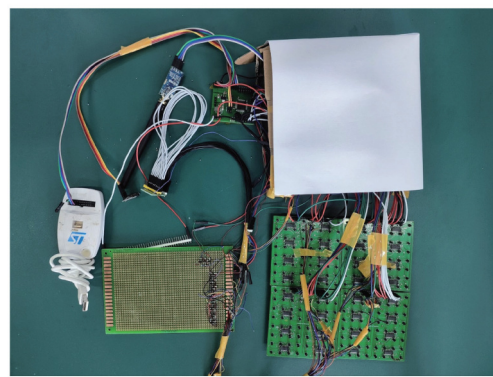
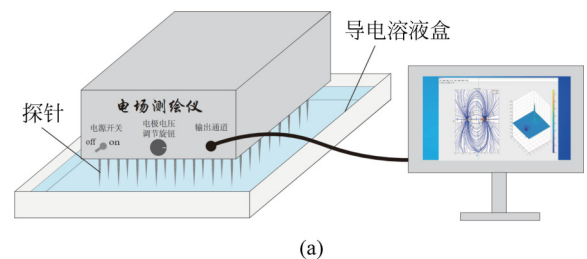


图2 系统装置图

(a) 系统装置示意图; (b) 系统装置实物图

模块、导电溶液盒和输出显示单元。探针均匀分布在测绘仪的主体电路板上,可同时测出不同场点处的电势值,提高了实验的效率和精度。

该系统装置的工作流程如图 3 所示。测绘仪的主体由核心板和电势测量主板构成,仪器通过单片机控制主板芯片,选择待测探针,打开对应通道,高效准确地采集处理电势数据,实现自动测量功能。

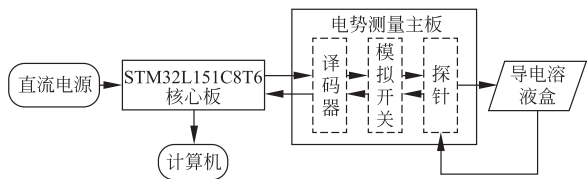


图 3 系统装置的工作流程

设计的电势测量主板主要包括译码器、模拟开关、探针等,其电路原理图和焊接完成的实物分别如图 4 和图 5 所示。此设计不仅便于系统搭建和故障排除,还可在不牺牲性能的情况下节约成本。

装置的控制及测绘系统由单片机控制,其控制模块的软件流程如图 6 所示。先设定采样通道次序和中断函数,再通过探针测量单通道电压,并进行 A/D 转换,然后判断是否符合数据采集条件。若符合条件,就通过串口将数据发送到电脑;若不符合条件,就改变测量通道,重复操作,直到完成对整个稳恒电流场的测量。

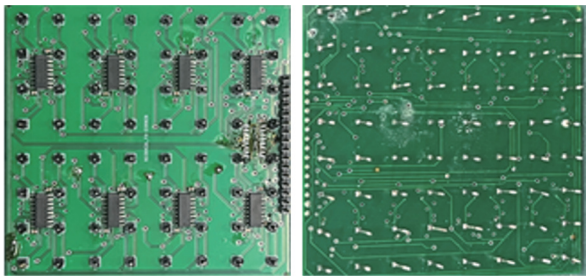


图 5 电势测量板实物图
(a) 正面; (b) 反面

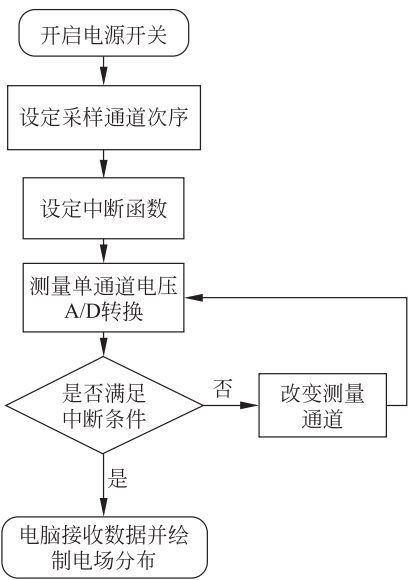


图 6 控制模块软件流程图

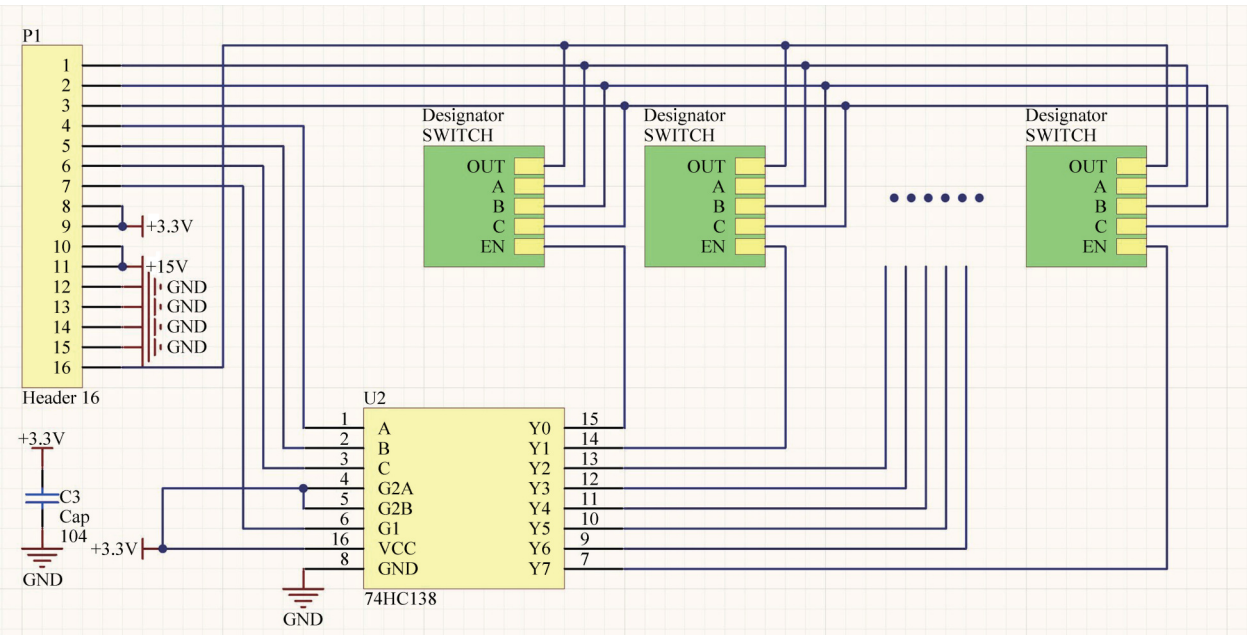


图 4 电路原理图

结合 Matlab 软件具有实时数据采集处理并将数据可视化的优势^[8],装置通过串口把数据发送给电脑,运行组员编写的 Matlab 程序就能自动绘制成图。这比手工绘图更准确美观,还能实现动态监测。学生在体会学以致用成就感时,也强化了创新思维和团队协作能力。项目有效融合多学科知识,体现了 STEAM 教学的跨学科融合性;而自主设计的过程,也体现了 STEAM 教学的实践互动性和开放自主性。

2.3 项目后期

(1) 系统测试、总结评价。开发的测绘仪具体操作方法如图 7 所示。

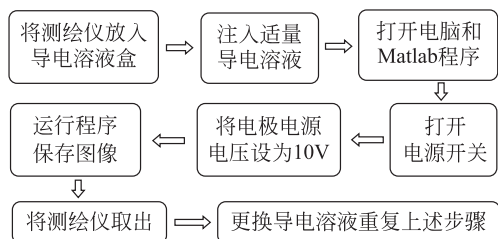


图 7 电场自动测绘仪的操作流程

对仪器进行系统测试,绘制出可视化电场分布图,如图 8 和图 9 所示。这使大学物理中抽象的电场分布直观形象化,能深化学生对静电场理论的理解,还能感受物理学的理性美和科学的简洁美。

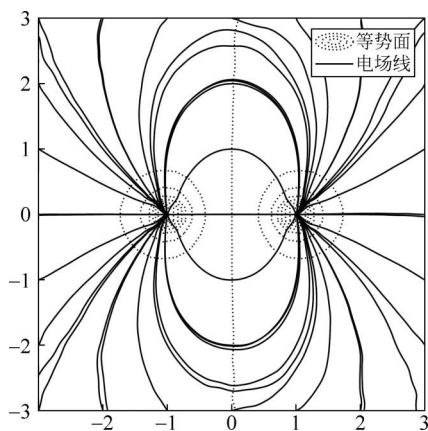


图 8 Na_2SO_4 溶液中的电场分布图

为了检验实验结果的准确可靠性,再用 COMSOL 仿真软件对相同浓度的 Na_2SO_4 溶液和 NaHCO_3 溶液中的电场分布进行仿真模拟,如图 10 所示。

研究结果显示,实验所测两种导电溶液中点

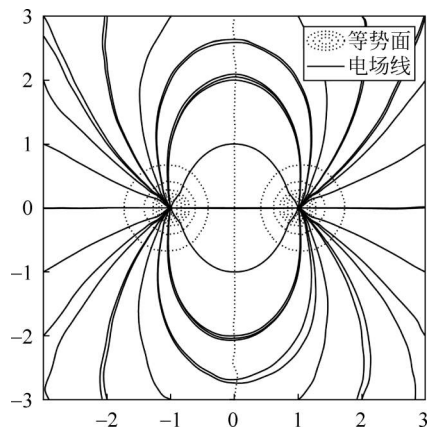
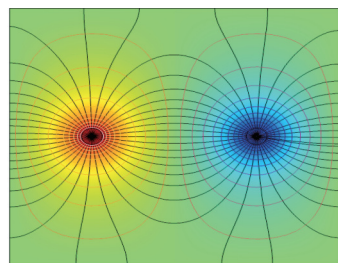
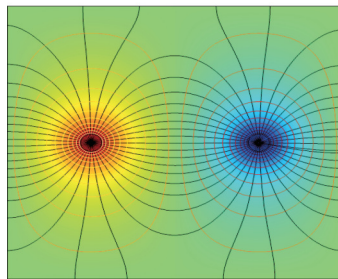


图 9 NaHCO_3 溶液中的电场分布图



(a)



(b)

图 10 COMSOL 仿真结果

(a) Na_2SO_4 溶液中的电场分布; (b) NaHCO_3 溶液中的电场分布

电极的电场线分布均与等量异号的点电荷系的电场线分布相符,且与 COMSOL 软件的仿真结果也吻合。可见,实验选用的导电溶液只要符合设计方案中的条件就可以,其测量结果是相同的。图像边缘在细节上与理想电场存在一些小的差异,分析其原因,主要是由于实验所用导电溶液盒大小有限,实际的测量结果受到有限边界的影响。

总体而言,相较于传统的静电场测绘实验,优化改进后的电场自动测绘仪操作简便,能高效精准地测绘更多数据点,使模拟图线平滑美观,也使测绘结果更合理可靠。实验还可拓宽测绘范围,测量不同电极系统在不同导电介质中的电场

分布。

(2) 解决问题、反思改进。通过项目开发,解决了教学中的实际问题,丰富了大学物理和实验的教学内容,增强了学生的知识迁移能力。今后还可将电极系统放置在可升降的支架上,通过调节支架高度测量导电溶液内不同深度处的电场,绘出三维电场分布图。也可以进一步优化电路板设计,提高集成度,让仪器更精巧。

3 结语

本文基于单片机技术和 Matlab 程序,自主设计开发了一套可视化的电场自动测绘仪。该仪器不仅兼具传统仪器的功能,还具有操作简便高效、精度高、数据可视化等优点。

整个开发过程基于 STEAM 教育理论,建立多维度的教学目标进行全方位育人。把不同学科的知识整合在项目中,让学生融会贯通,学以致用。通过团队探索,以发现、解决实际问题为核心,从知识、技能、思维和素养四个维度提升参与者的创新能力和知识综合运用能力,也培养了学生的跨学科思维和批判性思维。而团队合作增强了学生的协作沟通能力和责任感,在潜移默化中提升了学生的工程素养。这为新工科背景下创新型应用人才的培养和大学物理教学改革提供了新思路。

参 考 文 献

- [1] 胡启昌, 吴义炳, 陈美香. 新工科、新高考背景下大学物理课程教学模式改革分析——大学物理课程“模块化”教学改革[J]. 物理与工程, 2022, 32(3): 67-70.
HU Q C, WU Y B, CHEN M X. Analysis of teaching mode reform of college physics under the background of new engineering and new college entrance examination—On the reform of “modularization” teaching of college physics course [J]. Physics and Engineering, 2022, 32(3): 67-70. (in Chinese)
- [2] 李海英, 唐笑年, 何越, 等. 新工科背景下“大学物理”课程建设的思考[J]. 物理与工程, 2018, 28(S1): 122-123.
LI H Y, TANG X N, HE Y, et al. Thoughts on the course construction of university physics under the background of emerging engineering education[J]. Physics and Engineering, 2018, 28(S1): 122-123. (in Chinese)
- [3] 袁磊, 郑开玲, 张志. STEAM 教育: 问题与思考[J]. 开放教育研究, 2020, 26(3): 51-57, 90.
YUAN L, ZHENG K L, ZHANG Z. STEAM education: Issues and reflections[J]. Open Education Research, 2020, 26(3): 51-57, 90. (in Chinese)
- [4] 刘健智, 胡惠琪. 物理教学融入 STEAM 教育: 物理—STEAM 课程教学模式的构建[J]. 物理教学, 2022, 44(6): 15-19.
LIU J Z, HU H Q. Integration of physics teaching into STEAM education: Construction of Physics-STEAM course teaching model[J]. Physics Teaching, 2022, 44(6): 15-19. (in Chinese)
- [5] 姜爽. 深度学习理念下物理学科项目式学习路径设计——以“创意吉他制作”为例[J]. 物理教师, 2022, 43(2): 34-38.
JIANG S. Project-based learning path design for physics subject under the concept of deep learning—Taking “creative guitar making” as an example[J]. Physics Teacher, 2022, 43(2): 34-38. (in Chinese)
- [6] 李立, 张皓晶, 张雄, 等. 静电场模拟实验的教学研究[J]. 大学物理, 2020, 39(5): 27-30, 37.
LI L, ZHANG H J, ZHANG X, et al. Teaching research on simulation experiment of electrostatic field[J]. College Physics, 2020, 39(5): 27-30, 37. (in Chinese)
- [7] 朱海丰, 杨骏, 滕绪山, 等. 基于万维引擎平台的 VR 虚拟仿真实验自主开发——以模拟法测静电场实验为例[J]. 物理与工程, 2022, 32(1): 131-135, 142.
ZHU H F, YANG J, TENG X S, et al. Independent development of VR simulation experiment based on Veryengine software platform—Taking the experiment of electrostatic field measurement as an example[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(1): 131-135, 142. (in Chinese)
- [8] 栾玲, 刘杰, 冯立军. 基于 MATLAB 的点电荷系电场分布的用户图形界面设计[J]. 物理与工程, 2016, 26(4): 72-74, 78.
LUAN L, LIU J, FENG L J. Distribution of the electric field of a point charge system based on the GUI of MATLAB [J]. Physics and Engineering, 2016, 26(4): 72-74, 78. (in Chinese)