

面向仪器类专业的物理基础教学改革 创新研究

张学智¹, 冯 鸣^{2*}

¹天津大学精密仪器与光电子工程学院, 天津

²南开大学物理科学学院, 天津

收稿日期: 2024年3月30日; 录用日期: 2024年5月5日; 发布日期: 2024年5月14日

摘 要

科学仪器, 作为科技发展的显著标志, 与物理现象的发现及科技的进步紧密相连, 形成了一种相互推动、协同发展的良性循环。然而, 当前物理教学中存在的一些问题却在一定程度上阻碍了这一进程。具体而言, 教学内容往往缺乏对物理现象从仪器开发角度的深入分析, 缺乏多学科交叉视野的培养, 以及对仪器开发案例的充分挖掘。这些问题不仅制约了仪器类学科的发展, 也限制了仪器科学人才的培养水平。针对这些问题, 本文结合在仪器类专业中的物理教学实践, 提出将科学仪器的工作原理、仪器设计科研方法论以及学科交叉等融入教学内容, 大力发掘从物理规律到科学仪器的典型案例, 通过具体实例来帮助学生理解物理原理与仪器开发之间的紧密联系。这些措施在传统物理教学的基础上, 可以有效帮助学生全面掌握物理知识, 并将理论知识应用于仪器开发实践。通过这样的教学改革, 我们相信能够培养出更多优秀的仪器科学人才, 为推动科学技术的不断前进做出更大的贡献。

关键词

物理基础, 科学仪器, 科学方法论, 多学科交叉

Research on Innovation and Reform in Physics Basic Teaching for Instrument Science and Engineering Majors

Xuezhi Zhang¹, Ming Feng^{2*}

¹School of Precision Instruments and Opto-Electronic Engineering, Tianjin University, Tianjin

²School of Physics, Nankai University, Tianjin

Received: Mar. 30th, 2024; accepted: May 5th, 2024; published: May 14th, 2024

*通讯作者。

Abstract

Scientific instruments, as a prominent symbol of technological development, are closely connected with the discovery of physical phenomena and scientific progress, forming a virtuous cycle of mutual promotion and coordinated development. However, certain issues in current physics education have, to a certain extent, hindered this process. Specifically, teaching content often lacks a thorough analysis of physical phenomena from the perspective of instrument development, lacks the cultivation of a multidisciplinary perspective, and lacks sufficient exploration of instrument development cases. These issues not only restrict the development of instrument-related disciplines but also limit the level of training for instrument science talents. In response to these issues, this article, combined with the practice of physics teaching in instrument-related majors, proposes to integrate the working principles of scientific instruments, research methodologies for instrument design, and interdisciplinary knowledge into the teaching content. It also strongly advocates the excavation of typical cases that demonstrate the transition from physical laws to scientific instruments, using specific examples to help students understand the close connection between physical principles and instrument development. These measures, based on traditional physics teaching, can effectively help students comprehensively grasp physics knowledge and apply theoretical knowledge to the practice of instrument development. Through such teaching reforms, we believe that we can cultivate more outstanding instrument science talents and make greater contributions to the continuous advancement of science and technology.

Keywords

Physical Foundations, Scientific Instruments, Scientific Methodology, Multidisciplinary Crossover

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

科学仪器, 作为科技进步的显著标志, 已成为推动科学研究、实验探索和技术革新的核心力量。它涵盖物理、化学、生物等诸多学科领域, 为揭开自然之谜、洞察生命之核、驱动产业创新提供了不可或缺的支撑。从光学显微镜为我们揭开细胞世界的神秘面纱, 到粒子加速器助我们洞悉微观粒子的深邃奥秘, 科学仪器的每一次进步都深刻烙印在人类文明的进程中。随着科学技术的飞速发展, 仪器科学这一综合性学科应运而生。它不仅聚焦于科学仪器的设计与制造, 更致力于优化仪器的应用, 并攻克相关技术的前沿问题。然而, 传统的物理基础教学, 其内容往往滞后于科技发展的步伐, 教学方法缺乏跨学科的融合与创新, 教学案例也鲜有与时俱进的更新。

现代科学仪器的发展正日益融合人工智能、物联网、大数据等尖端技术, 实现了从单一功能到多功能集成的转变, 从低精度到高精度的跃迁。这些变革不仅对仪器的设计者和使用者提出了更高的要求, 也给仪器科学教育带来了前所未有的挑战。因此, 如何培养具备创新精神、跨学科视野和实践能力的仪器科学人才, 成为了教育工作者必须面对的紧迫课题。

南开大学物理学科, 自 1919 年建校之初便扎根于此, 是全国最早建立的物理系之一。它拥有深厚的历史底蕴、丰富的教学资源和研究经验, 使得南开物理在国内外享有崇高的声誉。南开大学物理科学学院秉承“格物致理, 理以强国”的教学理念, 始终注重培养学生的物理素养和实践能力, 矢志为国家培

养一代又一代高素质的物理人才。

天津大学精密仪器与光电子工程学院在科学仪器人才培养方面独具特色。它拥有学科交叉融合的优势、强大的师资力量、先进的实验条件、紧密的产学研合作以及国际化的教育环境。这些优势使得学院在科学仪器领域的人才培养方面处于领先地位, 为学生提供了优质的教育资源和广阔的发展平台。

自 2020 年起, 天津大学精密仪器与光电子工程学院对包括“大学物理”、“光电信息物理基础”在内的原有基础物理类课程进行了全面整合, 推出了全新的“精密仪器物理基础”课程, 并安排在大二学年分两个学期开设。本文将基于南开大学物理教学与天津大学仪器教学方面的宝贵经验, 结合近 5 年来的教学实践, 深入探讨仪器学科类专业物理基础教学的改革创新问题。我们将深入分析当前教学模式与科技发展及行业需求之间的脱节问题, 并提出针对性的改革措施和创新策略, 以期推动仪器科学教育的持续发展, 为培养更多优秀的仪器科学人才贡献力量。

2. 适应仪器开发人才培养新需求物理教学改革势在必行

在当今科技迅猛发展的时代, 我国高等教育中的仪器类学科呈现出蓬勃发展的态势。仪器科学与技术、控制科学与工程、光学工程以及与信息科学相关领域的交叉学科, 在高等教育中日益受到重视, 成为推动科技进步的重要力量[1]。

仪器类学科的发展离不开物理学这一坚实基石的支撑。物理学作为自然科学的核心学科, 致力于探索物质的基本结构、性质、相互作用及其运动规律。科学家们通过不断提出新的理论、观点和假设, 并借助实验进行验证与发展, 推动了物理学的不断前进。而实验的进行离不开各种科学仪器的支持, 这些仪器成为验证物理理论、揭示自然奥秘的关键工具。

物理学是一门实验科学, 理论预测和假设需要通过实验来验证。随着物理学理论的深入和拓展, 越来越多的研究涉及极端条件、微小尺度或复杂系统的探索。这些未知领域的研究对科学仪器提出了更高的要求, 需要不断创新与进步的仪器来提供支持。例如, 在粒子物理、天文学、量子信息等领域, 科学家们借助先进的探测器、望远镜、量子计算机等仪器, 成功揭示了众多新的物理现象和规律。

同时, 许多新发现的物理现象也为科学仪器的研发提供了新的动力和思路。新的物理效应为科学研究提供了全新的视角和方法, 促进了高性能科学仪器的诞生。这些仪器的进步不仅深化了我们对自然界的认知, 还拓宽了实验科学的边界。例如, 光电效应的发现推动了光电管、光电传感器等设备的发展; 超导技术的应用极大提升了磁共振成像的分辨率; 量子计算的探索更是开启了计算能力的新纪元。

物理现象的发现与科学仪器的进步相互促进、相辅相成, 共同推动着科学技术的不断前进[2]。因此, 物理基础教学的改革和创新对于仪器类学科的发展具有重要意义。随着物理学的深入发展和跨学科研究的增多, 物理学研究对科学仪器的要求将越来越高。同时, 物理学中不断涌现的新原理、新方法也将为新型科学仪器的研发提供源源不断的动力。我们应积极推动物理基础教学的改革和创新, 以适应仪器类学科的发展需求, 为培养更多优秀的仪器科学人才贡献力量。

3. 传统教学与仪器研发之间存在脱节问题分析

3.1. 教学内容缺乏从仪器开发视角深入剖析物理现象

随着科技的迅猛发展, 新型科学仪器在科研领域的角色日益显著。然而, 当前物理教学内容却鲜有从仪器开发的角度对物理现象进行深入剖析, 这引发了一系列问题。

物理教育在传授基础理论方面做得相对完善, 但在将理论知识与实践技能相结合方面却显得捉襟见肘。学生在面对新型科学仪器的开发任务时, 尽管拥有一定的理论基础, 却缺乏将知识应用于实际开发中的能力和经验, 这在一定程度上阻碍了他们在科学仪器开发领域的进一步发展。

此外,当前的物理教育过于注重知识的单向灌输,而未能有效培养学生独立思考和解决问题的能力。因此,当面对新型科学仪器的开发挑战时,学生往往难以灵活运用所学知识,提出具有创新性的解决方案。这不仅影响了学生在科研工作中的表现,也制约了物理学科的整体进步。

更为关键的是,科技的快速进步使得新型科学仪器的开发不断涉及最新技术和方法。但由于物理教育内容的更新速度难以与科技发展同步,学生对这些新技术和新方法的认知存在明显不足,这既影响了他们的学习效果,也限制了他们在科学仪器开发领域的应用能力。

3.2. 缺乏多学科交叉视野以支持仪器开发

随着科研和工业领域对精密仪器的需求持续增长,物理教育中对于培养多学科交叉视野的需求也日益迫切。

仪器开发并非物理学的孤立延伸,而是多学科知识的综合应用。它涵盖了物理学、工程学、计算机科学、材料学等多个领域的知识和技能[3]。然而,当前的物理教育往往过于聚焦于物理学本身的知识和理论,而忽视了对其他相关学科知识和技能的引入与培养。这种单学科的教育模式导致学生难以从多学科的视角全面分析和解决复杂的仪器开发问题。

当前物理教育在培养学生多学科交叉视野方面的不足,不仅限制了物理学习者向仪器开发领域的转型和发展,也削弱了物理学科在科研和工业领域的应用价值和地位。

3.3. 仪器开发案例的挖掘不足

物理教育在仪器开发案例的挖掘方面存在明显短板,这已成为制约学生全面发展和创新能力培养的重要因素。案例的缺乏不仅阻碍了学生对物理知识应用的理解,也影响了他们综合能力的培养和对现代科技发展趋势的把握。

物理教育中仪器开发案例的匮乏导致学生难以将理论知识与实际应用相结合。传统的物理教学过于注重理论知识的讲解和公式的推导,而缺乏与仪器开发实践相结合的案例分析。这使得学生难以体会到物理知识在实际应用中的价值,也无法将所学知识转化为解决实际问题的能力,从而限制了他们在未来科研和工程领域的发展潜力。

同时,缺乏仪器开发案例的物理教育难以激发学生的探索精神和创新思维。仪器开发往往涉及前沿科技成果和创新思维的应用,是激发学生兴趣和创新意识的重要途径。然而,在缺乏相关案例的教学中,学生难以接触到这些具有挑战性和创新性的内容,也无法通过实践锻炼自己的创新能力和解决问题的能力,这不仅影响了学生对物理学科的兴趣和热情,也制约了他们在未来科技领域的创新能力的提升。

此外,物理教育中仪器开发案例的缺失也限制了学生对现代科技发展趋势的认识。随着科技的快速发展,新型科学仪器不断涌现并广泛应用于各个领域。这些仪器的开发和应用代表着最新的科技成果和发展趋势。然而,在缺乏相关案例的教学中,学生难以接触到这些前沿科技内容,也无法及时了解和掌握现代科技的发展趋势和动态,这影响了学生的知识结构和视野广度,也限制了他们在未来科技领域的适应能力和竞争力。

4. 课程改革主要举措

为了适应科学仪器领域快速发展的需求,培养具备创新精神和实践能力新型人才,物理教学的课程改革刻不容缓。在多年的教学实践探索中,我们聚焦于教学内容的优化、仪器设计科研方法的融入以及跨学科教学的实施,对物理课程教学进行了全面而深入的改革。

4.1. 教学内容的深度优化与前瞻性更新

我们深知教学内容是课程改革的核心。因此，物理课程必须紧跟科技发展的步伐，尤其是要敏锐捕捉科学仪器技术的最新进展。我们持续优化和更新教学内容，特别加强了科学仪器原理的融入，使学生能够更好地理解并掌握其工作原理。科学仪器作为物理学研究和应用的重要工具，其原理的学习对于培养学生的实践能力至关重要。因此，我们增加了光谱仪、示波器、干涉仪等科学仪器的工作原理的教学内容，帮助学生建立起物理概念与实际应用之间的桥梁。

同时，我们密切关注科技发展的最新动态，及时将新的科学仪器和技术引入教学内容。例如，我们介绍了量子计算技术及其相关的精密测量仪器，探讨了未来光学仪器可能实现的前沿功能，使学生能够紧跟物理学领域的最新发展。

此外，我们还引入了更多科学仪器在各领域的应用案例，通过讲解科学仪器在科研、工业、医疗等领域的实际应用，使学生更加直观地感受到物理学的实用价值和深远影响。

4.2. 仪器设计科研方法论的深度融入与实践

将科学仪器设计研发的方法论深度融入物理教学中，对于提升学生的实践操作能力与创新精神具有重大意义[4]。物理课程应深入挖掘各类科学仪器的核心原理与运行机制，帮助学生深入理解物理现象的内在本质，并在物理模型与科学仪器之间搭建起一座坚实的桥梁，促进理论知识向实际应用的顺利转化。

在探讨诸如波粒二象性等课题时，我们可以详细阐述粒子加速器如何使粒子接近光速飞驰，以及在高速碰撞中探寻新粒子的奥秘。这种教学方式不仅能够使学生深刻领悟相对论与量子力学的深刻原理，更能让他们触摸到现代物理学的前沿，感受科学探索的无穷魅力。

物理教学在传授基础知识之外，还应注重阐释现实生活中广泛应用的科学仪器的工作原理。这将有助于学生深化对物理现象的理解，并在物理模型与科学仪器之间建立更加紧密的联系。这种教学模式不仅能够激发学生的求知欲与创新思维，更为他们未来的科学探索与职业发展奠定坚实的知识基础。

4.3. 跨学科教学的实施与拓展

跨学科教学在当今教育体系中占据着举足轻重的地位，特别是在科学仪器研发领域，它已成为培养创新型人才的重要途径，也是物理教学课程改革的重要方向。通过整合不同学科的知识与技能，跨学科教学不仅能够增强学生对理论知识的理解，更能激发他们的创新思维与实践能力。

在新型科学仪器的研发过程中，物理学知识是基础，但同样离不开化学、生物学、工程学以及计算机科学等多个学科的支撑与协作。我们需要深入挖掘仪器开发过程中的科研实践，探寻不同学科之间的交叉点与融合点。例如，在物理学与化学的交汇点，我们可以探讨物质的结构与性质；在物理学与数学的融合中，我们可以研究数学在物理实验与理论建模中的应用[5]；而在物理学与工程学的结合中，则可以探讨物理原理如何指导机械设计与电路构建。通过跨学科学习，学生能够洞察不同学科之间的联系与互补，这对于培养能够解决复杂科学问题的研发人才具有深远意义。

5. 案例式教学方法的探索与实践

5.1. 科研成果案例融入教学，激发创新思维

在教学实践中，我们精心挑选物理概念和原理中的经典案例，并通过案例讨论的方式，深化学生对物理原理的理解。以量子力学与量子计算机为例，我们将量子力学的最新科研成果融入课堂，详细阐述量子叠加、量子纠缠等前沿概念，并结合量子计算机的工作原理和应用前景，使学生在学习中不仅了解量子力学的最新动态，更能体会到其在科学仪器开发中的巨大潜力。此外，我们还鼓励学生参与设计和

实现简单的量子算法, 通过实践探索量子计算机的硬件设计和量子门操作等实际问题, 从而培养他们的实践能力和创新思维。

同样, 在激光与光学仪器的教学案例中, 我们通过对激光特性的深入剖析及其在光谱仪、干涉仪等科学仪器中的应用实例, 帮助学生深入理解激光技术的原理与应用。而在粒子物理与探测器的教学案例中, 我们结合中微子振荡、希格斯玻色子等前沿现象, 介绍大型粒子探测器的设计与实现, 使学生认识到科学仪器开发的重要性与复杂性。

5.2. 教学融入科学仪器开发方法案例, 培养实践与创新能力

科学仪器的开发不仅是物理学研究的核心领域, 也是物理教学中至关重要的内容。为了让学生更好地领悟物理原理与实际应用的紧密联系, 并培养他们的实践能力和创新精神, 我们将科学仪器的开发方法融入教学过程, 使学生更好地理解物理原理与实际应用之间的联系, 培养他们的实践能力和创新意识。以光谱仪的研发为例, 教师会详尽地介绍光谱仪从需求分析到应用推广的完整开发流程, 包括概念设计、详细设计、制造与组装、调试与测试以及性能验证等各个环节。这样的教学内容旨在使学生全面理解光谱仪的工作原理, 掌握光学元件的选择与参数设计等关键技术。

在教学过程中, 教师引导学生参与光谱仪的研发项目, 让他们亲身感受科学仪器开发的艰辛与喜悦。通过实际操作和实践, 学生不仅可以更加深入地理解光的色散原理、光学元件的选择与参数设计等知识点, 还能够锻炼他们的动手能力、团队协作能力以及解决问题的能力。此外, 教师还会鼓励学生将所学知识灵活应用于其他科学仪器的开发中, 培养他们的知识迁移能力和创新意识。

5.3. 跨学科融合教学: 科学仪器开发的多元视角

随着科学研究的深入发展, 多学科交叉融合已成为推动创新的重要动力。在物理教学中, 我们同样需要注重培养学生跨学科的知识整合能力和创新思维, 以适应这一趋势。以量子点单光子源的开发为例, 这一项目不仅涉及量子力学的基本原理, 还融合了光学工程、电子工程以及计算机科学等多个学科的知识。

在教学中, 教师可以首先为学生概述量子点单光子源的基本原理和应用前景, 展现其在量子通信、量子计算等领域的巨大潜力。随后, 从多个学科的角度深入剖析其关键技术, 为学生提供全面的知识视野。从量子力学的角度, 解释量子点的能级结构和发射光子的独特机制; 从光学工程的角度, 探讨如何设计高效的微纳光学结构, 以实现单光子的高效收集和传输; 从电子工程角度, 介绍如何为量子点创造一个稳定的工作环境, 确保其性能的稳定性和可靠性。

这种跨学科的教学方式使学生能够从多个维度理解科学仪器的开发过程和技术难点, 拓宽了他们的知识视野和思维方式。同时, 我们也鼓励学生积极参与跨学科的研究项目或课程学习, 通过实践探索不同学科之间的交汇点, 培养他们的跨学科素养和创新能力。

参考文献

- [1] 邹丽敏, 王伟波, 谭久彬. 新工科背景下仪器类专业内涵建设的思考与实践[J]. 高等工程教育研究, 2021(5): 23-28.
- [2] 陆小翠, 马增红, 杨广武. 以应用型人才为导向的物理实验教学改革与实践[J]. 物理通报, 2023(6): 27-30.
- [3] 楚惠元. 仪器分析课程教学改革探索[J]. 科教导刊, 2023(10): 145-147.
- [4] 胡梅, 周超, 郭熙业, 等. 学科基础课测量原理课程思政探索与实践[J]. 高教学刊, 2024, 10(6): 181-184.
- [5] 张亚静, 吴密景, 郭雅平, 等. 物理拔尖创新人才培养中的高等数学课程建设——以山西大学物理学拔尖学生培养基地为例[J]. 创新教育研究, 2023, 11(6): 1339-1343. <https://doi.org/10.12677/CES.2023.116204>