

# 面向物理拔尖创新人才培养的“电动力学”课程教学改革与实践

邓超生

湘潭大学物理与光电工程学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2022年12月5日; 录用日期: 2023年1月9日; 发布日期: 2023年1月16日

## 摘要

“电动力学”是物理学专业一门重要的主干课程, 优质高效地开展“电动力学”课程教学工作对于培养物理拔尖创新人才起着非常重要的作用。为全面提高“电动力学”课程的教育教学效果, 以适应物理拔尖创新人才培养目标的需要, 本文从重组教学内容、创新教学方式、构建网络教学平台和改革考核方式等方面对“电动力学”课程进行了全方位的创新性教学改革与实践。

## 关键词

电动力学, 教学改革与实践, 拔尖创新人才

# Teaching Reform and Practice of Electrodynamics for Cultivating Top Innovative Talents in Physics

Chaosheng Deng

School of Physics and Optoelectronics, Xiangtan University, Xiangtan Hunan

Received: Dec. 5<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jan. 9<sup>th</sup>, 2023; published: Jan. 16<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

“Electrodynamics” is an important main course of physics. To carry out the teaching of “Electrodynamics” with high quality and high efficiency plays a very important role in cultivating top innovative talents in physics. In order to comprehensively improve the teaching effect of “Electrodynamics” course and meet the needs of the training target of top innovative talents in physics, this paper has carried out all-round innovative teaching reform and practice of “Electrodynamics”

course from the aspects of reorganizing teaching content, innovating teaching methods, constructing network teaching platform and reforming examination methods.

## Keywords

Electrodynamics, Teaching Reformed Practice, Top Innovative Talents

Copyright © 2023 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

拔尖创新人才的培养战略是我国高等教育一项与时俱进的重要举措，建立有利于拔尖创新人才培养的新机制，促使拔尖创新人才脱颖而出，是实现中华民族伟大复兴的时代要求，也是当前教育改革的迫切需求。作为一所地方高校，湘潭大学从自身特点出发，一直积极努力地探索特色鲜明的拔尖创新人才培养新模式，并取得了显著成效。其中，物理学专业“韶峰班”拔尖创新人才培养实验班是湘潭大学物理与光电工程学院拔尖人才培养试点项目，该项目致力于构建科学合理的拔尖人才培养模式，培养具有献身科学事业精神、能引领物理科学与工程领域发展、具有突出创新能力的杰出人才。在物理学专业“韶峰班”拔尖创新人才培养实验班的培养计划中，“电动力学”课程是其中不可或缺的一门专业主干课，是物理学专业四大理论物理课之一。该课程对学生掌握电磁场的基本规律、加深对电磁场和时空观的理解、获得分析基本电磁场问题的能力、提高学生的科研能力等方面都具有非常重要的意义。同时，该课程理论体系严谨，系统性和理论性较强，能有效地提高学生发现问题、分析问题、解决问题的能力。另一方面，“电动力学”理论在实践中的应用极为广泛，是在社会生产和生活中应用非常广阔和深入的理论。因此，为了培养具有扎实的物理理论基础、活跃的物理思维、宽广的国际视野、优良的综合素质和科研创新能力的拔尖创新人才，紧紧围绕立德树人的根本任务，全面提高教育教学质量，“电动力学”课程的教学也需要做出相应的改革与创新，积极探索和实践拔尖创新人才培养模式。

## 2. 课程教学中存在的问题

由于“电动力学”课程的公式推演繁多且理论抽象难懂，学生在学习过程中普遍感到学习“电动力学”有一定的困难，教师在教学过程中也难免碰到各种各样的问题。为了适应新形势下教育发展的规律及社会对物理学专门人才的需求，近年来国内外的教师都在积极探索和实践“电动力学”课程的教学改革[1][2]，力图革除以往教学中的弊端，使“电动力学”课程的教学能与时俱进，适应时代的发展，为学生进一步深造和走向社会打下良好的基础。尽管不少教师采取了多种方法来改革“电动力学”课程的教学[3][4]，但是，针对物理学专业拔尖创新人才培养的“电动力学”课程的教学改革和探索仍然非常匮乏，目前大部分教师的教学方式仍然比较单一，仍以讲授法为主，导致课堂教学达不到预期的教学效果，同时这种单向传输的教学方式不利于学生学习兴趣的培养和主观能动性的发挥，也不利于拔尖创新人才的培养。

湘潭大学“电动力学”教学团队多年来一直致力于“电动力学”课程的教学改革与探索，取得了良好的成效。为全面提高“电动力学”课程的教育教学效果，以适应物理拔尖创新人才培养目标的需要，本文从重组教学内容、创新教学方式、构建网络教学平台和改革考核方式等方面对湘潭大学物理学专业

“韶峰班”开设的“电动力学”课程进行了全方位的创新性教学改革与实践。

### 3. 课程教学改革与实践

#### 3.1. 重组教学内容

“电动力学”课程的主要内容包括电磁场的基本属性和运动规律、电磁场和带电物质的相互作用以及狭义相对论等[5][6]。该课程对学生掌握电磁场的基本规律、加深对电磁场和时空观的理解、获得分析基本电磁场问题的能力、提高学生的科研能力等方面都具有非常重要的意义。考虑到物理学“韶峰班”的学生已经具备较为扎实的物理理论和高等数学基础，同时为了突出对学生自主学习、自主创新能力的培养、开拓学生的学术视野和培养学生的科研素养，我们对“电动力学”课程的知识体系进行了部分改革，使之适应拔尖创新人才培养实验班对人才培养的需要。

在实际教学改革过程中，我们对“电动力学”课程的教学内容、教学顺序和教学框架进行了相应的重组和优化，将主要教学内容划分为七个部分：1) 矢量和张量分析；2) 电磁现象的普遍规律；3) 电磁波的传播；4) 电磁波的辐射；5) 狭义相对论；6) 带电粒子与电磁场的相互作用；7) 静电场与静磁场的求解方法。我们在电磁波的辐射部分中首先讲解与静场有关的势函数的规律，包括静电场的标势及其微分方程、静磁场的矢势及其微分方程、磁标势、标势与矢势的多极展开等，然后再引入变化的电磁场的标势和矢势、电偶极辐射等教学内容。由于静场的规律已经糅合到了前面几个部分中，因此在静电场与静磁场的求解方法部分中主要讲解用来求解静电场和静磁场的几种主要解析求解方法。

另外，我们还对“电动力学”课程的教学内容具体做出了以下几种调整：1) 对于与“电磁学”有重叠或数学运算相对比较简单的内容，如介质的极化与磁化、镜像法和磁标势等，通过引导学生进行自学来达到教学目的。2) 对于数学推导特别复杂、物理意义又易于理解的内容，如电四极子的辐射、电荷电流系统与外电场外磁场的相互作用能、运动电荷的辐射、电磁波的衍射、静电场中的格林函数等，进行删减或作为课外阅读内容。3) 根据当前物理学科前沿热点，将部分与“电动力学”课程相关的前沿科学问题，如光子晶体、局域表面等离子体震荡、超材料、负折射现象、光镊、零折射率材料中的电磁波等，融入到“电动力学”课程体系中。

#### 3.2. 创新教学方式

“电动力学”课程公式繁多且推导复杂、有些概念抽象难以理解，部分学生在学习的过程中感到吃力。针对物理学“韶峰班”的学生，为了激发学生的学习兴趣、夯实物理理论基础，为今后从事科学研究奠定坚实的物理基础，我们在教学方式方法上进行了以下几个方面的创新性改革。

1) 传统板书与多媒体课件相结合。根据“电动力学”课程的特点，我们对重要的理论推导采用传统的板书教学，如麦克斯韦方程组、电磁波的波动方程、亥姆赫兹方程等，而对一些需要直观图像来辅助理解的内容，如震荡电偶极辐射、波导与谐振腔中的电磁波、全反射等，我们开发了图文并茂、动画图表丰富的多媒体课件来展现物理情景。利用多媒体课件可以直观深入地分析物理公式或物理问题的本质，帮助学生更好地理解复杂的数学公式背后的物理含义，改善了“电动力学”课堂的教学效果。

2) 课堂讲授与启发式、引领式和研讨式教学方法相结合。对“电动力学”课程中的基础而重点的内容采用课堂讲授的方式进行概要性讲解，而对一些包含重要物理思想的开放式内容，如狭义相对论的时空观、小区域电荷在远处的电势、超导体的电磁性质等，采用启发式、引领式和研讨式教学方法，在课堂上开展小组讨论的形式来实现教学互动，使学生从被动接受知识向主动探索知识转变。

3) 微课题与科研实践训练相结合。结合物理学“韶峰班”学生的培养目标，我们将“电动力学”教学中的一些核心内容与科学前沿问题结合起来，提炼成微课题，如左手材料的超常特性、零折射率电磁

材料的反射与折射现象、光子晶体的带隙性质、矩形波导的导波模式、耳语廊谐振腔的谐振模式、光子晶体波导、光学非互易传输特性等，引导学生用学到的知识来处理科研中出现的问题，用学术的思想理解“电动力学”知识，培养学生的科研素养。在教学改革实践过程中，我们引导学生学习如何进行文献检索与调研，引导学生利用 Matlab、Python 等编程语言对用来求解麦克斯韦方程组的时域有限差分方法进行简单的算法实现，利用 Meep、MPB 等开源电磁模拟软件来辅助解决这些微课题，并引导学生将所得结果绘制成规范的图表、撰写成规范的科研论文，以此训练学生的科研素养。微课题与科研实践训练相结合是一种融合教学、科研与实践为一体的新型教学方法，本质上是一种研究型与实践型相结合的教学模式，这种教学方式极大地促进了学生的求知欲望，为学生打开了通向科研殿堂的大门。

### 3.3. 构建网络教学平台

为了有效地促进课堂教学，提高“电动力学”课程的教学实效，为学生提供课堂之外的学习空间，我们构建了“电动力学”网络教学平台。网络教学平台既是课堂教学的辅助、延伸和拓展，也是一个相对独立的系统。构建网络教学平台能够实现线上教学与线下教学的有机结合，有效调动学生学习的积极性。近年来我们从以下几个方面来构建了“电动力学”课程的网络教学平台：

1) 依托湘潭大学课程中心来打造“电动力学”网络教学平台。湘潭大学课程中心主要基于“超星学习通”来实现教学互动功能、资源共享功能、移动学习功能、教学门户的建设，以达到教师能够进行课程建设、教学监控、资源共享、学生能够自主学习的目的。基于功能强大且互联互通的网络学习空间构建“电动力学”网络教学平台能够完美实现网络教学对“电动力学”教学的辅助支撑作用。

2) 创建课程基本信息、教学材料、在线作业、课程论坛和课程管理等多个模块。通过这些模块，为学生提供与“电动力学”课程相关的学习资源，包括必要的在线学习指导与习题解答，发起关于“电动力学”课程学习的有效探讨，提供学生互相交流讨论的平台，建立师生及时沟通的多种渠道，同时及时了解学生的学习动态和要求，满足教育信息化的需要。

3) 利用录播教室、视频制作软件等先进的信息技术来制作同步的课程资源、录制微课小视频。在“电动力学”课程教学中有很多非常繁琐的公式推导过程，我们将这些推导过程录制成微课小视频，上传于网络教学平台或推送到学生手机端，这极大地节约了课堂教学时间，同时学生可以反复观看推导过程，帮助学生理解和掌握“电动力学”知识。

### 3.4. 改革考核方式

目前，全国大部分高校对“电动力学”课程的考核方式大多以学期末闭卷笔试考试为主，再结合平时考勤和作业情况给定最终成绩。这种考核方式主要以卷面考试成绩的高低来作为衡量教学质量的标准，考核形式单一且考核内容僵化，无法促进教与学之间的互动，也无法全面反映学生的知识、能力和素质水平。因此，要建立全面公平公正的学习成果考核评价体系，有必要对“电动力学”课程的考核方式进行优化和改革，采取多元化的课程考核方式，进一步完善考核评价体系。在具体的教学改革实践过程中，我们主要采取了全过程考核和多维度考核相结合的方式，取得了良好的教学效果。

1) 全过程考核。全过程考核体现在整个学期对“电动力学”学习的方方面面，包括出勤、课堂参与度、课后作业、微课题参与度与完成度、线上学习与讨论的参与度等。课堂出勤方面，由于物理学“韶峰班”采用的是小班教学，每个年级一个班，每班约 20 人上下，学生在课堂上的出勤情况教师一目了然，因此，很少出现学生缺勤的情况，一个学期下来几乎都是满勤。课堂参与度方面，部分学生全程在课堂上紧跟教师思路、积极思考、积极回答讨论问题，而部分学生课堂上表现不够积极，发呆或者瞌睡不断，研讨式教学时也默不作声。课后作业方面，有些学生自主思考解答，再对照参考答案解决问题，而部分

同学完全照抄参考答案，对部分没有参考答案的题目就敷衍了事。微课题方面，部分学生按照要求，自主学习探索，并不时请教各种相关问题，最终完成的科研小论文也质量很高，而小部分同学只图完成任务。线上学习与讨论方面，课程教学平台的后台数据表明，部分学生积极参与线上学习与讨论，不时提出问题或回答其他同学的问题，而部分同学则参与度不够。我们将所有这些情况都反映在最终的评价与考核体系里，以全面体现学生在整个“电动力学”学习过程中的表现。2) 多维度考核。在我们的实际教学改革过程中，我们将每个学生最终的期评成绩分为五个维度，其中平时表现占 20%，微课题占 20%，线上学习与讨论占 10%，期末考试卷面成绩占 50%。这样，为了获得较好的期评成绩，仅靠临时抱佛脚的考前突击是远远不够的，必须在各方面都表现优异才能取得好成绩。

通过这种全过程考核和多维度考核相结合的方式，可以综合各类要素，全面、客观、科学的评价学生在整个“电动力学”学习过程中的表现，使学生明白不能放松和忽视平时的学习，而应该重视平时的学习，这种考核方式改变了以往那种单纯为了考试而突击复习的被动学习局面，提高了学生平时学习的自觉性和主动性。同时这种考核方式实现了从知识主导型考核向知识、能力与素质协调发展型考核的转变，达到了提高学生综合素质的目的。

#### 4. 结语

为了全面提高“电动力学”课程的教育教学质量，培养具有扎实的物理理论基础、活跃的物理思维、宽广的国际视野、优良的综合素质和科研创新能力的物理专业拔尖创新人才，我们从重组教学内容、创新教学方式、构建网络教学平台和改革考核方式等方面对湘潭大学物理专业“韶峰班”开设的“电动力学”课程进行了全方位的创新性教学改革与实践。“电动力学”课程的教学改革取得了良好的效果，使学生明白了学习“电动力学”课程的意义、激发了学习兴趣，培养了学生对基础问题能够融会贯通、对科学问题能够运用“电动力学”知识来分析和解决问题的能力，同时也培养了学生的科研能力和创新能力，为培养物理拔尖创新人才贡献了力量。当然，这些改革举措仍然是远远不够的，“电动力学”课程的教学改革是一项长期而艰巨的任务，需要长期的探索与实践，但吾将上下而求索，我们在今后的教学工作中将继续努力，为培养新时代中国特色社会主义的建设者和接班人而努力奋斗。

#### 基金项目

湖南省普通高等学校教学改革研究项目(湘教通[2019] 291 号), 项目名称: 基于物理专业“韶峰班”创新型拔尖人才培养的《电动力学》课程教学改革与实践。

#### 参考文献

- [1] 张立彬, 马志远, 杨祖念. 哈佛大学物理专业拔尖人才培养模式探讨[J]. 大学物理, 2012, 31(2): 45-50.
- [2] 徐新荣, 胡理想, 银燕, 等. 国防科技大学电动力学课程改革实践[J]. 物理与工程, 2022, 32(5): 76-80.
- [3] 黄迺本, 李志兵, 林琼桂, 等. 电动力学研究性教学探索与实践[J]. 大学物理, 2009, 28(10): 51-53.
- [4] 谢双媛, 王祖源, 倪忠强. 信息技术融入电动力学课程建设的思考与实践[J]. 大学物理, 2022, 41(3): 1-8.
- [5] 郭硕鸿. 电动力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 1-286.
- [6] 王振林. 现代电动力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2022: 1-425.