

作者：通识教育学院 刘文

适用课程：大学物理

## 电磁学原理在电子显微镜成像中的实践应用

**摘要：**本案例聚焦电子科学与技术专业中电子显微镜成像原理的电磁学理论教学，通过理论讲解结合电镜使用视频学习的方式，帮助学生理解电磁学在电子显微镜中的应用。案例围绕电子枪发射电子、电场加速电子、电磁透镜聚焦电子束等核心环节，阐述其中涉及的经典力学和电磁学原理，培养学生运用理论知识分析电子显微镜工作机制的能力，为后续专业学习和研究奠定基础。

**关键词：**电磁学；电子显微镜；成像原理

### 一、背景介绍

电子科学与技术专业以电子现象和电子设备为研究对象，物理学作为其重要基础，为该专业的发展提供了坚实的理论支撑。在微观观测领域，光学显微镜因可见光波长的限制，无法满足对更小尺度微观结构的观测需求，其分辨率极限难以突破。

电子显微镜的出现打破了这一局限，它借助电子束进行成像，能观测到更细微的微观结构，是电子科学与技术专业研究的重要工具。而电磁学理论在电子显微镜的运行中起着关键作用，从电子的产生、加速，到电子束的聚焦以及与样品的相互作用，都依赖于电磁学原理。

对于电子科学与技术专业的学生而言，深入理解电磁学在电子显微镜成像中的应用，是掌握复杂电子技术和开展前沿研究的基础。通过本案例的学习，可培养学生从物理原理出发分析和解决电子系统问题的能力，强化理论与专业应用的联系。

## 二、项目案例

### （一）项目案例内容

#### 1. 项目来源

该案例源于电子科学与技术领域中电子显微镜的广泛应用实际，针对突破光学显微镜分辨率极限这一需求，聚焦电子显微镜成像原理中电磁学理论的应用，专门为理论教学而设计，再让学生掌握相关理论知识。

#### 2. 项目内容

电子加速模块：模拟电场对电子的加速过程，关联“电场力做功、动能定理”等知识，支持调节加速电压（100-300kV），观察电子动能、速度变化。

磁场聚焦模块：呈现磁场对电子束的聚焦机制，基于“洛伦兹力、电磁透镜原理”，可调整磁场强度（通过虚拟线圈电流模拟），可视化电子束偏转、聚焦轨迹。

成像理论模块：简化电子与样品作用过程，聚焦“电磁相互作用信号转化”理论，通过预设样品参数（厚度、材质），推导成像规律（如衍射斑、缺陷图像成因）。

#### 3. 工作流程

回顾与引入：回顾经典物理学中的电场、磁场相关知识（以学生预习汇报为主）；引入电子显微镜的概念，简述其在科研和教学中的重要性，为讲解工作原理做铺垫。

教学资源准备：准备电子显微镜的视频资料，帮助学生直观认识设备；准备电子枪、电磁透镜、探测器等部件的理论公式和动画演示材料。

理论讲解：详细讲解电子显微镜的工作原理，包括电子枪、电磁透镜、探测器等部件的作用和原理；结合理论公式和动画演示，辅助学生深入理解各部件工作机制。

分组讨论：安排学生分组，每组针对不同参数（如电压、电流、磁场强度等）对电子显微镜成像的影响进行讨论；要求每组提交讨论报告，总结参数变化对成像结果的影响规律。

习题训练：通过相关练习题考查学生对电子显微镜原理公式的掌握情况，涵盖各部件工作原理、参数影响等知识点。

效果总结：根据学生的训练结果及反馈意见，总结教学效果；分析教学过程中存在的问题和不足，提出改进措施和建议。

## （二）关键要点

### 1. 知识点

经典力学中的电子加速原理：通过电场力对电子做功实现电子加速，涉及相关公式，即电场力做功使电子动能增加。

电磁学中的洛伦兹力原理：电磁透镜利用磁场对运动电子产生洛伦兹力来实现聚焦，其中 $F$ 为洛伦兹力， $B$ 为磁感应强度。

电子显微镜各部件的工作原理：电子枪发射电子、电磁透镜聚焦电子束、探测器接收和转化信号等过程的原理。

### 2. 技能点

理解并运用电场、磁场相关的计算，能根据理论公式分析电子加速情况和电子束聚焦状态。

能够通过观看电镜使用视频，结合理论知识，分析电子显微镜各部件的工作过程。

具备对不同参数（如电压、磁场强度）对成像影响的分析能力，能总结其影响规律。

### 3. 态度点

培养严谨认真的科学态度，认识到电子显微镜成像原理中理论知识的精确性，任何对理论理解的偏差都可能导致对成像机制分析的错误。

激发学生对电子科学与技术领域的探索兴趣，促使其主动学习和思考理论知识在实际中的应用。

## （三）教学使用

### 1. 组织引导

教学开始时，通过学生预习汇报回顾电场、磁场相关知识，教师引入电子显微镜工作原理。播放电子显微镜视频资料，让学生直观认识电子显微镜的工作过程，为理论学习做好铺垫。

### 2. 教学组织和过程设计

讲解电子枪、电磁透镜、探测器等部件的工作原理时，结合理论公式和动画演示，帮助学生理解其中的电磁学原理。安排学生分组讨论不同参数对成像的影响，提交报告并进行交流。通过理论考试考查学生对原理公式的掌握程度。

### 3. 考核方法

理论考试：通过测验考查学生对电子显微镜成像原理中涉及的电磁学公式、各部件工作原理等知识点的掌握情况。

讨论报告评价：对学生提交的分组讨论报告进行评分，评估其对参数影响成像规律的分析能力。

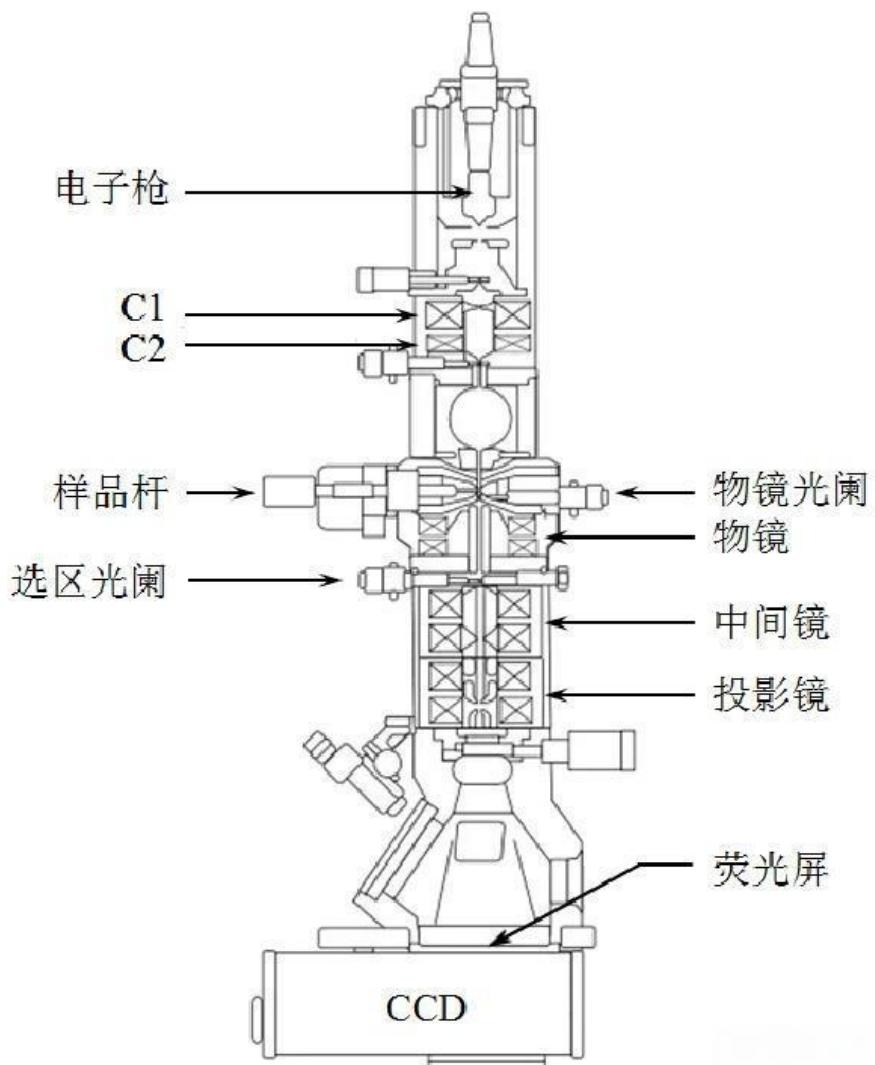
习题完成情况：根据学生习题训练的正确率和完成质量，了解其对知识点的掌握程度。

#### 4. 教学效果

学生能够清晰理解经典物理学中的电磁学理论在电子显微镜成像中的应用，通过观看视频和理论学习，能熟练分析电子显微镜各部件的工作机制，对不同参数对成像的影响有准确认识，为后续专业课程的学习和相关研究打下良好的理论基础。

#### （四）其他相关说明和附件

图表：电子显微镜的结构示意图



视频资料：电子束在电磁透镜中聚焦的动画视频



电子束在电磁透镜中聚焦的动画视频.mp4

视频另附