《电磁场与电磁波》课程教学大纲

执笔人：邵小桃 编写日期：2022年11月

**一、课程基本信息**

1．课程编号：M201059B

2．课程平台：专业教育平台

3．课程模块：学科基础课程模块

4．课程性质：必修

5．学时/学分：48/3

6．先修课程：高等数学、大学物理

7．适用专业：通信工程、电子科学与技术、信息工程

8．教学单位名称：电子信息工程学院

**二、课程教学目标及学生应达到的能力**

《电磁场与电磁波》是电子信息类各专业本科生的专业基础核心课程，着重培养学生对实际工程中的电磁场的分布与电磁波的传播问题进行描述、抽象建模和解释分析的能力。

本课程的主要任务是通过课堂教学、专题研讨、实验教学、课程思政、MOOC教学等多个环节培养学生的创新意识，以及电磁场与电磁波经典理论的应用能力，使学生理解电磁场理论的基本概念和分析方法，掌握静电场、恒定电场和恒定磁场的基本方程和边界条件，介质的极化和磁化特性，掌握时变电磁场的基本定律，麦克斯韦方程组，以及均匀平面波和导行波的传播特性，培养分析电磁场与电磁波问题的思维能力与计算能力，能解决静态场的分布和电磁波传播等工程应用问题，为学习后续课程奠定必要的基础。本课程注重以电磁场理论的发展历史为载体，将专业知识与思政育人元素相融合，引导学生树立正确的人生观、价值观和世界观。

**课程教学目标及能力要求具体如下：**

**目标1.** 掌握电磁场与电磁波系统分析与设计所需要的数学基础，能运用矢量分析中的线元矢量、面元矢量、体积元，以及标量场的梯度、矢量场的散度和旋度等数学知识；

**目标2.** 掌握静态场的基本方程及边界条件，理解静电场、恒定电场、恒定磁场的分布特性，分析超导和磁悬浮技术的特点；重点掌握时变场的麦克斯韦方程组的物理意义，掌握发电机和变压器的工作原理，并对均匀平面波在不同媒质中的传播特性有正确的理解和认识，掌握微波炉的工作原理、海水中的无线通信等工程问题的特点及局限性；

**目标3.** 通过实验教学和研究性教学环节，加深学生对所学理论知识的理解，培养学生分析复杂工程问题和解决实际问题的能力，培养学生独立思考、正确理解和评价对所解决的复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响的能力，提高学生追踪技术发展趋势的意识。

**三、课程教学目标和毕业要求的对应关系**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标对毕业要求的支撑关系** |
| 2. 工程知识 | 2.4 将复杂工程问题抽象为数学、物理问题，选择适当的模型进行描述，对模型进行推理求解和必要修正，并理解其局限性。 | 课程目标1 |
| 5. 研究 | 5.1 针对工程问题，收集信息、查阅文献、分析现有技术的特点与局限性。 | 课程目标2，3 |
| 8. 环境与可持续发展 | 8.2 评估工程方案的可持续性。 | 课程目标3 |

**四、课程思政育人目标**

**目标1.** 介绍课程发展史和中外映照，特别是国家重大科技成果，让学生深切感受到发展历程的艰辛，坚定理想信念、厚植爱国主义情怀，以及民族自豪感、使命感和责任感。

**目标2.** 通过介绍课程中科学家的成就和贡献，培养学生坚忍不拔探索的奋斗精神和开拓精神，严谨求实、不迷信不盲从的科学精神。

**目标3.** 引入思政案例及研究型教学，启发辩证思维，培养学生职业素养和责任意识，工匠精神，使之内化为学生的精神追求、外化为学生的自觉行动。

**五、课程教学内容与学时分配**

课程主要知识点、重点、难点及课时分配见下表。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **知识单元** | **知识点** | **要求** | **推荐学时** | **教学方式** | **支撑课程目标** |
| 1 | 电磁场数学基础 | 标量场和矢量场的概念 | 理解 | 2 | 讲授 | 课程目标1 |
| 散度、旋度和梯度的意义及计算 | 掌握 | 讲授 |
| 直角、圆柱和球坐标面元、线元、体积元 | 掌握 | 2 | 讲授 |
| 矢量的微积分运算 | 掌握 | 讲授 |
| 亥姆霍兹定理、唯一性定理 | 了解 | 自学 |
| 2 | 静电场 | 静电场的基本方程和边界条件 | 掌握 | 2 | 讲授 | 课程目标1，  2，3 |
| 电位的性质以及计算 | 掌握 | 2 | 讲授 |
| 介质中的高斯定理和边界条件 | 掌握 | 讲授 |
| 泊松方程、拉普拉斯方程 | 了解 | 1 | 讲授 |
| 直角坐标分离变量法 | 掌握 | 2 | 讲授 |
| 平面镜像法 | 掌握 | 2 | 讲授 |
| 静电场的能量和能量密度 | 理解 | 3 | 讲授 |
| 电容的求解方法 | 掌握 | 讲授 |
| 3 | 恒定电场 | 恒定电场基本方程和边界条件； | 掌握 | 2 | 讲授 | 课程目标1，2，3 |
| 电流密度的概念； | 理解 | 讲授 |
| 静电比拟的分析方法 | 掌握 | 讲授 |
| 4 | 恒定磁场 | 恒定磁场基本方程和边界条件 | 掌握 | 2 | 讲授 | 课程目标1，2，3 |
| 矢量磁位的性质以及计算 | 掌握 | 2 | 讲授 |
| 标量磁位的意义 | 了解 | 自学 |
| 介质的磁化现象 | 理解 | 讲授 |
| 恒定磁场的能量和能量密度 | 理解 | 自学 |
| 自感和互感的求解方法 | 掌握 | 2 | 讲授 |
| 5 | 时变电磁场 | 法拉第电磁感应定律 | 掌握 | 1 | 讲授 | 课程目标1，2，3 |
| 位移电流 | 理解 |  |
| 麦克斯韦方程组和边界条件 | 掌握 | 2 | 讲授 |
| 正弦电磁场的复数表示法 | 掌握 | 3 | 讲授 |
| 坡印廷矢量和坡印廷定理 | 掌握 | 讲授 |
| 6 | 平面电磁波 | 理想介质中的均匀平面波 | 掌握 | 2 | 讲授 | 课程目标2，3 |
| 电磁波的极化特性 | 掌握 | 2 | 讲授 |
| 平面电磁波在导电媒质中的传播特性 | 掌握 | 2 | 讲授 |
| 均匀平面电磁波垂直入射 | 掌握 | 4 | 讲授 |
| 均匀平面电磁波对多层介质的垂直入射 | 理解 | 自学 |
| 均匀平面电磁波的斜入射 | 掌握 | 讲授 |

实验环节的实验内容及课时分配见下表。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **知识单元** | **知识点** | **要求** | **推荐学时** | **教学方式** | **支撑课程目标** |
| 1 | 静电场、恒定电场 | 静电场模拟 | 必做 | 1 | 必做 | 课程目标2，3 |
| 部分电容的测量 | 必做 | 1 | 必做 |
| 静电系列演示仪 | 演示 | 0.5 | 观看 |
| 2 | 恒定磁场 | 磁场的测量 | 必做 | 1 | 必做 |
| 互感的测量 | 必做 | 1 | 必做 |
| 磁悬浮演示 | 演示 | 1.5 | 观看 |
| 超导磁悬浮力测量 | 演示 | 自学 |
| 3 | 时变电磁场 | 法拉第电磁感应定律演示 | 演示 | 观看 | 课程目标2，3 |
| 4 | 平面波 | 电磁波的发射和接收与趋肤效应 | 演示 | 观看 |
| 微波分光仪系列演示实验 | 演示 | 2 | 选看 |

**六、课程教学安排**

本课程是通信工程、电子科学与技术专业的专业主干课，也是通信工程、电子科学与技术专业必修的专业基础课。通过本课程的学习，使学生全面理解和掌握电磁场与电磁波的理论体系，为学生后续专业课程的学习提供必要的基础知识和理论依据。针对课程理论性强、内容抽象、数学推导多的特点，采用灵活多样的教学方式，将理论教学、专题研讨、自主学习等有机结合。

教学环节主要包括：课堂讲授、实验、研究型教学、课程思政、MOOC教学、习题和答疑。

1. **课堂讲授部分**

课堂讲授采用多媒体电子教案，包含文字、公式、图片、CAI课件演示、实物和照片展示及习题课等，从宏观上引导学生总体把握课程内容，在掌握课程基本内容和基本方法的基础上，使学生能够触类旁通，提高分析问题，解决问题的能力。约占40学时。

1．在教学方法上，结合多媒体教学与传统板书，采用以面向问题的引导式教学为手段，以案例教学为载体，激发学生的学习热情，培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。

2. 在教学内容上，注重对经典理论和分析方法的讲解，针对静态场和时变场的问题，强调源-场和场-场互求关系，通过建立方程和边界条件，分析场的分布和波的传播特性，让学生掌握电磁场理论的核心定理、概念和分析方法，使学生能够触类旁通，具备解决复杂的电磁场与电磁波工程实际问题的专业基础知识。

3．在教学过程中，通过MATLAB等仿真工具，将看不见、摸不着，难以理解的场和波的分布特性，进行可视化实现，形象生动，立体可现。

4．针对课程教学中易出现的疑难问题，分别在每章结束后安排重点、难点习题课，和学生一起梳理知识体系，整理归纳重要知识点，提升学生融会贯通的能力。

**（二）课程思政**

课程思政坚持正确的政治方向，紧紧围绕立德树人根本任务，针对《电磁场与电磁波》课程理论性强、概念抽象、数学知识多的特点，细化分解课程思政育人主题，深挖知识点中隐含的思政元素，将课程思政案例（见下表）有机融入相关知识点和教学环节中，通过案例讲解、学生提问、课后调研、课堂展示等方式，在进行知识传授、能力培养的同时，以“融盐与水、润物无声”的形式浸润学生心灵，使之内化为学生的精神追求、外化为学生的自觉行动。

表1《电磁场与电磁波》思政案例

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 章节名称 | 知识点 | 所挖掘的思政元素 |
| 1 | 1.0 电磁场与电磁波课程绪论 | 电磁理论的发展历程 | 【**刘瀚先生-开拓精神 爱国精神**】  创建中国广播，与世界广播发展同步，与发达国家广播发展齐肩，敢为天下先。 |
| 2 | 2.4 介质中的静电场方程 | 介质的极化，电介质的击穿 | 【**辩证思想 利弊相生**】  介质击穿丧失绝缘特性是不利因素，但利用脆性介质击穿破碎非金属矿石。 |
| 3 | 2.5 静电场的边界条件 | 导体边界条件，静电屏蔽 | 【**工程伦理-安全意识**】**-**工程规范  实验室安全，静电防护 |
| 4 | 3.1恒定电场 | 接地电阻 | 【**归纳比较、工匠精神、责任担当**】  FAST 防雷设计，在主动反射面下方安装一张巨型综合地网，而传统建筑防雷设计是在刚性结构连接的建筑屋顶安装接闪器。 |
| 5 | 4.1恒定磁场 | 安培力定律 | 【**创新意识-主动探索**】-发散思维、寻找规律 中国电磁弹射之父——马伟明院士 |
| 6 | 5.1 法拉第电磁感应定律 | 电磁感应定律，涡旋电场 | 【**科学家品质-坚韧不拔探索-不折不挠专研**】法拉第经过长期的艰苦努力，无数次失败，才成功发现电磁感应定律。  【**科学力量-科学史生产力-科学改变世界**】  法拉第坚信科学技术对人类社会的发展具有巨大影响力，从法拉第电磁感应定律，人类一步步地进入电气时代。 |

**（三）实验教学部分**

实验教学环节包括4个必做实验和8个电磁波演示实验。将理论教学与实验教学紧密结合，以具体实验为载体，分组实施，最后总结整理，进行数据分析，写出实验报告。提高学生理论联系实际、发现问题、提出问题、解决问题的能力。约占8学时。

**（四）研究性专题部分**

研究性专题针对各章内容进行扩展和探讨，主要由学生在课后完成，课内讨论讲评。在课堂讨论中，同学们可以提出疑难问题，共同分析研究，达到相互促进，共同提高。

围绕各章教学重点内容，设置专题研究环节，要求学生运用文献查找和数据搜索工具，自主学习与课程相关的工程背景知识，解释工程问题中的物理现象，描述和分析实际工程问题，了解专业知识在相关领域的前沿应用。通过专题研究环节，锻炼学生的自主学习能力，培养学生利用Matlab 等仿真软件实现电磁场与电磁波的可视化，激发学生探究新知识的兴趣，培养良好的科学研究态度，并通过工程实践反哺理论知识学习，帮助学生在理论与实际之间建立“映射”。

组织形式及要求如下：

1．课程组给出若干参考题目，题目内容主要包括电磁场与电磁波的基本概念和定理、场的特性、实际工程案例的描述和原理分析、课程知识和相关技术的应用调研等，要求学生自主完成文献查阅、数据收集、分析归纳等，提交研讨报告，并完成答辩展示。

2. 研讨报告内容主要包括方案和原理描述，理论计算与分析过程，仿真实验设计方案，关键图形和可视化的场波分布。

3. 授课教师也可自拟题目。

**（五）研究性专题部分参考方案**

研讨专题可以由教师灵活确立，任课教师可以根据教学进度、学生掌握程度进行调整，同时也鼓励任课教师结合自己学科方向，将前沿技术引入教学，体现在研究性教学中。

（1）矢量场特性研究

矢量场的特性主要用矢量的散度和旋度来描述，深刻理解散度和旋度的物理意义和计算方法是学好电磁场理论的根本。

针对给定的具体函数，用Matlab软件工具，画出对应梯度、散度和旋度波形，并分析三度的特性，从而掌握和理解三度的计算和物理意义。

* 假设曲面函数方程为，计算点（*x*=0，*y*=0）处的，并画出函数z和梯度场的图形。
* 两维矢量场，，k为常数。画出矢量场**A**和的图形。
* 矢量场，，k为常数。画出矢量场**A**和的图形。

（2）静电场特性研究

在不存在外电场的情况下，电介质呈电中性。电介质中没有自由电子。电介质的带电粒子是被原子、分子的内力或分子间的力紧密束缚着，因此这些粒子的电荷为束缚电荷。在外电场作用下，这些电荷也只能在微观范围内移动，产生极化。

凡在外电场作用下产生宏观上不等于零的电偶极矩，因而形成宏观束缚电荷的现象称为电极化，能产生电极化现象的物质统称为电介质。

查找相关资料，从以下三个方面探讨电介质的极化及相关性质，本题可参考第二章电介质的极化特性。

* 恒定电场引起的极化；
* 交变电场引起的极化；
* 电介质的特殊效应。

（3）探讨超导体的特性、现象及应用。

（4）平面电磁波特性研究

证明对于良导体，*σ*/(*εω*)>>1，任意入射角情形下，透射波近似垂直于分界面。为了使一个房间免于电磁干扰屏蔽，必须将该房间用5个趋肤深度厚的铜金属层包围。如果要屏蔽10 kHz 到1 GHz的电磁波，铜金属层需要多厚？（参考书：电磁屏蔽与吸波材料）

（5）表面等离子体波特性研究

表面等离子体波是在金属表面传播的表面电磁波，基于表面等离子体波在集成光子器件中具有非常广阔的前景。相关的应用研究正在展开。本课题要求学生根据所学的知识给出表面电磁波所满足的波动方程，给出色散关系。通过查找最新文献，了解其研究领域，应用方向。

**（六）习题和答疑部分**

本课程理论性强，知识点多，数学计算繁琐，需要足够的作业支撑。题型包括计算、推导和讨论、分析和设计等。通过习题巩固知识点的掌握，进一步理解和掌握所学的基本概念、物理意义、方程定理等，做到具体灵活的应用，掌握一定的计算技巧。并适当布置选做题目，达到培养学生主动学习拓展知识的能力，锻炼其分析问题解决问题的能力。

习题课安排在每个章节学习结束在课堂集中完成。答疑每周2学时，在课外进行。

**七、课程的考核**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程成绩构成及比例** | **考核环节** | | **目标分值** | **考核/评价细则** | **对应的课程目标** |
| 平时成绩50分  占总评成绩的50% | 作业 | 基本概念  基本规律 | 5 | （1）主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度；  （2）每次作业按10分制单独评分，取各次成绩的平均值作为此环节的最终成绩。 | 1 |
| 基本分析  基本特性 | 10 | 2 |
| MOOC | 基本概念  基本规律 | 5 | （1）依托“电磁场与电磁波”MOOC资源，评价学生对课程主要知识点的掌握程度；  （2）MOOC成绩满分100分，乘以其在总评成绩中所占的比例计入总评成绩。 | 1 |
| 基本分析  基本特性 | 5 | 2 |
| 阶段  测验 | 基本概念  基本规律 | 5 | （1）结合教学进度安排阶段考试，考查学生对相关知识的掌握程度；采用笔试（闭卷）方式。  （2）阶段考试成绩以百分计，乘以其在总评成绩中所占的比例计入总评成绩。 | 1 |
| 基本分析  基本特性 | 5 | 2 |
| 实验 | | 10 | （1）针对4个电磁场必做实验，以具体实验为载体，分组实施，要求进行数据分析，写出实验报告，考察学生分析现象和处理数据的能力。  （2）针对8个电磁波演示实验，分析实验现象、工程技术特点，提高学生理论联系实际、发现问题、提出问题、解决问题的能力。 | 2，3 |
| 专题研究 | | 5 | （1）考查学生自主学习、独立思考和拓展专业知识的能力。并且通过口头和文字表达能力以及讨论交流过程评价学生对自主学习能力的掌握程度。  （2）教师根据专题研讨报告、研究成果展示、交流情况综合评定，也可以同时引入同学互评的形式作为参考。 | 3 |
| 期末考试100分  占总评成绩的50% | 期末  考试 | 基本概念  基本规律 | 50 | （1）采用笔试（闭卷）形式，卷面成绩100分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。  （2）考核内容须体现对基本方程的综合运用，利用基本原理和分析方法进行电磁场与电磁波传播系统的设计和分析能力的考察，不仅包括对各单元知识点的独立考核，还需要包括综合运用和解决问题能力的考核。考试题型为：填空题、选择题、分析题、计算题和简答题等。  其中,建议对应课程目标1的试题占30-40%，题型以填空题、选择题和计算题为主；对应课程目标2的试题占60-70%，题型以分析题、简答题、计算题为主。 | 1 |
| 2 |
| 基本分析  基本特性 | 50 |

**八、本课程与其它课程的联系与分工**

先修课程：大学物理，高等数学等。

后续课程：微波技术基础、天线与电波传播、电磁兼容理论等。

**九、建议教材及教学参考书**

**教材：**

邵小桃、李一玫、王国栋．电磁场与电磁波（M+Book）（第2版），北京：清华大学出版社，北京交通大学出版社，2021．

**参考书：**

[1] 邵小桃、李一玫、王国栋．电磁场与电磁波（第一版）．北京：清华大学出版社，北京交通大学出版社，2014．

[2] 李一玫、邵小桃、郭勇．电磁场与电磁波基础教程（第一版）．北京：中国铁道出版社，2010．

[3]谢处方 饶克谨．杨显清 王园 赵家升 修订．电磁场与电磁波（第四版）．北京：高等教育出版社，2006．

[4] 杨儒贵．电磁场与电磁波（第一版）．北京：高等教育出版社，2003．

[5] 邵小桃、郭勇、王国栋，电磁场基础（译著），电子工业出版社，2017．

[6] 邵小桃等，应用电磁学（第6版）（译著），清华大学出版社，2016.

[7] William H.Hayt,Jr.,John A.Buck. Engineering Electromagnetic（影印版）北京：机械工业出版社， 2002．

[8] JIN AU KONG. Electromagnetic Wave Theory（影印版）北京：高等教育出版社，2002．

**十、大纲审核人**

**十一、学院审核程序说明**

由xx系制定，负责本科教学工作的系主任审核，经学院教学指导委员会审核批准。

**十二、学院审定日期**

**附：达成度评价方法：**

课程目标达成度评价包括课程分目标达成度评价和课程总目标达成度评价，具体计算方法如下：





课程目标评价内容及符号意义说明如附表1，字母*A*、*B*、*C、D*、*E*和*F*则分别表示学生作业、MOOC、阶段测验、期末考试、专题研究和实验的实际平均得分，其中，*A*= *A*1+*A*2，*B*= *B*1+*B*2，*C*= *C*1+*C*2，*D*= *D*1+*D*2；平时成绩和期末成绩分别占总评成绩的50%。

附表1 课程评价考核基本信息表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标评价内容** | **作业** | | **MOOC** | | **阶段测验** | | **实验** | **期末考试** | | **专题研究** | **课程总评成绩** |
| 基本概念  基本规律 | 基本分析  基本特性 | 基本概念  基本规律 | 基本分析  基本特性 | 基本概念  基本规律 | 基本分析  基本特性 | 基本概念  基本规律 | 基本概念  基本规律 | 基本分析  基本特性 |
| 目标  分值 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 50 | 50 | 5 | 100 |
| 学生平均得分 | *A*1 | *A*2 | *B*1 | *B*2 | *C*1 | *C*2 | *F* | *D*1 | *D*2 | *E* | (*A*+*B*+*C+E+F*)+*D* |

课程目标达成度评价值计算具体说明如附表2。

附表2课程达成度评价计算方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核环节** | **目标分值** | **学生平均得分** | **达成度计算示例** |
| 课程目标1 | 作业（基本概念基本规律） | 5 | *A*1 |  |
| MOOC（基本概念基本规律） | 5 | *B*1 |
| 阶段测验（基本概念基本规律） | 5 | *C*1 |
| 期末考试（基本概念基本规律） | 50 | *D*1 |
| 课程目标2 | 作业（基本分析基本特性） | 10 | *A*2 |  |
| MOOC（基本分析基本特性） | 5 | *B*2 |
| 阶段测验（基本分析基本特性） | 5 | *C*2 |
| 实验 | 10 | *F* |
| 期末考试（基本分析基本特性） | 50 | *D*2 |
| 课程目标3 | 实验 | 10 | *F* |  |
| 专题研究 | 5 | *E* |
| 课程总体目标 | 总评成绩 | 100 | (*A*+*B*+*C+E+F*)+0.5*D* |  |