

# 电磁场与电磁波 课程教学大纲

## 一、课程说明

(一) 课程名称、所属专业、课程性质、学分；

《电磁场与电磁波》是电子信息类专业本科生的基础课程，是《微波技术》、《光纤通信》、《天线》、《射频电路》、《无线通信》等后续课程的基石。对于培养现代通信领域的高素质人才，具有重要的作用。国内外各知名高校电子信息类专业，除开设模拟电路等“路”的课程之外，普遍开设《电磁场理论》、《电磁场与电磁波》等“场”的课程。2018年，兰州大学进行新一轮教学计划修订工作，在新修订的教学计划中，《电磁场与电磁波》是通信工程专业、电子信息科学与技术专业的专业核心课，3学分，54学时，安排在第四学期开展；《电磁场与电磁波》课程设计1学分，属于必修的集中实践环节，安排在第二学年暑期学校开展，时间一周。二者密切联系，是不可分割的一个整体。

(二) 课程简介、目标与任务；

课程简介：《电磁场与电磁波》是电子信息类专业的一门重要的理论课程，也是兰州大学通信工程专业、电子信息科学与技术专业的基础课程。该课程于2003年作为兰州大学重点课程进行建设，2004年被评为我校精品课程，2006年评为甘肃省精品课程。课程组实时地将新科研成果和社会需求融入到实际教学中，发展至今，使该门课程在师资队伍、教材、课件及题库等各方面有较大的提高。课程内容主要包括矢量分析、静电场、恒定电场和静磁场、静态场的解法、时变电磁场、平面电磁波、天线和电磁辐射等。

目标与任务：本课程以电磁学为基础，运用矢量分析的数学工具，以静态电磁场的解法和均匀平面电磁波的传播为重点，揭示宏观电磁现象的本质；主要讲述静态电磁场及其解法、时变电磁场、电磁波的传播与辐射等，其主要任务是阐明电磁场的基本概念、基本性质、基本变化规律和基本分析计算方法及其应用。为今后学习《微波技术》、《光纤通信》、《天线》、《微波与卫星通信》、《无线通信》等课程以及在工作实践中深入学习、研究与解决各类电磁场与电磁波的实际工程问题奠定理论基础。

(三) 先修课程要求，与先修及后续相关课程之间的逻辑关系和内容衔接；

本课程的先修课程为：《大学物理》、《高等数学》、《线性代数》、《电路分析》、《数学物理方法》等，通过这些课程的学习，掌握本课程所必须的数理基础，如矢量分析、场论、正交坐标系、傅里叶级数、傅里叶变换、特殊函数、电磁学基础、正弦量的相量表示等。

通过本课程的学习，将深入掌握电磁理论的基础知识，并为后续课程群的学习奠定基础，如《微波技术》、《光纤通信》、《微波与卫星通信》、《移动通信》等。尤其是柱坐标系下的分离变量法，将是研究各种圆柱波导、传输线的基础。

(三) 考核方式

《电磁场与电磁波》课程考核采用线上考核和线下考核相结合方式进行。线上考核包括视频学习、单元测验、网站访问情况、参与讨论等环节。线下考核包括线下见面课和线下期末考试。

学习成绩占比：在线自主学习 30%、线下见面课成绩 30%、期末考试 40%。

其中，在线自主学习包括：视频学习及答题情况，互动交流情况等；线下见面课包

括：小测验、期中考试和平时作业等。

《电磁场与电磁波》课程设计环节成绩为合格或者不合格，主要根据课程设计报告等考核。

#### （五）教材与主要参考书。

教材：

《电磁场与电磁波》，北京：清华大学出版社，梅中磊，曹斌照，李月娥，马阿宁，2018.

主要参考书：

1. 梅中磊，李月娥，马阿宁，Matlab 电磁场与微波技术仿真，清华大学出版社，2020. 6.
2. 梅中磊，曹斌照，牛调明，电磁场与电磁波学习指导与典型题解，清华大学出版社，2022. 8.
3. 《电磁场与电磁波》，北京：科学出版社，许福永，赵克玉编，2006
4. 《电磁场与电磁波(第3版)》，北京：高等教育出版社，谢处方，饶克谨编，2002.
5. 《电磁场与电磁波》，北京：机械工业出版社，Bhag Singh Guru（周克定译），2006.
6. 《电磁场与电磁波》，西安：西安电子科技大学出版社，王家礼 朱满座 路宏敏编，2004.
7. 《电磁场与电磁波》，南京：东南大学出版社，吕芳等，2009.

## 二、课程内容与安排

### 绪 论

#### （一）教学方法与学时分配

多媒体教学，1 学时。

#### （二）内容及基本要求

主要内容：电磁理论发展简史；“电磁场与电磁波”的学习；学习方法介绍等。

【重点掌握】课程的组织结构安排、重点内容等

【掌握】学习本课程的方法和技巧

【了解】电磁理论发展简史

## 第一章 矢量分析

### 第一节 矢量的代数运算

### 第二节 标量场的梯度、矢量场的散度与旋度

### 第三节 矢量积分定理

### 第四节 三种常用坐标系

#### （一）教学方法与学时分配

采用多媒体教学手段讲授，介绍目前科研领域的热点“隐形衣”及其基础知识：坐标变换，及其与坐标系之间的关系，调动同学的积极性。5 学时。

#### （二）内容及基本要求

主要内容：矢量的代数运算；直角坐标系下矢量场的梯度、散度、旋度及拉普

拉斯运算；矢量积分定理；常用正交坐标系等；

**【重点掌握】**矢量的代数运算、直角坐标系中标量场的梯度与拉普拉斯算子运算、矢量场的散度与旋度；

**【掌握】**单位圆法和常用坐标系中梯度、散度、旋度及拉普拉斯算子的运算；矢量场的通量与环量及积分定理；

**【了解】**广义正交曲线坐标系中梯度、散度、旋度及拉普拉斯算子的表达式；

**【一般了解】**并矢与张量及其积分定理；

**【难点】**矢量场的通量与环量及积分定理。

## 第二章 静电场

### 第一节 库仑定律和电场强度

### 第二节 高斯定理

### 第三节 静电势

### 第四节 电偶极子

### 第五节 电介质的极化和电位移矢量

### 第六节 静电场的边界条件

### 第七节 电容

### 第八节 静电场的能量

### 第九节 科技前沿：静电隐形衣

#### （一）教学方法与学时分配

采用多媒体教学手段，结合 Matlab 的图形绘制功能，引导同学们绘制电力线、等势面等；结合科研热点，介绍“左手材料”如何实现负的介电常数；介绍目前科研领域的热点静电“隐形衣”及其基础知识：散射相消。9 学时。

#### （二）内容及基本要求

**主要内容：**库仑定律和电场强度；静电场的高斯定理；静电势；电偶极子的场；电介质的极化和电位移矢量；静电场的边界条件；电容；静电场的能量等。

**【重点掌握】**电场强度的定义，场的叠加原理，静电场的性质；给定电荷分布计算电场；边界条件；

**【掌握】**静电场的基本方程和边界条件及电场和电容的计算方法；

**【了解】**电偶极子和电介质的极化；电场能量及其分布；

**【一般了解】**静电隐形衣；Matlab 绘制电力线；

**【难点】**电偶极子的电场分布和电介质的极化机理。

## 第三章 稳恒电场与磁场

### 第一节 电流密度和电荷守恒定律

### 第二节 稳恒电流的电场

### 第三节 科技前沿：直流电型隐形衣

### 第四节 安培定律和磁感应强度

### 第五节 矢量势和安培环路定律

### 第六节 磁偶极子

### 第七节 物质的磁化和磁场强度

### 第八节 磁场的边界条件

### 第九节 电感

### 第十节 磁场的能量

### 第十一节 科技前沿：静磁隐形衣

#### （一）教学方法与学时分配

采用多媒体教学手段，电磁对照的方法讲解；结合 Matlab 的图形绘制功能，引导同学们绘制磁力线等；引入案例：无线输电，介绍互感的计算等；结合科研热点，解释“左手材料”如何实现负的磁导率；介绍目前科研领域的热点“静磁隐形衣”。6 学时。

#### （二）内容及基本要求

**主要内容：**电流密度的定义和电荷守恒定律；稳恒电流的场；安培定律和磁感应强度；矢量势和安培环路定律；磁偶极子的场；物质的磁化和磁场强度；磁场的边界条件；电感；磁场的能量等。

**【重点掌握】**电流密度和电荷守恒定律；给定电流分布计算磁场；边界条件；

**【掌握】**安培力、磁感应强度及矢势的概念，稳恒磁场的基本方程；稳恒电场与磁场及电导与电感的计算方法；

**【了解】**磁偶极子和物质的磁化；磁场能量及其分布；

**【一般了解】**磁介质的磁化；静磁隐形装置；磁单极子；

**【难点】**磁偶极子的概念和磁介质的磁化。

## 第四章 静态场边值问题的解析

### 第一节 静态场边值问题的分类和唯一性定理

### 第二节 镜像法

### 第三节 直角坐标系内的分离变量法

### 第四节 圆柱坐标系内的分离变量法

### 第五节 球坐标系内的分离变量法

### 第六节 保角变换法

#### （一）教学方法与学时分配

采用多媒体教学手段，复习、回顾《数学物理方法》内容；结合 Matlab 的数值计算功能，引导同学进行微分方程的数值求解；结合科研热点，利用分离变量法分析目前科研领域的热点：静场“隐形衣”；利用唯一性定理理解有

源隐形衣等。12 学时。

## （二）内容及基本要求

**主要内容：**静电场边值问题的分类和场的唯一性定理；镜像法；直角、柱、球坐标系下的分离变量法；保角变换法。

**【重点掌握】**唯一性定理；导体边界的镜象法及直角坐标系的分离变量法；

**【掌握】**圆柱坐标系的分离变量法；

**【了解】**两种介质间平面边界的镜象法；球坐标系的分离变量法；

**【一般了解】**保角变换法；球状隐形装置；有源隐形；

**【难点】**镜像法的基本原理，分离变量法中的本征值问题。

## 第五章 时变电磁场

### 第一节 法拉第电磁感应定律

### 第二节 位移电流和全电流定律

### 第三节 麦克斯韦方程组和洛伦兹力公式

### 第四节 电磁场的边值关系

### 第五节 电磁场的能量守恒定律和坡印亭矢量

### 第六节 电磁场的矢量势和标量势

### 第七节 推迟势和似稳电磁场

### 第八节 时变电磁场在生活中的应用

#### （一）教学方法与学时分配

采用多媒体教学手段，并结合生活中的具体实例进行讲解；6 学时。

#### （二）内容及基本要求

**主要内容：**法拉第电磁感应定律；位移电流和全电流定律；麦克斯韦方程组和洛伦兹力；电磁场的边值关系；能量守恒定律和坡印亭矢量；电磁场的矢量势和标量势；推迟势和似稳电磁场等。

**【重点掌握】**感应电动势和位移电流的概念和计算；麦克斯韦方程组以及时变电磁场的边值关系；位移电流；

**【掌握】**坡印亭矢量及正弦电磁场和坡印亭矢量的复数形式；

**【了解】**似稳电磁场和似稳条件；电磁场的动态势函数；

**【一般了解】**时变电磁场的应用；达朗贝尔方程及其解；洛伦兹力；

**【难点】**达朗贝尔方程及其解推迟势、似稳电磁场。

## 第六章 电磁波的传播

### 第一节 理想介质中传播的均匀平面电磁波

### 第二节 媒质的频散和电磁波的相速与群速

### 第三节 电磁波在导体表面上的反射与折射

## 第四节 波导和谐振腔

## 第五节 科技前沿：左手材料介绍

### （一）教学方法与学时分配

采用多媒体教学手段进行讲解；结合科研热点，介绍“左手材料”的特异电磁特性，如负折射等；结合全反射内容，讲解金属表面的 SPP 电磁模式及其应用；引导同学们利用电磁仿真软件学习电磁理论。9 学时。

### （二）内容及基本要求

**主要内容：**理想介质中的均匀平面波；媒质的频散、电磁波的相速度和群速度；电磁波在有耗媒质中的传播；电磁波在介质分界面上的反射与折射；电磁波在导体被表面上的反射和折射等；案例教学：电离层的电磁特性及其对卫星通信的影响。

**【重点掌握】**电磁波在理想介质中的传播特性；极化的定义及判定；

**【掌握】**电磁波在有耗媒质中的传播特性；电磁波在介质分界面上的反射与折射规律；

**【了解】**了解电磁波在媒质分界面上斜入射和正入射时的反射与折射规律；

**【一般了解】**波导和谐振腔；左手材料；表面等离子激元等；

**【难点】**有耗媒质的复介电常数和复磁导率；驻波的概念；复数角度的理解。

## 第七章 电磁波的辐射

### 第一节 电磁波的辐射与天线的常用电参数

### 第二节 电偶极子辐射和磁偶极子辐射

### 第三节 振子天线

### 第四节 天线阵

### 第五节 超材料天线介绍

#### （一）教学方法与学时分配

采用多媒体教学手段开展讲授，结合 Matlab 的图形绘制功能，引导同学们绘制天线的方向图等；引入案例：相控天线阵及其在预警飞机上的应用；演示各种天线。6 学时。

#### （二）内容及基本要求

**主要内容：**天线的常用电磁参数；电偶极子和磁偶极子的辐射特性分析；振子天线；天线阵；超材料天线介绍等。

**【重点掌握】**天线的常用电参数；

**【掌握】**电偶极子、磁偶极子和对称半波振子天线的辐射场与电参数及均匀直线天线阵；

**【了解】**天线的类型和天线辐射场的求解方法及通信实用天线；

**【一般了解】**理解互易定理和对偶原理；超材料天线；

**【难点】**对偶原理、互易原理等。

## 《电磁场与电磁波》课程设计主要内容及要求

### 1、基于微带天线的课程设计

涵盖微带天线的原理介绍、设计方法、全波仿真及加工测试方法等。该课程设计可以培养学生的机械制图能力、PCB 板加工能力、电磁仿真方法和天线测量能力等，并为今后就业、领域内深造打下基础。要求学生提交作品并加以测试。

### 2、铁罐天线的设计

利用茶叶罐、咖啡罐等金属容器作为波导和反射器，利用单极天线作为激励，设计、仿真、加工并测试一种罐罐天线。该环节涉及矩形、圆形波导的传输理论，二维有限元仿真等。要求学生提交作品并加以测试。

### 3、无线电测向活动的开展与电磁场与电磁波教学

开展无线电定向测向活动，通过现代无线电通讯技术与传统捉迷藏游戏结合的游戏方式，加强学生天线方向图、法拉第电磁感应定律等相关知识的掌握。开阔学生视野，培养独立思考和分析判断能力，促进青少年德、智、体、美、劳全面发展。要求学生组队参赛并获得成绩。

以上活动为期 1 周。课程设计内容可以根据情况做适当调整。学生完成相关任务并提交设计报告。设计报告必须内容如下，可以根据自身情况增加：题目，作者，摘要，关键词，引言，理论分析，电磁仿真结果，实际测量结果，小结，参考文献等。按照学术论文的形式撰写。

制定人：梅中磊

审定人：李月娥

批准人：

日 期：2022.12.11