

《电磁场与波 B》课程教学大纲

课程英文名称: Electromagnetic Field Theory

课程代码: E0201530

学 时 数 : 48

学 分 数: 3

课程类型:

适用学科专业: 电子类

先修课程: 《微积分》、《大学物理》、《数学物理方法》

执 笔 者: 潘锦

编写日期: 2018.3

审 核 人: 陈万军

一、课程简介

本课程是一门专业基础课,其任务是在高等数学、大学物理的基础上学习电磁场与波的基本理论和基本分析方法。本课程着重阐述电磁场的基本概念、原理、规律和基本分析方法,及其在工程实际中的应用。

二、课程目标

通过对本课程的学习,使学生记忆、理解电磁场的基本概念,掌握静电场、恒定电场、恒定磁场、时变电磁场与电磁波的基本原理、规律和分析方法,并能应用所学原理去分析和评价各电磁场问题,针对不同电磁场问题选取适当方法进行分析和求解,以培养学生工程基础知识,为研究和解决复杂工程问题奠定坚实基础。

三、课程内容和要求

(一) 教学内容、要求及教学方法

1、绪论 (0.5 学时)

(1) 教学内容

主要内容: 简要讲述电磁学的起源、历史、发展过程,以及电磁场与电磁波在工程实际中的广泛应用。

(2) 教学要求

了解: 电磁学发展的过程

理解: 电磁场与电磁波在工程实际中的广泛应用

2、第一章 矢量分析基础 (5 学时)

(1) 教学内容

本章针对电磁场的物理本质和特性，建立认识电磁场与波规律的数学分析基础。重点讲授矢量分析的三个度：梯度、散度、旋度，及其用于分析标量场与矢量场的方法和作用。

1.3 标量场的方向导数与梯度（1 学时）

1.4-1.5 矢量场的通量与散度、环流与旋度（3 学时）

1.6 无旋场的标量位、1.7 无散场的矢量位、1.8 格林定理、1.9 亥姆霍兹定理（1 学时）

（2）教学要求

掌握：坐标单位矢量及其变换关系，长度元、面积元与体积元；方向导数与梯度的计算方法；通量与散度的计算方法和散度定理（高斯定理）；环流与旋度的计算方法和旋度定理（斯托克斯定理）；矢量场的分类与数学表达方法。

理解：三种常用坐标系的概念；场的概念；方向导数与梯度的概念与性质；矢量场的通量与散度的概念与物理意义；矢量场的环流与旋度的概念与物理意义；环量与环量面密度的概念与物理意义；无旋场与无源场的概念及其特性；标量位和矢量位的概念。

了解：亥姆霍兹定理的意义

（3）重点和难点

重点：梯度、散度、旋度分析不同类型场量的变化时所发挥的作用和物理意义，并建立熟练的运算能力；散度定理和斯托克斯定理的物理内涵及其用于问题分析的应用。

难点：圆柱面坐标系、球面坐标系与直角坐标系的坐标变换关系；矢量积分运算；亥姆霍兹定理的理解。

3、第二章 电磁场的基本规律（12 学时）

（1）教学内容

主要内容：电、磁现象中源与场的因果联系；线性问题的叠加原理；真空中电磁场因果问题的基本规律：真空中的麦克斯韦方程；物质的电磁特性；物质中的电磁场因果问题基本规律：物质空间中的麦克斯韦方程组及边界条件。

2.1 电荷守恒定律（2 学时）

2.2 真空中静电场的基本规律（1 学时）

2.3 真空中恒定磁场的基本规律（1 学时）

2.4 媒质的电磁特性（2 学时）

2.5 电磁感应定律和位移电流（2 学时）

2.6 麦克斯韦方程组（2 学时）

2.7 电磁场的边界条件（2 学时）

(2) 教学要求

掌握：电荷作用力定律：库仑定律；电场与电场强度的概念、特性与计算方法；电流作用力定律：安培力定律；磁场与磁感应强度的概念、特性与计算方法；媒质的磁特性：极化、磁化和传导；电位移矢量引入的目的和作用；极化强度矢量、电场强度矢量、电位移矢量三者之间的关系；磁场强度矢量引入的目的和作用；磁化强度矢量、磁感应场强度矢量、磁场强度矢量三者之间的关系；极化电荷与自由电荷的差异；磁化电流与传导电流的差异；媒质的物质方程：本构关系；时变电磁规律：电磁感应定律、位移电流与全电流定理；边界条件与分析应用。

理解：电荷、电荷的空间存在形式及其分布模型；电流、电流的空间存在形式及其分布模型；电荷与电流的关系：电流连续性方程（电荷守恒定律）；媒质的极化、磁化和传导现象及其物理模型和数学模型；涡旋电场与位移电流提出与建立的物理基础与相关概念；麦克斯韦方程组的物理内涵；电磁场边界条件的目的、作用。

(3) 重点和难点

重点：电磁理论建立的脉络；从电磁现象观察到电磁规律内涵认识分析的物理思想；完整表达任意电磁问题因果律而引入若干物理量的物理必要和数学分析必要；从真空到物质空间，电磁理论得以完整建立的思想和数理基础：叠加原理、等效原理、唯一性定理；电磁学的一般性规律：麦克斯韦方程组及其边界条件；基于麦克斯韦方程求解电磁问题示范：高斯定理求解静电场问题；安培环路定理求解恒定磁场问题；简单时变电磁问题。

难点：矢量积分运算与线面积分运算；等效原理的理解与应用；唯一定理的理解与应用；极化电荷、磁化电流的形成机理及其分析计算；边界条件的理解与电磁问题求解应用。

4、第三章 静态电磁场及其边值问题的解（7 学时）

(1) 教学内容

主要内容：静态电磁问题是理论和实际应用中的一种典型类别，本章立足于麦克斯韦方程展开对该类问题的分析与求解。具体分析三类静态电磁场问题：静电场问题、恒定电场、恒定磁场问题；介绍求解复杂电磁边值问题的思想和方法，

3.1 静电场分析（3 学时）

3.2 导电媒质中的恒定电场分析（2 学时）

3.3 恒定磁场分析（2 学时）

(2) 教学要求

掌握：位函数引入并用于简化求解矢量场方程的作用和方法；泊松方程和拉普拉斯方程的求解；

电容、电感、电阻的计算；电场储能与耗能、磁场储能的计算

理解：静电场与恒定电场的异同；位函数的概念与数理意义；导体系统的电容、电路系统的电感；能量与电场能量密度的概念；

了解：静电比拟法；虚位移法计算电场力；标量磁位的引入和作用；虚位移法计算磁场力；边值问题的概念及类型；静态场的求解方法。

(3) 重点和难点

重点：静电场与恒定电场问题的识别；位函数引入的作用和计算方法；电容、电阻、电感的定义、性质和求解方法。

难点：静电场与恒定电场问题的识别；电位参考点的合理选择与认识；自感与互感概念的理解与计算。

5、第四章 时变电磁场（6 学时）

(1) 教学内容

主要内容：作为不同与静态电磁问题的典型类别，时变电磁场的主要特征是电磁场以电磁波的形式存在，其电场和磁场是相互伴随和依存的。因此，本章内容围绕电场和磁场的波动方程展开。内容包括波动方程的建立；场量波方程与位函数波方程的导出与对比；电磁能量守恒定理（坡印廷定理），能流密度矢量（坡印廷矢量）；时谐电磁场：时谐电磁场定义、时谐场的实数表示法和复数表示法及其互换、麦克斯韦方程的复数形式、导电媒质的等效介电常数及损耗正切角、时谐场的波动方程（亥姆霍兹方程）、平均坡印廷矢量。

4.1 波动方程、4.2 电磁场的位函数（1 学时），

4.3 电磁能量守恒定律（2 学时）

4.4 惟一性定理（0.5 学时），

4.5 时谐电磁场（2.5 学时）

(2) 教学要求

掌握：从麦克斯韦方程导出波动方程的思想和方法；将麦克斯韦方程转化成能量方程的思想和方法；电磁能量守恒定理（坡印廷定理），能流密度矢量的物理意义和计算；正弦电磁场的复数表示方法、复矢量的麦克斯韦方程组、亥姆霍兹方程、平均电磁能量密度与平均电磁能流密度矢量。

理解：在实际应用中电磁波问题可分为有源区问题 and 无源区问题，理解分类求解的思想；正弦电磁场作为特殊类别的时变电磁场的代表性、优势、特点和特性；导电媒质复介电常数表达优势与内涵。

(3) 重点和难点

重点：波动方程揭示的波动特性体现；电磁波问题求解分类；电磁能量守恒定理的建立，能量分类与计算；能流密度矢量的概念与计算；时谐量的分析方法与时谐场麦克斯韦方程的表达、电磁能量守恒定理表达与各类能量计算、媒质电参数表达与物理意义。

难点：动态标量位和矢量位的定义及其分析；复介电常数的物理意义。

6、第五、六章 均匀平面波（11 学时）

（1）教学内容

主要内容：均匀平面波；电磁波的极化概念；均匀平面波的传播特性；均匀平面波在媒质分界面上的入射、反射和透射；均匀平面波对理想导体平面和对理想介质平面的垂直入射问题。

5.1 在理想介质中均匀平面波（3 学时）

5.2 均匀平面波在导电媒质中的传播（2 学时）

5.3 电场波的极化（3 学时）

6.1 均匀平面波对平面分界的垂直入射（3 学时）

（2）教学要求

掌握：电磁波的分类思想与方法；均匀平面波的定义、概念和特性；基于波动方程求解均匀平面波的方法；无界单一理想介质、导电媒质中均匀平面波的传播特性及相关参量的计算；电磁波的极化，极化方式与判别方法；均匀平面波对两种不同媒质分界面入射的分析求解思想与方法；垂直入射问题的深入分析。

理解：均匀平面波的概念；电磁波的极化概念；反射系数、折射系数、驻波系数；合成波的波腹、波节的定义、特点、及其相互关系。

了解：电磁波的色散；电磁波极化的合成与分解的概念。

（3）重点和难点

重点：电磁波的分类；任意方向传播电磁波的数学表达；电磁波电场和磁场的相互关系式；电磁波传播特性、特性参数与相互关系、参数计算；电磁波的极化判别；导电媒质中均匀平面波传播特性、衰减特性与相关参量计算，色散概念，良导体和不良导体，趋肤深度；垂直入射中入射波、反射波和透射波的表达式（电场和磁场），反射系数、透射系数和驻波系数。

难点：圆极化波中左旋、右旋方式的形成机理及其判断。

7、习题课、总复习：由任课教师根据教学情况自行安排。（0.5 学时）

（二）自学内容和要求

（1）自学内容：

- 1.1 矢量的概念及其代数运算、
- 1.2 三种常用的正交坐标系
- 3.4 静态场的边值问题及解的唯一性定理
- 3.5 镜像法
- 3.6 分离变量法
- 5.2.4 电磁波的色散与群速的概念；
- 5.4 均匀平面波在各向异性媒质中的传播；

(2) 自学要求

通过自学加深对课堂内容的理解。

(三) 实践性教学环节 (6 学时)

实验项目 1 电磁波感应器的设计与制作 (2 学时)

- 1) 认识时变电磁场，理解电磁感应的原理和作用；
- 2) 通过电磁感应装置的设计，初步了解天线的特性及基本结构；
- 3) 理解电磁波辐射原理。

实验项目 2 电磁波传播特性实验 (2 学时)

- 1) 了解电磁波的空间传播特性；
- 2) 了解电磁波干涉现象，熟悉波长、波腹、波节、驻波等电磁波参数；
- 3) 掌握电磁波波长的测量方法。

实验项目 3 电磁波的极化实验 (2 学时)

- 1) 了解电磁波的极化特性；
- 2) 理解几种常见极化波的产生及其特点；
- 3) 掌握极化测量的方法。

四、考核方式

本课程考核方式为平时考核+课程实验+期末考试

1、平时考核：占总成绩 40%。

- (1) 课程设计：占平时总成绩 12.5%
- (2) 阶段测验：占平时总成绩 25%
- (3) 课程讨论、作业：占平时总成绩 12.5%
- (4) 中期测验：占平时总成绩 50%

2、课程实验：占总成绩 10%。

3、期末考试：占总成绩 50%。

阶段测验、课程讨论和作业：评价学习过程，考核学生平时的学习态度以及主要知识点的理解和掌握程度。

课程设计：评价学生研修能力，对课程设计报告进行考核

课程实验：考核学生分析和解决问题的能力，以实验出勤率以及实验报告综合考核；

中期和期末考核：考核学生对电磁场的基本概念、原理、规律和分析方法的掌握程度。考核形式为闭卷笔试，题型有填空题、选择题、分析计算题等。

五、教材及参考资料

（一）教材

谢处方、饶克谨编，杨显清等修订，《电磁场与电磁波（第五版）》，北京：高等教育出版社，2019 年 10 月

（二）参考资料

- 1) 苏东林、陈爱新、谢树果等，《电磁场与电磁波》，北京：高等教育出版社，2009
- 2) 冯林、杨显清等，《电磁场与电磁波》，北京：机械工业出版社，2004 年 6 月
- 3) 杨显清等，《电磁场与电磁波（第四版）教学指导书》，北京：高等教育出版社，2006 年 5 月
- 4) Bhag Singh Guru, Hüseyin R.Hiziroglu 著，周克定等译，《电磁场与电磁波》，北京：机械工业出版社，2002
- 5) William H. Hayt, Jr. John A. Buck 著，徐安士，周乐柱译，《工程电磁学（第六版）》，北京：电子工业出版社，2004