《光波技术基础》课程教学大纲

执笔人：任国斌 编写日期：2022年11月

**一、课程基本信息**

1．课程编号：M301074B

2．课程平台：专业教育平台

3．课程模块：专业核心必修课程模块

4．课程性质：必修

5．学时/学分：48/3

6．先修课程：大学物理、电磁场与电磁波

7．适用专业：通信工程

8．教学单位名称：电子信息工程学院

**二、课程目标及学生应达到的能力**

《光波技术基础》是通信工程专业的一门专业核心课程，着重培养学生对光通信系统中的关键技术问题进行描述、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、研究性案例等环节培养学生的光通信技术知识的应用能力以及创新意识。使学生理解光纤通信技术的基本概念和基本原理，掌握应用电磁理论对光波导和一般光学介质系统的光传输特性进行分析与研究的理论体系和一般方法，培养学生对光纤传输系统性能分析的思维能力与计算能力，以及解决光纤传输系统中常见的光纤技术问题。本课程注重以光纤通信技术的发展历史为载体，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。

课程目标及能力要求具体如下：

**课程目标1.** 掌握应用电磁理论对光波导和一般光学介质系统的光传输特性进行分析与研究的理论体系和一般方法。

**课程目标2.** 深入理解和掌握光纤的损耗、色散和非线性等光学特性的物理起源和理论分析方法及其对光纤传输系统的影响。

**课程目标3.** （含课程思政育人目标） 能够灵活应用所学知识分析和解决具体的光纤技术问题，具备创新意识、工程师责任意识以及国家情怀等能力和素养，从而为将来深入进行光纤领域的有关理论和实验研究以及从事光纤通信等方面的工程或研究开发工作打下扎实的基础。

**三、课程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 | 2.3 将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于工程问题的计算分析。 | 课程目标1 |
| 3. 问题分析 | 3.2 结合文献研究，将工程问题进行有效分解和明确表述。 | 课程目标2 |
| 13. 终身学习 | 13.1 具备主动学习的能力，能够运用信息和文献工具，自主学习知识。 | 课程目标3 |

**四、课程教学内容和要求**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **知识单元**  **（章节）** | **知识点** | **教学 要求** | **推荐学时** | **教学**  **方式** | **支撑课程目标** |
| 1 | 绪论 | 光通信的发展历程 | 了解 | 2 | 讲授 | 2,3 |
| 提高载波频率和信道带宽对于通信技术进一步发展的重要意义 | 掌握 |
| 光纤通信系统的主要优点 | 掌握 |
| 光纤通信系统的基本组成 | 理解 |
| 大气和空间光学信道的主要特点 | 了解 |
| 2 | 光纤概念 | 光纤的基本结构和参数 | 掌握 | 2 | 讲授 | 1 |
| 全反射相移、穿透深度和Goos-Haenchen位移的概念 | 理解 |
| 光纤折射率分布的类型； | 掌握 |
| 多模光纤与单模光纤的特点 | 掌握 |
| 3 | 电磁理论基础 | Maxwell方程组的频域形式和波动方程 | 掌握 | 2 | 讲授 | 1,2 |
| 模式的概念(波动理论角度，4方面的物理意义)与基本特性 | 掌握 |
| 4 | 阶跃折射率光纤 | 4个基本概念：相对折射率差；归一化频率V；横向归一化参数U，W；模式有效折射率 | 掌握 | 2 | 讲授 | 1,2 |
| 矢量模的概念与本征值方程的求解思路，矢量模的分类 | 理解 |
| 弱导光纤中光场的基本特点，光纤的标量近似理论 | 理解 | 2 |
| 标量模与矢量模的命名、对应关系 | 掌握 |
| 特征方程、截止与远离截止、模场分布与模式特性曲线 | 掌握 | 2 |
| 归一化传输常数和功率限制因子 | 掌握 | 2 |
| 矢量模简并性 | 掌握 |
| 5 | 单模光纤 | 导模数量 | 掌握 | 2 | 讲授 | 1,2 |
| 单模光纤基本特性 | 掌握 |
| 光纤的单模工作条件 | 掌握 |
| 功率限制因子 | 掌握 | 2 |
| 模场直径的三种定义 | 掌握 |
| 6 | 光纤损耗 | 光纤损耗概述与计算 | 掌握 | 2 | 讲授 | 1,2 |
| 光纤损耗的分类及特点 | 掌握 |
| 光纤的弯曲损耗 | 了解 |
| 7 | 光纤色散 | 光纤色散的概念和光纤色散的分类 | 掌握 | 2 | 讲授 | 1,2 |
| 光脉冲的色散展宽 | 掌握 |
| 单模光纤中的色散 | 掌握 | 2 |
| 单模光纤的分类与ITU-T建议 | 了解 |
| 8 | 光纤非线性 | 非线性传输方程 | 理解 | 2 | 讲授 | 1,2 |
| 光纤中的各种光学非线性现象 | 掌握 | 2 |
| 光学孤子 | 了解 |
| 9 | 光纤制造技术与光缆 | 光纤制造技术的原理 | 理解 | 2 | 讲授 | 2,3 |
| 光纤预制棒制造与拉丝 | 掌握 |
| 光缆的基本结构和主要类型 | 理解 | 2 |
| 特种光纤前沿选讲 | 了解 |
| 10 | 激光与放大技术 | 激光基础；半导体能带理论和半导体PN结相关知识 | 理解 | 2 | 讲授 | 1,2 |
| 半导体光源：半导体激光器和半导体发光二极管的原理和特性 | 掌握 |
| 半导体光电检测器包括PIN和APD的原理和特性 | 掌握 | 2 |
| 光纤激光器放大器工作原理、特点和应用选讲 | 了解 |
| 11 | 光无源器件 | 无源光器件：连接器、衰减器、隔离器、环行器工作原理和性能 | 掌握 | 2 | 讲授 | 2,3 |
| 光纤光栅的分类、原理、制作方法和应用选讲 | 理解 | 2 |
| 复用器和耦合器等器件工作原理和性能参数 | 理解 | 2 |
| 12 | 调制器 | 调制器工作原理和特性 | 理解 | 2 | 讲授 | 1,2 |
| 高速调制器的设计 | 了解 |
| 13 | 研究性案例 | 课堂教学演示、研究性学习与讨论（光纤器件、光通信器件与系统） | 掌握 | 4 | 研讨 | 2，3 |

**五、课程教学方法**

**（一）课堂讲授**

1．在教学方法上，采用多媒体教学结合传统板书，课堂讲授过程中突出重点，以面向问题的引导式教学为手段，引导学生分析讨论，以调动学生的主动性，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，以基本概念为核心，以光纤通信技术所涉及的关键基本问题为主线，开展相关的理论分析和讨论等教学环节。将基本概念贯穿于整个教学过程，结合解决问题的思路与具体应用方法，使学生掌握光纤技术的核心概念和一般规律，并且能够触类旁通，具备解决光纤通信技术中复杂问题的专业基础知识。

3．在教学过程中，以仿真软件为工具，通过电磁场的3D可视化等手段将部分难以理解的基本概念进行形象化展示，帮助学生理解重要概念和原理，同时熟悉仿真与分析工具的使用方法。结合特定的课程知识点，采用动画流程图、前沿应用视频等方式进行教学，一方面加深学生对知识点的理解，另一方面也可提高学习兴趣。

3．针对课程教学中出现的疑难问题，在课程中穿插习题讨论，起到整理归纳重要知识点，提升学生融会贯通的能力的作用。

**（二）课程思政**

将课程思政案例（如下表所示）有机融入相关知识点与教学环节中，通过案例讲解、课堂展示课堂讨论、学生作业调研等方式，在传授知识的同时，培养学生的奉献精神、理想信念、家国情怀以及民族自豪感。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 章节 | 知识点 | 课程思政案例 |
| 1 | 绪论 | 光通信的发展历程 | （科学精神，家国情怀）光通信的发展史，为此所作贡献科学家的奋斗历程。 |
| 2 | 2光纤概念 | 光纤折射率分布的类型 | （创新精神）光纤的发明，以及技术发展历史，突出创新精神所起到的作用。 |
| 3 | 9.2光纤预制棒制造与拉丝 | 光纤预制棒制造与拉丝技术 | （民族自豪感）我国光纤预制棒及拉丝技术的发展，以及现在所取得的成就。 |
| 4 | 12.1调制器工作原理和特性 | 调制器工作原理和特性 | （创新精神，责任感）我国目前在高速调制器方面的研究还有待进一步发展，激励学生的创新精神与责任感。 |

**（三）课外学习**

1．针对本课程理论性强，知识点多，需要足够的作业支撑。题型包括概念运用、计算、画图、分析和设计等，通过习题巩固学生所掌握的知识点。适当布置自学作业，达到培养学生主动学习拓展知识，锻炼其分析问题解决问题的能力。根据情况适当增设课堂习题指导及作业评述。

2. 鉴于学时数限制，同时为了培养锻炼学生自学能力，对部分课程内容提出自学要求，并指导自学。自学内容不仅包括易理解的知识点，也包括需要查阅文献获得的知识和延展性的知识点。

**（四）研究性案例**

通过专题研讨活动，培养学生主动学习意识和举一反三和探索质疑的思维方式，锻炼学生自主学习能力。结合教学内容进展设置适当的专题，可以包括仿真分析、理论分析、新技术追踪等，布置学生以个人或分组方式完成理论或仿真分析、撰写分析报告、课堂报告分析结果并开展讨论。

研讨过程组织的参考形式：学生个人或分组完成仿真分析或理论研讨，提交书面分析报告，并进行课堂口头报告和讨论，对关键问题进行评讲。在课堂讨论中，引导同学交流研究心得，提出疑难问题，开展讨论，对分析研究的结果进行评价比较，从而使学生能够相互借鉴，从不同角度获得对同一问题的充分理解，提出对同一问题的多个解决方案，相互促进，共同提高。

**研究性专题的参考方案**

研讨专题可以由教师灵活确立，一方面可以根据教学进展、学生程度进行调整，另一方面也鼓励教师将技术前沿以及科研进展引入教学，体现在研究课题中。

**专题1：光纤器件**

（1）分波/合波器专题

分波/合波器件（包括波分复用器）的主要类型、基本功能和性能参数。耦合波导理论的思想方法和理论体系。应用所学知识对具体的耦合波导结构进行分析研究。

了解熔锥型光纤耦合器的基本原理和制作方法。

（2）光纤接续技术专题

光纤熔接技术的基本原理和操作过程。光纤活动连接器的主要类型。利用光纤模式理论分析和计算光纤接续损耗的一般方法。

（3）光隔离器、环形器和衰减器专题

光纤隔离器、环形器和衰减器的基本功能和物理原理。可变光衰减器的理论分析与设计。

（4）光纤光栅专题

应用耦合模理论分析光纤光栅光学特性的一般理论和传输矩阵方法。

**专题2：光通信器件与系统设计**

（1）光纤色散专题

非线性方程的数值化求解方法。编程求解弱导型阶跃光纤的特征值方程，并绘制出0 <*V*< 10范围内所有线偏振模的*β*－*V*和*b*－*V*曲线。编程绘制出LP01模的*D*－*λ*曲线。

（2）双异质结单纵模激光器专题

PN结电致发光的基本原理。双异质结半导体激光器在载流子限制和光限制方面的特点及各种横模和纵模控制技术。

（3）掺铒光纤放大器专题

EDFA的基本结构与工作原理。EDFA的行波速率方程。假定上能级粒子数沿光纤均匀分布的情况下EDFA增益谱的计算公式。

（4）光电检测专题

PIN和APD光电二极管的基本结构和工作原理。光电探测器带宽。散弹噪声的物理起源和散弹噪声功率计算方法。暗电流噪声和热噪声的物理起源及其功率谱密度的计算方法。数字光纤通信系统误码率、信噪比和灵敏度的分析和计算方法。

（5）系统功率预算和色散管理专题

系统富余度、误码率和接收机灵敏度等有关概念。针对不同的系统性能要求进行系统功率预算。分析和比较各种色散管理方案对系统性能的影响。

**六、课程考核**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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  100分  占总评成绩的30% | 作业 | 60 | 主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度。 | 1，2，3 |
| 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。 |
| 测验及研讨 | 40 | 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。 | 1，2，3 |
| 根据由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。 |
| 期末考试  100分  占总评成绩的70% | 期末考试 | 70 | 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。 | 1，2 |
| 考核内容体现对于综合运用基本概念、基本原理、分析方法和分析能力的考察，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多种原理分析和解决问题能力的考核。考试题型为：填空题、计算题和简答题等。 |
| 建议对应课程目标1的试题占30-40%，题型以填空题为主；对应课程目标2的试题占60-70%，题型以简答题和计算题为主。 |

**七、本课程与其它课程的联系与分工**

本课程的先修课程主要有《大学物理》与《电磁场与电磁波》，课程涉及基础力学、量子物理、电磁理论、固体物理、矢量分析、偏微分方程、线性代数、傅立叶分析、泛函分析、随机过程、特殊函数和张量等大量基础数理知识的综合应用，在有关教学环节均需要对相关知识进行巩固和加强。尤其是关于电磁理论的部分，在本课程中进行了专门的强化教学与训练。

本课程的基本特点是其基础性和前沿性高度统一、理论性和应用性的高度统一。是学习《光纤通信系统》、《光纤传送网》、《光纤接入网》和《全光通信网》等后续应用类光通信课程所必须的基础理论课程。同时也为学生从事光纤技术方面研究与开发工作打下坚实的理论基础和开阔的科研视野。

**八、建议教材及教学参考书**

建议教材：

延风平等. 光波技术基础. 第1版. 北京. 清华大学出版社. 北京交通大学出版社. 2019.

教学参考书：

[1] D. K. Mynbaev and L. L. Scheiner. 光纤通信技术. 第1版. 北京. 机械工业出版社. 2002.

[2] G. P. Agrawal. 非线性光纤光学原理及应用. 第1版. 北京. 电子工业出版社. 2010.

[3] 延凤平等. 光纤通信系统. 第1版. 北京. 科学出版社. 2006.

[4] 廖延彪等. 光纤光学. 第2版. 北京. 清华大学出版社. 2013.

**九、大纲审核人**

**十、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。

**十一、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*分别表示学生作业、测验及研讨、期末考试的实际平均得分，其中，*A*= *A*1+*A*2，*B*= *B*1+*B*2，*C*= *C*1+*C*2；平时成绩和期末成绩分别占总评成绩的30%和70%。

附表1 课程评价考核基本信息表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标评价内容** | **作业** | | **测验及研讨** | | **期末考试** | | **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 |
| 目标  分值 | 30 | 30 | 20 | 20 | 50 | 50 | 100 |
| 学生平均得分 | *A*1 | *A*2 | *B*1 | *B*2 | *C*1 | *C*2 | (*A*+*B*)+*C* |

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） | 30 | *A*1 |  |
| 期末考试（基本概念基本规律） | 50 | *C*1 |
| 课程目标2 | 作业（基本分析基本特性） | 30 | *A*2 |  |
| 期末考试（基本分析基本特性） | 50 | *C*2 |
| 课程目标3 | 测验及研讨（基本概念基本规律 | 20 | *B*1 |  |
| 测验及研讨（基本分析基本特性） | 20 | *B*2 |
| 课程总体目标 | 总评成绩 | 100 | (*A*+*B*)+*C* |  |