

《表面物理》教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：学位基础课

学 时 数：32 学时

学 分 数：2 学分

课 程 号：

开课学期：第 1 学期

大纲执笔人：铁璐

大纲审核人：张材荣

一、课程的地位和教学目标

表面（界面）物理是表面科学的重要分支，其建立在固体物理、量子物理等基础上的后续课程，是物理学研究生专业的核心课程。本课程主要以物质的表面与界面为研究对象，用微观和宏观理论分别讨论原子分子水平上固体表面组成、原子结构及输运现象、电子结构与运动及其对宏观性质的影响。通过本课程的学习，使学生对表面物理的基本概念、物理原理和常用方法有全面的理解，并学会将其应用于自然现象和物质世界。重点培养物理科学思维方法和创新意识，初步具备有效运用表面物理和化学理论解决实际问题的能力，了解相关领域的研究前沿和热点，为后续课程的学习与将来科研的开展奠定坚实基础。掌握表面物理体系的基本知识和理论框架，通过各个教学环节逐步培养学生抽象思维能力、逻辑推理能力、空间想象能力、探讨研究能力。

二、课程教学内容和基本要求

（一）表面原子结构（6 学时）

教学重点、难点：

重点：二维结晶学的基本概念，清洁与实际表面上原子排列状态，吸附和弛豫现象。

难点：二维倒易点阵；晶界原子模型。

思政元素：

通过对现实生活中是否存在理想表面的课堂讨论，让学生意识到科学研究中的关键步骤：抽象，核心是在科学研究中，为了使得实际研究问题简化，需要突出研究主要矛盾，忽略次要矛盾，这种研究手段在各个学科的研究领域中都在广泛实用，培养同学们的基本科学素养。

教学内容和基本要求

1、理想表面、清洁表面

掌握二维结晶学的基本概念，了解清洁表面上原子排列状态，吸附和弛豫现象。

2、实际表面

了解实际表面上原子排列状态，吸附和弛豫现象，理解理想表面、清洁表面和实际表面。

3、晶体间界、分界面

掌握二维倒易点阵，熟悉晶界原子模型，掌握晶体间界、分界面。

（二）表面热力学与统计性质（6 学时）

教学重点、难点：

重点：表面能随表面上物态环境的变化，吸附理论和新物相形成条件。

难点：表面形貌随热力学参数变化分析。

思政元素：

露珠在树叶上闪闪发亮，水滴在荷叶表面随意的滚动，蝴蝶翅膀的雨滴防御。大自然存在很多很美妙的表面现象，感悟表面神奇的功能美，不仅可以陶冶情操，还可以启发探索兴趣。生活和大自然中的每一个奇妙的现象都蕴藏着独特的科学奥秘，作为新时代的研究生更重要的是要有好奇心，勇于探索美的背后蕴含的科学。

教学内容和基本要求

1、表面张力与表面能

了解统计规律的特点，掌握概率分布的统计平均值，熟练掌握表面张力和表面能的概念。

2、平衡态表面形状

掌握表面张力与表面能和平衡态表面的形成，理解表面能随表面物态环境的变化。

3、表面吸附，新相的形成

理解吸附理论和新物相形成条件。

（三）表面振动（8 学时）

教学重点、难点：

重点：表面原子的动态规律，反应出表面上固体结构、原子状态的实际情况。利用表面原子的动态规律和性质分析真实表面。

难点：振动热力学函数。

思政元素：

通过实例介绍徐光宪教授对化学界的重大贡献，并将徐光宪教授的艰苦奋斗、勇于奉献科学精神以及爱国主义情怀作为思政元素引入课堂教学，在加深学生对于专业知识的理解的同时，培养学生的民族自豪感和爱国主义情怀。

教学内容和基本要求

1、晶体中的弹性力

理解晶体弹性力的定义，了解微观状态的描述。

2、体振动模量和面振动模量

理解表面振动模的概念，掌握表面模存在的条件。

3、振动热力学函数

掌握频率分布函数，模式密度概念，理解振动热力学函数及其物理意义。

4、表面缺陷、表面扩散和界面扩散

了解表面缺陷及其概念，理解扩散规律和机理，掌握表面和界面扩散的主要特征及其种类。

(四) 表面电子结构与电子学 (6 学时)

教学重点、难点:

重点：表面空间电荷分布特征，导致表面局域电子态和电子能级的产生，由此产生特殊的表面电导。

难点：表面的非对称势垒；电子态向体内的衰减。

思政元素:

介绍半导体领域的研究前沿，结合应用物理系部分老师的相关研究领域，鼓励研究生积极主动了解和参与相关研究，提高科研和创新意识，拓展研究知识面。

教学内容和基本要求

1、Jellium 模型

理解 Jellium 物理模型及其物理意义。

2、近自由电子模型-表面态

了解金属的导电性、近自由电子模型的近似方法，掌握近自由电子模型的物理意义。

3、半导体的表面态和界面态

掌握半导体的表面态和界面态概念，理解表面的特殊性。

4、表面空间电荷层和表面电导、界面和晶界的电子过程

了解表面空间电荷层和表面电导，迁移率等概念，理解界面和晶界的电子过程。

5、吸附表面态理论简介

了解吸附表面态理论。

(五) 表面分析技术概述 (6 学时)

教学重点、难点：

重点：各种现代固体表面分析技术。

难点：真实点阵和倒易点阵观察上的技术区别。

思政元素：

了解各种现代固体表面分析技术，掌握其基本原理及具体应用，为学生将来从事实际工作和科学研究奠定必要的基础。本章着力培养研究生同学的百折不挠的科学精神、勇于开拓的创新意识和精益求精的大国工匠精神，增强学生的社会服务意识和爱国情怀，锻炼学生勇于挑战和赶超国际先进技术的使命感，培养学生分析和解决复杂实际问题的综合能力，提升学生的沟通交流和团结协作能力。

教学内容和基本要求

1、分析束与表面层的相互作用

了解分析束与表面层的相互作用原理和机制。

2、表面分析的特点、表面成分和结构与电子态分析

了解表面分析的特点，理解表面成分和结构与电子态分析原理。

3、真实点阵和倒易点阵观察上的技术区别

了解真实点阵和倒易点阵观察上的技术区别。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《固体物理》、《量子力学等》等课程，并具备一定的物理基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程的后期，适时引入一些实际应用案例。

四、本课程评价方式

考查，以课堂讨论和课后文献调研报告的方式进行。

五、建议教材和教学参考书

（一）《表面与界面物理》，恽正中，王恩信，完利祥，1993年11月，四川：电子科技大学出版社。

（二）《表面物理原理》，(英)F.Bechstedt，2008年4月，北京：科学出版社出版。

《材料物理学》教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：非学位必修课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：待定

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：王璇

大纲审核人：张材荣

一、课程的地位和教学目标

材料物理学作为固体物理等课程的后续理论课程，以系统全面的材料基础理论知识：诸如材料的结合键、材料的相结构与相图、材料的凝固、材料中的扩散、材料功能特性等为基础，着眼于材料中的物理问题，从基本理论出发，延伸至高分子聚合材料、陶瓷材料、复合材料。本课程既有较强的理论性，又与工程实际应用有紧密联系，为凝聚态物理、光学、物理电子学等方向的科学研究提供理论支撑。课程采用线上线下混合式教学方式，结合课程思政，通过理论教学和实验训练，使学生具备下列能力：

- 1、掌握材料科学的基本理论、基本知识，熟悉材料成分、组织结构、性能及三者间的关系，具备应用这些知识分析、解决复杂问题的能力；
- 2、在把握材料共性的基础上具备一定的独立获取知识的能力、实践能力、研究能力；培养科学思维；能够综合运用材料物理学的基础知识，对凝聚态物理中遇到的材料以及成型问题进行分析研究，从而具有提出材料改性以及优化方案的能力；
- 3、了解与本课程有关的新材料、新工艺、新技术及其发展趋势，能够融入研究课题进行探索研究。结合课程教学及作业环节培养塑造学生的科学世界观和国家意识，锻炼良好的团队协作能力、表达能力和交互沟通能力。

二、课程教学内容和基本要求

（一）绪论（4 学时）

教学内容和基本要求

- 1、什么是材料物理
- 2、材料的发展历史及分类
- 3、材料科学技术发展的推动力

教学重点、难点：

重点：材料发展历史及分类、材料中的物理问题

思政

介绍各个历史时期我国具有代表性的材料制备技术等，激发同学们的民族自豪感

(二) 材料的微观结构 (12 学时)

教学内容和基本要求

1、原子结构与键合

掌握原子的基本结构及量子化描述，回顾元素周期表中不同原子的性质规律；掌握原子间的离子键、金属键、共价键、氢键等基本键合方式

2、固体结构

掌握晶体、非晶体、准晶等凝聚态物质的基本特征；掌握晶胞、空间点阵、晶系的概念；理解材料微观结构与物性的关系、

3、晶体缺陷

掌握各种类型的缺陷特征及运动规律对物质宏观性能的影响

教学重点、难点：

重点：金属键、离子键、共价键；晶体的基本特征、空间点阵和晶系

难点：各种键合的特征和区别；微观结构对物性的作用；结构规则与典型结构

思政

从微观结构到宏观性质，联系家国关系，激发同学们建设国家的责任感

(三) 相图和相变 (12 学时)

教学内容和基本要求

1、单元相图及纯结晶的凝固

掌握单元系相变的热力学理论及相平衡；了解单元系相图的测绘方法并掌握相律的概念；掌握纯晶体凝固的热力学条件和动力学过程

2、二元相图及合金的凝固

了解相图热力学的基本要点和几何规律：包括固体自由能-成分曲线、多相平衡的公切线原理、杠杆法则等；掌握二元相图的分析方法；掌握二元合金的凝固理论；了解高分子合金和陶瓷合金的物理性质和制备方法

教学重点、难点：

重点：单元相图、凝固理论、二元相图、多相平衡

难点：单元系相变的热力学及平衡、相图热力学分析、包晶相图、杠杆规则

思政

从合金材料尤其是铁碳合金的相图出发，结合我国钢铁行业的发展历程和现状，体现基础理论、技术创新和奉献精神的重要性，激发同学们的学习兴趣，培养创新意识。

（四）材料的形变和再结晶（4 学时）

教学内容和基本要求

1. 材料的变形规律及其微观机制

掌握弹性变形、塑性变形和断裂的基本特征；掌握相关的胡克定律、位错机制、应力及变形对材料力学性能的影响规律。

2. 材料的再结晶

掌握材料在回复、再结晶过程中组织、结构和性能的变化规律

教学重点、难点

重点：回复和再结晶、陶瓷材料变形的特点

难点：热变形与动态回复、再结晶

思政

启发引导同学们正确认识人生中面临的挫折，化压力为动力

（五）材料的功能特性（12 学时）

教学内容和基本要求

1、材料的电学性质

掌握金属、半导体、离子晶体、超导材料的电学性质；掌握能带理论、热电效应、霍尔效应等导电理论

2、材料的磁学性质

掌握磁性材料的分类及磁性的起源；掌握原子磁矩、自发磁化、技术磁化等磁性理论

3、材料的热学性能

掌握热容、热传导、热膨胀、热稳定性的概念；掌握热学性能的特征手段及热传导、热容、热膨胀机理

4、材料的光学性能

掌握发光、热辐射的机理；了解材料光学性能的指标和分类；掌握材料光学表征手段及响应特性

教学重点、难点

重点：材料的电、磁、热、力、光学性能指标及表征

难点：能带理论、铁磁性材料、光学响应

思政

通过各种功能材料的实际应用强调材料科学在现代科技中的重要地位，介绍我国在高精尖领域的主要成果及面临的挑战，激发学生的学习兴趣、调动学生创新研究的主动性

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《固体物理》、《热力学统计物理》、《量子力学等》等课程，并具备一定的物理基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面加强知识点的梳理和整合，另一方面丰富教学手段，引入翻转课堂的方式加强学生的参与感。

（三）启发学生将课堂内容与研究课题相结合，有意识地把知识与探索创新进行有机结合。

四、本课程评价方式

考查，以课堂测验、提交作业、读书报告为主。

五、建议教材和教学参考书

（一）胡赓祥主编《材料科学基础》（第三版）上海交通大学出版社 2010

（二）徐恒钧主编《材料科学基础》 北京工业大学出版社

（三）赵品主编《材料科学基础》 哈尔滨工业大学出版社

（四）石德珂主编《材料科学基础》 机械工业出版社

（五）潘金生主编《材料科学基础》 清华大学出版社

（六）刘智恩主编《材料科学基础》 西北工业大学出版社

（七）崔忠圻主编《金属材料及热处理》 机械工业出版社

《材料现代分析方法》教学大纲

适用专业：物理学/物理电子学

课程性质：选修课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：M103041

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：杨华

大纲审核人：冯旺军

一、课程的地位和教学目标

为适应材料科学与工程学科的发展及其对人才培养需求的变化，本课程内容界定在“材料科学与工程”一级学科内，本课程将教育改革前分属于不同系的各二级学科课程（如 X 射线衍射学、电子显微分析、仪器分析等）及课程中未涉及的近年来得到迅速发展的诸多新分析测试方法（如电子能谱分析等）的内容整体优化，形成将衍射分析、光谱分析、电子能谱分析和电子显微分析方法有机结合，并涉及色谱分析、质谱分析、电化学分析和热分析等内容。本课程的教学目的：使学生对材料的各种现代分析方法有一个初步的较全面的了解和认识；使学生了解衍射分析、光谱分析、电子显微分析、电子能谱分析、色谱分析、质谱分析、电化学分析等方法的基本原理、过程、装备及应用、掌握相应的基本知识、基本技能及必要的理论基础，从而使学生学习本课程后能够做到正确选择材料分析、测试方法，看懂或会分析一般的测试结果，可以与分析测试专业人员共同商讨有关材料分析研究的实验方案和分析较复杂的测试结果，具有专业从事材料分析测试工作的初步基础。

二、课程教学内容和基本要求

（一）衍射分析方法（14 学时）

教学重点、难点：

重点：利用 X 射线进行物相定性分析、物相定量分析、点阵常数的精确测定、晶体取向测定、晶体对称性测定等。

难点：布拉格方程、厄瓦尔德图解。

教学内容和基本要求

1、X 射线衍射原理

推导布拉格方法、了解衍射矢量方程、理解并掌握厄瓦尔德图解的基本原理。

2、X 射线衍射方法

了解多晶体衍射方法和单晶体衍射方法的基本概念及原理。

3、X 射线衍射分析的应用

了解物相定性分析、物相定量分析、点阵常数的精确测定、宏观应力测定和晶体取向测定的基本原理，分析仪器及在实践中的应用。

4、电子衍射

了解电子衍射基本公式、多晶电子衍射成像原理与衍射花样特征、多晶电子衍射花样的标定单晶电子衍射成像原理与衍射花样特征、单晶电子衍射花样的标定。

思政元素：讲述“X 射线”发现的过程，为什么伦琴能发现“X 射线”，从中我们可以得到哪些启示。将倡导的道德规范、正确的思想认识、以及做人的道理、处世的准则等，以间接、内隐的方式，有意识、有计划、有目的地融入课堂教学过程，营造浓烈的教育氛围，逐步熏陶学生严谨治学、深入探索、深刻思考，凝练正确的世界观、人生观、价值观，使学生符合国家发展、行业的发展需求，具有健全的人格、创新精神、高尚的职业道德和社会责任感，具备专业素养、专业理论、专业知识和专业能力。

（二）电子显微分析方法（12 学时）

教学重点、难点：

重点：透射电子显微分析和扫描电子显微分析的基本应用，样品的制备，影响分析结果的因素。

难点：透射电镜基本成像操作及像衬度、电子运动学理论、扫描电子像衬原理。

教学内容和基本要求

1、透射电子显微分析

了解透射电子显微镜工作原理及构造，掌握样品制备，了解透射电镜基本成像操作及像衬度原理，了解电子衍射运动学理论，掌握典型应用。

2、扫描电子显微分析与电子探针

了解扫描电子显微镜工作原理及构造，了解像衬原理及背散射电子像衬度及特点，了解能谱仪和波谱仪及其工作方式，掌握典型应用。

思政元素：通过实测照片展示和分析，讲解扫描电镜在材料微观组织形貌分析中的应用，传授实验方案的设计优化、测试结果的判断识别和分析技巧，引导学生体会现代分析手段对材料研究的重要作用，激发学习热情和活力。精选历届全国微结构大赛作品和本校学生自制作品，结合扫描电镜成像、材料形貌特征与工艺组成之间关系的讲解，让学生在欣赏艺术作品的同时感受科技之美、材料之魅，加深对专业和材料理解。

（三）光谱、电子能谱分析（12 学时）

教学重点、难点：

重点：原子光谱分析法、分子光谱分析法、电子能谱分析法的基本应用。

难点：原子光谱分析法、分子光谱分析法、电子能谱分析法的基本原理、仪器构造。

教学内容和基本要求

1、原子光谱分析法

了解原子发射光谱法的分析过程、谱线强度、分析仪器、分析方法与应用；了解原子吸收光谱分析法的光吸收定律和吸收系数、原子吸收分光光度计、原子吸收定量分析；了解原子荧光光谱法的原子荧光类型和荧光强度、仪器、定量分析方法。

2、分子光谱分析法

了解紫外、可见吸收光谱法的基本原理、分光光度计（紫外、可见光谱仪）及其应用。了解分子荧光光谱法的基本原理、荧光光谱仪及其应用。了解红外吸收光谱法的基本原理、红外光谱仪及其应用。

3、电子能谱分析法

了解俄歇电子能谱法的基本原理、俄歇电子能谱仪、俄歇电子能谱分析及俄歇电子能谱法的应用。了解 X 射线光电子能谱法的基本原理、X 射线光电子能谱仪、X 射线光电子能谱分析与应用。

思政元素：在课程教学中，我们将课程内容与现实结合，比如讲到光谱分析的开创，就是牛顿在家乡躲避瘟疫期间的成果之一，以此鼓励同学们在这一特殊时期多学习、多思考、减少外出，相信党和国家能够很快打赢防疫狙击战。通过讲解光谱分析实例，教育学生需要对工作负责、对样品负责、对数据负责，做到诚信、认真、务实。从光谱分析工作中的多名科学家、多个领域共同完成一项工作的典型实例，强调团队协作精神，鼓励学生多查阅相关资料，积极进行思考。

（四）其他分析分析（10 学时）

教学重点、难点：

重点：色谱分析法、电化学分析法和热分析法的基本应用。

难点：色谱分析法、电化学分析法和热分析法的基本原理、仪器构造。

教学内容和基本要求

1、色谱分析法

了解色谱分析法的基本原理、了解气相色谱法和高效液相色谱法的分析过程、掌握色谱分析法基本应用。

2、电化学分析法

了解膜电位的产生、离子选择电极的作用原理、电解分析法的基本原理、电解分析法过程。

3、热分析法

了解差热分析法基本原理与差热分析仪器、差热曲线分析与应用，了解差示扫描量热法基本原理与差示扫描量热仪、差示扫描量热法的应用，了解热重法的基本原理及其应用。

思政元素：在介绍气相色谱法的原理、技术流程和应用时，可以结合科学家的探索历程和创新精神，强调科学知识的价值和科学思维的训练。同时，在实验过程中，强调实验安全、环保意识和团队协作精神，培养学生的综合素质。通过案例分析，引导学生关注食品安全和药品安全等领域的社会责任，培养他们的职业道德和社会责任感。例如，可以分析白酒中甲醇含量的检测标准和检测方法，强调食品安全的重要性，引导学生关注消费者的健康利益。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《固体物理》、《晶体学》等课程，并具备一定的力学基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，提供材料现代分析方法事例供学生练习。

四、本课程评价方式

考查，以提交作业、读书报告为主。

五、建议教材和教学参考书

（一）左演声 陈文哲 梁伟. 《材料现代分析方法》. 北京工业大学出版社, 2006.

（二）周玉. 《材料分析方法》. 机械工业出版社, 2004.

《电子结构计算导论》教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：必修

学 时 数：48

学 分 数：3

课 程 号：315110020021

开课学期：秋季学期

大纲执笔人：张材荣

大纲审核人：

一、课程说明和教学目标

物质（材料）的力学、热学、电学、磁学、光学等性质与其电子结构有密切关联。《电子结构计算导论》旨在介绍电子结构计算在分析物质性质方面的应用，揭示电子结构和物质性质之间的关联。本课程从量子力学出发，介绍电子结构的理论基础和计算方法。本课程要求研究生着重掌握的电子结构的基本理论和计算的基本方法。研究生通过本课程的学习应该能理解通过电子结构计算来分析物质各方面性质的基本方法，树立科学的唯物主义世界观、方法论和认识论，具备综合运用物理学知识和数学工具解决实际问题的能力。

二、课程教学内容和基本要求

（一）绪论（2 学时）

教学重点、难点：定量计算的最大的挑战：电子关联

思政元素：

绪论讲授中，由电子关联问题引入突出主要矛盾与忽略次要矛盾的哲学观点。

教学内容和基本要求

- 1、了解量子理论和电子结构计算的起源
- 2、了解定量计算的出现
- 3、理解定量计算的最大的挑战:电子关联
- 4、了解近期发展

（二）概述（6 学时）

教学重点、难点：电子-电子相互作用、电子激发、能带和带隙、电子关联

思政元素：

由电子结构计算出发，引导学生建立辩证唯物主义世界观，并通过向学生介绍我国前沿科技成果，增强学生的爱国热情和民族自豪感。

教学内容和基本要求

- 1、掌握电子基态：成键和结构特征
- 2、理解最基本的变量：体积和压强
- 3、理解磁性和电子-电子相互作用
- 4、理解弹性：应力-应变关系
- 5、理解声子和位移相变
- 6、了解热力学性质：固体、液体与相图
- 7、了解原子的运动：扩散、反应及催化
- 8、了解表面、界面、缺陷
- 9、了解纳米材料：介于分子和凝聚态之间
- 10、理解电子激发：能带和带隙
- 11、理解电子激发：热熔、电导、光谱
- 12、了解 MgB₂ 的例子：能带、声子、超导
- 13、理解电子关联

（三）理论背景（6 学时）

教学重点、难点：相互作用的电子、原子核体系的基本方程、凝聚态中的库仑相互作用、单电子近似、交换与关联、微扰理论和“ $2n+1$ ”定理

思政元素：

通过原子方程的讲解，激励学生善于观察，理解物理中宏观与微观的辩证统一。结合围绕理论等分析主要因素和次要影响的计算方法，理解主次矛盾相互转化的哲学思想。

教学内容和基本要求

- 1、掌握相互作用的电子、原子核体系的基本方程
- 2、理解凝聚态中的库仑相互作用
- 3、理解力和应力的定理
- 4、了解统计力学和密度矩阵
- 5、掌握单电子近似
- 6、理解交换与关联
- 7、理解微扰理论和“ $2n+1$ ”定理

（四）周期固体和电子能带（6 学时）

教学重点、难点：布里渊区、激发和布洛赫定理、布里渊区的积分和特殊的 K 点

思政元素：

通过介绍依据晶体对称性对最小积分单元和 K 点的选取，理解宏观与微观的辩证统一，激发学生学习兴趣，增强学生勇于探索的创新精神、善于解决问题的实践能力。

教学内容和基本要求

- 1、理解晶体的结构：点阵和基元
- 2、理解倒易点阵和布里渊区
- 3、掌握激发和布洛赫定理
- 4、了解时间反演和反演对称性
- 5、了解点对称与点群
- 6、掌握布里渊区的积分和特殊的 K 点
- 7、理解态密度

（五）均匀电子气和简单金属（4 学时）

教学重点、难点：无相互作用和 Hartree-Fock 近似的区别与联系、关联空穴和关联能、Lindhard 介电函数

思政元素：

通过介绍均匀电子气模型，引导学生学会根据研究范围和条件，突出研究对象与环境的主要矛盾，忽略次要矛盾，以思辩的模式去研究问题。

教学内容和基本要求

- 1、理解无相互作用和 Hartree-Fock 近似
- 2、理解关联空穴和关联能
- 3、了解 SP 成键金属的结合能
- 4、理解激发和 Lindhard 介电函数

（六）密度泛函理论（4 学时）

教学重点、难点：Thomas-Fermi-Dirac 近似、Hohenberg-Kohn 定理及推广、精确密度泛函理论的复杂性

思政元素：

通过介绍 Hohenberg-Kohn 定理，引导学生学会从不同的角度去分析问题，以思辩的模式去考虑问题。分析精确密度泛函理论的困难，鼓励学生努力学习，激发学生的创新意识和科技报国的家国情怀。

教学内容和基本要求

- 1、理解 Thomas-Fermi-Dirac 近似：密度泛函理论中交换关联泛函的例子
- 2、掌握 Hohenberg-Kohn 定理
- 3、了解密度泛函理论中限制性搜索的公式
- 4、理解 Hohenberg-Kohn 定理的推广
- 5、理解精确密度泛函理论的复杂性
- 6、了解从密度出发处理的困难

(七) Kohn-Sham 方法 (4 学时)

教学重点、难点：Kohn-Sham 方法的物理思想、Kohn-Sham 方法的变分方程、交换关联能、交换关联势、交换关联空穴、本征值的物理意义及含时密度泛函理论

思政元素：

以 Kohn-Sham 方法为例，讨论如何提高密度泛函的精度？拓宽学生在未来理论计算中的视野，激发学生的创新意识，培养科技创新精神。

教学内容和基本要求

- 1、理解 Kohn-Sham 方法的物理思想
- 2、掌握 Kohn-Sham 方法的变分方程
- 3、理解交换关联能、交换关联势、交换关联空穴
- 4、理解本征值的物理意义
- 5、了解精确的 Kohn-Sham 方法的复杂性
- 6、理解含时密度泛函理论
- 7、了解 Kohn-Sham 方法的其它推广

(八) 交换关联泛函 (4 学时)

教学重点、难点：局域自旋密度泛函近似、广义梯度近似、自相互作用修正和 LDA+U、杂化泛函

思政元素：

通过介绍交换关联函数，使学生理解密度泛函理论的近似处理，学会根据研究范围及条件选择合适的近似方法和思想，提高在未来理论计算中的创新能力。

教学内容和基本要求

- 1、理解局域自旋密度泛函近似
- 2、理解广义梯度近似
- 3、理解局域密度泛函近似和广义梯度近似中交换关联泛函的表达式

- 4、了解非共线的自旋密度
- 5、了解非定域的密度公式：平均密度近似和权重密度近似
- 6、理解轨道依赖的泛函：自相互作用修正和 LDA+U
- 7、了解轨道依赖的泛函：优化的有效势和精确的交换作用
- 8、理解杂化泛函
- 9、了解泛函的检验

（九）Kohn-Sham 方程的求解（3 学时）

教学重点、难点：耦合 Kohn-Sham 方程的自洽、总能量泛函、达到自洽

教学内容和基本要求

- 1、理解耦合 Kohn-Sham 方程的自洽
- 2、掌握总能量泛函
- 3、理解达到自洽
- 4、了解力和应力

（十）原子的电子结构（3 学时）

教学重点、难点：单电子径向薛定谔方程、球形势的单粒子方程、相对论 Dirac 方程和自旋-轨道相互作用、 Δ SCF 方法

思政元素：

通过对原子的电子结构各种近似方法的精度及适用范围的讨论，让同学们意识到科学研究中的关键步骤：核心是要突出主要矛盾，忽略次要矛盾，培养同学们的科学计算素养。

教学内容和基本要求

- 1、理解单电子径向薛定谔方程
- 2、理解球形势的单粒子方程
- 3、了解开壳层原子：非球形势场
- 4、理解相对论 Dirac 方程和自旋-轨道相互作用
- 5、了解原子态的例子：过渡元素
- 6、掌握 Δ SCF 方法：得到、失去电子的能量及变化，相互作用能
- 7、了解固体中的原子球近似

（十一）赝势（6 学时）

教学重点、难点：散射振幅和赝势、正交平面波和赝势、离子势模型、模守恒赝势、

移植性和硬度、赝势算符的分离和投影、超软赝势、投影缀加波方法

思政元素：

通过学习赝势理论，掌握在复杂的科学问题面前，去繁就简，集中精力研究问题的主要矛盾，完美体现了唯物辩证法在科学研究中的指导意义。

教学内容和基本要求

- 1、理解散射振幅和赝势
- 2、理解正交平面波和赝势
- 3、理解离子势模型
- 4、掌握模守恒赝势
- 5、了解依赖于角动量的模守恒赝势的推广
- 6、了解屏蔽效应和原子实修正
- 7、了解移植性和硬度
- 8、理解赝势算符的分离和投影
- 9、了解模守恒条件的拓展：线性区域之外
- 10、掌握超软赝势
- 11、掌握投影缀加波方法：全部波函数的保留
- 12、了解其它的主题

三、课内练习环节的教学内容及基本要求、课时分配和场地

本课程内容较多，鉴于学时紧张，拟不安排课内练习环节

四、本课程教学建议

前期应该完成量子力学、热力学与统计物理、数学物理方法、固体物理、群论等课程的学习。

五、本课程评价方式

考查，以提交作业、课堂问答为主。

六、建议教材和教学参考书

- 1、Richard M. Martin, Electronic Structure: Basic Theory and Practical Methods, Cambridge University Press, 2020
- 2、李正中, 固体理论, 第二版, 高等教育出版社, 2002 年, ISBN: 9787040115765
- 3、谢希德, 固体能带理论, 复旦大学出版社, 2007

《非线性光纤光学》教学大纲

适用专业：物理电子学/物理学

课程性质：必修课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：315110020020

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：侯尚林

大纲审核人：

一、课程的地位和教学目标

在现代高速光纤通信系统中，非线性现象严重影响着传输容量，但在另一方面，利用光纤非线性可以设计和制造许多性能优异的光器件。本课程讲述了光纤的非线性理论及应用，内容包括光纤非线性极化率，非线性薛定谔方程的建立和求解，脉冲方程在光纤中的传输及自相位调制、互相位调制、光孤子、散射及参量过程。通过本门课程的学习，使研究生具备扎实的非线性光纤光学理论基础，能熟练运用光波导非线性光纤光学理论的相关知识阅读科技文献，并能运用相关知识进行分析和解决问题、科研及撰写科技论文。

二、课程教学内容和基本要求

（一）光纤的基本特性及非线性描述（6 学时）

教学重点、难点：

重点：麦克斯韦方程组及波动方程在不同结构平板波导的形式，平板光波导的色散方程推导，模式定义、分类、特性分析。

难点：波动方程的推导及分离变量法求解，特征方程的数值求解及结果分析。

教学内容和基本要求

1、历史回顾

了解光纤通信发展史，光纤通信系统组成及结构，光纤通信系统非线性研究，高速通信网技术及研究热点。

2、光纤的基本特性

掌握光纤衰减、色散及光纤分类，掌握光纤结构色散方程及物理解释。

3、光纤非线性

掌握光纤非线性理论及包含非线性的麦克斯韦方程组。

（二）脉冲在光纤中的传输（10 学时）

教学重点、难点：

重点：麦克斯韦方程组，光纤模式及脉冲传输方程的建立，分布傅立叶数值方法。

难点：不同条件的脉冲传输方程及数值计算方法。

教学内容和基本要求

1、麦克斯韦方程组

理解包含非线性项的麦氏方程。

2、光纤模式

理解特征方程的推导和模式的物理意义，掌握标量和矢量法的推导和解法，模式分布的特点和模式分类。

3、脉冲传输方程

理解脉冲传输方程的推导过程，理解近似条件。

4、数值方法

了解分布傅立叶法，并能编程和模拟。

（三）群速色散对脉冲传输影响（6 学时）

教学重点、难点：

重点：色散导致的脉冲变形和高阶色散。

难点：不同传输区域的传输方程，不同脉冲形状在传输过程中脉冲演化。

教学内容和基本要求

1、不同传输区域的传输方程

理解色散长度和非线性长度的含义，不同传输区域的传输方程的建立。

2、色散导致的脉冲展宽

理解只含色散项的非线性薛定谔方程的物理意义，了解其解法，掌握不同脉冲形状的传输特点。

3、高阶色散及色散管理

了解高阶色散对脉冲传输的影响，理解色散补偿方法和理论。

（四）非线性对脉冲传输影响（26 学时）

教学重点、难点：

重点：自相位调制、互相位调制和散射对脉冲传输的影响。

难点：自相位调制、互相位调制的基本理论及对脉冲传输的影响。

教学内容和基本要求

1、自相位调制

了解自相位调制感应频谱变化，理解群速度色散的影响，半解析方法，高阶非线性效应。

2、光孤子

了解调制不稳定性光孤子及其类型，孤子微扰和高阶效应。

3、偏振效应

了解非线性双折射，非线性相移，偏振态的演化及矢量调制不稳定性，双折射和孤子，随机双折射。

4、交叉相位调制

理解交叉相位调制感应的非线性耦合，XPM 感应的调制不稳定性。了解 XPM 配对孤子，频域和时域效应，XPM 的应用，偏振效应及双折射光纤中的 XPM 效应

5、受激喇曼散射

理解基本概念，了解准连续受激喇曼散射，短泵浦脉冲的 SRS，孤子效应和偏振效应。

6、受激布里渊散射

理解基本概念、准连续 SBS 和 SBS 动力学，了解光纤布里渊放大器和光纤布里渊激光器。

7、四波混频

了解四波混频的起源，理解四波混频理论和相位匹配技术，了解参量放大及四波混频的应用。

8、高非线性光纤

了解非线性参量，理解石英包层光纤和微结构光纤、非石英光纤。

9、新型非线性现象

了解脉冲内喇曼散射，超连续谱产生，时域和频域演化及谐波产生。

四、本课程教学建议

（一）学生应先修《光波导理论及应用》等课程，并具备一定的通信和光学的基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程中，适时引进相关的科技文献，加强讲解及引导。

五、本课程评价方式

考查，以提交作业、读书报告和讲文献为主。

六、建议教材和教学参考书

（一）贾东方译.《非线性光纤光学》，电子工业出版社，2010.

（二）Govind P. Agrawal. Nonlinear Fiber Optics, Sixth Edition, Academic Press, 2019.

《非线性光学》教学大纲

适用专业：物理电子学/物理学

课程性质：选修课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：侯尚林

大纲审核人：

一、课程的地位和教学目标

非线性现象在物理、化学、生命等各个领域有着重要的应用。随着光科学的发展，对非线性问题的研究也越来越深入，非线性光学主要研究强场作用下的光与物质的相互作用，是工程光学、信息光学和量子光学等学科方向非线性理论的基础。本课程包括非线性光学的理论基础，讨论了一些重要的非线性光学学科分支，其内容包括光与物质相互作用的稳态过程、动态过程和瞬态过程。在简述非线性光学经典理论的基础上，利用量子力学理论和光的电磁理论讨论物质对光的响应特性和辐射特性；讨论各种稳态二阶与三阶非线性光学效应；介绍了混频和光参量过程。通过本门课程的学习，使研究生具备扎实的光纤通信网络的基础知识，能熟练运用相关知识阅读科技文献，并能运用相关知识进行分析和解决问题、科研及撰写科技论文。

二、课程教学内容和基本要求

（一）绪论（12 学时）

教学重点、难点：

重点：光学线性和非线性现象及描述参数。

难点：非线性现象的参数。

教学内容和基本要求

1、从线性光学到非线性光学

理解线性光学的物理量描述，了解非线性光学现象及应用。

2、三阶非线性

理解三阶非线性及双光子吸收。

3、非线性光学的发展及研究热点

了解非线性光学的发展史及目前研究热点。

（二）光学非线性极化率（12 学时）

教学重点、难点：

重点：极化率的定义和含义，推导。

难点：极化率的对称性分析。

教学内容和基本要求

1、经典模型

掌握由经典振荡模型，半经典模型描述极化率 $\chi^{(NL)}$ ，了解张量 $\chi^{(NL)}$ 和对称性，理解影响材料光学非线性的一些实际效应。

2、微扰理论

理解微扰理论分析光学非线性

3、对称性

掌握 $\chi^{(NL)}$ 的对称性及应用。

（三）耦合波理论和二次谐波产生（12 学时）

教学重点、难点：

重点：波分复用技术和光交换技术。

难点：光正交频分复用技术和光交换。

教学内容和基本要求

1、耦合波方程

理解非线性耦合波方程的建立和解法，掌握相位匹配条件。

2、二阶耦合波方程

了解二阶耦合波方程及其解，理解 Manley-Rowe 关系。。

（四）混频和光参量振荡（12 学时）

教学重点、难点：

重点：光纤通信网络管理。光接入网和光网络设计。

难点：光纤通信网络管理性能和故障管理，生存性及设计。

教学内容和基本要求

1、和频和差频

掌握和频和差频原理及应用。

2、光参量放大器

理解光参量放大器原理及应用。

3、光参量振荡器

理解光参量振荡器原理及应用。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《光学》，《数学物理方程》等课程，并具备一定的物理和数学的基本知识。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程中，适时引进相关的科技文献，加强讲解及引导。

四、本课程评价方式

考查，以提交作业、读书报告和讲文献为主。

五、建议教材和教学参考书

（一）石顺祥，陈国夫。《非线性光学》。西安电子科技大学出版社，2012.

（二）钱世雄，王恭明。《非线性光学》复旦大学出版社，2012.

《非线性物理》教学大纲

适用专业：物理学/物理电子学

课程性质：必修课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：315110020001

开课学期：第 1 学期

大纲执笔人：马军

大纲审核人：朱志刚

一、课程的地位和教学目标

非线性现象广泛地呈现在物理、化学、生命等各个领域（甚至在社会、经济等领域），随着科学的发展，对非线性问题的研究也越来越深入。研究非线性规律的学科是非线性动力学，它包括六个方面：分岔与混沌、分形、孤立子、模式识别、元胞自动机和复杂系统。物理学发展到今天，在很多方面已经向非线性方向发展（如非线性光学、非线性声学等），因而，在研究生阶段，有必要开设有关非线性物理的课程，以适应面向 21 世纪的需要。本课程开设的目的在于使普通高等学校物理系的研究生对正在发展的非线性物理有所了解，并为研究和解决交叉学科领域科学问题提供一定的科研基础。

为了学习期间让学习者对非线性物理有基本的了解，知道处理非线性交叉学科领域科学问题常见的方法和手段。因此，我们着重讲述混沌和超混沌的识别、同步与控制问题，神经元电路和传感器设计，几类常见的非线性动力学模型、动力学系统哈密顿能量计算，特别是参数识别和 Lyapunov 指数和函数方法，耦合振子网络和反应扩散系统中的时空斑图诱发和控制。

通过本课程的学习使学生能够认识到自然的复杂性是可以认识的，并可以在一定的程度上控制和利用复杂性，知道非线性问题在各个领域广泛存在，了解到非线性物理在各个领域的应用，如：超混沌在保密通信中应用、生物电磁学和神经动力学与神经性疾病治疗预防，功能性神经元和传感器设计，为学习者进一步了解非线性和研究打好基础。

二、课程教学内容和基本要求

（一）非线性现象与研究非线性物理系统的方法（8 学时）

教学重点、难点：

重点：稳定性分析，李亚普诺夫函数法，分岔分析。

难点：稳定性分析和李亚普诺夫函数法。

教学内容和基本要求

1、非线性现象

了解混沌现象，超混沌现象，同步，分形，孤立波，随机性等。

2、分岔计算和混沌判据

掌握平衡点分析，分岔计算，李亚普诺夫指数计算和李亚普诺夫函数法，振子相位的希尔伯特变换和傅里叶变换/反变换。

思政元素：通过介绍非线性现象的历史背景，比如 Lorenz 在研究大气环流动力学过程中仔细挖掘数据，意外地揭示了蝴蝶效应的存在。通过引导学生了解这一历史背景，可以教育他们实事求是、尊重数据的科学严谨态度。此外，通过深入思考科学发展对社会进步的意义，学生可以认识到科学不仅仅是理论推演和实验验证，更是人类认知世界、改造生活的重要工具。

（二）物理学中的非线性振荡和混沌吸引子（16 学时）

教学重点、难点：

重点：振子系统哈密顿能量函数计算，多卷吸引子，无平衡点和无穷平衡点系统。

难点：吸引子分类和吸引子镇定控制，延迟反馈法，各种同步控制法。

教学内容和基本要求

1、赫姆霍兹定理和哈密顿能量

理解哈密顿能量函数的物理意义，理解赫姆霍兹定理对振荡电路能量计算，常用的同步方法。

2、动力学系统同步控制

了解振子同步的分类，掌握同步控制的李亚普诺夫函数方法，掌握四阶龙格库塔法和软件作图，控制器有效性判断和能量计算。

3、神经元模型

了解各类神经元模型放电特性，及其电磁效应下神经元电活动迁移特性，同步放电与神经性疾病关联，电活动模式控制。

思政元素：通过介绍振子系统哈密顿能量函数计算的实例，引导学生思考科学理论与实践的结合，强调理论研究对技术应用的指导作用。同时，讨论神经元模型和神经性疾病的关联，引导学生思考科学研究对人类健康和社会发展的贡献。

（三）反应扩散系统斑图控制（12 学时）

教学重点、难点：

重点：霍普分岔和螺旋波动力学，鞍结分岔和图灵斑图，斑图控制。

难点：钉扎螺旋波抑制，电场极化控制。

教学内容和基本要求

1、反应扩散系统斑图

认识斑图分类和产生的物理机理，背景。掌握斑图的诱发和控制方法。

2、耦合振子网络

振子网络同步控制和斑图诱发

3、边界条件效应和噪声效应

了解数值处理方程收敛性判断，边界条件选取，各类噪声产生和作用机理。

思政元素：通过讨论如何应对噪声效应，可以培养学生的科学方法论，即在面对不确定性和复杂性时，如何运用科学方法进行分析和解决问题。同时，引导学生思考噪声效应在实际应用中的意义，例如在通信系统中的误码率控制、金融市场中的风险管理等方面。这有助于学生认识到科学技术对社会发展和人类生活的影响，从而培养他们的社会责任感和创新精神。

（四）神经网络动力学（12 学时）

教学重点、难点：

重点：各类拓扑结构下神经网络群体动力学，自突触结构和生物功能。

难点：同步迁移和斑图镇定。

教学内容和基本要求

1、自突触结构生物的功能和电路实现、功能性神经元设计

认识自突触连接包括化学型和电调制型，利用延迟反馈回路表达自突触的正反馈和负反馈效应。掌握 PSpice 模拟和实际电路实验。利用常见功能性物理器件设计神经元电路来实现各种信号的感知和编码。

2、自突触调节网络动力学控制

了解网络内自突触分布的双重作用，理解神经元对外刺激的选择性和自适应性，掌握神经网络自突触驱动下的同步镇定和斑图控制。

思政元素：通过讨论神经元对外刺激的选择性和自适应性，可以引导学生思考科学研究如何揭示生命系统的复杂性和智能性，以及这些研究如何为理解人类大脑功能和神经性疾病的治疗提供重要线索。这有助于学生认识到科学研究对医学和健康领域的重要性，从而培养他们对科学事业的热情和责任感。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《大学物理》、《数值计算》等课程，并具备一定的物理概念和

思想，掌握基本的数值计算方法，程序编写技能。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面加强交叉学科知识科普，另一方面强化科学模拟和现象解释。

四、本课程评价方式

考试。

五、建议教材和教学参考书

（一）陆同兴 编著，非线性物理概论，中国科学技术出版社，合肥，2002 年。

（二）马军，唐军著，时空斑图的优化控制，华中科技大学出版社，2011 年 11 月。

《高等电磁场理论》

适用专业：物理电子学/物理类

课程性质：学位课

学 时 数：48

学 分 数：3

课 程 号：315110010017

开课学期：第一学期

大纲执笔人：李晓晓

大纲审核人：侯尚林

一、课程的地位和教学目标

《高等电磁场理论》是一门电磁场与微波技术，无线电物理等专业硕士研究生一门经典理论课，也是是电子信息科学与技术、通信工程专业的重要专业课。本课程包括电磁场和电磁波两个方面的基本概念和基本理论，是在《大学物理》课程中电磁学部分的基础上或者在《电磁场与微波技术》课程的基础上，深入学习电磁场的基本原理与定理，培养电磁现象和电磁过程分析和判断的能力，了解动态电磁场的分析和求解方法，为进一步学习《光波导理论与技术》等后续课程打下坚实基础，为进一步学习电磁场计算方法 and 应用电磁仿真软件打下扎实的理论基础。通过对理论知识的学习，使得学生建立科学的学习方法和严谨的学习态度；通过电磁场这门课程对称的思想方法的学习，使得学生建立物质世界普遍联系的观点；通过科学家精神的学习，使得学生形成坚韧不拔的品格。

二、课程教学内容和基本要求

（一）电磁场理论基本方程（9 学时）

教学重点、难点：

- 1、MAXSWEEL 方程组
- 2、边界条件
- 4、波动方程的物理意义

教学内容和基本要求

- 1、掌握 MAXSWEEL 方程组的积分形式和微分形式
- 2、掌握电磁场边界条件及其在各种媒质表面的应用
- 3、了解波动方程的得出方法，掌握波动方程的物理意义
- 4、了解电磁场的势函数

- 5、了解电磁能量和能流中的关系
- 6、掌握电磁场的基本定理和基本原理（唯一性定理，互易定理，镜像原理）
- 7、通过电荷，电流，磁荷，磁流与场通量的关系，说明个人命运要与国家命运的关系，要有家国情怀

（二）电磁场基本定理和原理（9 学时）

教学重点、难点：

- 1、镜像原理及场等效原理的应用

教学内容和基本要求

- 1、掌握镜像原理及等效原理
- 2、理解感应原理和巴比涅原理
- 3、了解互易定理及 **HELMHOLTZ** 定理
- 4、通过镜像原理的对称性与它以边界条件为依据，树立物质世界普遍联系的观点，要用这种观点看待科学问题，同时意识到人与人之间你中有我，我中有你，要相互和善友爱。

（三）基本波函数（9 学时）

教学重点、难点：

- 1、标量波函数
- 2、矢量波函数

教学内容和基本要求

- 1、掌握标量波函数的应用方法
- 2、理解矢量波函数的应用方法
- 3、了解波函数用于散射问题

（四）格林函数（9 学时）

教学重点、难点：

- 1、并矢格林函数
- 2、并矢格林函数本征展开

教学内容和基本要求

- 1、掌握并矢格林函数的应用

2、理解并矢格林函数本征展开方法

(五) 波动方程的及求解 (12 学时)

教学重点、难点:

- 1、掌握 **HELMHOLTZ** 方程的求解方法
- 2、理解 **HELMHOLTZ** 方程的求解方法在物理模型中的应用

教学内容和基本要求

- 1、掌握无限大导电媒质中的均匀平面电磁波的波动方程及其解
- 2、掌握理想介质中的均匀平面电磁波及其解
- 3、掌握柱坐标系和矩坐标系中 **HELMHOLTZ** 方程的求解
- 4、掌握纵向场法，赫兹矢量法和博格尼兹函数法的应用
- 5、掌握波导和谐振腔中场量的求解方法
- 6、通过无耗媒质和有耗媒质中电磁场场解的对称性，建立物质世界普遍联系的观点。

四、本课程教学建议

- (一) 加强理论教学与实践教学的结合
- (二) 加强本课程与其他课程的结合

五、本课程评价方式

考试

六、建议教材和教学参考书

- (一) 许福永、赵克玉，电磁场理论，高等教育出版社， 2006 年
- (二) 张克潜，微波与光电子学中的电磁理论，电子工业出版社，2001 年 1 月
- (三) 龚中麟，近代电磁理论，北京大学出版社，2010 年 5 月...

《高等电动力学》教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：学位课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：

开课学期：第 1 学期

大纲执笔人：王艳

大纲审核人：张莉

一、课程的地位和教学目标

高等电动力学是建立在高等数学、电动力学、数理方程、微分方程等基础上的后续课程，是物理学专业的核心课程。让学生在本科“电动力学”的基础上提高一步，打下坚实的电磁理论基础。课程全面讲述相对论性带电粒子和电磁场动力学及其相互作用，具有厚基础、宽口径、辐射面广的特点。本课程要求学生学会在各种边界限制下，各种媒质中求解电磁场与波的基本方法。能够认识场与波的各种形态。做到融会贯通，触类旁通。重点培养学生科学思维方法和创新意识，初步做到能够顺利阅读微波与光电子学领域有关电磁场与波的文献。

二、课程教学内容和基本要求

（一）麦克斯韦方程（10 学时）

教学要求

重点：麦克斯韦方程组、带电粒子和电磁场能量和动量守恒的坡印亭定理

难点：格林函数和推迟波动方程的解

思政元素：树立正确的科学观；厚积薄发

教学内容

- 1、麦克斯韦方程组
- 2、矢量势、标量势和规范变换
- 3、格林函数和推迟波动方程的解
- 4、带电粒子和电磁场能量和动量守恒的坡印亭定理(简介光镊、激光冷原子晶体原理)
- 5、电磁场在旋转和时空反演下的变换(强调赝矢量的概念)

（二）波的传播（6 学时）

教学要求

重点：非导体介质中的平面电磁波及其偏振、等离子体的随机相位近似

难点：等离子体的随机相位近似

思政元素：蔡诗东院士及其理想、品德和治学精神

教学内容

1、非导体介质中的平面电磁波及其偏振

2、导体和损耗介所中的电磁波

3、介质、导体和等离子体的频率色散

4、等离子体的随机相位近似

5、波的叠加、群速度和超光速脉冲简介

6、导体表面和导体内的电磁波传播

（三）电磁波辐射系统和电磁波散射（8 学时）

教学要求

重点：亥姆霍兹方程格林函数的球面波展开

难点：亥姆霍兹方程格林函数的球面波展开；无源真空区域电磁场的多极矩展开

教学内容

1、局域振荡电荷电流源的电磁场和电磁辐射

2、亥姆霍兹方程格林函数的球面波展开

3、无源真空区域电磁场的多极矩展开

4、长波长光的散射

5、圆形球体对任意波长电磁波的散射

6、汤姆逊散射，瑞利散射，米氏散射

（四）狭义相对论（8 学时）

教学要求

重点：狭义相对论基本原理和时空理论；相对论力学

难点：相对论力学

思政元素：把最美好时光献给祖国核事业 ——王乃彦；中国古代道家时空观

教学内容

1、狭义相对论基本原理和时空理论(洛伦兹变换, 四维速度, 四维加速度, 四维动量, 四维力)

2、相对论力学(讨论粒子的相对论能量和动量, 要求掌握并能利用相对论四维动量的守恒定律解决实际问题)

3、洛伦兹变换的张量表示, 四维张量

4、相对论电动力学, 四维电流密度, 四维电磁势矢量及波动方程的张量形式

(五) 相对论性粒子和电磁场的动力学 (10 学时)

教学要求

重点: 相对论带电粒子在电磁场中的运动

难点: 电磁场守恒定律

思政元素: 攀登加速器研究高峰——陈佳洱

教学内容

1、外电磁场中一个相对论性带电粒子的拉格朗日函数和哈密顿函数, 并由此推导出电磁场中相对论性带电粒子的运动方程

2、利用电磁场中相对论带电粒子的运动方程, 讨论带电粒子在均匀静磁场中的运动, 在均匀静磁场和静电场的并合场中的运动, 带电粒子在非均匀静磁场中的漂移、带电粒子在绝热变化磁场中的运动

3、电磁场的能量-动量张量及电磁场守恒定律

(六) 运动电荷的辐射 (6 学时)

教学要求

重点: 加速运动电荷辐射功率的协变形式和非协变形式

思政元素: 国之重器——宇宙射线观测站 LHAASO

教学内容

1、点电荷的李纳-维谢尔势和场

2、加速运动电荷辐射功率的协变形式和非协变形式

3、切伦科夫辐射

四、本课程教学建议

(一) 学生应具备以下基础

物理基础：普通物理，本科电动力学或电磁场理论或电磁场与波。

数学基础：线性代数，微积分，微分方程，矢量分析与场论，复变函数，数理方程。

（二）在掌握基础知识的前提下，启发学生做到融会贯通，触类旁通，使其能顺利阅读微波与光电子学领域相关文献。

五、本课程评价方式

考查，以 ppt 汇报、提交小论文为主。

六、建议教材和教学参考书

（一）《微波与光电子学中的电磁理论》（第二版），张克潜，李德杰著，2001 年 5 月，电子工业出版社。

（二）《电磁场与电磁波》（第三版），焦其祥，2019 年 12 月，科学出版社。

（三）《电动力学》（第四版），郭硕鸿，2023 年 2 月，高等教育出版社。

（四）《场论》（第八版），朗道，2012 年 8 月，高等教育出版社。

（五）《数学物理方法》（第五版），梁昆淼，2020 年 11 月，高等教育出版社。

（六）《张量分析》（第三版），黄克智，薛明德，陆明万 著，2020 年 1 月，清华大学出版社。

《高等固体物理》课程教学大纲

(Solid state physics)

一、课程说明

课程编号：315110030027

课程性质：学位课

学时学分：48 学时

学分数：3 学分

先修课程：高等数学,量子力学

开课学院：理学院

适用专业：物理物理学,材料科学与工程 审核人：王青

撰写人：戴剑锋

二、课程教学目标

固体物理学是物理学中的重要分支，本课程是新材料和新器件技术的基础理论，是物理专业及其相近专业非常重要的基础课、必修课。课程强调对固体物理学的科学方法、物理图象的理解。学生通过本课程的学习要求掌握固体物理学的基本概念、基本模型和方法，了解它们在各类技术中的应用，为进一步学习专业课，为毕业后从事科研和高新技术工作打下坚实的基础。通过本课程的学习，使学生具备以下能力：

1、将固体物理的基本理论、基本知识、基本技能及一些前沿技术的信息有效地传授给学生，使学生能从晶体结构、结合、晶格振动、能带结构等方面观察、解释晶体的宏观性质与微观粒子运动之间的关系，培养学生发现问题、解决问题的能力。

2、通过教学使学生掌握确定晶体结构的原理与方法，懂得利用晶体中电子的能带结构进行半导体材料、光电材料及磁性材料等功能材料的设计。

3、结合固体物理理论及知识，使学生能对一些涉及固体材料的实际问题进行分析和研究，培养学生创新思维能力。

三、课程教学目标对毕业要求的支撑关系

毕业要求		课程目标对毕业要求的支撑关系
1. 工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。	1.1 掌握固体物理知识，掌握晶体的结构及其规律，掌握晶体的电子能带结构和规律，将其用于复杂物理问题的建模和求解。	课程教学目标 1、2
2. 问题分析：能够应用数学、物理学和电子技术的基本原理，识别、表达、并通过文献研究分析科学与工程问题，以获得有效结论。	2.1 针对半导体、磁性材料、光电子材料、发光材料、超导材料与器件相关问题提出方案建议	课程教学目标 2、3

四、课程教学内容

教学内容	教学要求	学时	教学方式	对应的 教学目标
绪论	【了解】固体物理的研究进展及研究对象	2	讲授	课程目标 1
1. 晶体结构 1.1 晶格实例 1.2 晶格周期性 1.3 晶向、晶面 1.4 倒格子 1.5 X 射线衍射方程, 原子散射因子, 几何结构因子 1.6 晶格对称性 1.7 扩展内容: 晶体结构的实验表征理论和方法	【重点掌握】晶体特征、空间点阵, 晶格的周期性、基矢, 原胞、晶胞, 晶列、晶面指数; 【掌握】倒易点阵, 倒格子原胞; 晶体的对称性、晶系、布喇菲原胞; 配位数; 【了解】X 射线衍射方程, 原子散射因子, 几何结构因子 【难点】倒易点阵, 倒格子原胞; 思政元素: 中国在固体物理领域的成就; 光伏单晶硅和电子单晶硅的区别; 从光的衍射到 X 射线衍射; 常见功能材料结构的特点。	14	讲授	课程目标 1、2
2. 晶体的结合 2.1 晶体的结合类型, 结合力的一般性质 2.2 离子性结合 2.3 共价结合 2.4 金属性结合 2.5 范德瓦尔斯结合	【重点掌握】晶体的结合类型, 结合力的一般性质; 【掌握】离子晶体的结合能; 共价键晶体的结合; 【了解】氢键结合 【难点】共价键结合 思政元素: 半导体替位掺杂为什么困难? 半导体制造使用高纯氟化氢的制备; 为什么臭水沟中的冰纯度高?	8	讲授	课程目标 1、2
3. 晶格振动及晶体的热学性质 3.1 简谐近似 3.2 一维单原子链 3.3 一维双原子链, 声学波和光学波 3.4 三维晶格振动 3.5 离子晶体的光学波 3.6 确定晶格振动谱的实验方法 3.7 晶格热容的量子理论 3.8 晶格振动模式密度 3.9 晶格的状态方程 3.10 晶格的热传导	【重点掌握】一维原子链的振动, 色散关系、格波; 晶格振动的量子化、声子, 长波近似; 【掌握】固体比热, 爱因斯坦模型和德拜模型; 【了解】非简谐效应; 确定振动谱的实验方法, 晶格的自由能 【难点】格波; 声子; 思政元素: 自然科学对复杂问题的处理方法: 三维问题一维化, 矢量问题标量化, 有限尺度无限化。物理学天空的几朵乌云, 及其扫清途径。晶体热传导的规律。	12	讲授	课程目标 1、2、3
4. 能带理论 4.1 布洛赫定律	【重点掌握】近自由电子近似, 紧束缚近似, 能态密度和费米面	12	讲授	课程目标 1、2、3

4.2 一维周期场中电子运动的近自由电子近似	【掌握】 能带对称性； 【了解】 赝势方法 【难点】 能带结构和能态密度； 思政元素： 近自由电子近似和紧束缚近似处理周期势场中电子能带的科学思想及其规律。能带结构与晶体导电性的解释。			
4.3 三维周期场中电子运动的近自由电子近似				
4.4 赝势				
4.5 紧束缚近似				
4.6 能带对称性				
4.7 能态密度和费米面				

五、课程考核与成绩评定

《高等固体物理》课程的考核（期末测评与平时成绩相结合）应以考核学生能力培养目标的达成为主要目的，以检查学生对各知识点的掌握程度为重要内容。能力目标达成评价与考核总成绩中，期末测评成绩占 70%，平时成绩(含作业、课堂表现)占 30%。

成绩组成	考核/ 评价环节	分值	考核/评价细则	对应的教学目标
平时成绩 30%	平时作业	20	主要考核学生对每节课知识点的复习、理解和掌握程度，计算全部作业的平均成绩再按 20% 计入总成绩。	1、2、3
	课堂表现	10	根据学生的出勤情况、上课听讲情况、上课参与讨论情况，给出相应成绩，按 10% 计入课程总成绩。	1、2、3
期末考试 70%	期末考试 卷面成绩	70	主要考核知识的理解与应用；晶体结构、结合，晶格振动，晶体缺陷，电子论基础，能带理论；运用基本知识分析和解决复杂物理问题，以卷面成绩的 70% 计入课程总成绩。考试的题型以简答题、计算题、证明题、分析题等为主。其中，对应教学目标 1、2 的试题占 75% 左右，教学目标 3 的试题占 25% 左右。	1、2、3

六、参考教材和主要参考资料

参考教材：黄昆，《固体物理》，人民教育出版社，2008

主要参考资料：

1. 方俊鑫，陆栋，《固体物理》（上，下） 上海科学技术出版社，1980.
2. 李正中，《固体理论》，高等教育出版社，1985.
3. C.H. Kittel Introduction to Solid Physics, 6th Ed (1986).

《高等量子力学》教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：学位

学 时 数：48 学时

学 分 数：3.0 分

课 程 号：M101038

开课学期：第一学期

大纲执笔人：张丽萍

大纲审核人：

一、课程的地位和教学目标

量子力学是关于物质世界运动规律的基本理论，是现代物理学的基础和支柱。量子力学建立一百多年来，已为大量实验所精确检验，解释了范围极为广泛的自然现象，取得了前所未有的成功。它不仅深入到物理学的各个领域，在化学、生命科学、计算机科学等领域也得到广泛的应用。

高等量子力学课程与本科生量子力学课相衔接，授课对象为新入学的研究生。因研究生来源较广，其本科阶段开设的量子力学课的深浅不一，因此本课程的部分内容与本科生量子力学课有所重叠。本课程的教学目的是使学生的量子力学知识更为全面、系统和深入，一方面为研究生学习阶段的后续课程，如量子电动力学、量子场论、多体理论与格林函数方法，原子核理论和固体理论等提供理论准备，同时也为他们开展科研工作打好基础。本课程主要包括对称性与守恒定律，角动量理论，二次量子化方法，散射的形式化理论，单电子的相对论量子力学，路径积分等内容。

量子力学课程中蕴含着非常丰富的思政元素，不仅有社会主义核心价值观、中国哲学思想、家国情怀等，还包含着非常重要的科学精神、科学思想和科学方法。在量子力学建立过程中蕴含着勇于探索和创新的精神、不以任何权威为标准而以事实为依据等科学方法，量子力学原理含有对立统一等科学思想。学生通过量子力学课程的学习可以在科学素质等方面得到培养提高。此外，从量子力学的建立到量子基本理论的建立，在整个量子力学的发展过程中，不仅有外国科学家的贡献，而且中国科学家对量子力学的发展有着巨大的贡献。所以，通过引入我国在量子科技方面的新发现和新理论以及中国科学家为我国科学技术发展做出的伟大贡献，来培养和激发学生的民族自豪感、民族自信心和爱国情怀。这对于培养未来的科学工作者有着非常重要的意义。本课程将讨论在量子力学教学过程中如何融入这些思政元素，培养学生勇于探索未知世界，为祖国的建设贡献自己的力量。

二、课程教学内容和基本要求

（一）量子力学基本原理和方法 （6 学时）

教学内容：

(1) Hilbert 空间的定义,态矢的内积及正交性,右矢和左矢,基矢和子空间,空间的直和与直积。

(2) 关于算符的基本概念和运算,厄米算符的基本特性、算符的本征态矢和本征值,态矢的外积与投影算符。

(3) 量子力学的基本原理(关于量子态、力学量、量子测量、量子态动力学演化及全同粒子的基本假设),不确定关系。

(4) 表象与表象变换。完备力学量集与表象,表象基矢的正交性和完备性,具体表象中量子力学的矩阵形式,表象变换与幺正算符,坐标表象与动量表象。

教学重点、难点：

重点：波函数的统计解释，Schroedinger 方程，量子态及迭加原理，量子力学算符

难点：不确定关系，狄拉克符号，表象变换

通过讲述量子理论建立的历程，告诉学生当遇到问题时，当前的理论无法解决所遇问题，应该像普朗克、爱因斯坦和玻尔一样另辟蹊径，找出解决问题的新方法新理论，激发学生的创新意识，培养创新思维。此外，量子力学理论和原理具有抽象且难以理解等特点。学生在学习量子力学课程时，由于没有直观的实验或物理情景，在建立量子力学图像时非常困难。量子力学学习中的困难往往会使学生学习量子力学的动力大大减弱。特别是量子力学中的量子纠缠原理和量子测量问题晦涩难懂，但是这些原理是量子通讯、量子计算和量子密码等量子前沿学科的基础理论，是不可或缺的理论，是学生必须掌握的量子力学基础理论。在量子力学教学过程中向学生讲述量子纠缠和量子测量原理时，引入上述量子力学原理在量子通讯和量子计算中的新应用、新发现，即“墨子号”卫星和我国在非局域可观测方面的贡献，让学生体会到量子力学基本理论不是空洞的、没用的纯理论，是现代科学技术发展的基础理论和科技创新的关键变量。在讲述量子力学基本原理和理论时，通过讲述中国科学家在量子力学方面的贡献和中国在现代量子科技领域领先于发达资本主义国家重大发现和研究成果，潜移默化地引导学生信仰中国共产党、增强学生的民族意识和国家意识，使学生具有国家和民族的自豪感，培养学生的民族自信心。

（二）路径积分 （4 学时）

教学内容：

(1) 薛定谔方程与时间演化算符,编时乘积与时间演化算符的级数展开式。量子力学的三个绘景(薛定谔绘景、海森堡绘景和相互作用绘景),三种绘景下态矢和力学量随时间的演化。

(2) 传播子及其物理意义,路径积分的物理思想,一维自由粒子和一维谐振子系统传播子的计算,位形空间和相空间的路径积分

教学重点、难点:

重点: 传播子, 路径积分,

难点: 传播子的构造, 路径积分的计算

在初等量子力学中学生已经学习了解决量子力学问题的两种方法,即波动力学和矩阵力学,路径积分是量子力学中解决问题的另一种方法。通过对比三种方法,让学生体会到解决问题有多种方法,培养学生的发散思维和解决问题的能力。

(三) 量子力学中的相位 (4 学时)

教学内容:

(1) AB 效应以及解释。

(2) Berry 相及其计算

(3) 动力学相位和 berry 相的区别。

教学重点、难点

重点: AB 效应; Berry 相

难点: 动力学相位和 berry 相的区别。

给出 AB 磁效应的实验的实验现象,让学生用现有的知识解释实验现象。通过学生在解释实验现象中遇到的困难,进而提出问题。找出解决问题的新方法新理论,激发学生的创新意识,培养创新思维。此外,理论来源于实践,高于实践;而实践又是科学理论最后的、最高意义上的裁判,就是以事实为根据的科学态度。所以,教师在讲述 AB 实验时,陈述假设和理论的建立过程,凸显理论要依据实验的重要性。告诉学生不符合实验的理论是站不住脚的,任何科学理论必须以实验为根据,培养学生以事实为根据的科学态度。

(四) 角动量理论初步 (6 学时)

教学内容:

(4) 无穷小转动与角动量算符的定义,从角动量算符的对易关系导出 (L^2, L_z) 共同本征态及本征值,角动量算符在 (L^2, L_z) 表象下的矩阵元。

(5) 角动量的耦合,耦合表象基矢与非耦合表象基矢, Clebsch- Gordan 系数的若干性质及计算方法。

(6) 转动算符表达式的导出, $SO(3)$ 和 $SU(2)$ 群,欧拉转动,转动算符的欧拉角表示,转动算符的若干性质及应用。

教学重点、难点

重点: 角动量的耦合

难点: 转动算符的矩阵表示; CG 系数。

(五) 量子力学中的对称性 (4 学时)

教学内容:

(1)空间对称变换(空间反演、平移及空间转动),空间对称性与守恒量,连续性对称变换和离散性对称变换,诺特(Noether)定理。

(2)哈密顿量的对称性群,能量简异度与对称性的关系,微扰对能级简并的影响。

(3)空间反演对称性与宇称。

(4)时间反演对称性与 Kramers 简并。

教学重点、难点

重点: 能量简异度与对称性的关系

难点: 微扰对能级简并的影响。

对称性是现代物理学中的一个核心概念,系统从一个状态变换到另一个状态,如果这两个状态等价,则说系统对这一变换是对称的。或者说给系统一个“操作”,如果系统从一个状态变到另一个等价的状态,则说系统对这一操作是对称的。 在生活中时时处处都存在着对称,对称是一种美。我们要学会发现对称美,欣赏美,会创造美。

(六) 散射理论 (6 学时)

教学内容:

(1) 弹性势散射,散射振幅,微分散射截面,求解散射振幅的格林函数方法。

(2) 形式散射理论, Lippmann- Schwinger 方程,自由格林算符与全格林算符,格林算符的 Dyson 方程,波算符,跃迁算符,散射算符,光学定理数,Born-近似及其成立条件,汤川势散射与库伦势散射。

(3) Lippmann- Schwinger 方程的坐标表象,自由格林算符的坐标表象,散射振幅的 Born 级数。

教学重点、难点

重点：弹性势散射；形式散射理论

难点：散射振幅的格林函数方法；散射振幅的 Born 级数。

在量子力学中，研究问题时，往往通过用数学方法描述物理过程。通过解决复杂的数学方程来解决问题。在给方程给出精确解时比较困难，此时通常要采取合理的近似，用到一定的近似方法。在此过程中，让学生不仅掌握解决问题的方法，而且培养学生解决问题的能力。

（七）二次量子化 （10 学时）

教学内容：

(1)全同性原理,交换对称性,玻色子和费米子。

(2)全同玻色子系统的二次量子化,坐标表象中的基矢,单体算符和二体算符的矩阵元,粒子数表象中的基矢,粒子数表象中单体算符和二体算符的构成。

(3)全同费米子系统的二次量子化,坐标表象中的基矢, Pauli 不相容原理,单体算符和二体算符的矩阵元,粒子数表象中的基矢,粒子数表象中单体算符和二体算符的构成。

教学重点、难点：

重点：产生和湮灭算符；单体算符和二体算符

难点：玻色子体系和费米子体系的量子态描述；二次量子化

（八）相对论量子力学 （8 学时）

教学内容：

(1) Klein- Gordon 方程,连续性方程,负概率与负能量问题, Klein- Gordon 方程的非相对论极限,电磁场作用下的 Klein- Gordon 方程。

(2) Dirac 方程的引进, α 与 β 的矩阵表示,连续性方程, Dirac 的空穴理论, Dirac 粒子的自旋,体系的守恒量。

(3) 电磁场作用下的 Dirac 方程(非相对论极限), Pauli 方程的导出,自旋-轨道相互作用算符的导出, Klein 佯谬。

(4) Dirac 方程的两个严格解(自由电子的平面波解,氢原子的严格解)。

教学重点、难点：

重点：Klein- Gordon 方程；Dirac 方程

难点：负概率与负能量问题；Klein 佯谬

量子力学研究的是微观粒子的运动，在一定条件下微观粒子的运动速度接近光速。此时，薛定谔波动力学和海森堡矩阵力学无法处理此类问题，需要建立新的理论，即相

对论量子力学。在建立新理论的过程中培养学生的创新思维和利用已有知识解决问题的能力。并且让学生明白不同范围的问题要用不同的理论解决。

三、课内练习环节的教学内容及基本要求、课时分配和场地

教学内容及基本要求

（一）为巩固和理解课程内容，培养分析问题、解决问题的能力，各章应做一定数量的习题；学会定性分析，掌握基本概念。

（二）为了培养学生的逻辑思维能力，知识整合能力和科研能力，通过由任课老师引导的学术讨论的方式，学会分层次深入探讨问题。重点放在解决方向性问题的思路，把握科研思路，引导学生自由讨论发挥。

四、本课程教学建议

（一）该课程注重突出学生的中心地位，通过由任课老师引导的学术讨论的方式，分层次深入探讨问题，注重对学生逻辑思维能力，知识整合能力和科研能力的培养。

（二）重视课程规划和建设，按照课程的体系和内容制定并实施了规范的教学大纲，施行启发式教学，培养学生较强的独立思考能力和创造能力，较快进入科学发展的前沿。

五、本课程评价方式

期末闭卷考试，以考察学生对课程内容的掌握情况与存在的问题。

六、建议教材和教学参考书

（一）喀兴林，《高等量子力学》，北京：高等教育出版社，2001年8月

（二）刘希明，《高等量子力学》，山东：山东科学技术出版社，2002年10月

（三）曾谨言，《量子力学》，北京：科学出版社，2000年1月

《高速光纤通信器件》教学大纲

适用专业：物理电子学/物理学

课程性质：选修课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：315110030016

开课学期：第 1 学期

大纲执笔人：侯尚林、武刚

大纲审核人：张莉

一、课程的地位和教学目标

高速光纤通信器件是当前高科技发展的重要领域，以它为基础的光通信技术发展十分迅速，对人类社会和生活的各个方面产生了广泛和深远的影响。本课程是光纤通信和光纤传感技术必不可少的组成部分，是非线性光纤光学、光纤通信网络等课程先导课程，也是以后从事该专业的工程技术人员的必备知识。本课程介绍了光纤通信用光发射器件、光接收器件、光调制器、光放大器以及光纤通信无源器件的基本原理、器件结构、器件组装、器件参数、器件的应用，即包括光纤通信有源器件和无源器件两大部分。通过该课程的学习，使研究生掌握光通信系统中涉及的基本光纤通信器件的构成、原理、应用，更好的理解本专业的学习目的。

二、课程教学内容和基本要求

（一）高速光纤通信无源器件（18 学时）

教学重点、难点：

重点：光纤无源器件的特性、结构、原理、传输理论。

难点：光波导、光耦合器、光纤光栅、光学滤波器等的光传输理论。

教学内容和基本要求

1、光波导

掌握全内反射的原理，会用麦克斯韦方程组分析介质波导，掌握介质波导中光场的分布及模式截止条件。掌握光纤的基本结构及模式分布，了解光纤的制备工艺，了解光纤的色散特性及非线性效应。

2、光纤组件

掌握光纤定向耦合器、光纤光栅、光纤干涉仪、隔离器及环形器的基本原理，会用耦合模理论分析这些器件中光场分布及光传输特性。

3、平板波导组件

掌握各类光分路器、光纤辅助的定向耦合器，Mach - Zehnder 干涉仪、多模干涉耦合器、星形耦合器及阵列波导光栅等器件的基本机构、工作原理及应用。

4、MUX 和 DMUX

了解 MUX、DMUX 的基本特性。

掌握法布里-珀罗光学滤波器、介质薄膜滤波器、光纤类光学滤波器等的结构模型、

传输原理。

思政元素

- 1、光纤通信技术和高速光电子器件的发展，有赖于全球科技工作者共同努力。
- 2、介绍光波导技术在国家发展中的重要性和应用前景，激发学生的爱国热情。
- 3、强调光波导技术的自主创新和知识产权保护，培养学生的创新意识和民族自豪感。
- 4、展示光波导领域的重要成果和优秀人才，引导学生树立高远目标，努力追求卓越。
- 5、分组探讨不同光纤组件的原理及研究现状，针对所研究的核心光纤设备及器件的自主国产化情况展开调研，分析采用国产化核心光纤设备及器件的可行性，讨论国产化核心光纤设备及器件的优势和劣势，归纳总结提升自主国产化核心光纤设备及器件竞争力的可行性意见和建议。
- 6、我国光通信技术、航天技术的高速发展，展示中国特色社会主义的伟大成就，坚定了四个自信。

(二) 高速光纤通信有源器件 (30 学时)

教学重点、难点：

重点：各种有源器件的工作原理、基本结构；器件基本动态特性、光谱特性、调制特性、放大特性的分析，关键参数的定义。

难点：EDFA、RFA 的基本方程、关键技术、基本性能的分析以及结构的设计。

教学内容和基本要求

1、半导体激光器

了解和激光有关的基本概念和技术，掌握半导体激光器及其他类型激光器的工作原理、器件结构，了解光学谐振腔、纵模和横模、高斯光束、调 Q 技术、锁模技术等概念。详细了解连续激光器和脉冲激光器的工作原理和相关技术。

2、光调制器

理解内、外调制的定义及应用。掌握外调制器的强度调制，电光调制的理论，铌酸锂调制器和 EAM 的基本原理、结构、特征参数的定义以及应用。

3、光放大器

掌握半导体光放大器 (SOA)、掺铒光纤放大器 (EDFA) 和拉曼光纤放大器 (RFA) 的基本原理、基本结构、主要特性及参数、光脉冲在放大器中的传输特性、优缺点、应用。

重点掌握 EDFA、RFA 的基本方程、关键技术、基本性能的分析以及结构的设计。

4、探测器和接收器

掌握探测器的基本原理，PIN 和 APD 的结构特点及工作原理、特性分析，接收器的组成结构、判决过程的的分析及设计。

5、光电成像器件

了解各类光电成像器件的基本原理、构成和性能分析，重点讲解光电成像的物理过程；光电转换机理；电子图像的成像理论，电子成像的显示等。

思政元素

1、在光学之父王大珩、王之江的主持下，1961年9月，国内第一台红宝石激光器研制成功。它比国外激光器具有更高的激发效率，这表明我国激光技术当时已达到世界先进水平。

2、激光器的原理，道出了专业教育与思政教育同频共振的大情怀；自发辐射、受激辐射与团结协作的关系；粒子数反转量变引起质变；激光振荡的正反馈与社会正能量传播。

3、光调制是光信息的传播或光学探测的重要环节，华为的5G通信技术，显示了科学的实践和创新过程，以及中国力量、中国精神、中国文明，还展示国际技术竞争的严峻形势，激起爱国情感、敬业精神。

4、光探测、摄像、存储技术可助力音乐、影视、出版、会展、新媒体等文化产业的发展，提升文化软实力。

5、成像器件，特别是CCD摄像器件的发展与普及，不仅是唯物论、辩证法、认识论的体现，更是实践、创新的成果。中国航天事业快速发展，空间站上传回来的地球照片，是来自CCD摄像器件的数据合成。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《固体物理》、《电磁场理论》、《计算电磁学》等课程，并具备一定的物理光学和通信基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程中，适时引进相关的科技文献，加强讲解及引导。

四、本课程评价方式

考查。以作业、论文讲解和课程总结为主。

五、建议教材和教学参考书

（一）《光纤通信用光电子器件和组件》，黄章勇等译，北京邮电大学出版社，2007。

（二）《Applications of Nonlinear Fiber Optics》，Govind P. Agrawal, ACADEMIC PRESS, 2020.

（三）《光纤通信原理》，邓大鹏 等编著，人民邮电出版社，2003。

（四）《光纤理论》，叶培大，知识出版社，1985。

《光波导理论与技术》教学大纲

适用专业：物理电子学/物理学

课程性质：学位课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：315110010023

开课学期：第 1 学期

大纲执笔人：侯尚林

大纲审核人：

一、课程的地位和教学目标

在现代通信技术中，光纤通信技术已不可或缺，是现代信息高速路的基础。大量的光器件和传输介质都需要用光波导理论分析和理解。本课程是光纤通信和光纤传感技术的基础课，是非线性光纤光学、光纤通信网络和光纤通信器件等课程先导课程，也是以后从事该专业的工程技术人员的必备知识。本门课程包括平板光波导理论和光纤理论两大部分。通过本门课程的学习，使研究生具备扎实的光波导理论和技术的理论基础，能熟练运用光波导理论的相关知识阅读科技文献，并能运用相关知识进行分析和解决问题、科研及撰写科技论文。

二、课程教学内容和基本要求

（一）平板光波导理论（24 学时）

教学重点、难点：

重点：麦克斯韦方程组及波动方程在不同结构平板波导的形式，平板光波导的色散方程推导，模式定义、分类、特性分析。

难点：波动方程的推导及分离变量法求解，特征方程的数值求解及结果分析。

教学内容和基本要求

1、绪论

了解光纤通信发展史，光纤通信系统基本器件及结构，光纤通信系统现状，光纤网络发展史，新技术及研究热点。

2、基本波动及光线理论

掌握电磁场基本方程、本构方程和边界条件，波动方程和赫姆霍茨方程及矢量和标量解。理解平面波基础和射线基本方程。

3、平板介质光波导理论

掌握射线法和波动法分析介质平板波导，了解非均匀介质波导和波导衰减。

4、带状光波导理论

了解一般带状波导分析，了解矩形带状波导理论和弯曲分析。

(二) 光纤理论 (24 学时)

教学重点、难点：

重点：光纤的结构、材料及一般特性，单模光纤的色散分析，矢量和标量分析推导特征和光纤模式理论，耦合模理论。

难点：阶跃光纤的场分量推导和特征方程分析，模式分析及色散。

教学内容和基本要求

1、光纤特性

理解光纤衰减、色散和非线性，了解衰减和色散的分类，掌握光纤参数的理论计算。

2、阶跃光纤

理解光纤折射率分布的概念及不同光纤种类的区别，掌握标量和矢量法的推导和解法，模式分布的特点和模式分类。

3、渐变光纤

了解折射率分布函数及 WKB 分析方法。

4、单模光纤

掌握单模条件及模式截止分析，单模光纤的有限折射率及单模区间与光纤结构的关系。

5、光纤色散理论

掌握模式色散理论对光纤传输的影响，色散的定义和计算，了解高阶色散。

6、光纤模式耦合理论

了解理想正规模式的耦合，耦合系数的计算和在光纤光栅中的应用。

7、光纤衰减

了解光纤宏观和微观弯曲的理论和在工程实际中的应用。

四、本课程教学建议

(一) 学生应先修《电磁场理论》、《计算电磁学》等课程，并具备一定的物理基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程中，适时引进相关的科技文献，加强讲解及引导。

五、本课程评价方式

考试。

六、建议教材和教学参考书

（一）叶培大，吴彝尊.《光波导技术基本理论》，邮电出版社，1981年初版，1984重版.

（二）叶培大.《光纤理论》，知识出版社，1985.

（三）Unger Hans-Georg: “Planar optical waveguides and fibres”, New York: Clarendon Press, 1977.

（四）Marcuse Dietrich: “Theory of dielectric optical waveguides”, Boston: Academic Press, 1991, 2nd Ed.

（五）Katsunari Okamoto: “Fundamentals of Optical waveguide”, Academic Press, 2000.

Rajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarajan: “Optical Networks”, Academic Press, 1998.

《光电子学》教学大纲

《Optoelectronics》

适用专业：应用物理学

课程性质：选修

学 时 数：48

学 分 数：3

课 程 号：M103075

开课学期：春季

大纲执笔人：李瑞山

大纲审核人：马军

一、课程的地位和教学目标

光电子学为应用物理学专业研究生的专业选修课程，其预修课程有普通物理、电磁场与电磁波、光学、半导体物理等。本课程目的在于使学生了解光电子学的概念，熟悉光电子学的基础知识、实际应用以及研究前沿。课程系统介绍了光电子学的基本概念、基本原理和基础理论，并阐明各种效应间的内在联系，以便学生掌握光电子学基本概念、基本原理与基础理论，并对光电子技术的全貌有清晰的了解，为进一步学习激光原理、微波与导波光学、光纤技术、光纤通信等课程奠定必要的基础，为今后从事光通信、光信息处理、光传感等方面的研究开发工作提供必要的基础知识，培养出适应本世纪科技发展方向、掌握较为系统、深入的光电子基础理论和实践能力的高级人才。通过本课程的学习力求使学生达到：

- 1、掌握光的波动性的基本概念和基本原理；
- 2、掌握介质波导与光纤的色散等基本特性与设计方法；
- 3、掌握半导体物理的基本原理与发光二极管设计方法；
- 4、掌握受激辐射器件以及光电探测器件的工作原理；
- 5、掌握光的偏振和调制器件原理和设计方法；
- 6、提高学生发现问题、分析问题以及解决问题的实践能力。

二、课程教学内容和基本要求

（一）绪论 （2 学时）

教学重点、难点：

通过本章学习，使学生掌握光电子学的历史沿革、发展动态，重点掌握光电子学各研究内容及其发展动态，对光电子学应用领域、本课程的总体结构等有一个概括的了解。

教学内容和基本要求

- 1、了解光电子学的发展史。
- 2、了解光电子学的研究内容及其发展动态。

- 3、明确光电子学的应用领域。
- 4、掌握光电子课程的总体结构。

思政：

介绍我国光电子领域的发展现状与不足。量子通信是量子力学与通信工程结合衍生的前沿学科，可以有效解决当前棘手的信息安全问题。量子卫星采用中国古代科学家墨子命名，展现了对中国传统文化的敬意与自信。2018年，墨子号通信卫星的成功发射获得了美国克利夫兰奖，是首次中国在本土独立完成的科学研究成果获得的这一荣誉，同时也列入年度十大物理科学成就之一。作为中国自主研发的量子通信卫星，受到了国际社会的认可，这对于要进入科学研究的学生来说，是一种极大的鼓舞。这个故事不仅能够激发学生浓厚的科研兴趣，而且能树立民族自豪感，进而激励学生为科技强国贡献自己的力量。

（二）光学基础知识 （6学时）

教学重点、难点：

要求学生对学习本课程应具备的光学基础知识融会贯通。重点掌握体现光的粒子性与波动性的各种物理现象及麦克斯韦方程组，掌握波动方程，包括电介质的基本属性，了解光波的表示与传播特性。

教学重点：

- 1、光学基础知识；
- 2、光波的表示与传播特性；

教学难点：

- 1、波动方程。

教学内容和基本要求

- 1、了解光学基础知识；
- 2、掌握麦克斯韦方程组；
- 3、了解电介质基础知识；
- 4、掌握波动方程；
- 5、了解光波的表示和传播特性。

思政：

中国古代科学家墨子通过小孔成像实验，验证了光沿直线传播理论。当屏幕小孔距离光近和离屏幕远，则所形成的倒影较大；反之，则倒影较小。光经过障碍物中的小孔时，光除了沿直线方向继续传播外，还会向其他方向发生衍射，从而形成明暗相间的

干涉条纹。理论与现象的矛盾印证了唯物辩证法中的对立与统一，所以事物总具有两面性。从光的本质，波粒二象性也诠释了矛盾的统一与斗争性的辩证关系。辩证唯物主义认为客观事物的认知是持续向前的，认识真理是一个从相对走向绝对的逐步深化的过程。在具体授课讲光的本质时，以光学知识为牵引，与辩证唯物主义思想相结合，培养学生对光的本质有深刻的理解和哲学上的辩证认识。

（三）半导体科学和 LED （4 学时）

教学重点、难点：

要求学生对掌握本课程应具备的半导体基础知识。重点掌握半导体统计特性与能带特征，掌握 PN 结，LED 的基本理论和特征。

重点：半导体基础知识。

难点：PN 结、LED 原理。

教学内容和基本要求

- 1、了解半导体基础知识；
- 2、掌握 PN 结原理和特征；
- 3、了解 LED 原理和结构；
- 4、了解不同类的 LED 材料和应用。

思政：

介绍我国半导体物理学界两位重要的奠基人黄昆和谢希德的事迹。黄昆是中国固体物理学和半导体物理学奠基人之一。1941年毕业于燕京大学，1948年获英国布里斯托尔大学博士学位，1980年当选为瑞典皇家科学院外籍院士。1985年当选为第三世界科学院院士。40年代首次提出固体中杂质缺陷导致 X 光漫散射的理论（被誉为黄散射）。证明了无辐射跃迁绝热近似和静态耦合理论的等价性，澄清了这方面的一些根本性问题。50年代首先提出多声子的辐射和无辐射跃迁的量子理论即“黄-佩卡尔理论”；首先提出晶体中声子与电磁波的耦合振动模式及有关的基本方程（被誉为黄方程）。建立超晶格光学振动的理论，被国际物理学界称为“黄-朱模型”。获 2001 年度国家最高科学技术奖。1955 年当选为中国科学院院士（学部委员）。谢希德被称为中国半导体之母，是我国半导体物理学科和表面物理学科的开创者。1946年毕业于厦门大学数理系，1947年赴美国史密斯学院留学；1949年获得硕士学位后她转入麻省理工学院专攻理论物理；1951年获得博士学位；1952年绕道英国回到中国并被分配到上海复旦大学物理系任教授；1956年被国务院调到北京大学联合筹建半导体专业组；1958年与黄昆合著的中国第一本半导体物理专著——《半导体物理学》。

（四）激光原理与技术 （8 学时）

教学重点、难点：

本章要求重点掌握激光器工作的基本原理，包括光与物质的相互作用理论，激光产生的基本物理机理、光学谐振腔与激光器模式；掌握激光的性质、各种类型的激光器及其典型特点与参数；了解激光二极管的结构和发光原理等。

教学重点：

- 1、光与物质作用基本原理；
- 2、激光产生的条件；

教学难点：

- 1、激光器的结构与原理。

教学内容和基本要求

- 1、掌握光与物质的相互作用理论；
- 2、掌握激光产生的条件；
- 3、了解激光器的基本结构及输出；
- 4、了解激光器的种类；
- 5、了解激光技术。

思政：

在讲解激光器的发明历史时，着重讲述我国老一辈光学科学家在上世纪 60 年代国家经济条件极其困难的情况下，紧跟国际前沿，在美国学者梅曼发明世界第一台激光器之后的 1 年就发明了我国第一台激光器。在随后几年，我国光学科学家相继发明了不同类型的的第一台激光器。在以王大珩为代表的老一辈光学科学家的带领下，激光研究成为我国为数不多从发展肇始就与世界同步的研究领域之一。通过老一辈光学家的故事，鼓励同学名一定要好好学习、不畏困难，将来为国家建设做贡献。当下，我国高科技行业正面临一定的困难，需要年轻一代的同学们发扬老一辈科学家的精神，迎难而上，为我国科技产业摆脱困境出力。

（五）光波导技术基础 （6 学时）

教学重点、难点：

要求掌握平板波导与光纤中光传播的基本概念与基本理论。重点掌握导波形成原理、平板波导与阶跃光纤中的场分布推导及其特性分析；掌握导引波、消逝波与导波的基本概念，光纤色散与脉冲展宽的基本理论，平面波导和光纤中导波的线光学分析；了解光纤通信的有关基础知识。

教学重点：

- 1、平板波导与光纤中光传播的基本概念与基本理论；
- 2、光纤中光导波的性质。

教学难点：

- 1、导波形成原理、平板波导与阶跃光纤中的场分布推导及其特性分析；
- 2、光纤中导波的线光学分析。

教学内容和基本要求

- 1、掌握平板波导与光纤中光传播的基本概念与基本理论。
- 2、掌握平板波导中光导模的几何光学分析。
- 3、掌握光纤中光导波的线光学分析。
- 4、了解光纤色散与脉冲展宽的基本理论。

思政：

光纤是利用全反射原理来实现光的传播，当今互联网的快速发展离不开光纤的广泛应用。当时提出光纤作为传输介质的理论到最后应用于通信领域，历经了近 20 年的验证和改进。特别是，光在玻璃中出现了严重的衰减，光纤根本无法实现远距离通信。在受到质疑时，高锟锲而不舍的努力终于得出去除玻璃中杂质而减少衰减的结论。“光纤之父”高锟因研究了一种玻璃光纤传输介质理论，并明确了光纤研制可用于通信领域，从而加速了人类社会步入信息化时代的脚步。

（六）光的偏振及调制技术 （6 学时）

教学重点、难点：

要求掌握晶体的基本结构特点和光学性质，光的偏振特性，几种典型光调制的物理基础、调制机理、调制器结构与工作原理；重点掌握电光与声光调制有关内容；了解非线性光学及二次谐波；了解各种调制器的发展现状与动态。

教学重点：

- 1、几种典型光调制的物理基础、调制机理；

教学难点：

- 1、电光调制与声光调制原理。

教学内容和基本要求

- 1、掌握晶体的基本光学性质和光的偏振特性；
- 2、掌握几种典型光调制的物理基础、调制机理、调制器结构与工作原理；
- 3、掌握电光与声光调制有关内容；

- 4、了解非线性光学及二次谐波；
- 5、了解各种调制器的发展现状与动态。

思政：

介绍声光器件在军事国防领域的应用。随着微电子技术的发展，要求信号处理系统具有实时并行处理的能力。数字信号处理技术虽然发展迅速，但在实现并行处理方面也受到一定的局限性。而唯有光学系统具有高度的并行处理能力和特有的宽带性能。因此本质上就具有并行处理能力的光学和具有高效率换能器的结合——声光器件就显示出了巨大的优势，声光器件能够在高密度的信号环境中实现多通道瞬时并行快速处理，并越来越多地应用的军事领域，如敌方信号的无源拦截与分析，雷达信号处理，扩频通信和数据传输等领域。

（七）光电探测技术 （6 学时）

教学重点、难点：

要求掌握光电探测与光电显示的基本概念与基础知识；重点掌握几种常见光电探测器结构与工作原理，主动与被动光显示器件结构及工作原理；了解探测与显示器件、光伏器件、太阳能电池的原理和发展趋势。

教学重点：

- 1、光电探测方式；
- 2、光电探测的物理效应；

教学难点：

- 1、光电探测器性能参数。

教学内容和基本要求

- 1、掌握光电探测与光电显示的基本概念与基础知识；
- 2、掌握几种常见光电探测器结构与工作原理；
- 3、掌握主动与被动光显示器件结构及工作原理；
- 4、了解探测与显示器件的发展趋势；
- 5、了解光伏器件、太阳能电池的原理和发展趋势。

思政：

一场来势汹汹的新型冠状病毒肺炎疫情席卷全国，党中央的部署有效控制了国内疫情。国内相关高科技公司，利用自身的专业技术，将红外测温系统应用于疫情防控之中，为人民筑起坚固的防疫屏障。红外测温系统是对物体的红外辐射进行光电信息处理，最后以数字、信号、图像等方式显示出来，从而获取物体温度信息的技术。红外测温系统

是典型的光电子技术的产物，是疫情防控中的重要装备。红外测温系统作为光电子学相关技术，与社会实际相结合，一方面能加深学生对专业知识的理解，另一方面可增强学生对所学知识及充分拓展学生的视野，增强社会责任感。

（八）光电显示技术 （4 学时）

教学重点、难点：

本章要求掌握光电显示技术的基本原理，包括各种类型光电显示器件的结构、工作条件、发展方向等。

教学重点：

- 1、等离子体显示；
- 2、场致发光显示；

教学难点：

- 1、光电显示技术原理。

教学内容和基本要求

- 1、掌握光电显示技术原理；
- 2、了解阴极射线显示；
- 3、了解液晶显示；
- 4、掌握等离子体显示；
- 5、掌握场致发光显示。

思政：

介绍光电显示技术的应用场景和前景。光电显示技术在日常生活中的应用非常广泛，如电视、电脑显示器、手机、平板等电子产品的屏幕都采用了光电显示技术。此外，在广告牌、交通工具、公共场所的显示屏等也大量应用了光电显示技术。这些应用不仅使我们的生活更加便捷，也极大地丰富了我们的视觉体验。随着科技的不断进步，光电显示技术也在不断发展。例如，柔性显示技术的出现，使得显示屏可以弯曲甚至折叠，为未来的可穿戴设备和便携式电子产品带来了无限可能；透明显示技术的发展，则使得显示屏可以变得更加轻薄透明，为未来的显示技术带来了新的方向。

三、专题研讨环节的教学内容及基本要求、课时分配和场地

教学内容及基本要求

（一）激光器原理与技术

要求学生两人一组，以幻灯片形式做 10-15 分钟报告，要求认识激光器原理，掌握发展前沿，表述清晰，占用 1 学时，在教室进行。

（二）光波导技术基础

要求学生两人一组，以幻灯片形式做 10-15 分钟报告，要求掌握光纤或平面波导发展前沿，表述清晰，占用 1 学时，在教室进行。

（三）光调制技术

要求学生两人一组，以幻灯片形式做 10-15 分钟报告，要求掌握光调制技术理论或了解发展前沿，表述清晰，占用 1 学时，在教室进行。

（四）光电探测技术

要求学生两人一组，以幻灯片形式做 10-15 分钟报告，要求掌握光电探测理论或技术发展前沿，表述清晰，占用 1 学时，在教室进行。

（五）光伏器件技术

要求学生两人一组，以幻灯片形式做 10-15 分钟报告，要求掌握光伏器件、太阳能电池理论或技术发展前沿，表述清晰，占用 1 学时，在教室进行。

（六）光电显示技术

要求学生两人一组，以幻灯片形式做 10-15 分钟报告，要求掌握光电显示技术发展前沿，表述清晰，占用 1 学时，在教室进行。

四、本课程教学建议

（一）在学习过程中,将本课程与当前研究课题相联系,进行理论与实验方面的拓展;

（二）将基础理论与光电子学发展的前沿联系起来,进行一定量的扩展阅读和资料调研。

五、本课程评价方式

本课程总评成绩包括：理论考核成绩，专题研讨和课题方案设计，出勤情况（达到学籍管理规定的旷课量取消考试资格）。综合成绩根据平时成绩和理论考核成绩评定，平时成绩占 30%，期末成绩占 70%。

六、建议教材和教学参考书

（一）彭江德主著，《光电子技术基础》清华大学出版社，1988；

（二）侯宏录主编，《光电子材料与器件》国防工业出版社，2004；

（三）阎吉祥主编，《光电子学导论》，华中科技大学出版社，2004；

（四）朱京平主编，《光电子学基础》，科学出版社，2004。

《光纤通信理论与技术》教学大纲

适用专业：物理电子学、物理学

课程性质：专业课

学 时 数：48 学时

学 分 数：2 学分

课 程 号：315110020023/315110030021

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：王道斌

大纲审核人：张莉

一、课程的地位和教学目标

光纤通信是以激光作为信号载体，以光纤作为传输媒介的新型通信方式，与电缆通信、微波通信等相比，光纤通信具有传输带宽大、传输衰减小、信号串扰弱和抗电磁干扰能力强等优点。目前，全球通信网已构成了一个以光纤通信为主，微波和卫星通信为辅的格局，因此，光纤通信已经成为当代通信技术的最重要手段，是构成现代通信网的基石。通过本课程的学习，学生将掌握光纤通信的基本原理和光纤数字通信系统的组成结构，了解光纤通信的未来与发展，为从事光电子学、物理电子学、光学等方面的工作或学术研究打下基础。当前高校课程改革的重要内容和热点之一是课程思政，本课程知识点结合唯物主义自然观，培养学生实事求是、开拓进取的科学态度和科学精神；通过介绍目前我国在该领域的发展水平，使学生了解我国科研人员做出的巨大贡献和自身承担的重要历史使命，树立他们的中国特色社会主义道路“四个自信”和“四个意识”。

本课程的教学目的和任务是：

- 1、使学生理解光纤通信的基本原理，学习各种光纤传输技术及其在系统和网络场景中的重要应用。
- 2、使学生在思维和动手能力方面受到训练，培养学生分析问题、解决问题的能力 and 自学能力，使学生具备一定的分析和设计现代光纤通信系统的能力。
- 3、为学生学习专业知识和参与物理电子学方面的学术研究打下必要的学科基础。
- 4、培养学生实事求是、严谨认真的学术态度和精神。

二、课程教学内容和基本要求

（一）绪论 （2 学时）

教学重点、难点：

重点：光纤通信系统的基本组成结构、现代光纤通信系统的特点

难点：光纤通信技术的带宽优势、光载波携带信息的多个维度和方法

教学内容和基本要求

- 1、光纤通信的发展简史；

- 2、光纤通信系统的基本组成结构；
- 3、光纤通信的特点；
- 4、光纤通信系统在通信网、电力系统、交通运输、军事医学中的应用；
- 5、光纤通信的未来发展方向

课程思政

- 1、我国光纤通信技术的整体水平和国际声誉介绍。

（二）光纤和光缆部分 （8 学时）

教学重点、难点：

重点：光纤导波模式的电磁场理论、光纤传输过程中的主要物理损伤、光信号传输过程的数值模拟方法。

难点：光纤导波模式的特征方程、各种物理损伤的电域数字均衡

教学内容和基本要求

1、光纤的结构和分类

了解光纤的基本结构，理解阶跃折射率光纤，渐变折射率光纤和 ITU-T 标准，理解单模光纤和多模光纤的优缺点。

2、光纤的导波模式场理论

了解几何光学分析法，理解电磁场分析法和弱导光纤理论，掌握导波模式特征方程的推导方法，掌握导波模式的分类方法，理解标准单模光纤、单模传输条件及模场分布。

3、光纤信道的主要物理损伤效应

理解光纤损耗、色散、偏振模色散、自相位调制、交叉相位调制、四波混频等损伤效应的产生机制及基本抑制方法，了解拉曼散射、布里渊散射。

4、光纤中光信号传输过程的数值模拟方法及其进展。

5、光纤的拉制、通信光缆的常见种类和型号。

课程思政

1、高锟先生生平事迹介绍，高锟爵士，大紫荆勋贤，KBE（英语：Sir Charles Kuen Kao, 1933 年 11 月 4 日—2018 年 9 月 23 日），电机工程学家。于上海市出生及长大（至初中），1949 年在逃港潮举家定居英属香港，1966 年在英国标准电信实验室做出划时代的光纤实验，获诺贝尔物理学奖表扬“在光传输于纤维的光学通信领域突破性成就”（2009 年）。1970 年返回英属香港，任香港中文大学校长（1987-1996 年）。

（三）光发射机部分 （6 学时）

教学重点、难点：

重点：半导体激光器的工作原理，光源部分的主要物理损伤，光信号的直接调制和外调制，发光二极管和半导体激光器的区别。

难点：电光时延、弛豫振荡和信号啁啾等寄生效应的发生机理及抑制，光纤与激光器的耦合理论。

教学内容和基本要求

1、半导体的电致发光过程

理解 pn 结的正偏和反偏过程，掌握电致发光的基本原理。

2、半导体发光二极管

理解异质结的优点，理解边发光二极管和面发光二极管的工作原理，掌握量子效率的定义，了解 P-I 特性和 LED 的调制特性。

3、半导体激光器

理解光学谐振腔、掌握阈值条件，了解横模控制和纵模控制，了解什么是增益引导和折射率引导，了解分布反馈式(DFB)激光器、分布布拉格反射(DBR)激光器和垂直腔表面发射激光器(VCSEL)、掌握内调制和外调制的基本原理，了解电光时延、弛豫振荡、信号啁啾、失真。

4、光发射机和外调制器

理解数字光发射机和模拟光发射机的基本组成及区别，掌握相位调制器、强度调制器、马赫-曾德尔调制器、I-Q 调制器的工作原理及其传递函数，了解常见光调制格式的生成方法。

5、光源和光纤的耦合

课程思政

1、国内光纤激光器龙头企业发展历史介绍，锐科激光是国内光纤激光器龙头企业，具有从材料、器件到整机的垂直集成能力。公司在“千人计划”专家领衔下，凭借深厚技术积累率先开发出了国内首台 100W、1kW、4kW、6kW 及 10kW 连续光纤激光器，也是除 IPG 外全球第二家掌握 1 万瓦激光器技术的企业，打破国外的技术垄断，技术实力雄厚。

（四）光接收机部分 （8 学时）

教学重点、难点：

重点：光电探测器的工作原理，探测器部分的主要物理损伤，光接收机的误码率性能，光接收机的量子极限。

难点：光电探测器各种噪声的产生机理，光电探测器的响应时间和带宽估算。

教学内容和基本要求

1、光生载流子的生成和收集；

2、pin 光电检测器；

理解 pin 光电检测器的结构和组成原理，掌握量子效率和响应度定义及估算方法。

3、雪崩倍增光电二极管；

理解雪崩倍增光电二极管的结构和组成原理，掌握什么是倍增因子。

4、光探测器的噪声特性

了解光生电流信号的产生过程，理解量子噪声、暗电流噪声、雪崩倍增噪声和热噪声的产生机理，掌握信噪比及其估算方法，了解光探测器响应时间和带宽。

5、数字光接收机

了解数字光接收机的组成结构，理解常用调制格式的误码率估算方法，理解量子极限、接收机灵敏度、动态范围等参数的物理涵义。

课程思政

1、北京邮电大学信息光子学与光通信国家重点实验室发展历史和学术成就介绍。

（五）光放大器 （4 学时）

教学重点、难点：

重点：光放大器的类型与特点；光放大器的增益系数、增益饱和、噪声系数；掺铒光纤放大器的工作原理和性能指标；Raman 光纤放大器的工作原理。

难点：掺铒光纤放大器的增益饱和，Raman 光纤放大器的工作原理。

教学内容和基本要求

1、光放大器概述

理解光放大器在波分复用系统中的重要作用，光放大器的基本工作原理，光放大器的常见类型和应用场景。

2、半导体光放大器结构及其增益

半导体光放大器的典型结构和工作原理，增益系数和增益曲线。

3、掺铒光纤放大器结构及其增益

掺铒光纤放大器 (EDFA)的工作原理，功率转换效率和增益，增益饱和。

4、放大器噪声和系统应用

噪声系数的计算方法，Raman 光纤放大器的工作原理，典型应用场景。

课程思政

1、EDFA 的 30 年研发过程介绍及其对光纤通信技术的深远影响。

（六）波分复用和相关器件 （4 学时）

教学重点、难点：

重点：波分复用技术，时分复用技术，相干探测技术的基本原理。

难点：相干探测技术的基本原理。

教学内容和基本要求

1、波分复用技术原理

理解波分复用技术的特点及研究热点，理解密集波分复用技术，理解稀疏波分复用技术，了解不同波分复用技术的适用场景。

2、WDM 系统常用无源器件

掌握光耦合器的工作原理，掌握 MZI 复用器/解复用器的工作原理，掌握光放大器的基本特性。

3、时分复用技术

4、相干光通信

掌握相干光通信的基本原理，理解相干探测的优势，掌握相干光通信的体系结构，理解相干光通信的损伤抑制等关键技术。

课程思政

1、厉鼎毅先生生平事迹介绍，厉鼎毅（1931 年 7 月 7 日—2012 年 12 月 27 日），男，祖籍江苏仪征，生于江苏南京，美籍华人物理学家，拥有中华民国与美国双国籍、美国国家工程院院士、台湾中央研究院院士和中国工程院外籍院士，被誉为“光纤通信波分复用之父”。毕业于南非金山大学和西北大学。

（七）数字和模拟光纤通信系统 （8 学时）

教学重点、难点：

重点：单载波光通信系统，正交频分复用光纤通信系统，模拟光纤通信系统。

难点：高阶调制格式的实现方法，正交频分复用的原理及其进展。

教学内容和基本要求

1、数字光纤通信系统

理解数字光纤通信系统的组成结构，了解功率预算、带宽预算和噪声代价的估算方法，理解 NRZ-OOK、RZ-OOK、CSRZ、DQPSK、QPSK、QAM 等调制格式。

2、模拟光纤通信系统

理解模拟光纤通信系统的基本组成结构，理解什么是 ROF 技术，了解载噪比、相对强度噪声和副载波复用。

3、基于正交频分复用的多载波光纤通信系统

掌握正交频分复用的原理及其进展，了解正交频分复用技术的优势和缺点，掌握正交频分复用光纤通信系统的组成结构，了解主要物理损伤的抑制办法。

课程思政

1、华为和中兴通讯公司在大容量光纤通信邻域的主要成就介绍

（八）光纤通信网络简介 （4 学时）

教学重点、难点：

重点：基本网络结构，广播选择网络，波长路由光网络。

教学内容和基本要求

掌握光网络常见的网络结构，掌握波长路由光网络，了解非线性效应等物理损伤对光网络的影响。

课程思政

1、中国学者在智能光网络领域取得的学术成就介绍。

（九）学术讨论 （4 学时）

三、本课程教学建议

（一）本课程对电磁场理论、光学有要求，宜在电磁场理论开课一学期之后的研究生第一学年第二学期开始授课。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程的后半段，适时引进光纤通信领域的科技文献，加强讲解及引导。

四、本课程评价方式

1、考核方式： 开卷笔试。

2、成绩构成： 考试 70% ； 平时成绩 20% ； 考勤 10%。

五、教学参考书

（一）顾婉仪主编《光纤通信系统》第三版，北京邮电大学出版社。

（二）Govind P. Agrawal 《Fiber-Optic Communication Systems》Wiley

（三）Milorad Cvijetic and Ivan B. Djordjevic 主编《Advanced Optical Communication Systems and Networks》

（四）李玉泉主编《光通信原理与技术》人民邮电出版社。

《光纤通信网络》教学大纲

适用专业：物理电子学

课程性质：选修课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：315110030022

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：侯尚林

大纲审核人：

一、课程的地位和教学目标

在现代信息社会中，高速光纤通信网络是所有通信系统的最佳技术选择，也是骨干通信网基础。本课程回顾了光纤通信网络的发展和演进过程，介绍了网络的拓扑结构，列举了网络用户，如 SDH、ATM、IP 和光纤信道；讲解了光纤通信网络的传输媒质——光纤光缆、发射和接收、光无源/有源器件；阐述了波分复用光网络和近来受到人们重视的光正交频分复用（O-OFDM）网络，介绍了光交换、光传输网络管理和生存的有关技术，包括通用多协议标记交换（GMPLS）和自动交换光网络（ASON）；阐述了光纤接入网，包括 PON、HFC、光正交频分复用（O-OFDM）接入网和射频信号光纤传输（RoF）宽带接入网；给出了光纤通信网络设计的总体考虑、系统设计和功率/带宽预算，阐述了海底光缆通信网络的发展历程、中继/无中继技术和系统进展、工程设计等问题。通过本门课程的学习，使研究生具备扎实的光纤通信网络的基础知识，能熟练运用相关知识阅读科技文献，并能运用相关知识进行分析和解决问题、科研及撰写科技论文。

二、课程教学内容和基本要求

（一）光纤通信网络概述 （6 学时）

教学重点、难点：

重点：光纤通信网络发展及分类，网络性能参数。

难点：网络性能参数。

教学内容和基本要求

1、光纤通信技术发展过程

了解三种基本的光纤通信系统，三代通信网络介绍，全光网络—第三代网络介绍，通信网络的分层结构高速通信网技术及研究热点。

2、网络性能参数

理解网络可扩展性，可达性，比特率，实时性，误码率，有效利用率，保密性。

3、光纤通信网络分类

了解广域网（WAN）、城域网（MAN）、局域网（LAN）的基本概念。

4、光传输网技术的演进

了解对光传输网的要求和技术路线图，光传输网标准化进展，光传输网络技术和功耗的关系，光通道层技术的演进，波段节点技术的最新进展。

(二) 光纤通信网络拓扑结构和器件 (12 学时)

教学重点、难点：

重点：网络拓扑结构和器件。

难点：器件的性能及原理。

教学内容和基本要求

1、光纤通信网络拓扑结构

了解总线拓扑结构，环形拓扑结构，星形拓扑结构，多光纤系统，树形拓扑结构，多跳光网络拓扑结构和复合网络。

2、光纤通信网络用户

理解 SDH，ATM，IP 和光纤信道

3、光纤通信网络传输介质和器件

理解光纤和光缆，方向耦合器，光源和光发射机。掌握光探测器和光接收机，光无源器件，光放大器，波长转换器。

(三) 光纤通信网络技术 (12 学时)

教学重点、难点：

重点：波分复用技术和光交换技术。

难点：光正交频分复用技术和光交换。

教学内容和基本要求

1、波分复用光纤通信网络

了解波分复用网络概念和进展，理解 WDM 网络单元，DWDM 系统工程设计。

2、光正交频分复用

了解 OFDM 和 (O-OFDM) 网络，O-OFDM 技术发展状况，O-OFDM 技术综述和 OFDM 光纤通信系统。

3、光交换

了解光交换概述，掌握光交换器件和光交换技术。

(四) 光纤通信网络管理和设计 (18 学时)

教学重点、难点：

重点：光纤通信网络管理。光接入网和光网络设计。

难点：光纤通信网络管理性能和故障管理，生存性及设计。

教学内容和基本要求

1、光纤通信网络管理

了解网络管理概述，光学层管理，理解性能和故障管理，配置管理和自动交换光网络（ASON）。

2、光纤通信网络的生存性

了解网络生存性基本概念，理解 SDH 网络的保护，IP 网络的生存性，光学层保护，ASON 网络的生存性。

3、光纤接入网

了解接入网在网络建设中的作用及发展趋势，网络结构，无源光网络（PON）基础，理解 PON 接入系统，光正交频分复用（OFDM）接入网，光纤/电缆混合（HFC）网和射频信号光纤传输（RoF）宽带接入网。

4、光纤通信网络设计

理解网络设计的总体考虑，掌握传输层设计，功率预算，带宽设计和单信道光纤通信系统设计。

5、海底光缆通信网络

了解海底光缆网络概述，海底光缆系统技术，海底光缆系统光放大中继技术，海底光缆系统无中继技术，海底光缆系统和海底光缆通信系统工程设计。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《光波导理论及应用》，《通信原理》等课程，并具备一定的通信和光器件的基本知识。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程中，适时引进相关的科技文献，加强讲解及引导。

四、本课程评价方式

考查，以提交作业、读书报告和讲文献为主。

五、建议教材和教学参考书

（一）原荣.《光纤通信网络》电子工业出版社，2012.

（二）原荣.《宽带光接入技术》.

《计算电磁学》教学大纲

适用专业：物理电子学/物理学

课程性质：学位课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：315110010022

开课学期：第 1 学期

大纲执笔人：刘延君

大纲审核人：

一、课程的地位和教学目标

计算电磁学是通讯、电子、电磁场及应用物理类硕士研究生的学科基础课。本课程是数学理论与实际问题之间的一个桥梁，它也是高等数学的进一步延伸，自然科学和技术领域中的许多基本数学问题要在此课程中解决。学生在学习本课程后，应掌握和运用这些数学工具来处理各学科中的数学问题，并且能够用适当的思想和方法对构建的定解问题进行求解和计算机仿真，从而为后继课程的学习及今后科研工作打下坚实基础。

二、课程教学内容和基本要求

（一）场论初步 （6 学时）

教学重点、难点：

重点：梯度、散度与旋度的定义及正交曲线坐标系下的 Laplace 算符及 Green 第一、第二公式

难点：梯度、散度与旋度在正交曲线坐标系中的表示

教学内容和基本要求

1、梯度、散度与旋度在正交曲线坐标系中的表达式

了解三度在直角坐标系中的表示及 Hamilton 算子，掌握三度在正交曲线坐标系中的表示。

2、正交曲线坐标系下的 Laplace 算符及 Green 第一、第二公式

了解 Laplace 算符的定义，掌握正交曲线坐标系下的 Laplace 算符及 Green 第一、第二公式。

3、算子方程

了解无旋场与位势，无源场与矢势，掌握唯一性定理，Poisson 方程及 Poisson 方程组。

(二) 数学物理定解问题 (6 学时)

教学重点、难点:

重点: 基本方程的建立, 定解条件

难点: 边界条件

教学内容和基本要求

1、基本方程的建立

了解建立基本方程的物理思想, 掌握几类基本物理现象所满足的普遍规律, 并导出这些规律所遵循的数学物理方程。

2、定解条件, 定解问题的提法

理解定解问题的提法, 了解定解条件, 掌握初始条件和边界条件。

3、二阶线性偏微分方程的分类

了解二阶线性偏微分方程的分类, 掌握二阶线性偏微分方程的简化。

(三) 分离变量法 (6 学时)

教学重点、难点:

重点: 用分离变量法将偏微分方程变为常微分方程求解定解问题

难点: 非齐次方程的解法及边界条件的处理。

教学内容和基本要求

1、有界弦的自由振动问题, 有限长杆上的热传导

了解分离变量法的思想, 掌握有界弦的自由振动和有限长杆上的热传导定解问题的求解方法。

2、二维 Laplace 方程的定解问题, 高维 Fourier 级数及在高维定解问题中的应用

了解高维 Fourier 级数及在高维定解问题中的应用, 掌握二维 Laplace 方程的定解问题。

3、非齐次方程的解法, 非齐次边界条件的处理

掌握非齐次方程的解法: 固有函数法、冲量法、特解法, 掌握非齐次边界条件的处理方法。

(四) 二阶常微分方程的级数解法 本征值问题 (8 学时)

教学重点、难点:

重点：二阶常微分方程的级数解法

难点：Legendre 方程的级数解，Bessel 方程的级数解

教学内容和基本要求

1、二阶常微分方程系数与解的关系，二阶常微分方程的级数解法

了解二阶常微分方程系数与解的关系，掌握二阶常微分方程的级数解法：常点邻域内的级数解法；正则奇点附近的级数解法。

2、Legendre 方程的级数解，Bessel 方程的级数解，Sturm-Liouville 本征值问题

了解 Legendre 方程、Bessel 方程及 Sturm-Liouville 本征值问题，掌握 Legendre 方程的级数解，Bessel 方程的级数解。

（五）特殊函数 （10 学时）

教学重点、难点：

重点：Legendre 多项式，Bessel 函数

难点：Legendre 方程的级数解，Bessel 方程的级数解

教学内容和基本要求

1、正交曲线坐标系中的分离变量法，Legendre 多项式，一般球函数，Bessel 函数

了解 Laplace 方程和 Helmholtz 方程，掌握 Legendre 多项式和 Bessel 函数。

2、柱面波与球面波，可化为 Bessel 方程的方程，其它特殊方程简介

了解柱面波与球面波，掌握可化为 Legendre 方程的方程。

（六）行波法与积分变换法 （6 学时）

教学重点、难点：

重点：行波法，积分变换法

难点：D'Alembert 公式，Poisson 公式，Fourier 积分变换法解定解问题，Laplace 变换法解定解问题

教学内容和基本要求

1、一维波动方程的 D'Alembert 公式，三维波动方程的 Poisson 公式，Fourier 积分变换法解定解问题，Laplace 变换法解定解问题

了解行波法和积分变换法，掌握 一维波动方程的 D'Alembert 公式，三维波动方程的 Poisson 公式，Fourier 积分变换法解定解问题，Laplace 变换法解定解问题。

（七）Green 函数法 （6 学时）

教学重点、难点：

重点：Green 函数法

难点：Poisson 方程的边值问题，Green 函数的求法

教学内容和基本要求

1、Poisson 方程的边值问题，Green 函数的一般求法，用电像法求某些特殊区域的狄氏 Green 函数

了解 Poisson 方程的边值问题，掌握 Green 公式及 Green 函数的一般求法。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《高等数学》、《普通物理》、《普通物理》等课程，并具备一定的物理基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，在确保理论体系完整和概念正确的前提下，加强实际背景的阐述和分析，注重物理思想和数学方法、手段之间的有机联系和依存关系，以充分体现数学物理方法作为数学联系其它自然科学和技术领域最重要桥梁之一的作用。

四、本课程评价方式

考试。

五、建议教材和教学参考书

（一）郭玉翠.《数学物理方法》（第 3 版）.清华大学出版社, 2017.

（二）梁昆淼.《数学物理方法》. 高等教育出版社, 1998.

（三）吴宗试.《数学物理方法》.北京大学出版社, 2003.

《计算凝聚态物理》教学大纲

适用专业：物理学/物理电子学

课程性质：必修课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：315110030017

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：陈玉红

大纲审核人：张材荣

一、课程的地位和教学目标

随着科学技术的发展，科学研究的体系越来越复杂，传统的解析推导方法已不敷应用，甚至无能为力。计算机科学的发展和计算机运算能力的不断提高，为复杂体系的研究提供了新的手段。以凝聚态这样一个典型的复杂体系为研究对象的新学科——计算凝聚态物理科学也应运而生，并迅速得到发展。计算凝聚态科学的发展无论是在理论上还是在实验上都使原有的材料研究手段得以极大的改观。它不仅使理论研究从解析推导的束缚中解脱出来，而且使实验研究方法得到根本的改革，使其建立在更加客观的基础上，更有利于从实验现象中揭示客观规律，证实客观规律。因此，计算凝聚态科学是材料研究领域理论与实验研究的桥梁，不仅为理论研究提供了新途径，而且使实验研究进入了一个新的阶段。研究体系的复杂性表现在多个方面，从低自由度体系转变到多维自由度体系，从标量体系扩展到矢量、张量系统，从线性系统到非线性系统的研究都使解析方法失去了原有的威力。因此，借助于计算机进行计算与模拟恰恰成为唯一可能的途径。复杂性是科学发展的必然结果，计算凝聚态科学的产生和发展也是必然趋势，它对一些重要科学问题的圆满解决，充分说明了计算凝聚态科学的重要作用和现实意义。计算凝聚态物理主要包括两个方面的内容：一方面是计算模拟，即从实验数据出发，通过建立数学模型及数值计算，模拟实际过程；另一方面是材料的计算机设计，即直接通过理论模型和计算，预测或设计材料结构与性能。前者使材料研究不是停留在实验结果和定性的讨论上，而是使特定材料体系的实验结果上升为一般的、定量的理论，后者则使材料的研究与开发更具方向性、前瞻性，有助于原始性创新，可以大大提高研究效率。因此，计算凝聚态物理是连接凝聚态物理理论与实验的桥梁。

二、课程教学内容和基本要求

（一）量子力学基础 （4 学时）

教学重点、难点：

重点：算符、力学量的表示、力学量的取值、角动量算符、电子在库仑场中的运动、自旋与全同粒子、Born-Oppenheimer 近似、微扰理论和变分原理、Hohenberg-Kohn 定理和 Kohn-Sham 方程。

难点：Born-Oppenheimer 近似、微扰理论和变分原理、Hohenberg-Kohn 定理和 Kohn-Sham 方程。

教学内容和基本要求

1、波函数与薛定谔方程

了解波粒二象性、波函数及其统计诠释、态叠加原理，理解薛定谔方程——量子力学的基本方程，掌握定态薛定谔方程。

2、算符与力学量

理解算符、力学量的表示、力学量的取值。

3、电子在库仑场中的运动

理解角动量算符、电子在库仑场中的运动，掌握氢原子。

4、理解自旋与全同粒子。

5、微扰理论与变分原理

理解原子单位制、Born-Oppenheimer 近似，掌握微扰理论和变分原理。

6、密度泛函理论

掌握 Hohenberg-Kohn 定理和 Kohn-Sham 方程。

【思政元素】量子力学中的不确定性原理、波粒二象性等概念，可以引导学生思考事物的多面性和复杂性，从而更好地理解马克思主义的辩证唯物主义世界观。

(二) 量子化学计算 (14 学时)

教学重点、难点：

重点：闭壳层组态的 Hartree-Fock 方程、开壳层组态的 Hartree-Fock 方法、闭壳层组态的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、开壳层电子组态的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、基组的选择、电子相关和分子自洽场计算过程、单点能计算、几何优化和频率计算。

难点：闭壳层组态的 Hartree-Fock 方程、开壳层组态的 Hartree-Fock 方法、闭壳层组态的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、开壳层电子组态的 Hartree-Fock-Roothaan 方程。

教学内容和基本要求

1、多电子原子的自洽场计算

理解原子中电子态的描述、掌握闭壳层组态的 Hartree-Fock 方程、开壳层组态的 Hartree-Fock 方法。

2、分子轨道理论

掌握闭壳层组态的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、开壳层电子组态的 Hartree-Fock-Roothaan 方程。

3、分子轨道从头计算法

掌握基组的选择、电子相关和分子自洽场计算过程。

4、量子化学计算的应用

掌握单点能计算、几何优化和频率计算。

【思政元素】在学习量子化学计算的过程中，学生会接触到各种复杂问题的解决方法，这有助于培养学生的分析问题和解决问题的能力。同时，量子化学计算的严谨性也能够锻炼学生的逻辑思维能力和科研素养。

（三）能带计算 （10 学时）

教学重点、难点：

重点： Bloch 定理和能带的对称性、能态密度和费米能级、平面波方法、紧束缚近似方法、正交化平面波方法和赝势方法、能带计算的过程、晶体的总能量、几何优化、能带结构、能态密度、布居分析、弹性常数、热力学性质、光学性质。

难点：能态密度和费米能级、晶体的总能量、几何优化、能带结构、能态密度、布居分析。

教学内容和基本要求

1、Bloch 定理与能带结构

理解 Bloch 定理和能带的对称性，掌握能态密度和费米能级。

2、能带计算方法

掌握平面波方法、紧束缚近似方法、正交化平面波方法和赝势方法。

3、能带计算的过程与晶体物理性质的计算

掌握能带计算的过程、晶体的总能量、几何优化、能带结构、能态密度、布居分析，理解弹性常数、热力学性质、光学性质。

【思政元素】能带计算不仅是理论物理的研究内容，它还与电子器件的设计、新材料的开发等实际应用紧密相关，这有助于学生理解科学技术与社会发展的紧密联系。

（四）分子动力学及其应用 （12 学时）

教学重点、难点：

重点：分子动力学的适用范围、分子动力学初始体系的设置、时间步长和势函数、力的计算方法、算法的选取、以及 Verlet 算法、 Leap-frog 算法、速度 Verlet 算法、预测校正算法、边界条件、物质的势函数、系综原理、分子动力学静态性能分析、分子动力学动态性能分析、第一性原理分子动力学。

难点：分子动力学初始体系的设置、时间步长和势函数、力的计算方法、算法的选取、以及 Verlet 算法、 Leap-frog 算法、速度 Verlet 算法、预测校正算法。

教学内容和基本要求

1、分子动力学基础

了解分子动力学发展历史、分子动力学的基本思想，理解经典力学定律、分子动力学的适用范围，掌握分子动力学初始体系的设置、时间步长和势函数、力的计算方法、算法的选取、以及 Verlet 算法、 Leap-frog 算法、速度 Verlet 算法、预测校正算法、边界条件与初、物质的势函数、系综原理。

2、分子动力学应用。

理解分子动力学静态性能分析、分子动力学动态性能分析、聚合物与金属氧化物表面的相互作用、气体在聚合物中的扩散系数，了解 Cu 的纳米线、纳米薄膜、单晶块材的拉伸力学性能的模拟，以及第一性原理分子动力学。

【思政元素】分子动力学中的复杂问题求解和多体系统的模拟可以激发学生的科学思维和创新意识，鼓励他们在面对挑战时勇于探索新方法。

（五）Materials Studio 软件学习及其在材料学中的应用 （8 学时）

教学重点、难点：

重点：搭建分子、晶体、界面、表面及高分子材料结构模型的方法，DMol3 计算材料的几何结构、能带结构、态密度等性质方法，CASTEP 计算晶体材料的性质（半导体、陶瓷、金属、分子筛等）、表面和表面重构的性质、表面化学、电子结构（能带及态密度、声子谱）、晶体的光学性质等方法。

难点：CASTEP 计算晶体材料的性质、表面和表面重构的性质、表面化学、电子结构（能带及态密度、声子谱）、晶体的光学性质等方法。

教学内容和基本要求

1、Materials Studio 建模

掌握搭建分子、晶体、界面、表面及高分子材料结构模型的方法，掌握操作、观察及分析计算前后的结构模型、材料性能的方法。

2、DMol3 模块

了解模拟气相、溶液、表面及固体等过程及性质的方法，掌握计算材料的几何结构、能带结构、态密度等性质方法，了解自旋极化设置、用于计算磁性体系。

3、CASTEP

掌握计算晶体材料的性质（半导体、陶瓷、金属、分子筛等）、表面和表面重构的性质、表面化学、电子结构（能带及态密度、声子谱）、晶体的光学性质等方法，了解点缺陷性质（如空位、间隙或取代掺杂）、扩展缺陷（晶粒间界、位错）、成分无序等计算方法。

【思政元素】在分析 Materials Studio 软件计算结果的过程中，学生需要发展批判性思维，不断质疑、探索和验证，这对于培养独立思考的能力至关重要。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修量子力学，计算物理等课程，并具备一定的物理基础知识。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程中引进计算案例，加强讲解及引导。

四、本课程评价方式

考查，以完成教材作业、提交小论文为主。

五、建议教材和教学参考书

教材

计算材料学基础 张跃著，北京航空航天大学出版社，2007

教学参考书

计算材料学，江建军等著，高等教育出版社，2010

《计算物理》教学大纲

适用专业：物理学/物理电子学

课程性质：学位课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：陈玉红

大纲审核人：张材荣

一、课程的地位和教学目标

计算物理学是随着计算机技术的飞跃进步而不断发展的一门学科，在借助各种数值计算方法的基础上，结合了实验物理和理论物理学的成果，开拓了人类认识自然界的新方法。同时，计算物理学也是综合大学物理各专业的一门基础课，学习计算物理学的目的：（1）是使学生系统地掌握物理模型和数学模型的建立方法和数值计算方法的选取原则；（2）是使学生获得分析和处理一些物理问题的基本方法和解决问题的能力，提高逻辑推理和抽象思维的能力，为独立解决科学研究中的实际问题打下必要的数学物理基础。在教学过程中，使用启发式教学，尽量多介绍与该课程相关的前沿科技动态，充分调动和发挥学生的主动性和创新性；提倡学生自学，培养学生的自学能力。

二、课程教学内容和基本要求

（一）蒙特卡洛方法 （16 学时）

教学重点、难点、思政：

重点：任意分布的伪随机变量抽样，蒙特卡洛计算中减少方差的技巧，实用蒙特卡洛计算复合技术，在量子力学中的蒙特卡洛方法。

难点：蒙特卡洛计算中减少方差的技巧，在量子力学中的蒙特卡洛方法。

思政：蒙特卡罗方法在核模拟领域有重要的应用。新中国成立以后，在经济落后、工业和科研基础薄弱，资金、设备极端困难的条件下，一批又一批科技工作者白手起家、不畏艰难、持续接力，攻克了一个个技术难题，创造了令世界瞩目的“两弹一星”伟业，挺起了中华民族的钢铁脊梁。“两弹一星”是不朽的丰碑，以热爱祖国、无私奉献，自力更生、艰苦奋斗，大力协同、勇于攀登为精神内核的“两弹一星”精神更是成为中华民族的宝贵精神财富，鼓舞和激励着代代中华儿女。

教学内容和基本要求

1、计算物理学简介

了解计算物理学的发展、计算物理学在物理学研究中的应用。

2、蒙特卡洛方法

了解蒙特卡洛方法的基础知识，理解随机数与伪随机数、任意分布的伪随机变量抽样、随机游走，掌握蒙特卡洛计算中减少方差的技巧、实用蒙特卡洛计算复合技术。

3、蒙特卡洛方法的若干应用

理解蒙特卡洛方法在积分计算中的应用，掌握在量子力学中的蒙特卡洛方法。

（二）有限差分方法 （8 学时）

教学重点、难点、思政：

重点：有限差分法解偏微分方程中二维情况边界条件的离散化的处理，有限差分方程组的迭代解法。

难点：差分计算公式的推导，建立微分方程对应的差分方程组。

思政：强调学习和科学研究过程中的独立元素、平等元素。独立元素是指通过课程教学培养学生的独立思考和自主创新的能力，使学生具备主动学习、自主学习的能力，从而适应和促进社会的快速变化。平等元素是指通过课程教学塑造学生的平等意识和平等观念，促进学生的平等交往、平等竞争和平等发展，实现中国特色社会主义事业的共同繁荣。

教学内容和基本要求

1、有限差分法和偏微分方程

理解二维边界条件的离散化的处理、计算格式的建立、掌握差分计算公式的推导。

2、有限差分方程组的迭代解法

掌握高斯—赛德尔迭代方法、超松弛迭代法。理解狄里克莱边界问题的泊松方程的求解，建立微分方程对应的差分方程组。

3、了解求解泊松方程的直接法。

（三）有限元素方法 （8 学时）

教学重点、难点、思政：

重点：有限元素法的基本思想，二维场的有限元素法，二维场场域划分的约定、计算格式的建立和边界条件处理，有限元方程的求解，有限元素法的一般步骤。

难点：二维场的有限元素法，二维场场域划分的约定、计算格式的建立和边界条件处理，有限元方程的求解。

思政：介绍有限元研究的中国力量。在有限元素法课程中，介绍中国在有限元研究方面所取得的成就，可以激发学生对于国家发展和科技创新的热情。同时也可以通过介

绍中国在国际上所取得的成就来引导学生对于国家形象和国家荣誉感的认同。

教学内容和基本要求

1、了解有限元素法的基本思想。

2、二维场的有限元素法。

掌握二维场的有限元素法，主要是二维场场域划分的约定、计算格式的建立和边界条件处理，有限元方程的求解，有限元素法的一般步骤

3、理解有限元素法与有限差分法的区别与联系。

(四) 分子动力学方法 (6 学时)

教学重点、难点、思政：

重点：分子动力学基础知识、粒子体系的运动方程—Lagrangian 方程、模拟模型的设定、最小像力约定、宏观物理量的计算、微正则系综的分子动力学模拟、分子动力学模拟步骤。

难点：模拟模型的设定、最小像力约定、宏观物理量的计算、微正则系综的分子动力学模拟、分子动力学模拟步骤。

思政：注重学生职业素养的培养。职业素养是指职业内在的规范和要求，是从业者在职业过程中表现出来的综合品质，包含职业道德、职业技能、职业行为、职业作风和职业意识等。良好的职业素养是每一位大学生在未来职场上取得成功的必备条件。教师要结合物理专业的人才培养特点以及学生未来所从事工作的职业要求，从职业素养养成的角度，有针对性地挖掘课程所蕴含的育人元素，增强课程育人的针对性和实效性，提升学生职业发展能力。

教学内容和基本要求

1、了解分子动力学基础知识。

2、分子动力学模拟的基本步骤。

掌握粒子体系的运动方程—Lagrangian 方程、模拟模型的设定、最小像力约定和宏观物理量的计算。

3、平衡态分子动力学模拟。

掌握微正则系综的分子动力学模拟、分子动力学模拟步骤。

(五) 数值计算方法 (10 学时)

教学重点、难点、思政：

重点：直接三角分解法、迭代法的收敛条件。

难点：特殊矩阵的三角分解法、超定线性方程组的最小二乘解、几种基本的迭代法、迭代法的收敛条件。

思政：当前中国工业仿真等软件领域被卡脖子的严峻现状讲解，特别是相关人才极其短缺。同学们要对自己有充足的信心，只要好好学习专业知识，勤思考并加强动手能力培养，将来在工业仿真领域将大有可为，可为中国工业软件的发展和应用，更好支撑中国成为先进制造业强国，做出自己应用的贡献。

教学内容和基本要求

1、解线性方程组的直接方法

消去法、直接三角分解法、特殊矩阵的三角分解法、超定线性方程组的最小二乘解。

2、解线性方程组的迭代法

迭代法概述、几种基本的迭代法、迭代法的收敛条件。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修量子力学，原子物理学，FORTRAN 语言（或 C 语言）、数值计算等课程，并具备一定的物理基础知识。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程的后半段，适时引进计算案例，加强讲解及引导。

四、本课程评价方式

闭卷考试

五、建议教材和教学参考书

教材

1、计算物理学，马文淦等编，中科大出版社，2012。

2、数值计算方法，丁丽娟，北京理工大学出版社。

教学参考书

1、计算物理学，张开明，顾昌鑫编著，复旦大学出版社。

2、计算物理，井孝功编著，吉林大学出版社。

3、计算物理，宫野编著，大连理工大学出版社。

《粒子物理基础》课程教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：选修课

学时数：32 学时

学分数：2 学分

课程号：

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：王晓云

大纲审核人：张莉 张晓锋

一、课程教学目标

《粒子物理基础》是一门针对研究生的专业基础课程。主要研究原子核及更深层次的微观世界中物质的结构性性质以及产生这些现象的原因和规律的一门基础学科，是当代物理学发展的前沿学科方向。通过课程学习，使学生对物质的微观结构和基本相互作用有深入理解，并掌握粒子物理学的基本知识，基本概念和基本研究方法。此外，通过在课程中引入最新的研究进展，使学生对高能粒子物理实验及最新的研究前沿有一个基本了解和掌握，具备分析和计算粒子物理相关问题的初步能力，为今后从事高能粒子物理学研究奠定基础。基于粒子物理课程的特点，结合课程思政，培养学生严谨认真的科学态度和创新求是的科学精神，深刻领会人类对微观物质结构探索的规律和方法，引导学生勇于思考、乐于探索发现，培养其良好的科学素养，树立正确的世界观。

二、教学内容和基本要求

教学内容	教学要求	学时	课程思政
粒子物理学概述 1.1 粒子物理学研究内容 1.2 基本粒子物理发展历史 1.3 场、粒子与相互作用 1.4 粒子分类 1.5 标准模型 1.6 希格斯机制	【重点】 粒子基本性质和分类 【难点】 场、粒子与相互作用 1、了解粒子物理的研究内容和发展历史； 2、理解并掌握标量场、矢量场、旋量场的概念和特征； 3、理解场、粒子与相互作用 4、掌握粒子基本性质、粒子分类和标准模型 5、了解希格斯机制	4	使学生深刻领会人类对微观物质结构探索的规律和方法，引导学生勇于思考、乐于探索发现，培养其良好的科学素养。
基本粒子动力学 2.1 四种力 2.2 量子电动力学简介 2.3 量子色动力学简介 2.4 对称性和守恒定律 2.4 轻子及弱作用 2.5 统一方案	【重点】 对称性和守恒定律 【难点】 量子电动力学和狄拉克方程 1、理解并掌握四种相互作用及对应理论； 2、了解量子场论（量子电动力学和量子色动力学）研究内容及特点； 3、理解并掌握狄拉克方程及对应的旋量场相关物理； 4、理解并掌握守恒量一般性质、诺特定理、宇称变换、CP 破坏、规范对称性等概念； 5、理解并掌握轻子的基本性质、轻子数守恒、反常磁矩、中微子震荡； 6、了解统一方案概念	6	使学生认识和理解科学家对微观粒子的描述手段、方法，帮助学生建立正确的研究态度和方法。

高速粒子运动学 3.1 洛伦兹变换 3.2 四矢量 3.3 能量和动量 3.4 实验室坐标系和质心系 3.5 典型运动学问题专题	【重点】 实验室坐标系和质心系的转换 【难点】 洛伦兹变换和四动量 1、理解并掌握洛伦兹变换基本原理； 2、理解并掌握四矢量、能量和动量、快度、相空间、反应截面、Dalitz 图等概念和相关计算； 3、理解并掌握实验室坐标系和质心系的概念和转换计算； 4、理解并掌握典型运动问题（衰变过程、2 体和 3 体散射过程等）中的能动量关系定义和相关计算	6	通过具体反应过程中物理问题的计算，让学生认识到计算的复杂性和规范性，帮助学生树立严谨求实的科学精神。
核子结构性质 4.1 核子问题研究概述 4.2 核子质量来源与迹反常贡献 4.3 核子的电磁和引力形状因子 4.4 核子的质量、能量分布 4.5 核子内部力学性质 4.6 强子-强子散射长度	【重点】 核子性质 【难点】 核子引力形状因子 1、理解并掌握核子内部结构性质的相关研究内容； 2、了解核子质量分解方案与迹反常贡献； 3、了解核子电磁形状因子及电磁半径的定义和研究现状； 4、了解核子引力形状因子及质量半径、能量半径、内部力学性质的概念和研究现状； 5、理解并掌握强子-强子散射长度概念及研究现状	4	通过核子结构性质研究的相关事例分析，并引入钱学森的《论系统工程》，帮助学生认识到客观世界的相互联系，培养良好的世界观，科学观和系统观。
强子谱与强子结构 5.1 强子分类 5.2 强子与强子间相互作用 5.3 强子结构和夸克模型 5.4 轻强子谱和重味夸克物理 5.5 强子谱学研究前沿及现状	【重点】 强子谱、强子结构、强子间相互作用 【难点】 夸克模型及 OZI 规则 1、了解强子分类及相关理论模型； 2、理解并掌握强子与强子间相互作用（包括核力与汤川势、单玻色子交换势、奇异数和重子数守恒、盖尔曼西岛关系等） 3、理解并掌握强子结构和夸克模型（包括夸克模型、介子和重子性质、多夸克态和分子态模型、OZI 规则、色自由度、渐进自由和色紧闭、部分子分布函数）； 4、了解轻强子谱和重味夸克物理研究内容； 5、了解强子谱学研究现状	6	通过举例分享中国高能物理学家在强子谱与强子结构方面的研究事例，帮助学生树立百折不挠、永攀科学高峰的科研追求。
高能物理实验简介及展望 6.1 国际加速器物理实验 6.2 非加速器物理实验 6.3 中国的加速器粒子物理实验 6.4 BESIII 国际合作组部分成果简介 6.5 中国高能物理实验未来展望	【重点】 中国的高能物理实验 【难点】 粒子物理实验数据分析 1、了解国际加速器物理实验的现状和未来计划； 2、了解非加速器物理实验（宇宙射线、阿尔法磁谱仪、暗物质探测装置）的现状和未来计划； 3、理解并掌握中国高能物理实验的发展和现状； 4、了解 BESIII 合作组研究现状； 5、了解中国高能物理实验未来计划和展望；	6	通过讲授中国高能物理和“两弹一星”的发展历程，使学生对中国高能物理实验的发展及国际地位有系统认识，树立民族自信心，更好投身于中国高能物理发展事业。
合 计		32	

三、本课程教学建议

(一) 学生应先修《高等量子力学》、《群论》、《量子统计物理》等课程，并具备一定数值计算能力。

(二) 为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面引入具体研究事例，帮助学生理解并掌握粒子物理的研究方法和路径；另一方面在授课过程中布置相关计算分析题目，让学生能够学以致用，通过完成研究课题达到掌握知识的目的。

四、本课程评价方式

考查，以平时作业、结课论文为主。

五、建议教材和教学参考书

(一) 参考教材：《粒子物理导论》，杜东生、杨茂志，第2版，2017年6月，北京：科学出版社

(二) 教学参考书：

1. 《高能物理学导论》，D.H. Perskins，第4版，2023年11月，北京：世界图书出版公司

2. 《现代粒子物理学导论》，法耶兹丁，第三版，2014年12月，北京：北京大学出版社

《量子化学》教学大纲

(Quantum Chemistry)

一、课程性质说明

适用专业：物理类

课程性质：非学位课

学时：48 学时

学分数：3 分

课程编号：315110030015

开课学院：理学院

撰写：张材荣

审核：张莉

先修课程：量子力学等物理专业本科课程
(含高等数学、线性代数、概率与数理统计等)

二、课程目标和任务

量子化学是以量子力学的原理和方法为基础，在微观层次研究物质的各种物理、化学和材料学问题的科学。量子化学与物理学的其他二级学科交叉渗透，是物理学理论的重要组成部分。本课程适用于物理学一级学科下理论物理、原子与分子物理、凝聚态物理和光学等二级学科相关研究方向的研究生学习，也适用于化学、材料科学与工程等其他学科相关研究方向的研究生学习。本课程从多核多电子体系的哈密顿出发，讨论如何求解多核多电子体系波函数，进而研究原子和分子的电子结构、分子对称性和群论基础、多原子分子电子结构、量子化学计算方法等。本课程注重对物理思想、基本概念、计算方法的理解。通过本课程的学习，有利于培养学生的理论思维能力、分析问题和解决问题的能力，从分子、电子层次理解物质的成分、结构和性质三者的关联。

三、主要教学内容

第 1 章 基本定理

Born-Oppenheimer 近似，Hellmann-Feynman 定理，维里定理等

第 2 章 量子力学基本假设和两种近似方法

量子力学基本假设：波函数和概率、力学量与线性 Hermite 算符、力学量的本征值和本征函数、状态随时间变化的 Schrödinger 方程、全同性原理与 Pauli 原理、变分原理与变分法、线性变分函数和线性变分法、氢原子基态的变分处理、变分法与微扰法之间的关系、微扰的概念、非简并能级的微扰理论、简并能级的微扰理论、氢原子基态的微扰处理

第 3 章 多电子原子的电子结构

电子自旋, Pauli 原理、Hund 规则、核外电子排布、Slater 行列式、氢原子和锂原子的微扰和变分处理、多电子原子的 Hartree-Fock 自洽场处理、电子相关、组态与谱项、自旋与轨道的相互作用

第 4 章 群论基础和应用

群论的基础知识、分子对称性和对称点群、群的表示理论、群论的应用

第 5 章 双原子分子的结构

双原子分子中的核运动、氢分子离子的量子力学精确解和近似解、 H_2^+ 的激发态的分子轨道、双原子分子的分子轨道法、双原子分子的价键法、静电定理

第 6 章 多原子分子的结构

多原子分子的电子结构、多原子分子的自洽场分子轨道法处理、多原子分子的价键论处理

第 7 章 量子化学计算

量子化学从头计算法: 从头计算中的自洽场方程、基组、能量梯度和平衡几何构型的优化

半经验分子轨道法: 半经验分子轨道方法近似的理论基础、当代半经验分子轨道方法的基础和进展

密度泛函理论: Hohenberg-Kohn 定理、Kohn-Sham 方法、DFT 计算方法中处理交换-关联的近似方案、DFT 的计算和运行、TDDFT 的简介、

电子相关的计算方法: 电子相关和相关能的计算、组态相互作用方法、多组态自洽场方法、微扰法、耦合簇方法

溶剂化效应: PCM 方法、基于半经验 Hamiltonian 的 SMx 方法

相对论量子化学: Dirac 方程、多离子体系的微扰处理、直接求解 Dirac 方程、相对论密度泛函理论

大型量子化学计算程序的使用: 关于量子化学计算程序、Gaussian、NWChem

四、教学基本要求

第 1 章 基本定理

【重点】Born-Oppenheimer 近似, 维里定理

【掌握】Hellmann-Feynman 定理, 维里定理

【难点】Hellmann-Feynman 定理, 维里定理

第 2 章 量子力学基本假设和两种近似方法

【重点】变分法、微扰论

【掌握】Pauli 原理、变分原理与变分法、变分法与微扰法之间的关系、微扰的概念、非简并能级的微扰理论、简并能级的微扰理论

【难点】变分法、微扰论

第 3 章 多电子原子的电子结构

【重点】Slater 行列式、多电子原子的 Hartree-Fock 自洽场处理、电子相关、

【掌握】氢原子和锂原子的微扰和变分处理、组态与谱项、自旋与轨道的相互作用

【难点】Slater 行列式、多电子原子的 Hartree-Fock 自洽场处理、电子相关、自旋与轨道的相互作用

第 4 章 群论基础和应用

【重点】对称元素、对称操作、对称点群、分子所属点群的判别方法

【掌握】分子所属点群的判别方法

【难点】群论与分子轨道理论、群论与分子振动

第 5 章 双原子分子的结构

【重点】氢分子离子的量子力学精确解、 H_2^+ 的激发态的分子轨道、双原子分子的分子轨道法、

【掌握】双原子分子中的核运动、氢分子离子的量子力学精确解、双原子分子的分子轨道法

【难点】氢分子离子的量子力学精确解

第 6 章 多原子分子的结构

【重点】多原子分子的分子轨道法、LCAO-MO 近似、闭壳层的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、开壳层的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、分子轨道的性质（Koopmans 定理、激发能、Brillouin 定理、定域、离域）、多 Slater 行列式波函数的分子轨道理论、Hartree 方程、Hartree-Fock 方程、Hartree-Fock-Roothaan 方程

【掌握】多原子分子的分子轨道法、LCAO-MO 近似、闭壳层的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、开壳层的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、多 Slater 行列式波函数的分子轨道理论、Hartree 方程、Hartree-Fock 方程、Hartree-Fock-Roothaan 方程

【难点】多原子分子的分子轨道法、闭壳层的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、开壳层的 Hartree-Fock-Roothaan 方程、多 Slater 行列式波函数的分子轨道理论、Hartree 方程、Hartree-Fock 方程、Hartree-Fock-Roothaan 方程

第 7 章 量子化学计算

【重点】从头计算中的自洽场方程、基组、能量梯度和平衡几何构型的优化、DFT

计算方法中处理交换-关联的近似方案、DFT 的计算和运行、TDDFT、电子相关和相关能的计算、组态相互作用方法、多组态自洽场方法、PCM 方法、Dirac 方程、相对论密度泛函理论、Gaussian

【掌握】从头计算中的自洽场方程、基组、能量梯度和平衡几何构型的优化、DFT 计算方法中处理交换-关联的近似方案、DFT 的计算和运行、TDDFT、PCM 方法、Gaussian

【难点】从头计算中的自洽场方程、DFT 计算方法中处理交换-关联的近似方案、DFT 的计算和运行、TDDFT、电子相关和相关能的计算、组态相互作用方法、多组态自洽场方法、PCM 方法、相对论密度泛函理论

五、参考学时分配

序号	课程主要内容	学 时
1	第一章 基本定理	4
2	第二章 量子力学基本假设和两种近似方法	6
3	第三章 多电子原子的电子结构	4
4	第四章 群论基础和应用	4
5	第五章 双原子分子的结构	6
6	第六章 多原子分子的结构	8
7	第七章 量子化学计算	16
总 计		48

六、教材及参考书

- 1、刘成卜，量子化学，科学出版社，2020 年第一版；
- 2、徐光宪，黎乐民：量子化学-基本原理和从头计算法；
- 3、Ira N. Levine, Quantum chemistry, 第七版；
- 4、宁世光，余敬曾，刘尚长译，Ira N 赖文著：量子化学；
- 5、Attila Szabo, Neil S.Ostlund, Modern quantum chemistry: introduction to advanced electronic structure theory;

七、考核方式

考查

《量子统计物理》教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：学位课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：315110010020

开课学期：第 1 学期

大纲执笔人：张莉

大纲审核人：张材荣

一、课程的地位和教学目标

量子统计物理是建立在高等数学、数理方法、量子力学等基础上的后续课程，是物理学专业的核心课程。本课程要求学生在掌握经典统计的基础上进一步学习量子统计的方法，掌握系综理论和玻尔兹曼分布、玻色—爱因斯坦分布及费米—狄拉克分布，结合量子统计了解相变理论、涨落理论及其在材料研究中的应用。

通过本课程的学习，要求学生能够：

(1) 通过本课程的学习，要求学生能够对统计物理学的内容和方法、概念和物理图像、统计物理学发展的历史、现状和前沿、及其对科学发展和社会进步的作用等方面在整体上有一个比较全面的了解，对统计物理学所研究的各种运动形式，以及它们之间的联系，有比较全面和系统的认识，并具有初步应用的能力。

(2) 注重物理学思想、科学思维方法、科学观点的传授。通过介绍科学研究的方法论和认识论，启迪学生的创造性思维和创新意思，培养学生的科学素质。

(3) 通过学习科学的思维方法和研究方法，使学生具备综合运用物理学知识和数学知识解决实际问题的能力，提高发现问题、分析问题、解决问题的能力和开拓创新的素质。为学生进一步学习专业知识奠定良好的基础，也为学生将来走向社会从事科学技术工作和科学研究工作打下基础。

(4) 通过该课程的学习，使学生树立科学的唯物主义的 worldview、方法论和认识论，具备独立分析和处理相关问题的能力，具有较强的自学和吸收新知识的能力。

二、课程教学内容和基本要求

(一) 热力学相关知识复习 (10 学时)

教学重点、难点：

重点：热力学函数及相关关系，热力学第一定律和第二定律

难点：热力学平衡判据的几种形式（熵判据、自由能判据和吉布斯函数判据），热

力学第三定律

教学内容和基本要求：

1. 热力学的基本规律

掌握热力学第一定律、第二定律的内容和数学表达式及其对应的热力学函数的意义及其应用。

2、均匀物质的热力学特性

了解热力学函数（ U 、 H 、 F 、 G 等）的定义式、全微分表达式、偏导数公式及对应的麦氏关系；掌握对均匀物质系统热力学特性的求解。

3、单元系的相变

理解并掌握热力学平衡判据，用最基本的熵判据形式得出热力学平衡条件。

4、多元系的复相平衡和化学平衡

掌握多元单相系的平衡条件和多元复相系的平衡条件，了解热力学第三定律。

思政元素：

通过讲解原理引出与原理有关的科学家开尔文和克劳修斯，介绍其事迹，教育学生“不忘初心，牢记使命”，勤奋刻苦不怕失败、乐观坚韧的科学精神，引导学生树立正确的人生观、价值观。讲授热力学第二定律时引出宇宙学推论“热寂说”，唤醒学生自律意识，引导学生热爱地球、保护环境、减少熵增，使地球向着更有序的方向进化。通过热力学三个定律的学习，告诉学生实践是检验真理的唯一标准、矛盾的普遍性和特殊性是对立统一的、具体问题具体分析等等，树立学生的辩证唯物主义哲学观。

（二）近独立粒子的最概然分布（10 学时）

教学重点、难点：

重点： μ 空间、系统微观运动状态、等几率原理、分布和微观运动状态的关系、玻尔兹曼分布的微观状态数和分布函数

难点：等几率原理、最概然分布、玻尔兹曼分布、玻色、费米分布

教学内容和基本要求：

1、力学规律性和统计规律性

了解统计规律的特点，掌握概率分布的统计平均值。

2、微观状态描述和 μ 空间

了解统计理论涉及的三个问题，掌握 μ 空间的性质。

3、玻尔兹曼最概然分布

了解玻尔兹曼最概然分布的意义，掌握相格、配容、配容数、最概然分布、配分函数的概念及其计算。

4、热力学函数和马休定理

了解积分因子，掌握运用配分函数计算理想气体的内能、焓、广义力、熵、自由能、吉布斯函数等热力学函数的定义和微商关系及应用。了解特性函数和马休定理。

5、玻尔兹曼分布应用

了解麦克斯韦速率分布，粒子在重力场中的分布。

思政元素：

通过讲解统计统计性，引导学生体会物理学中的统计观念和方法在日常生活中的应用，培养学生提高透过现象看本质的本领，鼓励学生在前人知识基础上大胆创新，发掘新观点、新内容、新理论。讲授麦克斯韦速率分布律时引出小故事。20 世纪 30 年代中国物理学家葛正权设计改进实验，用 Bi 蒸气分子验证麦克斯韦速率分布律，尽管后来不断有人以各种方法重复验证该分布律，但葛正权的实验被视作经典载入物理史册。教育学生认真细致的观察和不断的实验验证是提出自己理论和见解的基础，而实践是检验真理的唯一标准；对前人的知识和经验，不能全盘接受，要敢于怀疑、批判和创新，发扬科学的探究精神。

（三）吉布斯系综理论（10 学时）

教学重点、难点：

重点：统计系综、刘维尔定理、微正则系综、正则系综、热力学函数统计

难点：巨正则系综、热力学函数统计

教学内容和基本要求：

1、统计系综、刘维尔定理

理解 r 空间、统计系综的物理意义，了解微观状态的描述，掌握统计系综的方法、刘维尔定理

2、微正则系综、正则系综

理解微正则系综、正则系综的概念，掌握等概率原理、正则配分函数。

3、正则系综的热力学公式和熵

理解正则配分函数的应用；掌握热力学量内能、熵的计算及玻尔兹曼关系式，理解

熵的统计物理意义。

4、能量均分定理

了解能量均分定理的证明，理解能量均分定理的概念，掌握能均分定理的应用和计算。

5、比热容的经典统计理论

掌握比热容的概念、杜隆-柏替定律

思政元素：

讲授微正则分布、正则分布、巨正则分布；玻尔兹曼统计、玻色统计、费米统计等内容时，引导学生对比分析物理概念和研究方法的区别和联系，让学生思考自然辩证法主要矛盾和次要矛盾之间的关系。同时，通过系综理论求解一些模型体系时，教育学生要理论联系实际，不能生搬硬套，要实事求是，追求科学精神。

（四）量子统计理论（14 学时）

教学重点、难点：

重点：热容量的量子统计、德拜理论、玻色分布、费米分布、玻色-爱因斯坦凝聚、光子气体、理想费米气体

难点：量子统计理论及其应用。

教学内容和基本要求：

1、吉布斯统计法的量子过渡

了解热辐射的特点，理解黑体辐射公式、微观粒子的波粒二象性、玻色子和费米子了解波函数的性质。

2、比热容的量子统计、德拜理论

了解束缚态电子运动、转动、振动对热容的贡献，掌握量子统计对热容量的计算结果及分析，德拜理论的物理意义。

3、系综理论和玻色及费米分布

掌握玻尔兹曼、玻色、费米三个分布的统一表达式，掌握巨配分函数计算量子气体的熵和状态方程。

4、理想玻色气体的性质

掌握理想玻色气体的性质及玻色-爱因斯坦凝聚。

5、光子气体的热力学性质和黑体辐射

掌握光子气体的热力学性质，从量子统计理解黑体辐射的实验规律。

6、理想费米气体的性质

理解什么是费米气体，掌握费米气体的性质。

7、热力学第三定律

掌握热力学第三定律的两种表述，从量子统计理解热力学第三定律。

思政元素：

通过讲解量子统计理论时引出我国著名物理学家杨振宁先生的事迹。1952 年杨振宁先生独立完成了关于二维 Ising 模型的自发磁化强度的论文，20 世纪 60 年代深度解析了巨配分函数的解析性质，他和 R.L.米尔斯联手提出了著名的非阿贝尔规范场理论，还和李政道联合提出弱相互作用中宇称不守恒定律；也提出杨-巴克斯特方程，开辟了量子可积系统和多体问题研究的新方向。这些研究成果推动整个科学界的前进。教育学生学习前辈科学家勤勤恳恳、顽强奋斗的精神，培养学生树立实事求是、团结协作的作风，引导学生树立正确挫折观。同时，杨振宁先生始终有一颗中国心，尽管他不断遭到西方媒体的刻意冷藏和贬低，但他坚持致力于教育培养人才心。教育学生树立高尚品德、求实作风和爱国精神。

（五）相变理论和涨落理论（4 学时）

教学重点、难点：

重点：临界指数、朗道的连续相变理论、相律和相图、标度定律、涨落、涨落耗散理论

难点：朗道的连续相变理论、重整化群、涨落耗散理论

教学内容和基本要求：

1、平衡判据及条件、吉布斯相律

了解平衡判据及条件、吉布斯相律。

2、超导相变、超流理论

了解超导相变、超流理论。

3、热力学量的涨落公式

了解热力学量的涨落公式。

思政元素：

讲解相变理论时举例“单组分系统相图”，结合冰的熔点曲线，引入 2022 年北京冬

奥会中涉及到的“冰刀与熔点”、“二氧化碳跨临界直冷制冰”等知识，让学生感受到鲜亮的科技创新底色，引领学生逐梦新征程；在讲到“水的三相点”时，讲述中国著名物理化学家黄子卿先生精确测定水的三相点与水的冰点仅 0.01°C 差异的介绍，引导学生感知科学家严谨求真、一丝不苟的科学精神；结合时代楷模——航天科技集团火箭燃料药面“整形师”徐立平“雕刻”火药 30 年不仅从未失误而且练就加工误差不超过 0.2 mm 绝技的先进事迹，让学生感受爱岗敬业、精益求精的工匠精神，培养学生的职业道德素养。教授超导相变时，介绍超导的研究历史、研究进展以及我国在超导领域取得的成就，培养学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感，激发学生学习和创新的热情，增强学生的爱国主义情怀。

四、本课程教学建议

（一）学生应先修《高等数学》、《数理方法》《量子力学等》等课程，并具备一定的物理基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程的后半段，适时引入一些应用。

五、本课程考核方式

结合思政教育，本课程采用了过程化的考核方式。课程考核依据学生的课堂表现情况、作业完成情况、专题报告和期末考试成绩等进行综合评价，课程总成绩=平时成绩 $\times 20\%$ +专题报告 $\times 40\%$ +期末考试成绩 $\times 40\%$ 。平时成绩具体包括预习占 20%，作业占 60%，考勤值日纪律及道德表现占 20%（其中擦黑板计入考核中）。此种考核方式，一方面能够促进学生课程知识的深入学习，提高其学习的主动性，另一方面可以提高学生充分利用现代工具分析和解决实际问题的能力，提升其实践能力。

六、建议教材和教学参考书

（一）《统计物理学》，苏汝铨，第 2 版，2004 年 2 月，北京：高等教育出版社

（二）《热力学与统计物理学》，汪志诚，第 3 版，2003 年 3 月，北京：高等教育出版社，或第 4、5 版均可。

《论文写作指导》教学大纲

适用专业：物理学/物理电子学

课程性质：必修课

学时数：16 学时

学分数：1 学分

课程号：315110020001

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：马军

大纲审核人：张材荣

一、课程的地位和教学目标

科研工作者及准科研工作者(硕士研究生和博士生)知晓并严格遵守学术规范和科研伦理,在科技论文和报告撰写,成果公开发表,数据和图片合法使用,遵守知识产权,预防学术不端中非常关键。期刊论文发表是保护知识产权的最有效的方式,规范地撰写科技报告和稿件,了解相关期刊处理稿件的标准流程,实现作者和编辑、审稿人的有效沟通,有助于稿件质量提升并发表在影响力范围更大的期刊上,实现科研成果快速有效传播。本课程开设发目的在于培养研究生撰写科技论文的基本技能,掌握写作技巧和编辑沟通的能力,为进一步撰写基金项目申报书打好基础。通过本课程的学习有助于研究生在撰写学位论文、科技小论文中更加规范表达和分析实验结果,更准确的解释理论结果,提高撰写科技论文和报告的能力。

二、课程教学内容和基本要求

(一) 科研伦理和学术评价 (2 学时)

教学重点与难点：数据真实性、图片引用、结论引用；

教学内容：动物实验伦理、实验安全和环境保护、数据采集规范、成果引用、期刊等级和成果评价

课程思政：培养学生严谨求实的科研精神，树立严格遵守科研伦理道德的底线思维和规矩意识。

(二) 稿件写作的基本规范和署名 (4 学时)

教学重点与难点：如何准备一篇完整有趣，有意义和科学价值的稿件、文章署名和基金项目资助的规范；

教学内容：标准期刊稿件的撰写框架及利益冲突声明、如何写好题目、摘要、引言、方法和结果讨论、结论及开放问题、参考文献使用、笔误检查。

课程思政：培养学生进行学术论文写作的敬畏之心，严格遵守学术规范。甘于坐冷

板凳，研究真问题，树立正确的科研态度和求真精神。

（三）投稿选刊与编辑互动交流（4 学时）

教学重点与难点：自评稿件和靶向选择期刊，规范署名和利益冲突声明；

教学内容：阅读本领域相关期刊 20 种以上，要求熟练写出 20 种本领域期刊的英文全名，并阅读每本期刊上最新论文 5 篇，根据期刊模板和内容相关度选择投稿的期刊排序；熟练使用投稿系统 EM, 写好投稿信 Cover letter 和作者贡献声明 Credit statements，分析 EM 系统稿件状态，如何和编辑沟通。

课程思政：通过具体事例的讲授分析，引导学生在科研实践当中学会积极与同行互动交流，促进研究课题和内容的深度和广度。

（四）稿件修改答复案例分析（4 学时）

教学重点与难点：答复审稿人和编辑的意见；

教学内容：以不同期刊的稿件投稿，修改，发表案例来剖析如何答复审稿人，以及编辑的审稿意见，申诉及催问编辑。

课程思政：通过具体案例分析，让学生逐步知道学术规范涉及学术积累、学术交流、学术自由、学术责任、学术创新等问题。

（五）科学基金申请书撰写（2 学时）

教学重点和难点：青年基金、地区基金、面上项目撰写基本要求

教学内容：撰写基金申请书的一些基本要求和误区。

三、本课程教学建议

选修本课程的研究生需同步阅读中文核心期刊《物理学报》上本领域的代表性文章和评论 review 文章。进入本校图书馆数字期刊库，阅读斯普林格和艾斯维尔旗下一些物理期刊及交叉学科期刊的样本文章。

四、本课程评价方式

考察。

五、建议教材和教学参考书

授课老师讲义

《纳米材料与纳米结构》教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：选修课

学 时 数：48 学时

学 分 数：3 学分

课 程 号：

开课学期：第 3 学期

大纲执笔人：魏智强

大纲审核人：张莉

一、课程的地位和教学目标

纳米技术是研究结构尺寸在 1-100nm 之间的物质制备或组成的方法、体系的运动规律和相互作用以及可能的实际应用中的技术问题的科学技术，是一门多学科交叉性很强的综合性前沿学科。它的基本含义是在纳米尺寸范围内认识和改造自然，通过直接操作和安排原子，分子创造新的物质。本课程的任务是要求学生学习和掌握物质世界总图象、材料科学与工程的形成和发展、团簇的制备方法和性质、纳米科技的基本概念和内涵、纳米材料的分类和基本效应、纳米物质基础知识、纳米颗粒的表面修饰处理技术、纳米材料制备方法、纳米材料的性能指标及表征测试方法、纳米材料物理化学特性、气相法制备纳米颗粒的生长机理、纳米材料的应用等主要内容。通过本门课程的学习，使研究生具备扎实的纳米材料的理论基础，能熟练运用纳米材料与纳米结构的相关知识阅读科技文献，进行纳米材料的制备、性能表征和应用研究，并能书写及撰写科技论文。

二、课程教学内容和基本要求

（一）绪论 （4 学时）

教学重点、难点：

重点：凝聚态物理研究领域与研究热点、物质世界总图象、团簇的结构与性质

难点：人类对物质世界的认识层次和尺度、材料科学与工程的四要素、团簇的制备方法

教学内容和基本要求

1、物质世界

了解凝聚态物理研究领域与研究热点，理解材料学的分类、物质世界总图象，掌握人类对物质世界的认识层次和尺度

2、认识材料

了解材料科学与工程的形成和发展、材料的地位和作用，掌握材料的分类、材料科学与工程的四要素

3、原子团簇

了解原子团簇的基本概念、研究内容和研究意义，掌握原子结构、团簇的制备方法、团簇的结构与性质

思政元素：

在课程教学过程中引入一些材料领域的新闻报道，通过比较国内外一些尖端科学技术的发展水平，分析这些技术涉及的材料学科专业知识，让学生切实感受到学习专业课程的重要性。新材料不仅是国民经济建设、社会进步和国防安全的物质基础，也是实现我国从工业大国向工业强国转变的基本保障。讲述国内外专家学者对纳米科学技术的开展起到推动作用，尤其是我国著名爱国科学家钱学森对于纳米科技推动和科技部的“973计划”大力支持。结合党史，尤其是改革开放史，让学生深刻认识到中国特色社会主义理论体系在科学技术快速开展过程中所扮演的至关重要的角色。通过该课程的学习，我们发现学生们均意识到自己的学习将来可以推动祖国科技事业的前进，都感到很振奋，充分调动起学生的学习热情和内驱力。

（二）纳米材料与纳米科技 （4学时）

教学重点、难点：

重点：纳米材料的研究领域与研究内容、纳米材料的分类、纳米材料的结构特点、纳米材料的应用

难点：纳米材料的基本效应、纳米材料的结构特点、纳米结构组装体系

教学内容和基本要求

1、纳米科技

了解纳米科技的基本概念和内涵、纳米科技的研究对象及发展历史，掌握纳米科技的研究领域、纳米科技的战略意义。

2、纳米材料

理解纳米材料和纳米材料的基本效应，掌握纳米材料的分类、纳米材料的结构特点、纳米材料的研究内容，了解纳米结构组装体系的研究进展和发展趋势、纳米材料和纳米技术的应用。

思政元素：

通过课程的讲述，掌握纳米材料的基本概念，认识纳米概念的提出过程。结合我国纳米科技的开展引领学生增强对社会主义制度的优越感；通过纳米概念的提出，倡导科学探索的素养和精神。诺贝尔物理学奖获得者费曼教授在加州理工大学的演讲，阐述了可以通过操控原子来创造物品，并提出了纳米概念的雏形。科学家费曼敏锐的洞察力和科学探索的精神值得大家学习，引导学生学会以史为鉴、总结经验，在大历史中积极探索事物内在规律、主动探究事物开展趋势，提升自己对事物开展的研判准确性，增强自己思维的创造性。

（三）纳米物质基础知识 （4学时）

教学重点、难点：

重点：纳米结构单元（团簇、纳米微粒、纳米管、纳米棒、纳米丝、纳米线、纳米介孔和纳米骨架）、纳米物质理化特性、纳米颗粒的团聚的成因及其解决办法

难点：纳米物质基本理论（量子尺度效应、小尺寸效应、表面效应、宏观量子隧道效应、库仑堵塞效应和介电限域效应）、纳米粒子表面修饰处理技术

教学内容和基本要求

1、纳米物质

了解零维、一维、二维和三维纳米物质，掌握纳米结构和纳米结构组装体系

2、纳米物质基本理论

了解电子能级不连续性，掌握纳米材料的基本效应（量子尺寸效应、小尺寸效应、表面效应、宏观量子隧道效应、库仑堵塞与量子隧穿、介电限域效应

3、纳米物质理化特性

了解纳米材料特殊的热学性质、磁学性质、光学性质、力学性质、电学性能、表面活性与敏感特性

4、纳米颗粒的表面修饰处理技术

理解纳米粒子的表面特性，了解纳米颗粒的团聚的成因及其团聚的解决办法，掌握纳米粒子表面修饰的目的与表面修饰方法。

思政元素：

阐述纳米概念逐步完善和形成过程，各国纳米材料研究的学者不断深入探究和勇于攀登纳米科技的高峰，形成一系列的纳米材料学科的分支和相应的理论基础。根据课程内容的讲述，强化学生在日常学习中要具备不断探索世界的意志品质，并结合党的奋斗历程激励高校的学生，要铸牢历史责任感和时代使命感。要求学生充分了解我国在纳米材料领域的研究现状，根据自己的理解选择相关内容做出模拟科技立项，使学生可以深入参与课程学习，开展工程式研究，在理论知识的学习和实践工程的进行中掌握分析问题、解决问题的方法和能力，使学生由原先的被动学习转变为主动接受和积极参与，在此过程中激发学习兴趣和动力，培养积极向上的学习目标和人生态度，潜移默化地影响学生的人生观和价值观，促使学生自我建立为国家民族而学习和努力的高远目标。

（四）纳米材料的制备技术 （10 学时）

教学重点、难点：

重点：制备纳米粉体的物理方法、化学方法和物理化学方法，制备纳米粉体的固相法、液相法和气相法，直接制备纳米材料的方法。

难点：制备纳米粉体的物理方法、化学方法和物理化学方法，制备纳米粉体的固相法、液相法和气相法。

教学内容和基本要求

1、固相法

了解制备纳米粉体的变形法深度塑性、非晶晶化法、离子注入法，掌握制备纳米粉体的高能机械球磨粉碎法和固相反应法。

2、液相法

了解制备纳米粉体的化学沉淀法、喷雾法、微乳液法、模板合成法、超临界流体干燥法、水解法、氧化还原法、辐射合成等方法，掌握制备纳米粉体的水热(溶剂热)反应法、溶胶-凝胶法(Sol-Gel)。

3、气相法

掌握气相反应法和气体蒸发冷凝法(电阻加热法、高频感应加热法、通电加热蒸发法、电子束加热法、激光加热法、电弧放电加热蒸发法、等离子体加热法)，了解当前纳米金属粉末制备技术中存在的问题

4、化学制备法

理解化学还原法、溶剂热合成法、苯热合成法、热液反应法、热分解法、微乳液法、高温燃烧合成法、模板合成法、电解法、化学气相沉积法(CVD)，掌握化学沉淀法、溶胶-凝胶(Sol-Gel)法和水热法。

5、化学物理合成法

了解喷雾法、化学气相沉淀法、爆炸反应法、反应性球磨法、干燥法、射线辐照还原法、微波辐照法、紫外红外光辐照分解法，掌握化学气相沉淀法和反应性球磨法。

6、物理方法

了解非晶晶化法、激光聚集原子沉积法、离子注入法、原子法、深度塑性变形法、物理粉碎法、溅射法，掌握蒸发冷凝法(物理气相沉积法 PVD)和机械球磨法。

7、直接制备纳米材料的方法

理解纳米膜、纳米线及纳米管沟等的制备，了解纳米孔材与纳米泡沫的制备。

思政元素：

通过课程学习，旨在使学生掌握纳米材料的制备方法，培养学生理论联系实际、分析问题与解决问题的能力，使学生具有严谨认真的科学态度、实事求是的工作作风以及团结协作的工匠精神，为后续的课程以及从事新材料研发的学生提供必要的专业知识和科学素养。介绍中国在纳米材料的制备方面所取得的成就，可以激发学生对于国家发展和科技创新的热情。同时也可以通过介绍中国在国际上所取得的成就来引导学生对于国家形象和国家荣誉感的认同。在课程教学过程中，通过引入材料科学领域的伟人事迹、材料前沿研究、材料重大成就、材料重大工程案例等，培养学生的爱国情怀、工匠精神、社会责任感和奉献精神；塑造学生爱岗敬业、勤劳踏实、团结进取的作风和严谨认真、实事求是的科学态度。

（五）纳米材料的表征方法 （10 学时）

教学重点、难点：

重点：纳米材料的评定指标（形貌、结构和官能团、表面元素分析、磁性和磁响应、热稳定性、电化学性能）及测试方法。

难点：纳米材料的成分分析、物相结构分析、显微结构（相貌）分析、纳米微粒的粒度研究、纳米微粒的比表面积和孔结构研究、结构和官能团表征（光谱分析）。

教学内容和基本要求

1、纳米材料的评定指标及测试方法

掌握纳米材料的评定指标与测量表征方法（AAS、EA、TG、ICP、TEM、SEM、XRD、BET、TEM、SEM、IR、Raman、UV、Mossbaur、CV、XPS、VSM、SQUID、DSC、DT-TGA 和 CV 等）。

2、纳米材料的物相结构分析

掌握 X 射线衍射的物相结构分析、激光拉曼物相分析和电子衍射微区结构分析。

3、纳米材料的形貌分析

理解电子显微镜的基础知识，掌握扫描电镜形貌分析、透射电镜形貌分析和扫描隧道电子显微分析，了解扫描探针显微镜形貌分析、原子力显微镜形貌分析和场离子显微镜形貌分析。

4、纳米材料的化学组分

掌握纳米材料的化学组分的体相成分分析方法（原子发射光谱分析法（AES）、原子吸收光谱法（AAS）、电感耦合等离子体发射光谱法（ICP）、X 射线荧光光谱分析法（XFS）），掌握表面与微区成分分析法（X 射线光谱分析法（XPS）、俄歇电子能谱分析法（AES）、电子探针分析法（EPMA）、二次离子质谱分析法（SIMS）和 X 射线能谱分析（XEDS）），理解化学分析法的基本原理和分析方法（光学分析法、电化学分析法、色谱分析法、质谱分析法和放射化学分析法）

5、纳米微粒的粒度分析

理解纳米颗粒的粒径和分布，掌握纳米微粒的粒度分析方法（X 射线衍射线线宽 Scherrer 法、电镜观察法(TEM 法)、比表面积（BET）法），了解激光衍射散射法、拉曼散射法、沉降法和 X 射线小角散射法。

6、纳米微粒的比表面积和孔结构分析

了解静态容量法测试比表面和孔结构的原理，理解纳米粉的吸附-脱附等温线分析，掌握吸附等温方程式、比表面积的 BET 计算方法（多点法和单点法）、纳米粉的 BJH 脱附孔径分布，理解凯尔文公式和孔径分布基本方程。

7、纳米材料的结构和官能团表征（光谱分析）

了解光谱分析的概念、光谱分析的类型、原理、特点和局限性，掌握红外光谱分析（红外、紫外可见光谱、拉曼光谱、荧光光谱分析）的原理、特征和应用，理解延展 x 射线精细结构谱、核磁共振谱、穆斯堡尔谱、飞秒激光光谱。

思政元素：

通过课程学习，旨在使学生掌握纳米材料的表征方法，建立以学生为中心的协同教学模式，构建创新思维能力的智育与家国情怀的德育并举为导向的多层次教学手段，实施多角度课程评价机制和强化知识应用能力与思政元素入脑入心的实践效果。我们深化本课程思政建设，结合纳米材料的开展，联系教育教学实际，梳理纳米材料知识体系中蕴含的思想政治教育元素和所承载的立德树人的教育功能；立足于纳米器件探索和研究，以爱国主义教育为核心，弘扬和培育奉献社会和诚信敬业精神，培养学生的职业素养和工匠精神；激发学生的家国情怀，实现思想政治教育与专业知识体系教育的有机统一。

（六）纳米材料的物理性能 （8 学时）

教学重点、难点：

重点：纳米材料的热学性质、光学性质、力学性质、磁学性质和电学性质。

难点：纳米材料的磁学性能和光学性能

教学内容和基本要求

1、纳米材料的热学性质

了解纳米材料的熔化规律、纳米晶体的热容及特征温度，掌握纳米粒子的比热、热膨胀，理解纳米晶体的晶粒成长、热稳定性、纳米晶体的长大动力学表征和晶粒长大的界面能。

2、纳米材料的光学性质

了解纳米材料的光学特性的吸收系数与吸收光谱，掌握纳米材料的光谱线、蓝移现象、红移现象和宽频带强吸收。

3、纳米材料的电学性质

了解纳米材料的介电特性，掌握纳米材料的电学性能

4、纳米材料的力学性质

了解纳米材料的超塑性、弹性模量、蠕变、韧性、硬度和强度，掌握 Hall-Petch 关系、纳米材料的力学性能。

5、纳米材料的磁学性质

理解纳米材料磁性分类（顺磁质、抗磁质、铁磁质、反铁磁性、亚铁磁性）、磁化机制及磁性的比较，掌握纳米微粒的磁学特性（磁畴结构、超顺磁性、矫顽力、居里温度、磁化率）

思政元素：

重构教学内容，切实满足了学生思维、能力培养以及思政育人的需要。以成果导向教育（OBE）的理念为引导，从学生思维创新和能力培养的角度对教学内容进行优化与整合。围绕课程教材的内容，及时增加学科的前沿成果，提高知识的难度和挑战度。秉承协同育人的理念，在纳米材料知识传授过程中实现了对学生的价值引领。课程教学激发了学生科技报国的家国情怀和使命担当，树立了正确的世界观、人生观和价值观。在以立德树人的教育方针下，做到了让学生对纳米知识的广度和深度的认识，教师传授思想价值引领的深刻性和说服力。

（七）气相法制备纳米颗粒的生长机制 （4 学时）

教学重点、难点：

重点：气相合成原理、金属蒸发的基本过程、晶核的形成条件、成核机制、晶核形成的热力学和动力学基础、粒径分布和粒径控制。

难点：金属蒸发的分子运动论解释、经典蒸发理论、晶核的生长机制、成核速率、晶核的生长速率

教学内容和基本要求

1、气相合成原理

理解等离子体的产生及其作用

2、气相合成超微粉体生成条件

理解金属蒸发的基本过程，掌握金属蒸发的分子运动论解释和经典蒸发理论。

3、晶核形成的热力学、动力学基础

掌握“气-固”机制和“气-液-固”成核机制、晶核的形成条件、晶核形成的热力学分析、相变中的 Gibbs 自由能变化、临界晶核半径，理解晶核的吸附生长和凝聚生长机制、成核速率、晶核的生长速率。

4、气相合成中的粒子生长及粒径控制

理解影响生长速率的因素

思政元素：

讲授气相合成原理、蒸发冷凝的基本过程、晶核的形成条件、成核机制、晶核形成的热力学和动力学基础、粒径分布和粒径控制等教学内容。打造动感课堂，充分调动学生自主学习的积极性，有效打破教师单向灌输的课堂结构。通过多元的教学方法和灵活的教学手段精心开展教学设计，使学生“动起来”并实施多角度的课程评价机制；学生在学习课程的内容和思政教育的认知过程中，逐步呈现出“互动中体验—体验中学习—学习中思考—思考中理解—理解中应用”螺旋式上升的育人趋势，真正实现“以学生为中心”的教学模式转变。

（八） 纳米材料的应用 （4 学时）

教学重点、难点：

重点：纳米技术的应用领域和应用范围、金属纳米粉体的应用、磁性材料方面的应用、纳米材料在光学方面的应用、纳米技术在环境保护方面的作用

难点：纳米材料在催化领域的应用、纳米技术在建筑材料中的应用

教学内容和基本要求

1、纳米技术的应用范围

了解天然纳米材料、纳米磁性材料、纳米陶瓷材料、纳米陶瓷材料、纳米陶瓷材料、纳米陶瓷材料、纳米陶瓷材料、纳米陶瓷材料、纳米陶瓷材料、纳米计算机、纳米碳管

2、金属纳米粉体的应用

了解高密度磁记录材料、磁流体、隐形屏蔽吸波材料、导磁浆料、导电浆料、纳米导向剂、高效催化剂、金属和非金属的表面导电涂层处理、高效助燃剂、化工材料、高性能电极材料、活化烧结添加剂、润滑油添加剂

3、 纳米材料在催化领域的应用

掌握金属纳米粒子的催化作用、半导体纳米粒子的光催化、半导体粒子的热催化

4、材料在光学方面的应用

了解红外反射材料、隐身材料、制造微型武器、制造微型卫星和纳米卫星

5、纳米技术与纳米材料在环境保护方面的作用

掌握纳米技术在净化空气和水、抗菌、消毒、除臭等方面的应用治

6、纳米技术在建筑材料中的应用

了解纳米陶瓷材料、新型纳米结构的玻璃、塑料和橡胶制品、在粘合剂、密封胶和润滑剂方面的应用、光学材料、光催化材料、水泥添加剂的应用、新型防护材料、抗静电、防电磁辐射的静电屏蔽材料、耐热、隔热、阻燃材料、粘合剂和密封胶、涂料、橡胶、塑料、纳米改性钢材

思政元素：

通过本章节内容学生们对纳米材料应用领域的开展现状和我国在当前的研究瓶颈有了充分的认识，激发了学生们投身科研，为国家民族复兴而努力的学习热情，激发了学生们的创造性，提升了科研和思政相结合的综合素质和能力。对于纳米电子学的知识讲解，要结合华为的 5G 技术和量子通讯等方面的领先地位，说明祖国的强大和民族的自豪感，指引学生要更加发奋图强实现中国梦。在课程教学中引入国内材料领域的最新研究成果和应用实例，增强学生的社会责任感和民族自豪感，引导学生志存高远、脚踏实地，为国家科技发展、社会进步贡献力量。如：在 2010 年之前，我国每年用于购买芯片的资金多达上千亿美元，比进口石油的资金还要多。2018 年我国自主研发出了制造芯片的利器——新型金属材料溅射靶材，实现了由芯片行业的纯进口到大量出口反攻的

关键性转折。通过讲解柯俊、师昌绪先生在材料科学领域取得的学术成就以及他们报效祖国的伟大事迹，激发学生的学习兴趣和爱国情怀，鼓励他们积极投身实现中国梦的伟大实践，为中华民族的伟大复兴奉献力量。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《固体物理》等课程，并具备一定的材料物理基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，应在课程进行过程中，同步进行材料现代分析方法和薄膜物理与技术的学习。

四、本课程评价方式

考查，结合思政教育，本课程采用了过程化的考核方式。课程考核依据学生的课堂表现情况、作业完成情况、专题报告和读书报告等进行综合评价。

五、建议教材和教学参考书

- [1] 张立德. 超微粉体制备与应用技术 北京：中国石化出版社 2001
- [2] 张立德. 牟季美 纳米材料和纳米结构. 北京：科学出版社，2001
- [3] 曹茂盛. 超微颗粒制备科学与技术. 哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社， 1998
- [4] 许并社. 纳米材料及其应用技术. 北京：化学工业出版社 2004
- [5] 张志琨. 崔作林. 纳米技术与纳米材料. 北京： 国防工业出版社 2000
- [6] 王广厚. 团簇物理学. 上海：上海科学技术出版社,2003
- [7] 邓昭镜. 超微粒与分形. 成都： 西南师范大学出版社, 1993

《纳米光子学》教学大纲

适用专业：物理学/物理电子学

课程性质：选修课

学 时 数：32 学时

学 分 数：2 学分

课 程 号：315110030023

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：王向贤

大纲审核人：张材荣

一、课程的地位和教学目标

光子学是一门涵盖广泛的光学科学和技术，纳米光子学是研究纳米尺度光-物质相互作用的光子学科学和技术，目前研究者们正在这一领域不断地发现新的现象，并开发传统光子学和电子学所无法比拟的新技术。了解纳米尺度上的光-物质相互作用机理以及光子学在纳米技术中的应用，可对物理学/物理学电子专业的学生提供重要的资源和帮助。

本课程的任务是要求学生学习和掌握纳米技术与纳米光子学方面的有关基本理论，包括纳米光子学基础，表面等离子激元纳米光子学，光子晶体，纳米光刻技术等主要内容。通过本门课程的学习，使研究生具备纳米光子学的理论基础，能熟练运用纳米光子学的相关知识阅读科技文献，并能运用相关知识进行有关纳米光子学的基本理论推导、数值计算及撰写科技论文。基于纳米光子学课程的特点，在教学中融入光的“波粒二象性”与“太极”的“阴阳两面性”，光的全反射与光纤之父“高锟”，量子卫星的“墨子号”命名等等课程思政，实现光学课程教学与思政教育的有机统一和同向同行，既提高纳米光子学学习效果又增强学生的文化自信和价值认同。培养学生严谨认真的科学态度和创新求是的科学精神。

二、课程教学内容和基本要求

（一）纳米光子学基础 （4 学时）

教学重点、难点：

重点：光子和电子，纳米级光学相互作用。

难点：纳米级的电子能量转移。

教学内容和基本要求

1、光子和电子：相似点和不同点

理解光子和电子在自由空间传播的特点，理解对光子和电子的限制，理解在经典禁区中的传播，理解在周期势场下的定域化，理解光子和电子的合作效应。

2、纳米级光学相互作用，电子相互作用的纳米级限制

理解纳米级光学相互作用。了解电子相互作用的纳米级限制，量子限制效应，纳观相互作用动力学过程，新的合作跃迁，纳米级的电子能量转移。

(二) 表面等离激元纳米光子学 (16 学时)

教学重点、难点：

重点：表面等离激元的基本性质，色散关系，金属纳米颗粒上的表面等离激元，周期性纳米孔结构的光透射理论，超常材料，增强拉曼散射。

难点：表面等离激元的色散关系，金属纳米颗粒上的表面等离激元，超常材料，金属纳米颗粒及其耦合结构的拉曼增强。

教学内容和基本要求

1、表面等离子体光学的物理和应用

了解表面等离子体光学的历史和现状，掌握表面等离激元的基本性质，色散关系，特征长度，光激发，金属纳米颗粒的表面等离子体共振，金属薄膜纳米结构的表面等离子体光学性质。

2、纳米颗粒阵列的近场和远场特性

了解单个金属纳米颗粒上的表面等离激元，理解金属的光学性质，金属纳米颗粒上的表面等离激元(SPN)的定性描述，SPN 的理论描述，SPN 共振阻尼。理解纳米颗粒阵列的远场消光光谱，理解纳米颗粒阵列的光学近场，理解颗粒间的相互作用。

3、周期性纳米孔结构的光透射理论

理解二维亚波长孔洞阵列，理解被凹槽包围的单孔中的光异常透射，理解单孔中的光聚束效应。

4、超常材料

了解超常材料的概念与历史，理解超常材料的奇异性质，理解超常材料的设计与制备，了解超常材料的应用。

5、纳米光学分子检测技术中的拉曼散射

了解无标记光学生物传感的原理和指标，理解单分子增强拉曼散射，掌握拉曼散射

理论，理解单分子表面增强拉曼和针尖增强拉曼，理解纳米金属颗粒及其耦合结构的拉曼增强。

6、表面等离子体折射率传感

了解表面等离子体折射率传感的基本原理，表面等离子体折射率传感中纳米结构的设计。

（三）光子晶体 （4 学时）

教学重点、难点：

重点：理解光子晶体的基本概念，光子晶体的无源光子学器件，光子晶体的有源光电子器件

难点：光子晶体的理论模型，光子晶体波导集成器件，光子晶体光放大器

教学内容和基本要求

1、光子晶体

理解光子晶体的基本概念，理解光子晶体的理论模型，理解光子晶体的性质和制备方法，理解光子晶体光路。

2、基于光子晶体的无源光子学器件

理解光子晶体波导集成器件，了解磁性光子晶体器件，理解光子晶体自准直传感器。

3、基于光子晶体的有源光电子器件

了解光泵浦光子晶体面发射激光器、边发射激光器，了解电注入光子晶体垂直腔面发射激光器、横向腔面发射激光器，了解光子晶体高光束质量半导体激光器、硅基混合集成激光器，了解光子晶体光放大器。

（四）光刻技术 （8 学时）

教学重点、难点：

重点：纳米光刻技术，导模干涉光刻

难点：近场光刻术，导模干涉亚波长光刻技术

教学内容和基本要求

1、纳米光刻技术

了解双光子光刻术，了解近场光刻术，了解近场相掩模软光刻术，了解等离子体印刷，了解纳米球光刻术，了解纳米压印光刻术。

2、导模干涉光刻技术

理解表面等离子体共振亚波长光刻技术，理解导模干涉亚波长光刻技术。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《光学》、《电磁学》等课程，并具备一定的光学基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程的后半段，适时引进纳米技术和纳米光子学方面的科技文献，加强讲解及引导。

四、本课程评价方式

考查，以提交小论文、PPT 汇报为主。

五、建议教材和教学参考书

（一）童利民等，《纳米光子学研究前沿》. 上海交通大学出版社，2014

（二）（美）布隆格司马（美）著，张彤等译.《表面等离激元纳米光子学》. 东南大学出版社，2014

（三）（美）普拉萨德著，张镇西译.《纳米光子学》. 西安交通大学出版社，2018.

《凝聚态磁性物理》教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：选修课

学 时 数：32 学时

学 分 数：2 学分

课 程 号：

开课学期：第 1 学期

大纲执笔人：李阳

大纲审核人：

一、课程的地位和教学目标

在物理学的诸多分支中，凝聚态物理学扮演着核心的角色，它专注于研究物质的宏观和微观物理性质，其中磁性是一个重要的研究领域。凝聚态磁性物理是建立在量子力学、固体物理等基础上的后续课程，这门课程在凝聚态物理学乃至整个物理学科教育体系中都极为重要，因为它不仅涉及基础理论的学习，还关联到材料科学、电子工程以及量子信息处理等前沿技术。通过这门课程的学习，希望学生能够掌握以下几个重点方面：理解磁现象的基本概念，掌握磁矩、磁场、磁化强度、磁导率等概念，并了解它们之间的相互关系；认识不同类型的磁性，包括铁磁性、顺磁性、抗磁性和反铁磁性等，以及它们的微观起源和宏观表现；学习磁性材料的分类和应用，熟悉各种磁性材料的特点，如软磁材料、硬磁材料、自旋电子材料等，并掌握它们在信息技术、存储设备、传感器等方面的应用；探索磁性与电子结构的关联，通过学习能带理论、交换作用、巡游电子模型等，理解电子结构对材料磁性的影响；接触前沿研究，通过阅读最新的学术论文和参与研究讨论，激发学生对磁性研究的前沿话题如自旋电子学、磁性随机存储器、量子计算等领域的兴趣。综上所述，凝聚态磁性物理课程旨在为学生提供有关物质磁性的理论基础、培养实践能力，使其能够在未来的科研或工作中，针对磁性材料的研究和应用做出贡献。

二、课程教学内容和基本要求

（一）孤立磁矩 （6 学时）

教学重点、难点：

重点：磁矩的概念、方向和大小以及与磁场的相互作用

难点：磁矩在静平衡条件下的行为以及磁矩系统的量子性质

教学内容和基本要求

1、磁场中的原子及磁化率

理解物质磁性的起源，包括电子的轨道磁矩和自旋磁矩，理解磁化率的物理意义。

2、抗磁性与顺磁性

了解物质的抗磁性起源，掌握顺磁性的半经典处理、自旋 $1/2$ 的顺磁性、Brillouin 函数及 Van Vleck 顺磁性。

3、离子的基态与洪特规则

了解原子的精细结构，理解洪特定则对于原子磁矩的影响，掌握 L-S 耦合与 j-j 耦合。

4、核自旋及超精细结构

理解原子核具有角动量或自旋的概念，以及这些自旋如何影响原子能级，了解超精细结构是如何通过原子核的自旋和电子的相互作用产生的。

【思政元素】

介绍磁矩相关的科学研究历程和科学家故事，激发学生的探索兴趣和创新意识。

（二）电磁环境中的原子磁矩、晶体场与磁共振技术 （6 学时）

教学重点、难点：

重点：晶体场理论的基本概念，了解 d 轨道在非球对称性场中的能级分裂情况

难点：多种磁共振技术的物理原理

教学内容和基本要求

1、晶体场的起源

了解晶体场理论的基本假设，熟悉不同几何构型下 d 轨道的分裂情况，利用晶体场理论解释配合物的磁性等物理性质。

2、轨道淬灭

了解在一定条件下，轨道角动量 L_z 的平均值为 0 时发生的轨道淬灭现象，以及这种现象对磁性贡献的影响。

3、Jahn-Teller 效应

了解 Jahn-Teller 效应的物理机制，掌握 Jahn-Teller 效应发生的条件，认识 Jahn-Teller 效应的影响。

4、磁共振技术

掌握多种磁共振技术的基本物理原理，以及这些技术的具体应用。

【思政元素】

全世界有许多科学家从事与磁共振相关的研究，其中 7 位科学家因此获得了诺贝尔奖。通过这些成就，可以鼓励学生学习科学家们的科研精神和严谨态度，激发他们对科学研究的兴趣和热情。

（三）磁相互作用 （8 学时）

教学重点、难点：

重点：理解磁交换相互作用是一种通过量子力学机制产生的微观磁性相互作用，它对物质的宏观磁性有着重要影响

难点：磁交换相互作用的微观机制相对复杂，需要学生能够从微观层面理解电子间的相互作用

教学内容和基本要求

1、磁偶极相互作用

了解磁偶极子之间相互作用的能量表达式。

2、交换相互作用

理解交换相互作用的微观起源，了解掌握直接交换相互作用、间接交换相互作用、双交换作用、各向异性交换相互作用等。

【思政元素】

磁交换相互作用在许多高科技领域都有重要应用，如磁性材料、磁存储设备等。可以结合国家科技发展战略，让学生了解这些技术对于国家发展的重要性，激发学生的爱国情怀和责任感。

（四）磁有序与磁性结构 （6 学时）

教学重点、难点：

重点：熟悉不同的磁性结构类型，如铁磁性、反铁磁性、亚铁磁性等，了解它们的特点和区别

难点：将磁有序与磁性结构的理论应用到实际的磁性材料设计和性能解释中，需要较强的理论知识和实际应用能力

教学内容和基本要求

1、铁磁性

了解铁磁体的 Weiss 模型，磁场的作用以及分子场理论。

2、反铁磁性

了解反铁磁体的 Weiss 模型，强磁场的作用以及反铁磁序的类型。

3、亚铁磁性

了解亚铁磁性的特点。

4、非共线磁结构

了解非共线磁结构的物理起源以及非共线磁结构的类型和应用。

【思政元素】

结合我国在各类磁性材料领域的发展历程和政府推进的新能源产业政策，让学生了解这些技术对于国家发展的重要性。

（五）竞争磁相互作用与低维磁性 （6 学时）

教学重点、难点：

重点：理解不同磁性相互作用在同一材料中同时存在并相互竞争的现象

难点：低维材料由于尺寸效应、表面效应等，可能表现出与三维材料不同的磁性行为，如增强的磁各向异性、量子限域效应等

教学内容和基本要求

1、磁阻挫

了解磁阻挫的微观机制，理解不同原子间或电子间的相互作用是如何导致阻挫现象的产生。

2、自旋玻璃

了解自旋玻璃的基本概念，自旋玻璃的特征和识别。

3、超顺磁性

了解超顺磁性的基本概念，超顺磁性与尺寸的关系，阻塞温度和磁弛豫，超顺磁性的实验观察。

4、一维磁体

了解自旋链，Haldane 链。

5、二维磁体

了解二维材料中磁性的出现及其与三维磁体的区别，二维极限下磁性相互作用的新特性，如磁各向异性和量子限制效应。

【思政元素】

合国家在新材料、量子技术等领域的发展战略，讨论竞争磁相互作用与低维磁性研究对国家未来科技发展的意义。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《量子力学》、《固体物理》等课程，并具备一定的物理基本概念。

（二）为使学生能做到对所学知识融会贯通，一方面应加强练习，另一方面应在课程的后半段，适时引入一些应用。

四、本课程评价方式

考查，以提交作业、期末小论文为主。

五、建议教材和教学参考书

（一）《磁学与磁性材料》，（爱尔兰）杰·姆·德·柯艾，2024年1月，合肥：中国科学技术大学出版社

（二）《凝聚态磁性物理》，姜寿亭、李卫，2018年6月，北京：科学出版社

《物理学中的群论》课程教学大纲

Group Theory in Physics

一、课程基本信息

课程名称：物理学中的群论

课程性质：学位课

课程学时：48 学时

学分数：3 学分

课程编号：315110010018

开课学院：理学院

适用专业：物理学

先修课程：线性代数、量子力学

大纲撰写人：张晓锋

大纲审核人：张材荣

二、课程定位和教学目标

群论是一门抽象的数学，是物理类及相关专业研究生从事科学研究应当掌握的基本数学工具之一，同时作为一门实用科学，是研究系统对称性的有效工具，在粒子物理、核物理、固体物理等领域都具有广泛的应用。本课程主要学习群论的基本理论及其在物理学中应用的基本方法，重点要求掌握群及其线性表示理论，学习正多面体对称群、三维转动群、置换群、晶体点群和空间群、 $SU(N)$ 群的基本性质。通过本课程的学习，学生须掌握群论的基本知识，学会用群论研究物理系统对称性的基本方法。

三、教学内容及学时分配

绪论 群论与对称性（2 学时）

教学目标：概述对称性的研究在物理学的发展中起着越来越重要的作用，而群论是研究系统对称性的有效工具。简单介绍课程的进行方式和需要的基础知识。

教学重点、难点：

重点：对称性、群论的发展

难点：群论的研究方法和应用

教学内容和基本要求：

教学内容：

1、群论简介

2、群论的发展

3、群论的研究方法及应用

基本要求：本章是对群论课程的总体介绍。要求了解群论这门课的性质和特点，群论的发展历程，明确群论的研究对象和方法及其在各领域的应用。

课程思政：

在正式学习群的概念之前，先向学生讲述“研究群论的重要意义——度量事物的对称性”这个研究动机，让学生知道学习这个抽象的知识点的由来和目的。通过融入中国古诗词，让学生在体会中华文化博大精神的思政教育同时，也开始愉快地开始这门课程的学习。

第1章 数学准备（2学时）

教学目标：综述本课程必备的集合论与线性代数基础知识。

教学重点、难点：

重点：线性空间和线性变换；相似变换和矩阵的对角化。

难点：熟练掌握相似变换和矩阵的对角化。

教学内容和基本要求：

教学内容：

1、集合论复习（集合及其映射；满射、单射、双射等）

2、线性代数复习（线性空间、矢量和矢量基、线性变换及线性算符；相似变换与矩阵对角化；矢量的内积；矩阵的直和与直积；几类重要矩阵的定义及性质等）

基本要求：本章涉及群论的先修课程——线性代数的基础知识，要求明确线性空间和矢量等概念，掌握相似变换和矩阵对角化的方法，熟悉矩阵操作。

课程思政：

1、线性代数是各种工业软件的基础，而工业软件的国产化道路崎岖，以此引导学生发奋图强，树立科技报国的理想。以常用的工业软件之一 Matlab 为例，由于受到美国的打压和制裁，我们使用该软件存在诸多不便，这本质上就是一个卡脖子问题，为了后来者不再受制于人，需要大家奋发图强、努力拼搏，争取将来能放心地使用自己的工业软件，实现技术突破。

2、高维空间的结构是一个较难理解的抽象概念。一维空间、二维空间、三维空间以坐标系的形式展示给同学们，大家容易理解，但如何利用几何图形将高维空间直观地展示给同学们并不容易。通过直观的图示，配上形象的可感知案例进行课程思政教育。展示高维空间结构的时候鼓励同学们珍惜时光，积极向上。

例如，三维空间坐标系的基础上考虑添加一个时间维度（时间轴），系统就成了四维空间。几年前我们在各自学校教室埋头苦学，而战火纷飞的叙利亚其地理空间位置在D点；当前时点我们在这里学习，战火纷飞的叙利亚其地理空间位置没有变，但时间变

了；两年后我们将去往上海工作、去北大深造，去边疆报国，……，大家的人生精彩纷呈，前途一片光明，叙利亚的地理空间位置仍然未变（尽管时间变了），这就是在三维地理空间系统上添加了时间轴后得到的四维空间。

借此引导同学们珍惜当前来之不易的和平与安逸的生活学习环境，正确认识科研成功的艰辛之路，同时树立起坚持不懈必然成功的信心。

第2章 群的基本概念（14学时）

教学目标：学习群的基本概念和群的各种子集；群之间的同态与同构关系；介绍物理学中常见的对称变换群。

教学重点、难点：

重点：群的概念及其各种子集、同构和同态、正对边形对称群和正多面体对称群

难点：置换群、正多面体对称群

教学内容和基本要求：

教学内容：

- 1、群和实例（群的概念及满足的条件；群的实例）
- 2、群的基本性质（重排定理及乘法表；循环群和群的生成元）
- 3、群的各种子集（类、子群、陪集和商群）
- 4、群的同态和同构（同构、同态、同态核）
- 5、置换群（置换、轮换、对换；交变子群）
- 6、正对边形对称群和正多面体对称群
- 7、直积群

基本要求：本章涉及很多群相关的概念和定理，要求掌握群的定义及各个定理的内容，熟悉常见的群及其子群、类、不变子群和商群，掌握两个群之间同态或同构关系的判断，了解正对边形对称群和正多面体对称群。

课程思政：

1、通过对群的概念、同构及置换表示的学习，使学生体会到抽象代数思维的魅力，启发学生用同构描述和解决相关问题，培养学生知难而进，勇于探索的精神。

2、对称性普遍存在，是群论主要研究的问题之一。将中国古典诗词自然融入对称性的学习，通过对 D_3 群、置换群等内容的生动讲解，让学生体会到对称之美，感受中国古诗词的韵律和独特魅力，增强文化自信。

例如，描述山水画的古诗“远看山有色，近听水无声，春去花还在，人来鸟不惊”、

李商隐表达情感的诗“沧海月明珠有泪，蓝田日暖玉生烟。此情可待成追忆，只是当时已惘然。”等很多诗，其中就蕴含很多对称的事物，再比如“春暖对秋凉，严寒对酷暑，鸟语对花香”等文学中的词语也都有很好的对称性。无论是在有形的自然万物，还是有温度的语言中都存在着美丽的对称性。

3、数学作为最赋有逻辑性的学科，其中不乏也有对称性之美。可以由此引出群论，通过熟悉的概念和通俗的例子，让学生体会数学中的对称性，引发学生对美的思考，激发学生学习群论的兴趣。

例如，在 PPT 课件中给出一个等腰三角形和一个等边三角形，讨论谁更有对称性？如何给出严谨的数学语言的说明或者证明？由此引出“近世代数”课程中的第一大块——群论。再如，我们知道数学中的概念都是把很多事物的共性，也就是本质的东西用数学的语言表达出来，结合大学的同阶矩阵、多项式等一步一步地将共性的东西写出来，再加以严谨的分析，让大家在已有的熟悉的知识点中去学习未知的东西，也就是我们要有“不畏浮云遮望眼”的功力，更要有“自缘身在最高层”的意境，抽去这些不一样的地方，只留其本质。然后将这些共性的东西抽象出来，从而给出“群的定义”，引入研究群的最大意义——度量事物的对称性。这样可以提高学生学习的兴趣和信心。

第3章 群表示论基础（18学时）

教学目标：掌握群的线性表示理论。学习物理学中常见的有限群的不等价不可约表示及其特征标表。掌握群论在物理中应用的基本方法。

教学重点、难点：

重点：群表示理论的基本定理、群的不可约表示、特征标相关定理

难点：群的可约与不可约表示及判断方法、有限群表示的构造理论

教学内容和基本要求

教学内容：

- 1、线性空间与算符
- 2、群表示与表示空间
- 3、群表示的几个重要概念
- 4、舒尔引理
- 5、矩阵元正交关系、特征标正交关系及其应用
- 6、特征标表示
- 7、群表示的基函数

8、直积表示

9、群表示在理论物理中的初步应用

基本要求：了解群表示理论的基本定理，熟悉群的可约表示和不可约表示的概念和判断方法，掌握有限群的 n 维表示的构造方法。

课程思政：

通过介绍群论发展背景及过程中所经历的困难，鼓励同学们学习上要不畏艰辛，要有兵来将挡水来土掩的勇气，树立起学好本门课程信心。学好本门课程，将来无论是继续科研，还是在相关应用岗位工作，这些知识和思想都将使大家受益匪浅；学好本门课程，将来工业软件的国产化就多了更加充裕的后备人选。

第 4 章 分子与晶体对称群（12 学时）

教学目标：晶体的对称变换群，晶体点群，晶系和布拉菲格子，空间群及其不可约表示。

教学重点、难点：

重点：点群的基本概念和分类、点群的不可约表示及特征标

难点：晶体点群及其不可约表示、群表示在点群中的初步应用

教学内容和基本要求

教学内容：

1、三维空间转动的定义，点群的对称操作，极射赤面投影

2、晶体的 32 种点群

3、晶系和点群的国际符号

4、点群的不可约表示

5、晶体空间群

6、群表示在点群中的初步应用

基本要求：了解点群的基本概念及其对称操作，熟悉晶体的 32 种点群及其不可约表示，了解群表示在点群中的初步应用。

课程思政：

通过讲述“科学巨匠，家国情怀——黄昆和黄昆方程”的故事，让学生了解黄老的科学贡献和爱国精神。结合最近几年美国对中国的科技的打压，其中最重要的就是芯片方面，这正是固体物理，半导体的领域，以此教育鼓励研究生要学习黄老深厚的家国情怀和开拓进取的创新精神，引导大家要为实现伟大复兴的中国梦而不懈奋斗。

四、教学方式

课堂讲授与分组讨论相结合，可适当采用翻转课堂教学模式。

五、课程考核与成绩评定 65

成绩组成	考核/评价环节	权重
平时成绩	平时作业	10%
	课堂表现	20%
考 试	期末考试卷面成绩	70%

六、参考教材和主要参考资料

推荐教材：马中骥著，物理学中的群论（第二版），北京：科学出版社，2006.

参考资料：

- 1、侯云智编，群论基础教程，济南：山东大学出版社，1997.
- 2、徐婉棠、喀兴林著，群论及其在固体物理中的应用（第二版），北京：高等教育出版社，2016.
- 3、谢希德等著，群论及其在物理学中的应用，北京：科学出版社，2010.
- 4、孙宗扬著，现代物理中的群论，合肥：中国科学技术大学出版社，2011.
- 5、李新征著，群论及其在凝聚态物理中的应用，北京：北京大学出版社，2019.
- 6、M. S. 德雷塞尔豪斯等著，群论：凝聚态物理中的应用，北京：北京大学出版社，2020.

《学科前沿》教学大纲

适用专业：物理电子学

课程性质：非学位必修课

学时数：16 学时

学分数：1 学分

课程号：

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：张莉

大纲审核人：武刚

一、课程的地位和教学目标

该课程旨在对物理电子学硕士研究生的研究方向及研究前沿进行概括性的介绍，主要以导波光学与光纤通信技术、现代通信系统、光纤传感技术、微纳微结构与光电性能、光集成及光模块、量子信息与量子计算等学科方向和新技术为突破口，围绕地方经济和西部开发，结合导师们的研究工作，进行学科前沿介绍和引导学生探索未知学术领域。希望通过该课程的学习，学生能对自己研究方向的学术前沿有深入的了解，并能跟踪和了解学术前沿和研究热点，确定自己的研究兴趣和规划自己的人生道路，也能了解国内外的差异，培养家国情怀，为解决该领域内“卡脖子”的问题而贡献自己的力量。

教学目标：

1. 知识目标：掌握物理电子学核心方向的前沿动态、关键技术及理论模型。
2. 能力目标：提升学术文献分析、跨学科研究设计及技术攻关能力。
3. 思政目标：强化科技报国意识，理解科研服务国家战略（如国产替代、碳中和）的使命担当。

二、课程教学内容和基本要求

（一）光纤和光传感技术的前沿热点（4 学时）

教学重点、难点：

重点：空分复用光纤和空芯反谐振光纤的传输理论，新光纤非线性现象

难点：光波波动方程在复杂结构中的表达及数值计算

思政元素：

通过华人在光纤理论和技术上的贡献，以及我国在该领域的科研和技术进步，向学生展示炎黄子孙的聪明和努力，激发同学们的爱国热情和荣誉感。

教学内容和基本要求：

1. 光纤基本的传输理论及最新发展，

要求学生对光波导理论有深入了解，并对不同结构的光纤传光机理有所了解。

2.新型光纤及应用

对近年来的新型光纤，如大模场面积光纤，多心少模光纤，空芯反谐振光纤等的介绍和研究及应用的最新动态

3.新光纤非线性现象的研究进展

对新的光纤非线性的研究现状及应用做概述性的讲解

（二）金属氧化物半导体基气体传感器原理与应用（2 学时）

教学重点、难点：

重点：选择性提升的多尺度设计（原子掺杂→器件集成）。

难点：吸附氧物种与目标气体的表面反应路径模拟。

思政元素：

结合汉威科技国产传感器替代进口案例，强调核心技术自主可控的战略意义。

教学内容和基本要求：

1.MOS 传感器原理：表面氧化还原反应与电导率变化机制

理解敏感材料微观反应动力学与宏观性能的关联性。

2.性能优化策略：纳米结构设计、掺杂改性、温控调制技术。

3.应用场景：VOCs 检测、工业可燃气体预警（如甲烷、氢气）。

（三）半导体光催化技术（2 学时）

教学重点、难点：

重点：光生载流子寿命的调控策略。

难点：多相反应界面的原位表征技术。

思政元素：

通过“双碳”目标下光催化技术的战略地位，引导学生投身绿色能源创新。

教学内容和基本要求：

1.光催化原理：电子-空穴对的产生、分离与界面反应机制。

掌握光催化活性与材料形貌/能带结构的定量关系。

2.材料设计：TiO₂/g-C₃N₄异质结、量子点修饰的能带工程。

3.应用方向：光解水制氢、CO₂还原、污染物降解。

拓展学生对半导体材料的性质及应用的了解，增强学生对本专业的学习兴趣。

（四）通信感知一体化简介及其在光纤系统中的应用（2 学时）

教学重点、难点：

重点：通感一体化的基本概念、发展历史和重要影响。

难点：通感一体化信号的设计方法。

思政元素：

通过回顾我国通感一体化技术的发展历程和取得的辉煌成就，激发学生民族自豪感和历史使命感，增强“四个自信”；通过分析光纤通感一体化技术的特点和面临问题，培养学生辩证唯物主义的分析能力，引导学生客观全面地分析各种方案的先进性和带来的新问题，理解技术发展的内在规律和承接关系，把握光纤通信发展趋势，提升学生自主创新能力。

教学内容和基本要求：

1. 首先介绍通感一体化的研究背景、发展历史和特点需求，然后详细介绍通感一体化的基础理论和关键技术，给出常用性能评价指标和系统架构，重点阐述通感一体化信号的工作原理和设计方法，简单介绍通感信号协同处理算法；

2. 介绍光网络通感一体化的潜在使能技术，对基于光纤瑞利散射、拉曼散射和布里渊散射等原理实现的传感技术进行对比分析，并结合相关研究进展，讨论通感一体光纤系统方案的设计与优化；

3. 介绍数字纵向监测的基本概念，重点阐述基于正向通信信号的光纤通感一体化方案。

（五）宽禁带半导体前沿技术（2 学时）

教学重点、难点：

重点：宽禁带半导体概念、分类、结构、生长方法。

难点：材料的表征手段、器件的性能分析。

思政元素：

让学生们关注到国家的迫切需求是什么，让学生对于解决材料、器件、工艺等‘卡脖子’基础性问题，有一种责任感和使命感。引导学生增强科技自立自强的使命感和责任心，激发他们进一步深入探索专业知识的兴趣和主动性。

教学内容和基本要求：

1.材料体系：GaN、SiC 的晶体生长与缺陷控制技术。

2.器件制备：高电子迁移率晶体管（HEMT）、功率器件的热管理。

3.应用领域：5G 通信基站、新能源汽车电驱系统。

（六）基于表面等离子体的 SERS 和折射率传感（2 学时）

教学重点、难点：

重点：表面增强拉曼散射 SERS，表面等离子体折射率传感。

难点：金属纳米颗粒及其耦合结构的拉曼增强。

思政元素：

从拉曼散射到激光拉曼散射，再到表面增强拉曼散射的科学发展和技术创新。

教学内容和基本要求：

1. 表面增强拉曼散射 SERS

了解表面等离子体的基本原理，了解拉曼散射理论，了解表面增强拉曼散射 SERS，了解金属纳米颗粒及其耦合结构的拉曼增强。

2. 表面等离子体折射率传感

了解表面等离子体折射率传感的基本原理，了解表面等离子体折射率传感结构的设计。

（七）硅光子集成（2 学时）

教学重点、难点：

重点：1. 硅光子系统中波导、调制器、光电探测器、光源的设计

2. 耦合与封装技术

难点：光-电集成方法

思政元素：

1. 介绍中国在硅基光子集成领域的突破（如华为硅光芯片、中科院微电子所的光子集成技术），强调“关键核心技术是要不来、买不来的”。

2. 硅光子技术通过光互连替代电互连，可显著降低数据中心能耗（全球数据中心能耗占 2%），助力实现“双碳”目标。分析硅光子芯片在节能减排中的潜力，结合“绿水青山就是金山银山”的生态文明思想。

教学内容和基本要求：

1. 硅基光子学概述。要求：了解硅光子集成技术的优势与挑战；

2. 硅光子集成技术的应用。要求：了解硅光子集成技术的应用及已有产品；

3. 技术挑战与研究现状。要求：掌握波导、调制器、光电探测器、光源在硅基光芯片上的集成方法，了解研究现状。

三、本课程教学建议

（一）学生应先修《光波导理论及应用》《光纤通信系统》《非线性光纤光学》等

课程，并具备一定的传感和光学的基本概念。

(二)为使学生能做到对学科前沿有所了解，一方面应多看近年内的最新学术报道，另一方面应在课程中，适时结合自己课题组的研究，对学生进行已有的科研成果和打算进行的科研活动有所介绍。

四、本课程评价方式

考查，以课堂讨论和课后文献调研报告的方式进行。

五、建议教材和教学参考书

1. Govind P. Agrawal. Nonlinear Fiber Optics, Sixth Edition, Academic Press, 2019.
2. Silicon Photonics Design: From Devices to Systems (ISBN: 9781107085459), by Lukas Chrostowski, Michael Hochberg first published by Cambridge University Press, 2015.
3. 李新、魏广芬、吕品，《半导体传感器原理与应用》. 清华大学出版社，2018.
4. 朱丽萍等，《宽禁带化合物半导体材料与器件（第二版）》，浙江大学出版社，2022.
5. 郝跃等，《宽禁带半导体前沿丛书》，西安电子科技大学出版社，2020.
6. 童利民等，《纳米光子学研究前沿》. 上海交通大学出版社，2014.
7. (美) 布隆格司马 (美) 著，张彤等译.《表面等离激元纳米光子学》. 东南大学出版社，2014.
8. (美) 普拉萨德著，张镇西译.《纳米光子学》. 西安交通大学出版社，2018.

《学科前沿》教学大纲

适用专业：物理学

课程性质：非学位必修课

学时数：16 学时

学分数：1 学分

课程号：

开课学期：第 2 学期

大纲执笔人：张莉

大纲审核人：张材荣

一、课程的地位和教学目标

学科前沿是物理学专业硕士研究生的必修课，旨在衔接基础理论与学科前沿，聚焦理论物理、凝聚态物理、原子分子物理、无线电物理与光学五大方向的最新研究进展，重点覆盖非线性复杂系统、纳米结构与低维物理、光电器件、量子点与原子分子相互作用等交叉领域，培养研究生的前沿视野与科研创新能力，为后续科研选题和技术攻关奠定基础。课程采用案例驱动的教学方法，结合课程思政，达到以下教学目标：

- (1) 知识目标：掌握各研究方向的核心科学问题、理论模型及实验技术。
- (2) 能力目标：提升文献分析能力、跨学科思维及科研设计能力。
- (3) 思政目标：强化科技报国意识，理解物理研究在服务国家战略（如“双碳”目标、量子科技、高端传感器技术）中的使命担当。

二、课程教学内容和基本要求

（一）理论物理前沿（4 学时）

教学重点、难点：

重点：二维结晶学的基本概念，清洁与实际表面上原子排列状态，吸附和弛豫现象。

难点：二维倒易点阵；晶界原子模型。

思政元素：

通过对现实生活中是否存在理想表面的课堂讨论，让学生意识到科学研究中的关键步骤：抽象，核心是在科学研究中，为了使得实际研究问题简化，需要突出研究主要矛盾，忽略次要矛盾，这种研究手段在各个学科的研究领域中都在广泛实用，培养同学们的基本科学素养。

教学内容

1. 非线性复杂系统与统计物理

(1) 非平衡态统计理论在复杂体系（如生物网络、社会系统）中的应用。

(2) 非线性波（孤子、混沌）的稳定性与物理场机理。

2. 强子物理与量子色动力学（QCD）

(1) 强子结构模型与格点 QCD 计算。

3. 超导理论

(1) 高温超导机制与拓扑超导体的最新进展。

基本要求：

理解非线性系统的建模方法及强子物理的理论框架。

(二) 凝聚态物理前沿（4 学时）

教学重点、难点：

重点：界面效应对器件性能的调控机制。

难点：多物理场耦合建模（如电-热-力耦合）。

思政元素：

结合储能技术突破，强调科技自主创新在解决能源安全问题中的重要性。

教学内容：

(1) 纳米结构与低维物理

二维材料（如石墨烯、 MoS_2 ）的量子输运与能带调控。

(2) 表/界面物理与光电转换

异质结载流子输运机理及铁电陶瓷基智能传感系统设计。

(3) 储能器件物理

锂离子电池电极材料的电荷存储机制与界面动力学。

基本要求：

掌握微观结构-宏观物性的关联分析方法。

(三) 表面振动（8 学时）原子分子物理与光学前沿（5 学时）

教学重点、难点：

重点：光纤传感系统的灵敏度优化。

难点：光催化反应的多尺度模拟（从分子到宏观）。

思政元素：

结合光催化技术在“双碳”战略中的应用，强调绿色科技创新的社会责任。

教学内容：

1. 原子分子相互作用与光电器件

- (1) Li/CH₄分子在储能材料中的吸附与催化机理。
- (2) 量子点的光致发光调控及在太阳能电池中的应用。

2. 微纳光学与超构材料

- (1) 表面等离激元增强传感与超构表面设计。
- (2) 光纤中受激布里渊散射的快慢光效应及其通信应用。

3. 光催化与能源转化

- (1) 异质结光催化材料（如 TiO₂/g-C₃N₄）的能带工程与效率优化。

基本要求：

理解原子分子尺度调控对器件性能的影响。

（四）交叉领域与综合研讨（3 学时）

教学重点、难点：

重点：跨学科问题的逻辑整合能力。

难点：技术路线的实际可行性评估。

思政元素：

通过量子通信技术案例，强调核心科技“卡脖子”问题的突破路径。

教学内容：

1. Jellium 模型

理解 Jellium 物理模型及其物理意义。

2. 近自由电子模型-表面态

了解金属的导电性、近自由电子模型的近似方法，掌握近自由电子模型的物理意义。

3. 半导体的表面态和界面态

掌握半导体的表面态和界面态概念，理解表面的特殊性。

4. 表面空间电荷层和表面电导、界面和晶界的电子过程

了解表面空间电荷层和表面电导，迁移率等概念，理解界面和晶界的电子过程。

5. 吸附表面态理论简介

了解吸附表面态理论。

基本要求：

能够设计跨学科研究方案并论证可行性。

三、本课程教学建议

（一）教学方法方面：

1. 案例驱动：结合《Nature》《Physical Review Letters》最新论文，解析实验设计与理论突破。

2. 虚实结合：利用 Materials Studio、COMSOL 等软件演示材料计算与光学仿真。

3. 翻转课堂：学生主导讨论争议性课题（如“高温超导的争议机制”）。

（二）实践环节：组织参观微纳加工实验室、科研实验平台，增强技术认知。

四、本课程评价方式

考查，以课堂讨论和课后文献调研报告的方式进行。

五、建议教材和教学参考书

（一）《表面与界面物理》，恽正中，王恩信，完利祥，1993年11月，四川：电子科技大学出版社。

《凝聚态物理前沿》（冯端，高等教育出版社）。

《非线性物理学导论》（谷超豪，科学出版社）。

（二）《表面物理原理》，（英）F. Bechstedt，2008年4月，北京：科学出版社出版。