# 0508036006《量子光学》教学大纲

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 课程编号 | 0508036006 | | 课程中文名称 | 量子光学 | | | | | 学时 | | 40 |
| 课程性质 | ■学位课  □非学位课  □其他 | | 课程英文名称 | Quantum Optics | | | | | 学分 | | 2.0 |
| 开课时间 | ■春  □秋 | | 适用学科（类别） | 光学, 光学工程 | | | | 适用学生 | □硕士  ■博士 | | |
| 先修课程 | | 量子力学、电磁场理论、物理光学、激光原理 | | | | | | | | | |
| 开课单位 | | 光电科学与工程学院 | | | | | | | | | |
| 大纲撰写人 | | 李小飞 | | | 大纲审稿人 | 李剑峰 | 制（修）定时间 | | | 2022.5 | |

**一、教学目标**

通过本课程的教学，使光学工程和相关专业硕士博士研究生掌握量子光学的基本原理、了解与量子光学应用相关的最新学科前沿，具备量子光学方面的基本知识以适应相关领域的科学研究与工程开发。

**二、教学内容与要求**

第一章：绪论（6学时）

1本章教学内容：（1）量子光学的基本概念, 量子光学研究的发展历程和前沿动态（2学时）(2) 量子力学基础: 希尔伯特空间、态矢、算符、Dirac 符号、密度矩阵、量子测量（2学时）(3) 半量子化光学: 光子, 光的自发发射、受激发射、吸收系数, 产生湮灭算符, 量子谐振子, 正则量子化（2学时）

2本章教学要求：通过本章课程的学习，要求学生理解研究量子光学的重要意义，掌握

量子光学主要的研究领域与相关应用。

3本章教学重点：（1）量子谐振子，（2）光子的概念。

4本章教学难点：（1）产生湮灭算符，（2）半量子光学的巨大成功与所面临的困难。

第二章：量子化光场（10学时）

1本章教学内容：（1）相干态与压缩态：光场的正则量子化, 光波、相图、场的正交分量、真空场、相干态、压缩态、压缩态的产生与探测、量子噪声（6学时），（2）光子数态：数态的概念、数态表象、光子数态、相干态的数态展开（4学时）。

2本章教学要求：通过本章课程的学习，要求学生理解量子化光场的基本方法，掌握相

干态、数态和压缩态的特性。

3本章教学重点：（1）相干态、压缩态的数态展开，（2）数态表象。

4本章教学难点：（1）基本的算符恒等式，（2）压缩态及其特性。

第三章：光子与光场统计（10学时）

1本章教学内容：（1）光子统计学：光子计数统计、泊松光子统计、光场按计数统计分

类、超泊松光、亚泊松光、光子探测的量子理论（5学时），（2）光子反聚束：经典HBT实验与涨落、二阶相关函数、光子HBT实验与涨落、光子聚束与反聚束、光子反聚束实验、单光子源、HTB实验的量子理论（5学时）

2本章教学要求：通过本章课程的学习，要求学生理解光场的统计特性和相干性，掌握

混沌光与相干光的统计特性。

3本章教学重点：（1）量子光场的计数统计特性，（2）相关性的量子描述。

4本章教学难点：（1）光子探测的量子理论，（2）真空的涨落。

第四章：量子化辐射场和原子的相互作用（12学时）

1本章教学内容：（1）光与原子相互作用：二能级近似、密度矩阵、Rabi振荡、Bloch

球（4学时），（2）光腔中的原子：光学谐振腔、原子与腔耦合、弱耦合强耦合、腔量子电动力学（4学时），（3）冷原子：激光冷却、磁光原子阱、粒子的冷却俘获、玻色爱因斯坦凝聚、原子激光（4学时）。

2本章教学要求：通过本章课程的学习，要求学生理解场与物质（粒子）的相互作用机

制，掌握典型的量子光学（原子光学）体系的重要特性。

3本章教学重点：（1）量子态的Bloch球表示，（2）原子在光腔中的动力学描述。

4本章教学难点：（1）激光冷却原子，（2）玻色爱因斯坦凝聚。

第五章：量子光通信前沿（2学时）

1本章教学内容：（1）量子密码分发:量子密码原理、BB84协议及其发展（1学时）（2）量子隐形传态：纠缠态与纠缠光子对的产生、隐形传态的原理及实现（1学时）。

2本章教学要求：通过本章课程的学习，要求学生理解量子通信的基本原理，掌握量子

信息的基本概念。

3本章教学重点：（1）量子密钥分配，（2）量子信息。

4本章教学难点：（1）BB84协议，（2）量子隐形传态。

**三、教学方式**

课程采取课堂讲授的教学方式。

**四、考核方式与成绩评定**

课程考核方式为考试，采取堂上开卷笔试的方式。

成绩评定：过程考核占30%，期末考核占70%。

**五、教材及主要参考书目**

教材：

[1]《Quantum optics:an introduction》，Mark Fox，Oxford University Press，2006

参考书目：

[1]《Quantum optics》，D.F.Walls,G.J.Milburn，Springer-Verlag，2008

[2]《Quantum Optics》，M.O.Scully,M.S.Zubairy，Cambridge University Press，1997

[3]《高等激光物理学》,李福利,高等教育出版社，2004

[4]《Introductory Quantum Optics》，C. C. Gerry, P. Knight, Cambridge University

Press，2005