

# 《原子物理和量子物理》教学大纲

课程代码: **NANA3014**  
课程名称: **原子物理和量子物理**  
英文名称: **Atomic Physics and Quantum Mechanics**  
课程性质: **专业必修课**  
学分/学时: **4 学分/72 学时**  
考核方式: **课上作业+闭卷考试**  
开课学期: **第 3 学期**  
适用专业: **纳米材料与技术**  
先修课程: **高等数学、线性代数**  
后续课程: **固体物理**  
开课单位: **纳米科学技术学院**  
课程负责人: **John McLeod**  
大纲执笔人: **John McLeod**  
大纲审核人: **邵名望, 李青**  
选用教材: **D. J. Griffiths, 《Introduction to Quantum Mechanics》, Pearson New International Edition, 2014**

## 一、课程目标

本课程从物理学的角度正式介绍了原子物理与量子物理。本课程的目的是为学生提供有关如何实际研究量子力学问题的基础知识, 以及对更高级研究中使用方法的简单了解。本课程侧重于单粒子量子力学, 因为学生将有机会在未来的学习中学习固体物理学或量子化学的专业课程。

## 二、教学内容

### 第一章: 半经典理论

时长: 1.5 周, 6 学时

内容:

#### 1. 课程概述:

概述该课程的教学和评估方式, 以及老师的期望。

#### 2. 紫外线灾难:

经典的电动力学和热力学如何无法预测腔体中的热辐射行为, 以及 Max Planck 的量化定律如何解决该问题。

#### 3. 波尔模型:

波尔模型的开发方式, 应用于氢的成功与失败。

#### 4. 光电效果:

光如何激发电子, 即光电方程。

#### 5. Davisson-Germer 实验:

电子像波一样衍射的实验证据。

### 第二章: 量子力学假设

时长: 4.5 周, 18 课时

内容:

#### 1. 德布罗意波长:

德布罗意波长是如何得出的, 及其物理意义。

## 2.薛定谔方程:

如何构造薛定谔方程, 及其含义。

## 3.波函数和基函数:

波函数的物理含义, 作为概率的度量。关于波函数实际上是什么的哲学辩论。稳态和其他正交基如何构造任何波函数。

## 4.盒子里的粒子:

如何求解无限势阱中的粒子的薛定谔方程能级和稳态。该模型问题在实际情况中的应用。

## 5.测量问题:

在量子力学中执行测量意味着什么。在实验中执行测量的数学步骤。根据初始准备获得各种测量结果的可能性。

## 6.量子力学假设:

介绍量子力学的假设, 并与经典力学的假设比较。

## 7.埃伦费斯特定理:

介绍埃伦费斯特定理以及如何将其应用于期望值。强调埃伦费斯特定理和古典力学之间的联系。

## 8.不确定性原则:

不确定性意味着什么, 以及不确定性如何影响量子力学中的测量。如何在任意测量之间得出不确定性原理。

## 第三章 谐振子

时长: 2.5 周, 20 课时

内容:

### 1.简谐振子:

如何用代数和解析方法求解谐振子的薛定谔方程, 能级和稳态。该模型问题在实际情况中的应用。

### 2.狄拉克符号:

狄拉克符号以及如何操作这些符号。在量子力学中使用抽象符号的优点。

## 第四章: 氢原子

时长 3.5 周, 14 课时

内容:

### 1.角动量:

如何使用角动量算符。找到角动能 ( $L^2$ ) 算符的稳态。

### 2.氢原子

如何求解氢原子的薛定谔方程, 能级和稳态。

### 3.自旋

什么是自旋以及在量子力学中对其进行处理。泡利矩阵的定义和物理意义。

## 第五章不可分辨的粒子

课时: 0.5 周, 2 课时

内容:

### 1.角动量的加法

如何将不同形式的角动量加在一起。两个电子的自旋组合。

## 第六章: 量子力学的应用

课时: 4 周, 16 课时

### 1.变分方法

如何使用变分原理估算任何系统的基态能量。如何估计第一激发态能量。此原理在  $H_2$  分子和 He 原子上的应用。

### 2.时间无关的微扰理论

如何使用微扰理论估算任何系统的能级。如何判断微扰理论是否适合特定问题。通过添加弱电场和磁场，将微扰理论应用于原子与谐振子。

## 三、考核方式

课程目标	考核内容	考核方式
能够将量子力学与原子物理里面的一般概念与纳米科学中出现的概念联系起来,利用量子力学概念来解释纳米材料在微观尺度上的特殊性质。(支撑毕业要求指标点 1-1)	对原子物理与量子物理中概念的理解	课堂测验+闭卷考试
能将数学、自然科学、工程基础和专业知用于分析和量化求解纳米科技领域的复杂问题。(支撑毕业要求指标点 1-2)	对原子物理与量子物理中公式的推导与计算	课堂测验+闭卷考试
能应用数学、自然科学和工程科学的基本原理,辨识和表述纳米科技领域复杂问题的关键环节和基本要素。(支撑毕业要求指标点 2-1)	对原子物理与量子物理中所学的概念与公式进行实际应用,选取正确的模型来对实际问题进行计算与分析的能力	课堂测验+闭卷考试

### 成绩评定方法:

	课堂测验	期中考试	期末考试
课程目标 1	0.4	0.2	0.15
课程目标 2	0.3	0.4	0.55
课程目标 3	0.3	0.4	0.30

### 课程目标(即毕业要求指标点)达成度评价方法:

### 评分标准:

课程目标	90-100 (优秀)	75-89 (良好)	60-74 (及格)	0-59 (不及格)
能够将量子力学与原子物理里面的一般概念与纳米科学	能够准确的对概念进行专业解读,理解并深刻辨析。系统的	能够对专业名字进行系统说明。基本掌握各种概念的物理	能够对各种常见概念有大致了解,对其基本含义进行简单	对于常见概念理解不够到位。无法对各种概念以及其物理

<p>中出现的专业概念联系起来，利用量子力学概念来解释纳米材料在微观尺度上的特殊性质。<b>(支撑毕业要求指标点 1-1)</b></p>	<p>掌握各个概念之间有机的联系。能够用数学语言准确描述概念。</p>	<p>含义以及相互之间的联系。能够使用数学语言描述概念。</p>	<p>描述。能够知道各种概念的联系但不够深入。能够用基本数学语言描述概念,但不够准确。</p>	<p>含义进行描述与解读。无法建立各个概念之间关系。不能用数学语言描述概念。</p>
<p>能够运用数学工具定性分析及定量求解量子力学中遇到的问题。<b>(支撑毕业要求指标点 1-2)</b></p>	<p>能够熟练的应用数学工具解决原子物理与量子力学中的问题。能够从特定问题中准确全面的抽象出数学方程并准确求解,并对结果有着全面的理解。</p>	<p>能够准确应用数学工具解决原子物理与量子力学中的问题。能够从特定问题中抽象出数学方程并求解。</p>	<p>能够应用数学工具解决原子物理与量子力学中的问题,但不够准确。能够对实际问题进行分析并得到大致结论,但无法准确建立数学方程。</p>	<p>无法利用数学工具解决问题,无法从实际模型中抽象出数学方程。</p>
<p>能从实际纳米科技领域复杂问题中抽象出量子力学模型,并应用数学工具进行解决。<b>(支撑毕业要求指标点 2-1)</b></p>	<p>能利用所学知识对纳米科技领域遇到的关键问题进行准确的描述,并能利用数学语言对问题进行建模完整的分析,找到对应的合理解决方案。</p>	<p>能利用所学知识对纳米科技领域遇到的关键问题进行描述,并能利用数学语言对问题进行建模分析,找到对应的解决方案。</p>	<p>能利用所学知识对纳米科技领域遇到的关键问题进行描述,但不准确。并能利用数学语言对问题进行建模分析,找到对应的解决方案,但有缺陷。</p>	<p>无法利用所学知识处理纳米科技领域遇到的实际问题,无法提出有效的解决方案。</p>