

# 《理论物理导论》课程教学大纲

## 一、课程概况

课程名称	理论物理导论	课程号	1412063
课程英文名称	Introduction to theoretical physics	学时/学分	72/4
课程性质	必修	适用专业	新能源材料与器件、材料物理、功能材料
课程负责人	司明苏	教学团队	栗军帅, 王丹
选用教材及参考书目	教材:《量子物理》, 作者: 赵凯华, 高等教育出版社。 参考书:《Quantum Mechanics》, 作者: Guo-ping Zhang 等, De Gruyter 出版社;《量子力学》, 作者: 钱伯初, 高等教育出版社;《量子力学卷 I》, 作者: 曾谨言, 科学出版社;《Quantum mechanics》, 作者: Cohen-Tannoudji 等, Willey 出版社。		
<b>课程简介:</b> 该课程的讲授对象主要是物理、化学和材料相关专业的本科生, 使其掌握量子力学的基本概念, 并会熟练使用定态薛定谔方程求解一维简单系统。在此基础上, 能够使用微扰和变分等近似方法处理较为复杂的真实体系。最后要求学生能够使用量子力学解释简单的物理、材料和化学相关的实验结果, 具备量子力学处理微观问题的思维。			
<b>课程目标 (Course Objectives, CO)</b>			
知识目标 (CO1)	一、熟悉掌握的基本概念: 黑体辐射, 光谱线, 光电效应, 能量量子化, 波粒二象性, 德布罗意物质波, 波函数, 几率诠释, 含时、定态薛定谔方程, 哈密顿量算符, 动量算符, 势能算符, 位置算符, 厄密共轭, 厄密算符, 期望值, 对易关系, 海森堡不确定关系, 能量本征方程, 本征矢的正交归一及完备性, 量子隧穿, 角动量, 对称性与守恒定律, 海森堡运动方程, 简并态, 球谐函数和分子轨道, 成键和反键态, 自旋, Stern - Gerlach 实验, 泡利矩阵, 总角动量, 兰德 g 因子, 洪德法则, 泡利不相容原理, 塞曼效应, Rabi 震荡, X-ray, 光电效应, STM, Stark 效应, van der Waals 力, Franck - Hertz 实验。 二、熟记的基本公式: Plank 能量量子化, 德布罗意物质波, 海森堡不确定关系, 含时、定态薛定谔方程, 哈密顿量算符, 动量算符, 位置算符, 势能算符, 基本对易关系, 期望值公式, 一维无限深势阱的本征能量和本征矢, 谐振子的基本对易关系、哈密顿量及升降算符的本征方程, 角动量的对易式, 角动量平方和角动量 z 分量的本征方程, 角动量升降算符的本征方程, 氢原子的能量量子化公式, 波尔半径, 泡利矩阵。 三、学会使用定态薛定谔方程求解一维简单系统以及简单体系的时间演化问题, 并会使用微扰论和变分原理处理简单的真实系统, 如氢分子以及一维碳原子链等。		
能力目标 (CO2)	能用薛定谔方程求解简单系统, 会使用量子力学分析处理物理、化学以及材料学科中常见的量子问题, 并具备量子力学理解微观世界的思维。		
素质、情感价值观目标 (CO3)	了解量子力学建立相关人物的生平简介: 如波尔, 德布罗意, 爱因斯坦, 薛定谔, 海森堡, 波恩, 狄拉克等; 并且能够掌握相关专业		

		英语词汇：如 Heisenberg uncertainty relation, Schrodinger equation, perturbation theory, Bohr model 等。					
教学方式 (Pedagogical Methods,PM)	<input type="checkbox"/> PM1 讲授法教学	学时 100 %	<input type="checkbox"/> PM2 研讨式学习	学时 %			
	<input type="checkbox"/> PM3 案例教学	学时 %	<input type="checkbox"/> PM4 翻转课堂	学时 %			
	<input type="checkbox"/> PM5 混合式教学	学时 %	<input type="checkbox"/> PM6 体验式学习	学时 %			
考核方式 (Evaluation Methods,EM)	考试课 必选	<input type="checkbox"/> EM1 课程作业	50%	<input type="checkbox"/> EM2 单元测试	%	<input type="checkbox"/> EM3 课堂辩论	%
		<input type="checkbox"/> EM4 期中考试	%	<input type="checkbox"/> EM5 期末考试	50%	<input type="checkbox"/> EM6 撰写论文/ 实验报告	%
	考查课 必选	<input type="checkbox"/> EM1 课程作业	%	<input type="checkbox"/> EM2 单元测试	%	<input type="checkbox"/> EM3 课堂辩论	%
		<input type="checkbox"/> EM4 期末考试	%	<input type="checkbox"/> EM5 撰写论文/ 实验报告	%		
	自选	<input type="checkbox"/> EM10 课堂 互动	%	<input type="checkbox"/> EM11 实验	%	<input type="checkbox"/> EM12 实训	%
		<input type="checkbox"/> EM13 实践	%	<input type="checkbox"/> EM14 期末考试	%		

## 二、教学大纲的定位说明

### （一）课程教学目标与任务

1.通过本课程的教学，应使学生掌握量子力学的基本理论，基础知识和基本技能；认识量子世界的运动特点、规律和研究方法。

2.了解力学量的测量原理和基本方法；建立薛定谔方程解决一维体系的基本原理和处理方法。

3.能正确理解量子力学的教学内容，能解决物理、化学和材料实验中遇到的量子力学问题。

4.为学生进一步学习材料科学、固体物理等后续课程打下良好的基础。

### （二）课程教学目标与培养目标的关系

使学生掌握扎实的量子力学基本理论，为后续课程学习以及研究提供知识积累，支撑解决处理日常工作中遇到的量子物理问题。支撑新能源材料与器件专业、材料物理专业、功能材料专业、材料化学专业培养要求的 1.2、1.3、2.2、4.1 和 9.1。

### （三）支撑课程目标的教学内容与方法

讲授教学方式加课后习题练习为主，辅助习题讲解、课后讨论以及实验实习。

### （四）先修课程要求，与先修及后续相关课程之间的逻辑关系和内容衔接

先修课程：普通物理，高等数学及线性代数；先修课程要使学生理解力学量的基本概念，微积分和微分方程的简单求解，以及矩阵相关的基本概念；且这些先修内容是本课程

的基础支撑。

### （五）检验课程目标达成度的考核方法和评分标准

闭卷考试，课后习题完成情况以及到课率，各占 50%。

## 三、课程内容与安排

（以下仅给出本课程的章节内容的整体安排，具体知识点的讲授顺序由代课老师本人把握。）

### 第一章 量子力学背景与简介（共 6 学时）

**学习目标：**使学生了解经典力学的困境以及建立量子力学必要性。

**教学重点：**黑体辐射，原子光谱，单光子干涉、波粒二象性、德布罗意物质波、波函数、几率幅、可观测量与厄密算符、期望值

**教学难点：**波粒二象性、波函数、几率幅

**教学方法：**讲授方式。

第一节 黑体辐射与能量量子化（1 学时）

第二节 波粒二象性与德布罗意波（1 学时）

第三节 量子态与波函数（1 学时）

第四节 波函数的物理性质（1 学时）

第五节 可观察量算符和期望值（1 学时）

第六节 厄密算符（1 学时）

### 第二章 薛定谔方程（共 10 学时）

**学习目标：**使学生掌握薛定谔方程相关的基本理论。

**教学重点：**含时薛定谔方程，电流密度和连续性方程，Dirac 符号，厄密共轭，定态薛定谔方程，本征方程，本征态，定态的时间演化，一维无限深势阱，宇称对称性，纯态，混

合态，有限深势阱，量子隧穿

**教学难点：**有限深势阱，量子隧穿

**教学方法：**讲授方式。

第一节 含时薛定谔方程（1学时）

第二节 定态薛定谔方程（2学时）

第三节 一维无限深势阱（2学时）

第四节 一维有限深势阱（3学时）

第五节 量子隧穿（2学时）

第三章 谐振子和黑体辐射（共10学时）

**学习目标：**使学生掌握量子力学处理谐振子相关的基本理论。

**教学重点：**算符、对易关系，海森堡不确定关系，谐振子的升降算符，谐振子的哈密顿量及本征能量、本征矢，升降算符的本征方程，位置、动量算符及平方的期望值，谐振子的时间演化（含薛定谔和海森堡图像），黑体辐射，光电效应

**教学难点：**谐振子的升降算符，位置、动量算符及平方的期望值，谐振子的时间演化

**教学方法：**讲授方式。

第一节 算符和海森堡不确定关系（2学时）

第二节 谐振子（2学时）

第三节 升降算符的简单应用（1学时）

第四节 谐振子的时间演化：薛定谔图像和海森堡图像（2学时）

第五节 黑体辐射（2学时）

## 第六节 光电效应 (1 学时)

## 第四章 轨道角动量和氢原子 (共 12 学时)

### 学习目标:

使学生掌握轨道角动量和氢原子的基本理论。

**教学重点:** 波尔理论模型, 波尔半径, 对易算符的共同本征方程, 轨道角动量, 球谐函数, 轨道角动量升降算符及本征方程, 轨道角动量的矩阵表示, 球谐函数和原子轨道, 径向波函数, 氢原子能量表达式, 对称与守恒量, 海森堡运动方程, Frank-Hertz 实验

**教学难点:** 对易算符的共同本征方程, 轨道角动量的矩阵表示

**教学方法:** 讲授形式。

### 第一节 波尔模型 (2 学时)

### 第二节 对易算符的共同本征方程 (1 学时)

### 第三节 轨道角动量 (3 学时)

### 第四节 轨道角动量的空间量子化和矩阵表示 (2 学时)

### 第五节 氢原子与中心场, 对称性与守恒定律 (1 学时)

### 第六节 氢原子 (2 学时)

### 第七节 Franck - Hertz 实验 (1 学时)

## 第五章 不含时近似理论 (共 12 学时)

**学习目标:** 使学生掌握微扰论和变分原理的基本理论, 并会用微扰论和变分原理处理简单体系, 如带电谐振子, 氢分子等。

**教学重点:** 非简并微扰论, 能量的一阶、二阶修正, 波函数的一阶修正, 带电谐振子, van der Waals 力, 简并微扰

论，氢分子离子，Stark 效应，变分原理，分子轨道

**教学难点：**简并微扰论，变分原理

**教学方法：**讲授方式。

第一节 非简并微扰论（2 学时）

第二节 非简并微扰论例题讲解（2 学时）

第三节 简并微扰论（2 学时）

第四节 简并微扰例题讲解（2 学时）

第五节 变分原理（2 学时）

第六节 变分原理例题讲解（2 学时）

第六章 自旋（共 13 学时）

**学习目标：**使学生掌握自旋和泡利矩阵的基本知识，理解自旋、轨道角动量的耦合方式，以及与磁场的相互作用。

**教学重点：**Stern-Gerlach 实验，泡利矩阵，自旋矩阵，总波函数，自旋和轨道角动量的合成，总角动量，LS 耦合，自旋-轨道耦合，Lande-g 因子，Hund 法则，光谱项标记，自旋、轨道与磁场的相互作用，塞曼能，赛曼效应，电子自旋共振（ESR）

**教学难点：**兰德 g 因子，赛曼效应

**教学方法：**讲授方式。

第一节 历史背景，自旋量子态以及泡利矩阵（3 学时）  
总角动量（3 学时）

第二节 自旋、轨道与磁场的相互作用（3 学时）

第三节 Stern - Gerlach 实验的理论解释（2 学时）

第四节 赛曼效应（2 学时）

第七章 含时近似方法（共 9 学时）

**学习目标:** 使学生掌握如何使用量子力学处理含时体系，并了解光的线性响应。

**教学重点:** 含时微扰理论，光与物质的相互作用，库仑规范，偶极近似，偶极跃迁选择定制，跃迁几率，Rabi 震荡，光的线性响应，激光。

**教学难点:** Rabi 震荡，偶极近似，光的线性响应

**教学方法:** 讲授方式。

第一节 辐射与选择定制 (2 学时)

第二节 含时微扰论 (2 学时)

第三节 含时微扰论的例题讲解 (含 Rabi 震荡和二能级体系) (2 学时)

第四节 光的线性响应 (3 学时)

制定人: 司明苏

审定人: 张军伟

批准人: 贺德行

日期: 2024.10.10