



# 安徽师范大学

## 原子物理学

### 2009年省级精品课程申报

[主页](#)[教学大纲](#)[教学课件](#)[电子教案](#)[习题解答](#)[延伸阅读](#)[习题库](#)[物理学家](#)

现在位置：首页 >>

教学大纲

### 《原子物理学》教学大纲

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 课程性质：专业基础课程 | 先修课程：力学、电磁学、光学      |
| 总学时：60      | 学分：3.5              |
| 理论学时：60     | 实验学时：实验纳入《近代物理实验》课程 |
| 开课学院：物电学院   | 适用专业：物理学            |
| 大纲执笔人：凤尔银   | 大纲编写时间：2007年元月      |
| 教研室主任审核：凤尔银 | 教学院长审定：             |

#### 一、说明

##### 1、课程的性质、地位和任务

原子物理学为物理学专业的必修课，是物理学专业的一门重要基础课。本课程的主要目标和任务是：以原子结构为中心，以实验事实为线索，了解原子和原子核层次的物质结构及运动和变化规律，揭示宏观现象与规律的本质。介绍有关问题所需要的量子力学基本概念，阐述物质微观结构三个层次的物理过程、研究方法，培养创新思维。使学生对物质世界有更深入的认识，获得在本课程领域内分析和处理一些最基本问题的初步能力。

##### 2、课程教学的基本要求

通过本课程的学习，力图使学生初步建立描述微观世界的物理图像，理解适应微观世界的新概念，掌握处理微观世界物理问题的新方法，为后续《量子力学》课程的学习打下一定的基础；本课程涉及知识面较广，讲授时要针对实际情况，对内容加以选择，尽量做到详略得当，让学生既能较全面，又能较深刻地理解和掌握。课程教学中，要结合有关内容，适当将一些背景材料和物理学史引入教学，以利于加深对新知识的理解和把握。同时，通过介绍二十世纪初物理学家，在解决经典物理学应用于微观粒子体系遇到困难时的大胆探索、勇于出新的思想脉络，使学生受到创新意识和创新精神方面的熏陶和教育，提高学生分析问题和解决问题的能力。使学生了解物理学家对物质结构的实践——理论——再实践的认识过程，引导学生养成严谨、活跃、创新的思维方式和学习方法。

##### 3、本课程的重点与难点

**重点：**培养学生初步建立微观世界的物理图像，掌握描述原子结构的基本概念、基本原理和方法；掌握认识原子世界的基本规律，以便从思想和方法上做好准备，为今后学习量子力学打下基础。

**难点：**由于原子物理学课程是学生第一次系统的接触到的近代物理学的理论体系，它的许多概念、观点与学生长期形成的观念不相符合。因此在教学过程中，一定要千方百计做好这个观念上的转化工作，让学生逐步形成适应微观世界的思维方式，循序渐进的从经典物理世界走进量子世界。

#### 二、课堂教学时数及课后作业题型分配

| 章目  | 教学内容       | 教学时数 | 教学方式或手段 | 课后作业 |     |
|-----|------------|------|---------|------|-----|
|     |            |      |         | 思考题  | 练习题 |
| 绪论  |            | 2    | 讲授（课件）  |      |     |
| 第一章 | 原子的基本状况    | 3    | 讲授（课件）  | √    | √   |
| 第二章 | 原子的能级和辐射   | 9    | 讲授（课件）  | √    | √   |
| 第三章 | 量子力学初步     | 5    | 讲授（课件）  |      | √   |
| 第四章 | 碱金属原子和电子自旋 | 10   | 讲授（课件）  | √    | √   |
| 第五章 | 多电子原子      | 8    | 讲授（课件）  | √    | √   |
| 第六章 | 原子的壳层结构    | 4    | 讲授（课件）  | √    | √   |
| 第七章 | 在磁场中的原子    | 6    | 讲授（课件）  | √    | √   |
| 第八章 | X射线        | 5    | 讲授（课件）  | √    | √   |
| 第九章 | 原子核物理简介    | 6    | 讲授（课件）  | √    | √   |
| *   | 机动         | 2    |         |      |     |
| 合计  |            | 60   |         |      |     |

#### 三、本文

##### 绪论

##### 【教学目的】

了解原子物理学的研究对象、发展简史及课程的特点、学习方法、要求。

##### 第一节 原子物理学的研究对象、基本内容和发展简史

1. 原子物理学的发展简史
2. 原子物理学的地位与作用
3. 原子物理学的基本内容及研究前景

## 第二节 原子物理学的学习方法、教学要求

1. 原子物理学的学习方法
2. 教学要求
3. 参考读物

### 第一章 原子的基本状况

#### 【教学目的】

掌握原子的静态性质；了解电子的发现、 $\alpha$ 粒子散射实验等实验事实；掌握库仑散射公式和卢瑟福散射公式的推导、原子核大小的估计和原子的核式结构。

#### 【重点难点】

原子质量和大小的量级；卢瑟福散射公式；原子的核式模型。

#### 第一节 原子的质量和大小

原子的质量，原子的大小量级；

#### 第二节 原子的核式结构

原子的汤姆逊模型及其困难， $\alpha$ 粒子散射实验，卢瑟福核式结构模型， $\alpha$ 粒子散射理论，原子核的大小量级，同位素。

## 第二章 原子的能级和辐射

#### 【教学目的】

掌握氢原子及类氢离子光谱规律及类氢离子光谱线系公式；掌握玻尔理论的要点，会画能级跃迁图；理解夫兰克—赫兹实验原理、方法及结论；一般了解索末菲量子化条件及应用；理解量子化这一新的规律，学习这一规律提出中物理学家的探索和创新精神；理解玻尔对应原理、玻尔理论的地位和缺陷；了解原子的自发辐射、受激辐射与吸收。

#### 【重点难点】

重点：玻尔氢原子理论；量子化、量子数、跃迁等概念及重要性；夫兰克—赫兹实验；

难点：量子理论的建立、空间量子化

### 第一节 氢原子光谱的实验规律

- (1) 光谱学与原子结构研究
- (2) 氢原子光谱的实验规律
- (3) 氢原子的光谱线系；经典理论的困难。

### 第二节 玻尔的氢原子理论和原子能级

- (1) 玻尔量子化假设及其提出背景；
- (2) 氢原子能级和跃迁；
- (3) 氢原子光谱线系的解释；
- (4) 玻尔理论中的普遍规律。

#### 第三节 类氢离子的光谱

- (1) 类氢离子光谱的实验规律；
- (2) 玻尔理论对类氢离子的解释；
- (3) 里德伯常数的变化——核运动的影响

### 第四节 夫兰克—赫兹实验与原子能级

- (1) 实验的核心思想；
- (2) 实验装置及现象；
- (3) 实验现象的理论解释；
- (4) 实验结论。

### 第五节 电子轨道量子化

- (1) 量子化通则；
- (2) 电子的椭圆轨道运动；
- (3) 氢原子能量的相对论效应；
- (4) 空间量子化。

#### 第六节 对应原理和玻尔理论的地位

- (1) 对应原理；
- (2) 玻尔理论的成就及其局限性

## 第三章 量子力学简介

#### 【教学目的】

了解量子力学的几个基本概念，和对微观粒子体系描述的理论出发点与方法，理解量子化是薛定谔方程和波函数物理意义的自然结果。不要求应用薛定谔方程解题。

#### 【重点难点】

重点：德布罗意假设和微观粒子的波粒二象性、波函数的统计诠释、不确定关系、求解定态薛定谔方程（本征问题）的基本步骤、量子力学对氢原子的描

述及三个量子数 $n, l, m_l$ 。

难点：波函数的统计诠释、不确定关系、量子力学对氢原子的描述。

#### 第一节 波粒二象性

- (1) 德布罗意假设；
- (2) 波粒二象性；
- (3) Davisson-Germer电子衍射实验；
- (4) 测不准关系。

#### 第二节 波函数及物理意义

- (1) 微观状态的描述——波函数；
- (2) 波函数的物理意义；
- (3) 几个原理性验证实验
- (4) 薛定谔方程及应用举例。

#### 第三节 量子力学对氢原子的描述

- (1) 量子力学对氢原子的描述；
- (2) 描述电子空间运动的三个量子数 $n, l, m_l$ 。
- (3) 与玻尔量子论结果的比较。

## 第四章 碱金属原子和电子自旋

#### 【教学目的】

掌握碱金属原子能级和光谱的一般特性；理解原子实极化与轨道贯穿的作用；掌握电子自旋概念与自旋量子数的意义；掌握角动量耦合方法，理解电子自旋与轨道运动的相互作用；掌握碱金属原子光谱精细结构形成的物理本质；掌握单电子原子态符号描述。轨道贯穿、原子实极化及相对论效应只作定性说明。

#### 【重点难点】

重点：碱金属原子光谱、电子自旋、单电子角动量的合成、四个量子数、单电子跃迁选择定则、光谱的精细结构。

难点：电子自旋概念；碱金属原子能级分裂的物理原因；光谱精细结构的成因分析。

#### 第一节 碱金属原子的光谱

- (1) 碱金属原子的光谱的实验规律；
- (2) 与氢原子光谱的比较；
- (3) 线系及线系公式；
- (4) 光谱项公式、量子亏损；
- (5) 能级图。

#### 第二节 原子实极化和轨道贯穿

- (1) 原子实和价电子；
- (2) 原子实的极化效应；
- (3) 价电子的轨道贯穿效应。

#### 第三节 碱金属原子光谱的精细结构

- (1) 实验规律；
- (2) 实验结果的分析与推论；

#### 第四节 电子自旋 自旋—轨道相互作用

(1) 电子自旋概念；(2) 单电子总角动量；(3) 自旋—轨道运动相互作用能；(4) 碱金属原子能级的精细结构；(5) 碱金属原子态符号；

#### 第五节 单电子辐射跃迁选择定则

(1) 单电子跃迁选择定则；(2) 碱金属原子光谱精细结构的解释；

#### 第六节 氢原子光谱的精细结构

(1) 氢原子能级的精细结构；(2) 氢原子光谱的精细结构；(3) 兰姆位移。

### 第五章 多电子原子

#### 【教学目的】

熟练掌握两个价电子的耦合方法、氢和碱土金属原子态的推求，并能够熟练画出相应的能级跃迁简图；熟练掌握泡利不相容原理和辐射跃迁的选择定则，并能应用；了解多电子原子光谱的一般规律；了解激光器的工作原理。

#### 【重点难点】

重点：L-S 耦合；洪特规则和朗德间隔定则；多电子原子的光谱、能级图和原子态；泡利原理和同科电子原子态的确定；辐射跃迁的通用选择定则。

难点：L-S 耦合；泡利原理和同科电子原子态的确定。

#### 第一节 氢和碱土金属原子光谱和能级

(1) 氢原子光谱的五个特点；(2) 氢原子的能级结构方式；(3) 镁原子光谱及能级结构。

#### 第二节 具有两个价电子的原子态

(1) 电子组态；(2) 电子间的磁相互作用；(3) LS耦合方案；(4) LS耦合中的经验规则；(5) LS耦合模型对He、Mg能级结构的理解；(6) jj耦合；(7) 两种角动量耦合模型比较。

#### 第三节 泡利原理与同科电子

(1) 电子的量子状态描述；(2) 泡利原理；(3) 同科电子；(4) 同科电子形成的原子态。

#### 第四节 复杂原子光谱的一般规律

(1) 光谱和能级的位移定则；(2) 能级多重性的交替律；(3) 三个或三个以上价电子原子态的推导。(4) 几个经验规则。

#### 第五节 辐射跃迁的选择定则

(1) 电偶极跃迁；(2) 拉波特定则；(3) LS耦合的选择定则；(4) jj耦合的选择定则。(5) He、Mg的能级跃迁图

#### 第六节 激光器的工作原理简介

(1) 吸收、自发辐射和受激辐射；(2) 激光产生的条件；(3) 激光器的组成部分；(4) He—Ne激光器工作原理；(5) 激光器的应用

### 第六章 原子的壳层结构

#### 【教学目的】

了解元素周期表的结构，掌握玻尔对元素周期表的物理解释；理解并掌握电子填充原子壳层的原则；能正确写出原子基态的电子组态，并求出其基态的原子态符号；了解电子填充壳层时出现能级交错的原因。

#### 【重点难点】

重点：电子填充壳层的原则；原子基态的确定。

难点：原子基态的确定。

#### 第一节 元素性质的周期性变化

(1) 元素周期表；(2) 元素性质的周期性变化

#### 第二节 原子的电子壳层结构

(1) 描述电子状态的两套量子数；(2) 泡利不相容原理；(3) 壳层和次壳层最多容纳的电子数；(4) 壳层和次壳层的光谱学符号；(5) 能量最低原理

#### 第三节 原子基态的确定

(1) 满壳层和满次壳层角动量为零；(2) 洪特规则；(3) 原子基态的确定

#### 第四节 元素周期表的形成

(1) 电子的能级填充次序；(2) 元素周期表的建造

### 第七章 在磁场中的原子

#### 【教学目的】

掌握原子磁矩概念和有关计算；掌握原子在外磁场中附加能量公式，并能用来解释原子能级在外磁场中分裂现象；正确解释史特恩—盖拉赫实验的结果；用量子理论对塞曼效应、帕邢—巴克效应作出解释，能进行塞曼谱线的波数计算；一般了解物质的磁性、顺磁共振、核磁共振等概念和原理

#### 【重点难点】

重点：原子磁矩、原子能级在磁场中的分裂、塞曼效应、史特恩-盖拉赫实验结果的分析。

难点：拉莫尔进动；帕邢—巴克效应。

#### 第一节 原子的磁矩

(1) 电子的轨道运动磁矩和自旋运动磁矩；(2) 单电子原子的总磁矩和朗德因子；(3) 具有两个或两个以上价电子原子的磁矩(LS耦合)；(4) 具有两个或两个以上价电子原子的磁矩(jj耦合)

#### 第二节 外磁场对原子的作用

(1) 拉莫尔进动与拉莫尔频率；(2) 原子受磁场作用的附加能量(分弱场和强场两种情形)

#### 第三节 史特恩—盖拉赫实验

(1) 实验的背景和核心思想；(2) 实验装置及非均匀磁场中原子的运动分析；(3) 实验结果与分析；(4) 实验的结论与意义。

#### 第四节 塞曼效应

(1) 塞曼效应实验现象；(2) 塞曼效应的理论解释；(3) 几个原子谱线塞曼分裂的讨论；(4) 塞曼分裂谱线的偏振性质。

#### 第五节 帕邢—巴克效应

(1) 帕邢—巴克效应；(2) 帕邢—巴克效应的理论解释；(3) 与塞曼效应的比较；(4) 关于强场和弱场。

#### 第六节 物质的磁性、顺磁共振、核磁共振

(1) 抗磁性和顺磁性；(2) 顺磁共振原理与实验；(3) 核磁共振原理与实验。

### 第八章 X射线

#### 【教学目的】

了解X射线的性质；掌握X射线的连续谱与标识谱的特征和产生的机制；掌握与X射线标识谱相关的原子能级结构；了解物质对X射线吸收的规律；掌握康普顿散射。

#### 【重点难点】

重点：X射线连续谱与标识谱及产生机制；莫塞莱定律；康普顿散射。

难点：X射线的连续谱与标识谱产生的机制、与X射线标识谱相关的原子能级结构。

#### 第一节 X射线的产生及性质

(1) X射线的产生；(2) X射线的性质；(3) X射线的波长测量方法(晶体衍射)

#### 第二节 X射线的发射谱

(1) X射线的发射谱；(2) 连续谱、特征及其产生机理；(3) 标识谱及特点；(4) 莫塞莱定律；(5) 标识谱的产生机理

#### 第三节 同X射线标识谱相关的原子能级

(1) 内壳层具有一个空位的状态描述；(2) X射线标识谱相关的原子能级及跃迁

#### 第四节 X射线的吸收谱

- (1) 光子与物质的相互作用；(2) 吸收谱与吸收限；(3) 吸收限与原子能级。  
第五节 康普顿效应  
(1) 康普顿散射实验现象；(2) 康普顿散射的理论解释；(3) 康普顿散射实验的意义。

## 第九章 原子核物理简介

### 【教学目的】

了解原子核的各种性质；掌握原子核结合能的计算方法；掌握原子核的放射性衰变规律；掌握 $\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 衰变的规律；掌握核力的性质，理解核力的介子论；掌握核反应遵循的守恒定律、核反应中的反应能和阈能的计算；理解重核裂变和轻核聚变的机制，了解原子能的利用。

### 【重点难点】

重点：结合能概念及计算；放射性衰变的类型、衰变规律、衰变能等概念和计算；重核裂变和轻核聚变过程中的核能释放与利用。

难点：核力的介子论。

#### 第一节 原子核的基本性质

- (1) 原子核的电荷；(2) 原子核的质量；(3) 核的组成；(4) 核的大小与形状；(5) 核自旋与核磁矩；(6) 核的统计性质与宇称；(7) 原子核的结合能及特点。

#### 第二节 原子核的放射性衰变

- (1) 核衰变的几种模式；(2)  $\alpha$ 衰变基本规律及衰变能；(3)  $\beta$ 衰变基本规律及衰变能；(4)  $\gamma$ 衰变；(5) 放射性衰变定律、半衰期和平均寿命。

#### 第三节 核力与介子

- (1) 核力的性质；(2) 电磁力的产生机制；(3) 核力的介子理论

#### 第四节 核反应

- (1) 几个著名的核反应；(2) 核反应中的守恒定律；(3) 核反应能计算的几种方法；(4) 核反应阈能。

#### 第五节 原子能的利用

- (1) 重核裂变；(2) 裂变能的计算；(3) 反应堆与原子弹；(4) 轻核聚变及困难；(5) 太阳能——引力约束聚变；(6) 氢弹——惯性约束聚变；(7) 磁约束可控聚变反应堆——人类不竭能源的希望

### 【课程考试】

本课程的成绩由平时成绩(占30%)和期末考试成绩(占70%)组成。其中，平时成绩依据作业和课堂提问、讨论、出勤等评定。期末考试采用闭卷、笔试方式，主要考查基本概念、基本理论和基本知识，测评学生的理解、分析和综合应用等能力。

## 四、使用教材与教学参考书目

### 【使用教材】

褚圣麟，原子物理学，北京：高等教育出版社，1979年，第一版，2004年，第25次印刷。(本书在1987年国家教育委员会举办的全国优秀教材评选中获国家教委一等奖。)

### 【教学参考书目】

- 1、杨福家，原子物理学，北京：高等教育出版社，2000年，第三版，第一次印刷。
- 2、J. Bernstein、史斌星，Modern Physics (改编版)近代物理学，北京：高等教育出版社，2005年，第一版，第一次印刷。
- 3、梁绍荣、刘昌年、盛正华，普通物理学——近代物理学(第5册)，北京：高等教育出版社，1994，第一版，第一次印刷。
- 4、赵玲玲，原子物理学，上海：上海科学技术文献出版社，1986年



版权所有：安徽师范大学精品课程 - 原子物理

Copyright ©2007 All Rights Reserved

安徽师范大学物理与电子信息学院