

# 中国科学院大学硕士研究生入学考试

## 《量子力学》考试大纲

本《量子力学》考试大纲适用于中国科学院大学物理学相关各专业（包括理论与实验类）硕士研究生的入学考试。本科目考试的重点是要求熟练掌握波函数的物理解释，薛定谔方程的建立、基本性质和精确的以及一些重要的近似求解方法，理解这些解的物理意义，熟悉其实际的应用。掌握量子力学中一些特殊的现象和问题的处理方法，包括力学量的算符表示、对易关系、不确定度关系、态和力学量的表象、电子的自旋、粒子的全同性、泡利原理、量子跃迁及光的发射与吸收的半经典处理方法等，并具有综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力。

### 一. 考试内容:

#### (一) 波函数和薛定谔方程

波粒二象性，量子现象的实验证实。波函数及其统计解释，薛定谔方程，连续性方程，波包的演化。能量本征值方程，定态与非定态。态叠加原理，测量与波包的塌缩。

#### (二) 一维势场中的粒子

一维势场中粒子能量本征态的一般性质，一维方势阱的束缚态，方势垒的穿透，方势阱中的反射、透射与共振。 $\delta$ -势的穿透和 $\delta$ -势阱中的束缚态，一维谐振子。

#### (三) 力学量用算符表示

各种算符的定义及算符的运算规则。厄米算符的本征值与本征函数。不确定关系，共同本征函数，对易力学量的完全集。箱归一化，连续本征函数的归一化。力学量平均值随时间的演化，量子力学的守恒量。波包的运动，Ehrenfest 定理。薛定谔-图像与海森伯-图像。

#### (四) 中心力场和电磁场中粒子的运动

两体问题化为单体问题，球对称势和径向方程，自由粒子和球形方势阱，三维谐振子，氢原子及类氢离子。电磁场中的薛定谔方程，电磁场的规范不变性。正常 Zeeman 效应，Landau 能级。

#### (五) 量子力学的矩阵表示与表象变换

态和算符的矩阵表示，表象变换，狄拉克符号，一维谐振子的占有数表象。

#### (六) 自旋及角动量的耦合

电子自旋态与自旋算符，总角动量的本征态，碱金属原子光谱的双线结构与反常塞曼效应，自旋单态与三重态，光谱线的精细和超精细结构，自旋纠缠态。角动量的本征值与本征态，两个角动量的耦合，耦合表象及无耦合表象基矢。

#### (七) 定态问题的近似方法

定态非简并微扰论，定态简并微扰论，变分法。

#### (八) 量子跃迁

量子态随时间的演化，突发微扰与绝热微扰，周期微扰和有限时间内的常微扰，光的吸收与辐射的半经典理论。

### (九) 多体问题

全同粒子系统，氦原子，氢分子。

## 二. 考试要求:

### (一) 波函数和薛定谔方程

1. 了解波粒二象性假设的物理意义及其主要实验事实。
2. 熟练掌握波函数的标准化条件：有限性、连续性和单值性。深入理解波函数的概率解释。
3. 理解态叠加原理以及任何波函数按不同动量的平面波展开的方法及其物理意义。
4. 熟练掌握薛定谔方程的建立过程。深入了解定态薛定谔方程，定态与非定态波函数的意义及相互关系。了解连续性方程的推导及其物理意义。

### (二) 一维势场中的粒子

1. 熟练掌握一维薛定谔方程边界条件的确定和处理方法。
2. 熟练掌握一维无限深方势阱的求解方法及其物理讨论，掌握一维有限深方势阱束缚态问题的求解方法。
3. 熟练掌握势垒贯穿的求解方法及隧道效应的解释。掌握一维有限深方势阱的反射、透射的处理方法及共振现象的发生。
4. 熟练掌握一维谐振子的能谱及其定态波函数的一般特点及其应用。
5. 了解 $\delta$ -函数势的处理方法。

### (三) 力学量用算符表示

1. 掌握算符的本征值和本征方程的基本概念。
2. 熟练掌握厄米算符的基本性质及相关的定理。
3. 熟练掌握坐标算符、动量算符以及角动量算符，包括定义式、相关的对易关系及本征值和本征函数。
4. 熟练掌握力学量取值的概率及平均值的计算方法。理解两个力学量同时具有确定值的条件和共同本征函数。
5. 熟练掌握不确定度关系的形式、物理意义及其一些简单的应用。
6. 理解力学量平均值随时间变化的规律。掌握如何根据哈密顿算符来判断该体系的守恒量。

### (四) 中心力场

1. 熟练掌握两体问题化为单体问题及分离变量法求解三维库仑势问题。
2. 熟练掌握氢原子和类氢离子的能谱及基态波函数以及相关的物理量的计算。
3. 了解球形无穷深方势阱及三维各向同性谐振子的基本处理方法。

### (五) 量子力学的矩阵表示与表象变换

1. 理解力学量所对应的算符在具体表象的矩阵表示。
2. 了解表象之间么正变换的意义和基本性质。
3. 掌握量子力学公式的矩阵形式及求解本征值、本征矢的矩阵方法。

4. 了解狄拉克符号的意义及基本应用。
5. 熟练掌握一维简谐振子的代数解法和占有数表象。

#### (六) 自旋

1. 了解斯特恩—盖拉赫实验。电子自旋回转磁比率与轨道回转磁比率。
2. 熟练掌握自旋算符的对易关系和自旋算符的矩阵形式(泡利矩阵)、与自旋相联系的测量值、概率和平均值等的计算以及其本征值方程和本征矢的求解方法。
3. 了解电磁场中的薛定谔方程和简单塞曼效应的物理机制。
4. 了解自旋-轨道耦合的概念、总角动量本征态的求解及碱金属原子光谱的精细和超精细结构。
5. 熟练掌握自旋单态与三重态求解方法及物理意义, 了解自旋纠缠态概念。

#### (七) 定态问题的近似方法

1. 了解定态微扰论的适用范围和条件。
2. 掌握非简并的定态微扰论中波函数一级修正和能级一级、二级修正的计算。
3. 掌握简并微扰论零级波函数的确定和一级能量修正的计算。
4. 掌握变分法的基本应用。

#### (八) 量子跃迁

1. 了解量子态随时间演化的基本处理方法。掌握量子跃迁的基本概念。
2. 了解突发微扰、绝热微扰及周期微扰和有限时间内的常微扰的跃迁概率计算方法。
3. 了解光的吸收与辐射的半经典理论, 特别是选择定则的定义及其作用。
4. 了解氢原子一级斯塔克效应及其解释。

#### (九) 多体问题

1. 了解量子力学全同性原理及其对于多体系统波函数的限制。
2. 了解费米子和波色子的基本性质和泡利原理。
3. 了解氦原子及氢分子的基本近似求解方法以及解的物理讨论。

### 三. 主要参考书目:

《量子力学教程》 曾谨言著 (科学出版社 2003 年第 1 版)。

编制单位: 中国科学院大学

日期: 2023 年 6 月 26 日