

中国科学院大学硕士研究生入学考试 《量子力学》考试大纲

概述：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理解波函数的物理解释，熟练掌握Schrödinger方程的建立、基本性质、精确求解以及一些重要的近似求解方法，理解这些解的物理意义，熟悉其实际应用。掌握量子力学中一些特殊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、量子跃迁以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。

适用范围：本大纲适用于中国科学院大学硕士研究生入学考试《量子力学》科目。

考试形式：闭卷，考试时间 180 分钟，满分 150 分。

一、考试内容

（一）波函数和Schrödinger方程

波粒二象性及其实验基础；波函数及其统计解释；Schrödinger方程，连续性方程，量子态的演化；能量本征方程，定态与非定态；态叠加原理，测量与态的塌缩。

（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，方势垒的反射与透射，方势阱的反射、透射与共振； δ 势的穿透和 δ 势阱中的束缚态；一维谐振子。

（三）力学量用算符表示

力学量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；对易力学量，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；Schrödinger图像与Heisenberg图像。

（四）中心力场

两体问题约化为单体问题；球对称势和径向方程；自由粒子，球形方势阱，三维各向同性谐振子，氢原子及类氢离子

（五）量子力学的矩阵表示与表象变换

量子态的不同表象，幺正变换；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，Pauli矩阵；总角动量的本征态，碱金属原子光谱的双线结构与反常Zeeman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，Clebsch-Gordan系数。

（七）电磁场中带电粒子的运动

电磁场中的Schrödinger方程，电磁场的规范不变性；正常Zeeman效应；Landau能级。

（八）全同粒子体系

全同粒子系统，全同粒子多体波函数的交换对称性；玻色子，费米子；Pauli不相容原理；多个全同粒子组成的体系。

（九）定态问题的近似方法

非简并微扰论，简并微扰论，变分法；氦原子和氢分子的近似求解。

（十）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，选择定则。

二、考试要求

（一）波函数和Schrödinger方程

1. 了解波粒二象性假设的物理意义及其主要实验现象。
2. 熟练掌握波函数的标准化条件：有限性、连续性和单值性。理解波函数的概率解释。
3. 理解态叠加原理以及波函数按不同动量的平面波展开的方法及其物理意义。
4. 了解Schrödinger方程的提出；熟练掌握定态Schrödinger方程的导出、定态与非定态波函数的意义及相互关系；理解连续性方程的推导及其物理意义。
5. 了解量子力学中的测量与态的坍缩。

（二）一维势场中的粒子

1. 熟练掌握一维Schrödinger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. 熟练掌握一维势垒穿透问题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。
4. 了解 δ 函数势的求解方法。
5. 熟练掌握一维谐振子的能谱以及定态波函数的一般特点及其应用。

（三）力学量用算符表示

1. 理解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. 掌握不确定关系的形式、物理意义及其简单的应用。
6. 理解力学量平均值随时间变化的规律；掌握根据哈密顿算符来判断该体系的守恒量的方法。

（四）中心力场

1. 熟练掌握两体问题约化为单体问题的方法；熟练掌握利用分离变量法求解三维Coulomb势问题。
2. 熟练掌握氢原子和类氢离子的能谱、基态波函数以及相关物理量的计算。

3. 了解球形无穷深方势阱和三维各向同性谐振子的求解方法。

（五）量子力学的矩阵表示与表象变换

1. 理解力学量算符在具体表象的矩阵表示。
2. 掌握表象之间的幺正变换的意义和基本性质。
3. 熟练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. 熟练掌握一维谐振子的代数解法和占有数表象。

（六）自旋及角动量的耦合

1. 了解Stern-Gerlach实验；了解电子自旋磁旋比与轨道磁旋比。
2. 熟练掌握自旋算符的对易关系和自旋算符的矩阵形式（Pauli矩阵）；熟练掌握自旋算符的本征方程和本征态的求解方法；熟练掌握与自旋相关的测量值、取值概率和平均值的计算。
3. 了解自旋轨道耦合的概念；掌握总角动量本征态的求解；了解碱金属原子光谱的精细和超精细结构及其解释。
4. 熟练掌握自旋单态与三重态的求解方法及物理意义；了解自旋纠缠态的概念。
5. 理解角动量问题的代数解法；掌握角动量的本征值与本征态。
6. 理解两个角动量的耦合、耦合表象与无耦合表象、Clebsch-Gordan系数。

（七）电磁场中带电粒子的运动

1. 掌握电磁场中带电粒子的Schrödinger方程；了解电磁场的规范不变性。
2. 理解简单Zeeman效应的物理机制。
3. 了解匀强磁场中带电粒子的Landau能级。

（八）全同粒子体系

1. 了解全同性原理，掌握全同粒子多体波函数的交换对称性。
2. 熟练掌握费米子和玻色子的基本性质；掌握Pauli不相容原理。
3. 理解全同粒子多体波函数的构造方法。

（九）定态问题的近似方法

1. 理解定态微扰论的适用范围和条件。
2. 熟练掌握非简并定态微扰论中波函数的一级修正和能级的一级、二级修正的计算。
3. 熟练掌握简并微扰论中零级波函数的确定和一级能量修正的计算。
4. 了解变分法的基本原理和简单应用。
5. 了解氢原子和氢分子的近似求解方法以及解的物理讨论。

（十）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，理解选择定则的概念及其应用。

试卷结构：五道计算题。

三、主要参考书目

《量子力学教程》，曾谨言 著，科学出版社，2014年第3版。

编制单位：中国科学院大学

编制日期：2025年6月29日