

温州大学硕士研究生招生考试 《量子力学》考试大纲

一、参考书目：

曾谨言，《量子力学导论》（第二版），

二、考试内容范围：

（一）波函数和薛定谔方程

1. 微观粒子波粒二象性，德布罗意关系式。
2. 波函数及波函数统计解释，波函数标准条件与归一化，自由粒子波函数箱归一化。
3. 态迭加原理。
4. 几率流密度和粒子数守恒定律。
5. 薛定谔方程，定态薛定谔方程，定态波函数特点与形式，哈密顿量不显含 t 体系波函数的时间演化。
6. 一维势问题的定态薛定谔方程求解，包括方势阱、 δ 函数势、势垒贯穿、一维线性谐振子势等，宇称。
7. 中心力场中粒子运动的一般性质，氢原子问题与其定态薛定谔方程求解。

（二）力学量与算符

1. 量子力学关于力学量基本假设
 - ①量子力学中力学量是用厄米算符表示。
 - ②厄米算符本征函数是正交，完备的。
 - ③在状态 $\psi(\vec{r}, t)$ 中，测量某一力学量 F ，测到的值只能是此力学量对应的厄米算符 \hat{F} 的本征值谱中一个；测到力学量 F 为某本征值的几率，与状态 $\psi(\vec{r}, t)$ 用厄米算符 \hat{F} 的本征函数展开式中与该本征值对应的本征函数前的系数模平方成正比。
2. 有关算符对易的定理：几个算符对易，则有共同的、完备的本征函数，逆定理成立。
3. 厄米算符，泊松括号，算符对易，常用几个对易关系：
 - ① $[x_i, x_j] = 0$ ；② $[\hat{P}_i, \hat{P}_j] = 0$ ；③ $[\hat{x}_i, \hat{P}_j] = i\hbar\delta_{ij}$ ；④ $[\hat{L}_i, \hat{L}_j] = i\hbar\epsilon_{ijk}\hat{L}_k$ ；
 - ⑤ $[\hat{L}^2, \hat{L}_i] = 0$ ；⑥ $[\hat{x}_i, \hat{L}_j] = i\hbar\epsilon_{ijk}\hat{x}_k$ ；⑦ $[\hat{P}_i, \hat{L}_j] = i\hbar\epsilon_{ijk}\hat{P}_k$ ；
 - ⑧ $\hat{H}_0, \hat{L}^2, \hat{L}_z$ 两两对易，其中 \hat{H}_0 为氢原子的哈密顿算符。
4. 厄米算符的本征方程与求解。常用几个算符： \vec{r} ， \hat{P} ， \hat{L}^2 ， \hat{L}_z ，常用哈密顿算符 \hat{H} （一维无限深势阱、一维谐振子、氢原子、刚体转动）的本征函数与本征值。力学量平均值求法。

5. 一般测不准关系式： $[\hat{F}, \hat{G}] = i\hbar\hat{k}$ 时，则 $\overline{\Delta\hat{F}^2} \cdot \overline{\Delta\hat{G}^2} \geq \frac{\hbar^2 \overline{k^2}}{4}$ 。位置与动量的测不准关

系：能量与时间的测不准关系。

（三）态和力学表象

1. 态的表象，表象基矢，自身表象，三个基本表象，坐标表象、动量表象、能量表象。
2. 算符和量子力学公式的矩阵表示，矩阵本征方程求解。
3. 不同表象间变换，么正变换，么正变换的性质
 - ① 二个表象基矢之间的变换，么正变换矩阵 S 。
 - ② 同一态矢在二个表象的不同表示之间的变换。
 - ③ 同一算符在二个表象的不同矩阵之间的变换。
4. 狄喇克符号的使用。
5. 了解一维谐振子占有数表象与产生 a^+ 、消灭算符 a 以及有关的公式。

（四）力学量随时间的演化与对称性

1. 力学量随时间的演化，守恒量。
2. 二个定理：位力定理，Ehrenfest 定理。

（五）近似方法

1. 微扰理论
 - ① 非简并微扰下，能级的一级修正、二级修正的公式，波函数的一级修正公式。
 - ② 简并微扰下，能级的一级修正求法，波函数 0 级的求法。
 - ③ 含时微扰下跃迁几率一般公式，在偶极近似下，跃迁几率求法。
2. 爱因斯坦关于光发射与吸收的理论，三个系数：自发发射系数，受激发射系数，吸收系数。在偶极近似下，三个系数与跃迁几率关系。
3. 变分法一般原理，里兹 (Ritz) 变分法。

（六）散射

1. 基本概念：散射振幅，微分散射截面与总散射截面。

散射振幅与微分散射截面关系：
$$q(\theta, \varphi) = |f(\theta, \varphi)|^2$$

2. 有心力场中弹性散射的分波法，相移 δ_l 计算与适用条件。
3. 玻恩散射方法与近似条件。

（七）自旋与全同粒子

1. 电子自旋角动量、自旋磁矩假设。
2. 电子自旋算符 \hat{S} 、泡利算符 $\hat{\sigma}$ ，它们各自对易关系。
3. 在 \hat{S}^2 ， \hat{S}_z 表象下：① \hat{S}^2 ， \hat{S}_z 共同本征函数及对应本征值；
 - ② \hat{S}_x ， \hat{S}_y ， \hat{S}_z 与 $\hat{\sigma}_x$ ， $\hat{\sigma}_y$ ， $\hat{\sigma}_z$ 的矩阵表示，它们对应的本征方程求解。

$$G = \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{pmatrix}$$

- ③ 含自旋的算符形式

4. 电子一般自旋波函数，电子含自旋的总的波函数。
5. 电子一般自旋波函数的正交归一；电子含自旋的总波函数的正交归一；含自旋算符的平均值求法。

6. 二个角动量耦合： $\hat{J} = \hat{J}_1 + \hat{J}_2$

① \hat{J} 与 \hat{J}_1, \hat{J}_2 对易关系

② $\hat{J}_{1z}, \hat{J}_{2z}, \hat{J}_1^2, \hat{J}_2^2$ 的共同本征函数，无耦合表象基矢 $\{|j_1 m_1 j_2 m_2\rangle\}$,

$\hat{J}^2, \hat{J}_z, \hat{J}_1^2, \hat{J}_2^2$ 的共同本征函数，耦合表象基矢 $\{|j_1 j_2 j m\rangle\}$

无耦合表象与耦合表象基矢之间关系，C-G 系数

7. 全同粒子，

- ① 全同性原理；全同粒子波函数特点——具有交换对称性。
- ② 忽略粒子间相互作用，如何用单粒子态 $\varphi_n(q_i)$ 来组成全同粒子体系的波函数。
- ③ 忽略空间与自旋间相互作用，如何用空间与自旋波函数组成全同粒子总波函数。
- ④ 两个电子的自旋函数，三重态，单重态。

三、试卷结构及题型比例：

有证明题、计算题、问答题或它们混合题，共 150 分，考试时间 3 小时。