

南京理工大学

2020 年硕士学位研究生入学考试试题

科目代码: 843

科目名称: 量子力学

满分: 150 分

注意: ①认真阅读答题纸上的注意事项; ②所有答案必须写在答题纸上, 写在本试题纸或草稿纸上均无效; ③本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回!

一 简答题 (每题 5 分, 共 60 分)

- (1) 德布罗意关系式是什么? 有哪些实验证实德布罗意假说的正确性?
- (2) 写出波函数的标准化条件。波函数归一化的含义是什么? 归一化会随时间变化吗?
- (3) 写出坐标表象和动量表象中的坐标算符。
- (4) 写出含时薛定谔方程, 定态薛定谔方程。
- (5) 写出 $|\Psi(x, y, z, t)|^2 dx dy dz$, $\int_V |\Psi(\vec{r}, t)|^2 dx dy dz$ 的概率统计解释。
- (6) 写出氢原子的波函数 $\psi_{nlm} = R_{nl}(r)Y_m(\theta, \varphi)$ 中量子数 n, l, m 的取值范围。
- (7) 简述从力学量的经典表达式得出量子力学中表示该力学量的算符的规则。
- (8) 当体系处于 $\psi(x) = \sum_n c_n \phi_n(x)$ 所描写的状态时, 其中 $\hat{F}\phi_n(x) = \lambda_n \phi_n(x) \quad n=1, 2, \dots$ 测量力学量 F 所得的数值有什么特点?
- (9) 已知本征值方程 $\hat{Q}|n\rangle = Q_n|n\rangle$, 写出本征矢 $|n\rangle$ 的封闭性。
- (10) 一组算符具有组成完全系的共同本征函数的充要条件是什么?
- (11) 简述能量的测不准关系。
- (12) 何谓全同粒子? 叙述全同性原理。

二、计算题 (15 分)

指出下列算符哪个是厄米算符, 说明其理由。

$$\frac{d}{dx}, \quad i\frac{d}{dx}, \quad 4\frac{d^2}{dx^2}$$

三 计算题 (15 分)

已知空间转子处于如下状态 $\Psi = \frac{1}{3}Y_{11}(\theta, \varphi) + \frac{2}{3}Y_{21}(\theta, \varphi)$, 问:

- (1) Ψ 是否是 \hat{L}^2 的本征态? 求 L^2 的平均值;
- (2) 在 Ψ 态中分别测量 L^2 和 L_z 时得到的可能值和概率。

四 计算题 (15 分)

质量为 μ 的粒子处于状态 $\psi(x) = \exp[-\frac{i}{\hbar}p_0x - \frac{\pi}{2}x^2]$, 式中 p_0 为常量。求粒子的

- (1) 位置平均值 \bar{x} ;
- (2) 动量平均值 \bar{p} 。附: $\int_0^\infty e^{-ax^2} dx = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{a}}$

五 计算题 (15 分)

设一质量为 m 的粒子在一维无限深势阱 ($0 \leq x \leq a$) 中运动,

- (1) 求此势阱中粒子的能量本征值及本征态;
- (2) 求处于第一激发态时的德布罗意波长;
- (3) 求处于第二激发态时粒子出现概率为零的位置;
- (4) 求处在基态的粒子在 $a/4 \sim 3a/4$ 范围内的几率。

六 计算题 (15 分)

- (1) 写出自旋分量 \hat{S}_x 的矩阵形式;
- (2) 写出自旋态 $\chi_{1/2}(S_z)$ 的矩阵形式;
- (3) 求出在自旋态 $\chi_{1/2}(S_z)$ 中 \hat{S}_x, \hat{S}_x^2 的平均值。

七 计算题 (15 分)

设哈密顿量在能量表象中为矩阵 $\begin{pmatrix} E_1^0 + a & b \\ b & E_2^0 + a \end{pmatrix}$ 所表示, 其中 a, b 为实数, 并

且远小于 $E_2^0 - E_1^0$, 求

- (1) 用微扰理论求能量至二级修正值;
- (2) 直接求能量的精确值。