

河北工业大学 2011 年攻读硕士学位研究生入学考试试题 [A] 卷

科目名称 量子力学(I) 科目代码 811 共 2 页
 适用专业、领域 070201 理论物理、071011 生物物理学

注：所有试题答案一律写在答题纸上，答案写在试卷、草稿纸上一律无效。

一、填空题（共 20 分，每题 5 分。答案一律写在答题纸上，否则无效。）

- 1、么正变换的两个重要性质是（ ）
- 2、量子力学中表象指的是（ ），常用的表象有（ ）。算符在自身表象为（ ）。
- 3、写出 x 方向坐标和动量的不确定关系（ ）
- 4、氢原子的斯塔克效应及其原因是（ ）

二、简答题（共 50 分，每题 10 分。答案一律写在答题纸上，否则无效。）

- 1、给出波函数的统计解释？说明为什么不能用广义坐标和广义动量而只能用波函数来描述微观状态？（10 分）
- 2、写出德布罗意关系，指出其中各量的含义，揭示该公式的意义。（10 分）
- 3、写出量子力学中态的叠加原理，以光的双缝干涉实验为例，说明态的叠加原理。（10 分）
- 4、设全同费米子体系第 k 个粒子的第 i 个单粒子态波函数为： $\phi_i(q_k)$ ，试写出该全同费米子体系反对称波函数 $\Phi_A(q_1, q_2, \dots, q_N)$ 的表达式，并由此给出泡利不相容原理。（10 分）
- 5、自旋角动量与其它力学量的根本差别是什么？（10 分）

三、计算题（共 80 分，每题 20 分。答案一律写在答题纸上，否则无效。）

- 1、设粒子在一维无限深阱中运动，

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & \text{当 } x \leq 0, x \geq a \\ 0, & \text{当 } 0 < x < a \end{cases}$$

式中 a 为势阱宽度。粒子实际所处的状态由波函数

$$\psi(x) = \frac{4}{\sqrt{a}} \sin \frac{\pi}{a} x \cos^2 \frac{\pi}{a} x$$

描写。计算粒子在一维无限深阱中的能级和相应的能量本征态波函数，并求状态 $\psi(x)$ 中，粒子能量的可能值和相应的几率。（20 分）

2、已知 $\hat{L}_x = y\hat{p}_z - z\hat{p}_y$, $\hat{L}_y = z\hat{p}_x - x\hat{p}_y$, $\hat{L}_z = x\hat{p}_y - y\hat{p}_x$

且 $(x, \hat{p}_x) = -\frac{\hbar}{i}$, $(y, \hat{p}_x) = 0$, $(y, \hat{p}_z) = 0$, $(z, \hat{p}_x) = 0$,

$(z, \hat{p}_y) = 0$ 以及 $\hat{p}_x, \hat{p}_y, \hat{p}_z$ 之间均可对易。

求: $\hat{L}_x \hat{p}_y - \hat{p}_x \hat{L}_x = ?$

$\hat{L}_y \hat{p}_x - \hat{p}_x \hat{L}_y = ?$

$\hat{L}_z \hat{p}_x - \hat{p}_x \hat{L}_z = ?$

(20 分)

3、在 σ_x 表象中, 算符 $\hat{\sigma}_x$, $\hat{\sigma}_y$ 和 $\hat{\sigma}_z$ 的矩阵形式为:

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}; \quad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}; \quad \sigma_z = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

求在 σ_x 表象中, 算符 $\hat{\sigma}_y$ 和 $\hat{\sigma}_z$ 的本征值和本征矢。(20 分)

4、设 $H = H_0 + H'$,

$$H_0 = \begin{pmatrix} E_1^{(0)} & 0 \\ 0 & E_2^{(0)} \end{pmatrix}, \quad H' = \begin{pmatrix} a & b \\ b & a \end{pmatrix} \quad (a, b \text{ 为实数})$$

(1) 用微扰论求解能级修正 (准到二级近似);

(2) 通过解本征问题求能级严格解 (把 H 矩阵对角化) 并与近似解作比较。(20 分)