

复旦大学

2002年招收攻读硕士学位研究生入学考试试题

理论物理

报考专业: 粒子物理与核物理 试科目: 量子力学

原子与分子物理  
等离子体物理  
凝聚态物理; 光学

(共 2 页)

1. 已知一维运动的粒子在态  $\Psi(X)$  中坐标  $X$  和动量  $P_x$  的平均值分别为  $X_0$  和  $P_0$ , 求在态  $\Phi(X) = \exp(i\frac{P_0}{\hbar} X)$  中  $X$  和  $P_x$  的平均值。 (20分)

2. 一体系服从下述薛定谔方程

$$\left\{ -\frac{\hbar^2}{2m} [\nabla^2 + \nabla_2^2] + \frac{k}{2} |\vec{r}_1 - \vec{r}_2|^2 \right\} \psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = E \psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$$

(a) 指出这体系的所有守恒量(不必证明)

(b) 求基态能量和基态波函数 (20分)

3. 设  $t=0$  时氢原子处在状态

$$\psi(\vec{r}, 0) = \frac{1}{\sqrt{10}} [2\psi_{100} + \psi_{210} + \sqrt{2}\psi_{211} + \sqrt{3}\psi_{21-1}]$$

(a) 求此体系能量的平均值,

(b) 求体系处在  $l=1, m=1$  态的几率,

(c) 求波函数随时间的变化。 (20分)

4. 一维谐振子受到微扰  $H' = CX^2$  作用, 式中  $C$  是常数, 在粒子表象中  $X = (\frac{\hbar}{2m\omega})^{1/2} (a + a^\dagger)$ ,  $a, a^\dagger$  分别为湮灭算符和产生算符, 满足  $a|n\rangle = \sqrt{n}|n-1\rangle, a^\dagger|n\rangle = \sqrt{n+1}|n+1\rangle$

(a) 用微扰论, 准确到二级近似求能量的修正值,

(b) 求能量的准确值, 并与微扰论给出的结果相比较。 (20分)

5. 设  $a$  和  $a^\dagger$  是湮灭算符和产生算符, 满足对易关系  $[a, a^\dagger] = 1$  体系的哈密顿量为

$$H = Aaa + Ba^\dagger a^\dagger + Ca^\dagger a + D$$

(a) 问  $A, B, C, D$  要满足何种条件,  $H$  才厄米?

(b) 求体系的能量。 (20分)

注意: 答案请做在答卷纸上, 做试题上二律无效