

西北大学 2005 年招收攻读硕士学位研究生试题

科目名称: 量子力学

科目代码: 447

适用专业: 光学、理论物理、凝聚态物理

共 2 页

答案请写在答题纸上, 答在本试题纸上的答案一律无效

一、名词解释 (30 分, 每小题 6 分)

全同性原理

力学量的完全集

本征波函数

受激辐射

波粒二象性

二、填空 (60 分, 每小题 6 分, 注意: 答案写在答题纸上)

1、 $Y_{lm}(\theta, \varphi)$ 是 \hat{L}^2 , \hat{L}_z 的共同本征波函数, 则 $\hat{L}^2 Y_{lm}(\theta, \varphi) = \underline{\hspace{2cm}}$,

$$\sum_{l', m'} \langle Y_{l'm'}(\theta, \varphi) | Y_{lm}(\theta, \varphi) \rangle = \underline{\hspace{2cm}}.$$

2、由正负两电子组成的体系的哈密顿算符为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

3、表示力学量的算符是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 算符, 其本征值是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

4、微观体系的状态用波函数 $\psi(\vec{r})$ 来描述, 在该状态力学量 F 得到的平均值为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

5、微观粒子的状态用波函数 $\psi(\vec{r}, t)$ 来描述, $|\psi(\vec{r}, t)|^2 dx dy dz$ 的物理意义为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。
 $\frac{\partial}{\partial t} \int_V \psi^*(\vec{r}, t) \psi(\vec{r}, t) d\tau$ 的物理意义为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

6、线性谐振子占有数表象中 $\hat{a}^+ |n\rangle = \underline{\hspace{2cm}}$, $\hat{a}^+ \hat{a} |n\rangle = \underline{\hspace{2cm}}$,
 $\langle m | \hat{a} | n \rangle = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

7、表示算符的矩阵的特点是 $\underline{\hspace{2cm}}$, 表象间的变换可用矩阵表示, 该矩阵的特点是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

8、原子发光有两种机制: $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

- 9、已知 $\hat{F}\phi_k = a_k\phi_k$ ，在状态 $\psi(\vec{r}) = \sum_k c_k\phi_k$ 力学量 F 的平均值为____， $c_k^*c_k$ 与测量力学量 F 得到的可能值的关系为____。
- 10、 \hat{H} 是体系的哈密顿算符， \hat{A} 是一力学量算符且不显含时间，则 $[\hat{A}, \hat{H}] = \text{_____}$ ， $[\hat{A}^n, \hat{H}] = \text{_____}$ 。

三、完成下列各题（60 分，每小题 20 分，任选 3 小题）

- 1、质量为 m 的粒子在无限深势阱 $V(x) = \begin{cases} 0 & (-a < x < a) \\ \infty & (x < -a, x > a) \end{cases}$ 中运动，求能量可能值。

- 2、氢原子基态波函数为

$$\psi_{100}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-\frac{r}{a_0}}$$

其中 $\lambda > 0$ ，动量的本征函数为

$$\psi_{\vec{p}}(\vec{r}) = \frac{1}{(2\pi\hbar)^{3/2}} e^{\frac{i}{\hbar}\vec{p}\cdot\vec{r}}$$

求：电子动量的几率分布函数；

- 3、设一体系为受微扰作用时只有二个能级（非简并）： E_{01}, E_{02} ，现在受到微扰 H' 的作用，微扰矩阵元为：

$$H'_{ij} = \begin{cases} a & i = j \\ b & i \neq j \end{cases}$$

a, b 是实数。用微扰公式求能量至二级修正。

- 4、体系处于 $\varphi = c_1 Y_{11} + c_2 Y_{10}$ 态中，且有 $|c_1|^2 + |c_2|^2 = 1$ 。

求：（1）力学量 L_z 的可能值和平均值；
（2） L^2 的本征值；
（3） L_x, L_y 的可能值。