

西北大学 2006 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: 446

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 5 分)

- 1、波包、群速度、相速度
- 2、态的叠加原理
- 3、力学量完备集
- 4、全同粒子
- 5、微分散射界面
- 6、光谱的精细结构

二、填空 (60 分, 每小题 6 分, 注意: 答案写在答题纸上)

1、氢原子的哈密顿算符为_____。

2、微观两粒子体系的状态用波函数 $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t)$ 来描述,

$|\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t)|^2$ 的物理意义为_____。

3、在定态中, 几率流密度与时间的关系 $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{j} = 0$ _____。

4、设氢原子处于状态

$$\psi(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{2} R_{21}(r) Y_{10}(\theta, \varphi) - \frac{\sqrt{3}}{2} R_{21}(r) Y_{1-1}(\theta, \varphi)$$

角动量 Z 分量的可能值为_____，这些可能出现的几率分别为

_____，平均值_____。

5、 \hat{L} 为角动量算符, 则算符对易式 $[\hat{L}, r^2] =$ _____。

6、 S_x, S_y, S_z 是自旋算符, $[S_x, S_z] = -i\hbar S_y$, S_x^2 矩阵为 $-\frac{\hbar^2}{4}$ _____。

7、坐标表象中坐标算符 \hat{x} 的本征波函数为: _____, 其本征值为: _____。

8、原子发光有两种机制: _____。

9、 \hat{F}, \hat{G} 为 Hermite 算符但不对易, $[\hat{F}, \hat{G}]$ 是不是 Hermite 算符, _____。

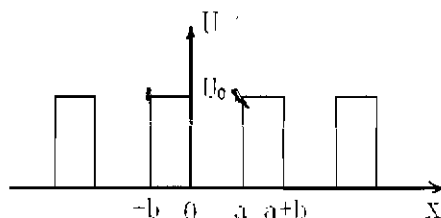
10、由费米子组成的全同粒子体系的波函数_____。

三、完成下列各题（60 分，每小题 20 分）

1、一维谐振子的势能 $U(x) = \frac{1}{2} \mu \omega^2 x^2$ ，处在

$\psi(x) = \sqrt{\frac{\alpha}{2\sqrt{\pi}}} e^{-\frac{1}{2}\alpha^2 x^2} (2\alpha^2 x^2 - 1)$ 的态中，其中 $\alpha = \sqrt{\frac{\mu\omega}{\hbar}}$ 。它的能量是否有确定值，如果有给出该本征态的本征值。

2、质量为 m 的粒子在一维方势垒和一维方势阱交替而构成的一维周期场中运动，设势场空间周期为 $l = a + b$ ，即 $U(x + nl) = U(x)$, $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ，其概率密度 $\omega = |\psi|^2$ 也会满足相同的周期性条件 $\psi(x + l) = e^{i\varphi} \psi(x)$ ，请推导粒子能量 $E < U_0$ 的情况下能量满足的表达式，并对结果作简要分析说明。



3、体系哈密顿算符 $\hat{H}(t) = \hat{H}_0 + \hat{H}'(t)$ ， \hat{H}_0 与时间无关， $\hat{H}'(t)$ 是与时间

有关的微扰，体系的波函数可用 \hat{H}_0 的定态波函数 $\Phi_n = \phi_n e^{-\frac{i}{\hbar} \epsilon_n t}$ 展开，

即：
$$\psi = \sum_n a_n(t) \Phi_n, \quad a_m(t) \text{ 满足方程}$$

$$i\hbar \frac{da_m(t)}{dt} = \sum_n a_n(t) H'_{mn} e^{\frac{i}{\hbar} (\epsilon_m - \epsilon_n) t}, \quad \text{其中},$$

$H'_{mn} = \langle \phi_m | H'(t) | \phi_n \rangle$ 。当 $\hat{H}'(t) = \hat{F} \cos(\omega t)$ ， \hat{F} 与时间无关时，

$\omega \ll 1$ ，计算体系在此微扰作用下从 k 态跃迁到 m 态的几率，并对结果进行适当分析讨论。