

# 华中师范大学

## 二〇〇七年研究生入学考试试题

院系、招生专业：物理学院、理论物理、粒子物理与 考试时间：元月21日下午

原子核物理、原子与分子物理、凝聚态物理、光学、天体物理

考试科目代码及名称：438 量子力学

1、回答下列问题：(25分)

(1) 如何理解微观粒子的波-粒二象性？

(2) 波函数 $\psi(\vec{r}, t)$ 是用来描述微观体系什么的？它应满足什么样的自然条件？ $|\psi(\vec{r}, t)|^2$ 的物理含义是什么？

(3) 物理上可观测量应该对应什么样的算符？为什么？

(4) 设体系在 $\psi_1$ 描述的状态下，测量某力学量 $A$ 所得到的结果是一个确切的值 $a_1$ ，在 $\psi_2$ 描述的状态下，测量 $A$ 所得到的结果为另一个确切的值 $a_2$ ，则在 $\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$ 状态（ $c_1, c_2$ 为常数）下，测量 $A$ 所得到的结果是什么？

(5)  $A$ 是一个守恒量，但并不意味着它在任意状态中都取确定的值，为什么？

2、设氢原子处于

$$\psi(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{2}} R_{21}(r) Y_{10}(\theta, \varphi) - \frac{1}{2} R_{31}(r) Y_{10}(\theta, \varphi) - \frac{1}{\sqrt{2}} R_{21}(r) Y_{1-1}(\theta, \varphi)$$

考生答题请一律写在答题纸上，在试卷上作答无效。

共2页 第1页

的状态, 求其能量、角动量平方、角动量  $z$  分量的可能取值和相应的概率, 进而求出它们的平均值。(25 分)

3、设厄米算符  $A$ 、 $B$  满足下列关系:  $A^2 = B^2 = 1$ ,  $AB + BA = 1$ , 试在  $B$  表象中, 求  $A$  的矩阵表示。(20 分)

4、求粒子在一维无限深势阱中运动的能量和本征函数。若系统处于波函数为  $\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \left( \sin \frac{5\pi x}{a} + \sin \frac{2\pi x}{a} \right)$  的状态, 求粒子能量的可能值和相应的几率。(25 分)

5、哈密顿在  $H_0$  表象中的矩阵为  $\begin{pmatrix} E_1^{(0)} + a & b \\ b & E_2^{(0)} + a \end{pmatrix}$ , 其中  $a$ 、 $b \ll 1$  实数, 用微扰方法求能量至二级近似。(20 分)

6、质量为  $\mu$  的粒子束被球壳  $\delta$  势场  $V(r) = V_0 \delta(r - a)$  散射, 试在高能近似下, 计算散射振幅和微分截面。(10 分)

7、有一量子力学体系, 能级和能量本征态记为  $E_n$ ,  $\psi_n$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ 。  
 $t \leq 0$  时, 体系处于基态  $\psi_0$ 。 $t \geq 0$  时受到微扰  $H'(x, t) = F(x)e^{-t/\tau}$  作用。试用一级微扰论计算微扰作用后 ( $t \gg \tau$ ) 体系处于激发态  $\psi_n$  的几率。(15 分)

8、已知一维谐振子处于基态, 坐标的不确定程度  $\Delta x = \sqrt{(x - \bar{x})^2} = l_0$ , 求该谐振子跃迁到第一激发态所需的能量。(10 分)