

# 河南师范大学

## 二〇一一年硕士研究生入学考试业务课试卷

科目代码: 802 名称: 量子力学 适用专业或方向: 物理学一级学科各专业(包括: 理论物理、粒子物理与原子物理、原子与分子物理、凝聚态物理、光学)  
 (必须在答题纸上答题, 在试卷上答题无效, 答题纸可向监考老师索要)

一、简答题 (在答题纸上写明题号, 将答案写在题号后) (30 分)

1. 什么是光电效应?
2. 能量本征态的叠加态还是能量本征态吗? 为什么?
3. 量子力学中的力学量用什么算符表示? 为什么?
4. 在中心力场中运动的粒子, 其哈密顿算符  $\hat{H}$ 、动量算符  $\hat{p}$ 、角动量平方算符  $\hat{L}^2$  和角动量分量算符  $\hat{L}_x, \hat{L}_y, \hat{L}_z$  中, 哪些是守恒量?
5. 写出电子的自旋角动量分量算符  $\hat{s}_x, \hat{s}_y$  和角动量平方算符  $\hat{S}^2$  的本征值。

二、填空题 (在答题纸上写明题号, 将正确答案写在题号后) (21 分)

1. 波函数的标准条件为\_\_\_\_\_。
2. 已知一维线性谐振子的状态为  $|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$ , 则在该状态下能量的平均值为\_\_\_\_\_。
3. 坐标算符  $\hat{x}$  和动量算符  $\hat{p}_x$  之间的不确定关系为\_\_\_\_\_。
4. 设力学量算符  $\hat{F}$  满足关系  $\hat{F}^2 = 1$ , 且  $\hat{F}$  的本征值为非简并, 则  $\hat{F}$  在其自身表象中的矩阵表示为\_\_\_\_\_。
5. 电子的自旋磁矩  $\vec{M}_s$  和自旋角动量  $\vec{S}$  之间的关系为\_\_\_\_\_。

三、选择题 (在答题纸上写明题号, 选择一个正确答案写在题号后) (12 分)

1. 下列说法正确的是: ( )
  - A. 微观粒子的状态不能够用一个波函数完全描述。
  - B. 大量电子分布于空间形成的疏密波就是几率波。
  - C. 微观粒子的状态波函数的表示形式和表象无关。
  - D. 对于氢原子, 其能量  $E_n$  分布不均匀, 随着量子数  $n$  的增大而增大。
2. 设粒子的归一化状态波函数为  $\psi(x, y, z)$ , 则粒子在点  $(x, y, z)$  周围的体积元  $d\tau = dx dy dz$  内找到粒子的几率为: ( )

A.  $|\psi(x, y, z)|^2$  B.  $\int_0^\infty |\psi(x, y, z)|^2 d\tau$  C.  $|\psi(x, y, z)|^2 d\tau$  D.  $\psi(x, y, z) d\tau$

3. 氢原子的状态是  $\psi = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} R_{21}(r) Y_{11}(\theta, \varphi) \\ \frac{\sqrt{3}}{2} R_{21}(r) Y_{10}(\theta, \varphi) \\ -\frac{1}{2} R_{21}(r) Y_{1-1}(\theta, \varphi) \end{pmatrix}$ , 则角动量平方算符  $\hat{L}^2$  的可能值

为: ( )

A.  $\hbar, 0, \hbar$  B.  $2\hbar^2$  C.  $0, \hbar^2$  D.  $\frac{\hbar^2}{4}, \frac{3\hbar^2}{4}$

4. 如果两个力学量算符  $\hat{F}$  和  $\hat{G}$  有共同本征函数完全系, 则  $[\hat{F}, \hat{G}] =$ : ( )

A.  $i\hbar$  B.  $\hbar$  C. 0 D.  $\frac{\hbar^2}{4}$

四、证明题 (在答题纸上写明题号, 将答案写在题号后) (共 27 分)

1. 证明  $[\hat{p}_x^2, \hat{x}] = -2i\hbar\hat{p}_x$ . (12 分)

2. 证明  $\hat{\sigma}_x \hat{\sigma}_y \hat{\sigma}_z = i$ . (15 分)

五、计算题 (在答题纸上写明题号, 将答案写在题号后) (20 分)

设质量为  $m$  的粒子的势能为  $V(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < a \\ \infty, & x < 0, x > a \end{cases}$ , 求势阱中粒子的能级和对应的

波函数。

六、计算题 (在答题纸上写明题号, 将答案写在题号后) (20 分)

设在  $\hat{H}^0$  表象中,  $\hat{H}$  的矩阵表示为  $H = \begin{pmatrix} E_1^0 & 0 & a \\ 0 & E_2^0 & b \\ a^* & b^* & E_3^0 \end{pmatrix}$ , 其中  $a, b$  为小量,

$E_1^0 < E_2^0 < E_3^0$ , 试用微扰论求能级到二级修正。

七、计算题 (在答题纸上写明题号, 将答案写在题号后) (20 分)

在  $\hat{L}_z$  的任何一个本征态下, 求  $\hat{L}_x$  和  $\hat{L}_y$  的平均值。