



# 河南师范大学

## 2015年攻读硕士学位研究生入学考试试题

科目代码与名称：804 量子力学

适用专业或方向：物理学各专业

考试时间：3 小时 满分：150 分

试题编号：B 卷

(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) (每题 6 分，共计 30 分)

1. 什么是康普顿效应?
2. 设粒子处于态  $\psi = \sqrt{\frac{1}{2}}Y_{10} + CY_{20}$ ， $\psi$  为归一化波函数， $Y_{lm}$  为球谐函数，写出系数  $C$  的取值。
3. 设体系的状态波函数为  $\psi(x)$ ，如在该状态下测量力学量  $F$  有确定的值  $\lambda$ ，写出力学量算符  $\hat{F}$  与波函数  $\psi(x)$  之间的关系。
4. 写出两个在表象变换下不变的量。
5. 写出角动量算符  $\hat{L}_z$  的表示形式。

二、填空题 (在答题纸上写明题号，将答案写在题号后) (每空 3 分，共计 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  $\Phi = \frac{1}{\sqrt{3}}(\psi_0 + \psi_1)$ ，其中  $\psi_n$  为一维线性谐振子的能量本征态，则在该状态下能量的平均值为\_\_\_\_\_。
3. 氢原子的定态波函数可表示为\_\_\_\_\_，在这些态中，电子的角动量平方算符  $\hat{L}^2$  和角动量算符  $\hat{L}_z$  的确定值分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
4.  $[\hat{L}_x, \hat{L}_y] =$ \_\_\_\_\_。
5. 全同粒子是指\_\_\_\_\_。

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)

(每题 3 分，共计 12 分)

1. 下列说法正确的是：( )
- A. 玻尔的量子化条件可表示为  $pdq = nh$ 。
- B. 动量算符  $\hat{p}$  可表示为  $i\hbar \frac{\partial}{\partial y}$ 。 C. 量子力学中的态不是奇宇称就是偶宇称。
- D. 坐标算符  $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$  相互对易, 则它们有共同本征函数。
2. 下列哪个算符是厄米算符? ( )
- A.  $i$                       B.  $-i$                       C.  $-i \frac{\partial}{\partial x}$                       D.  $\frac{\partial}{\partial x^2}$
3. 当不考虑电子的自旋时, 氢原子能级的简并度为: ( )
- A.  $2l+1$                       B.  $n^2$                       C.  $2j+1$                       D.  $2n^2$
4. 已知算符  $\hat{A}$  满足  $\hat{A}^2 = I$ ,  $I$  为单位矩阵, 则算符  $\hat{A}$  的本征值为: ( )
- A.  $\pm 1$                       B.  $0$                       C.  $1$                       D.  $0, \pm 1$ .

四、证明题 (在答题纸上写明题号, 将答案写在题号后) (共计27分)

1.  $f(x)$  是  $x$  的可微函数, 证明  $[\hat{p}_x, f(x)] = -i\hbar \frac{\partial f(x)}{\partial x}$ 。(12分)

2. 设  $\sigma_{\pm} = \sigma_x \pm i\sigma_y$ , 证明:  $[\sigma_+, \sigma_-] = 4\sigma_z$ 。(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)

设一体系未受微扰作用时有两个能级:  $E_{01}$  及  $E_{02}$ , 现在受到微扰  $\hat{H}'$  的作用, 微扰矩阵元为  $H'_{12} = H'_{21} = a$ ,  $H'_{11} = H'_{22} = b$ ;  $a, b$  都是实数。用微扰公式求能量至二级修正。

七、计算题 (在答题纸上写明题号, 将答案写在题号后) (20分)

在  $\hat{s}_z$  本征态  $\chi_{\frac{1}{2}}(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$  下, 求  $\overline{(\Delta s_x)^2}$ 。(提示:  $\overline{(\Delta s_x)^2} = \overline{(s_x - \bar{s}_x)^2} = \overline{s_x^2} - \bar{s}_x^2$ )