

河南师范大学

二〇〇九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. 简述康普顿效应及其物理意义。
2. 量子力学中的力学量用什么算符表示? 为什么? 力学量算符在自身表象中的矩阵是什么形式?
3. 量子力学中, 微观粒子 x 方向的坐标 \hat{x} 和 y 方向的动量 \hat{p}_y 是否可以同时具有确定值? 为什么?
4. 量子力学中如何判断一个力学量是否为守恒量?
5. 什么是全同性原理和泡利不相容原理? 二者是什么关系?

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. 1927 年, _____ 实验验证了德布罗意波的存在。
2. 氢原子的波函数为 $\Psi_{nlm} = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta, \varphi)\chi_{m_s}$, 其中 l 为 _____ 量子数, m 为 _____ 量子数, m_s 为 _____ 量子数。
3. 对易关系 $[\hat{L}^2, \hat{L}_x] =$ _____。
4. 不同表象之间的变换是一种 _____ 变换。
5. 已知力学量 \hat{F} 的本征值为 a, b , 对应的相互正交归一的本征态为 $|a\rangle, |b\rangle$, 则 \hat{F} 的本征方程可写作 _____。

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. 关于薛定谔方程, 有: ()
 - (a) 薛定谔方程适用于相对论性粒子。
 - (b) 满足薛定谔方程的解都可以描述体系的真实状态。
 - (c) 薛定谔方程可以从数学上严格推导出来。
 - (d) 薛定谔方程是线性方程。
2. $[\hat{S}_x, \hat{S}_y] = :$ ()

(a) \hbar (b) $i\hbar\hat{S}_z$ (c) $\frac{\hbar^2}{4}$ (d) 0
3. 下列说法正确的是: ()
 - (a) 不确定关系表明量子力学中力学量的测量结果不准确。

(b) 电子是粒子，不是波。

(c) 当考虑自旋后，氢原子中能级的简并度为 $2n^2$ 。

(d) 电子的自旋可以看成是电子的自转。

4. 量子力学中的态是希尔伯特空间的：()

(a) 标量 (b) 矢量 (c) 张量 (d) 赝标量

四、证明题 (共 27 分)

(1) $\hat{\sigma}_x \hat{\sigma}_y \hat{\sigma}_z = i$ 。(12 分)

(2) $[\hat{x}, \hat{p}_x f(x) \hat{p}_x] = i\hbar(\hat{p}_x f(x) + f(x)\hat{p}_x)$ 。(15 分)

五、已知体系处于态 $\Phi = C_1 Y_{11} + C_2 Y_{20}$ ，其中 $|C_1|^2 + |C_2|^2 = 1$ ， Y_{lm} 是球谐函数，

(1) 求 \hat{L}^2 的可能值以及平均值。

(2) 求 \hat{L}_z 的可能值以及平均值。(共 20 分)

六、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。(20 分)

七、求 $\hat{S}_x = \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ 的本征值和所属的本征函数。(20 分)