

华中师范大学

二〇〇八年研究生入学考试试题

院系、招生专业：物理科学与技术学院，

考试时间：元月20日下午

理论物理、粒子物理与原子核物理、凝聚态物理、
原子与分子物理、光学、天体物理、系统理论

考试科目代码及名称：840 量子力学

考生答题请一律写在答题纸上，在试卷上作答无效！

一、填空题（共20分，每空2分）

- 1、德布罗意在研究了力学和光学的相似性之后，试图找到实物粒子与辐射的统一基础，提出了一个假设：_____是微观客体的普遍性质。
- 2、在量子力学中，微观粒子的状态是用_____来表示；力学量是用_____来表示。薛定鄂方程是量子力学最基本的方程，也是量子力学的一个基本假设，若微观系统的哈密顿算符为 $\hat{H}(t)$ ，则薛定鄂方程为_____。
- 3、如果 F 是一个守恒量，则它在任意状态 ψ 中，_____和_____不随时间变化。
- 4、在量子力学中，空间平移不变性，导致_____守恒；空间旋转不变性，导致_____守恒。
- 5、在量子力学中，力学量 \hat{A} 和力学量 \hat{B} 同时具有确定的观测值的必要条件是_____。
- 6、由两个全同的 Bose 子组成的体系，设可能的单粒子态为 ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 ，则体系可能的状态数目为_____。

二、选择题（共20分，每题4分）

- 1、设体系处于 ψ_1 描述的态下，测量某力学量 A 所得结果是一个确切值 a_1 ，又假设在 ψ_2 态下，测量 A 得的结果是另一个确切值 a_2 。则在 $\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$ 所描述的状态下，测量 A 所得结果是 ()
(A) $a_1 + a_2$ ；(B) 或 a_1 ，或 a_2 ；(C) $a_1 a_2$ 。

考生答题请一律写在答题纸上，在试卷上作答无效。

2、全同性原理要求两全同粒子相互变换后, ()
 (A) 不引起物理状态的改变; (B) 引起物理状态的改变; (C) 无法确定。

3、若 \hat{A} , \hat{B} 是两个互为不对易的厄米算符, 则下列本征值必为实数的算符是 ()
 (A) $\hat{A} \hat{B}$; (B) $\hat{A} \hat{B} - \hat{B} \hat{A}$; (C) $\hat{A} \hat{B} + \hat{B} \hat{A}$ 。

4、系统空间反演对称性决定的守恒量是 ()
 (A) 动量; (B) 角动量; (C) 宇称。

5、在 \hat{S}_x 表象中, 电子自旋算符 \hat{S}_z 的矩阵表达式是 ()

$$(A) \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}; (B) \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}; (C) \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}。$$

三、计算题 (共 70 分, 每题 14 分)

1、设有一个微观粒子在 δ 势阱 $V(x) = -V_0 \delta(x)$ 运动, 考虑能量本征值 $E < 0$ 情况下, 求系统的能量本征值和本征函数。

2、已知算符 A 、 B 满足下列关系: $A^2 = 0$, $AA^+ + A^+A = 1$, $B = A^+A$, 试在 B 表象中, 求 A 、 B 的矩阵表示。

3、某体系能量算符为 H_0 , 有两个能级, $E_1^{(0)}$ 是二重简并的, $E_2^{(0)}$ 无简并, 受到微扰 H' 作用后, 能量算符 (H_0 表象) 变成

$$H = H_0 + H' = \begin{pmatrix} E_1^{(0)} & 0 & a \\ 0 & E_1^{(0)} & b \\ a^* & b^* & E_2^{(0)} \end{pmatrix}$$

(a) 用微扰论公式求能级 (二级近似)。 (b) 求能级的精确值, 再作近似展开, 和微扰论结果比较。

4、质量为 μ 的粒子束被球壳 δ 势场 $V(r) = V_0 \delta(r - a)$ 散射, 在 高能近似下, 计算散射振幅和微分截面。

考生答题请一律写在答题纸上, 在试卷上作答无效。

5、有一量子系统 \hat{H}_0 [已知系统能量本征值 E_m 和相应的本征函数 $\varphi_m(\vec{r})$]，假设系统在 $t=0$ 时刻处于某一个定态 φ_k ，并开始引入一个微弱的外场 $\hat{H}'(t)$ ，试用微扰方法求系统在外场的作用下从定态 φ_k 跃迁到定态 φ_n 的跃迁几率。

四、证明题（共 40 分，每题 20 分）

1、设体系有两个守恒量 \hat{F} 、 \hat{G} ，但 $[\hat{F}, \hat{G}] \neq 0$ ，证明体系的能量本征值至少是二重简并的。

2、中心力场中运动的粒子 $\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + U(\hat{r})$ ，证明角动量守恒。

考生答题请一律写在答题纸上，在试卷上作答无效。