

713

# 复旦大学 96 年招收攻读硕士学位研究生入学考试试题

报考专业：  
理论物理  
原子核物理  
原子和分子物理  
凝聚态物理  
光学  
生物物理学

考试科目：

量子力学

(共 2 页)

一. 设氢原子处于激发态：

$$\psi_{210}(r, \theta, \varphi) = \left(\frac{1}{2a}\right)^{5/2} \frac{r \cos \theta}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{r}{2a}} \quad (\text{其中 } a \text{ 为玻尔半径})$$

求平均值： $\langle 210 | \frac{1}{r} | 210 \rangle$

(20分)

二. 质量为  $m$  的粒子处于一维谐振子势场  $V_1(x) = \frac{1}{2} k x^2$  ( $k > 0$ ) 的基态  $\psi_0$ 。某时刻，若弹性系数  $k$  突然变为  $2k$ ，即势场变成  $V_2(x) = k x^2$ 。求此时刻粒子处在新势场  $V_2(x)$  的基态  $\phi_0$  的几率。

[提示]：积分公式： $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-t^2} dt = \sqrt{\pi}$

(20分)

三. (1) 写出体系守恒量应满足的条件。

若粒子处在下列势场中：

a) 中心力场：势能  $V(\vec{r}) = V(r)$ 。

b) 无限、均匀平面场：势能  $V = V(|z|)$ 。

问力学量：动量  $P_x, P_y, P_z$ ，能量  $E$ ，角动量  $L_x, L_y, L_z, L^2$ ，宇称  $I$ 。

中哪些是守恒量？ (不必证明)

(2) 求对易子： $[\hat{L}_x, r^2] = ?$ ， $[\hat{L}_x, \hat{p}^2] = ?$

(20分)



四. 一维无限深势阱 ( $0 < x < a$ ) 中运动的粒子, 质量为  $\mu$ , 受到微扰: 
$$\hat{H}'(x) = \begin{cases} A \cos \frac{\pi x}{a} & (0 \leq x \leq a) \\ 0 & (x > a, x < 0) \end{cases}$$
 的作用, 式中  $A$  是小常量. 试用定态微扰论计算其基态能量 (至二级近似), 和基态能量本征函数 (至一级近似).

(已知公式:  $-2 \sin \alpha \sin \beta = \cos(\alpha + \beta) - \cos(\alpha - \beta)$ .)

(25分)

五. 电子被原子核散射的屏蔽势为:

$$V(r) = \beta \frac{e^{-\alpha r}}{r} \quad (\alpha > 0).$$

(1) 用玻恩近似计算微分散射截面  $\sigma(\theta)$ .

(2) 假设这是两个非极化的电子散射, 用玻恩近似计算在此势场 (势场形式同上) 中的微分散射截面.

(3) 如果这两个电子的自旋均沿  $+z$  方向, 用玻恩近似求在此势场 (势场形式同上) 中的微分散射截面.

(已知积分式:  $\int_0^\infty e^{-ax} \sin bx \, dx = \frac{b}{a^2 + b^2} \quad (a > 0)$ .)

(15分)