

浙江大学 2017 - 2018 学年春夏学期

《量子力学 I》课程期末考试试卷

课程号： 06120991，开课学院： 物理学系

考试试卷：A 卷、B 卷（请在选定项上打√）

考试形式：闭卷、开卷（请在选定项上打√），允许带 计算器 入场

考试日期： 2018 年 6 月 28 日，考试时间： 90 分钟

诚信考试，沉着应考，杜绝违纪。

考生姓名： 学号： 所属院系：

题序	一	二	三	四	五	六	总分
得分							
评卷人							

可能会用到的物理常数：

电子电荷 $e=1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$

普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

Rydberg 常数 $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

一. （20 分）一个质量为 m 的粒子在一维宽度为 a 的无限深方势阱： $V(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq a, \\ \infty, & \text{otherwise,} \end{cases}$ 中运动，求（1）第一激发态的位置期望值 $\langle x \rangle$ ；（2）第一激发态的位置方差 σ_x ；（3）第 n 个本征态的能量。

二. （20 分）谐振子相干态：利用公式 $a_{\pm} = \frac{1}{\sqrt{2\hbar m \omega}}(\mp i p + m \omega x)$ 证明对任意一个谐振子相干态满足 $\sigma_x \sigma_p = \hbar/2$ 。

三. (10 分) 氢原子跃迁光谱: (1) 计算氢原子从 $n=4$ 的激发态直接跃迁到基态所放出光子的能量; (2) 计算这个能量对应的光子频率。

四. (20 分) 自旋与观测量: (1) 写出自旋算符的 Pauli 矩阵 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$; (2) 已知一个状态在 σ_z 表象中可以用 $\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ 表示, 问在这个态中观测 σ_x 得到的可能值是什么, 其几率分别是多少? (3) 如果在态 $\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ 观测得到 $\sigma_z = 1$, 请问观测后的波函数是什么?

五. (10 分) 原子中有两个价电子, 在能级 E_{nl} 上, LS 耦合时, 证明 $L + S$ 为偶数。

六. (20 分) 原子填充的 Hund 规则: 在满足 Pauli 不相容原理的前提下, 电子填充按顺序满足以下规则: (1) 同等条件下, 总自旋 S 最大的态具有最低的能量; (2) 对于给定的自旋, 总轨道角动量 L 最大的态具有最低的能量; (3) 对于一个子壳层 (n, l) , 在填充电子数少于半满电子数时, 总角动量 $J = L + S$; 但填充电子数超过一半时, $J = |L - S|$ 。根据给出的原子电子组态用 Hund 规则写出以下原子的基态构形 $^{2S+1}L_J$: (1) H: $(1s)^1$; (2) O: $(\text{He})(2s)^2(2p)^4$; (3) P: $(\text{Ne})(3s)^2(3p)^3$; (4) Ni: $(\text{Ar})(4s)^2(3d)^8$