

2024 年 870 量子力学回忆两三题

桃花依旧笑春风*

School of Physics, Huazhong University of Science and Technology

(Dated: 2023 年 12 月 25 日)

摘要

写在最前面：作者为 20 级物理学院的老东西，由于记性太差，这里就回忆让我印象深刻的若干题，有的题目我标注了重要性（个人观点）。其他题基本上没什么难度，也没什么需要练习的必要。

另外，老东西发现 870 喜欢重复利用考察几年前的真题（甚至改动都没有）。因此大家最好真题都做一遍。

本文已挂在 GitHub 上，其中还有其他年份的真题及参考答案。链接：<https://github.com/AcademicGarbage2002/HUST870pdf>

* For corresponsce:academicgarbage@outlook.com

I. 填空题

..... bulabula (极其简单)

某一题: 束缚态是指: _____, 其能量: _____

某一题: 算符为什么是线性厄密算符? (填空, 后面大题均有) _____

某一题: 含时和定态的薛定谔方程: (不在同一题, 但是均考察了, 后面大题也会使用到) _____

II. 实验题

1. 利用波尔的理论解释为什么原子中存在着分立的光谱；为什么波尔的理论使用到除氢原子之外的原子就失效了？

2. 利用量子力学解释原子中的分立光谱

3. 为什么在电场、磁场下，原子的光谱会发生劈裂？

III. 其他大题（顺序记不清了，序号看个乐）

1. 电子自旋或者原子核能常有二能级系统 $|0\rangle$ 和 $|1\rangle$ ，由此简单解释量子计算机的原理和特点。

2、粒子在宽为 a 的一维无限深势阱 $u(x) = \begin{cases} 0 & 0 < x < a \\ +\infty & x \leq 0, x \geq a \end{cases}$ 中运动, 求:

(1) 粒子的能级和归一化波函数;

(2) 求 $\phi_S = \frac{1}{\sqrt{13}}(3\phi_2 - 2i\phi_6)$ 的粒子处于势阱中心的概率?

tips: 如何理解“处于势阱中心”?

3、证明: $\frac{d\langle \hat{p} \rangle}{dt} = \langle F \rangle$, (提示 $(F = -\nabla V)$)

tips: 利用含时薛定谔方程

4、一维无限深势阱 ($0 < x < a$) 中粒子受到微扰 $V(x) = \begin{cases} \frac{V_0}{a} & 0 < x < a \\ 0 & x \in \text{others} \end{cases}$ 的微扰, 求基态能量 & 第一激发态的能量二级修正。

5、设粒子的状态为：

$$\psi(x) = A \left[\sin^2 kx + \frac{1}{2} \cos kx \right]$$

求此时粒子的平均动量和平均动能。

tips: 本题为教材（周世勋）原题。推荐方法：根据动量本征函数 $\psi = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} e^{\frac{i\vec{p}\cdot\vec{r}}{\hbar}}$ 进行展开。也可以进行箱归一化，求出 A，然后根据 $\langle \phi | \hat{F} | \phi \rangle$ 求平均值

6、自旋为 $s = \frac{1}{2}$ 的电子, $t = 0$ 时自旋沿正 z 轴方向, 若将其置于沿 z 方向的均匀磁场 B_0 中, 求:

(1) t 时刻, 电子自旋波函数 $\chi(t)$;

(2) 在原有磁场下, 添加磁场 $(B'\cos(\omega t), B'\sin(\omega t), 0)$ (其中, B' 和 B_0 的大小相当), 求 t 时刻, 电子自旋波函数 $\chi(t)$;

(提示: 电子自旋与外磁场的作用能 $\hat{H} = -\frac{e\hbar}{2mc} \vec{\sigma} \cdot \vec{B}$ 。

tips: 根据含时薛定谔方程进行演化。最后一小问需要使用表象变换, 使得算符为对角矩阵, 求解完成再变换回来

note: 本题是 870 最后一题, 也是基于 2010 年的真题添加第三问得到的。原有 3 小问但是老东西真的想不起来了, 不过核心就是上面的内容。