第三章 复习要点 By Y-J Ma , 2017-04-13

一 物质波， 德布罗意波，粒子的波动性

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad ; \quad \nu = \frac{E}{h} \qquad ①$$

物质波的实验验证 --- 戴维逊-革末实验。观察 电子在晶体上的散射，看到了布拉格衍射以及干涉效应。从而证实了电子的波动性。

二 海森堡不确定关系 （测不准原理）

粒子在客观上不能同时具有确定的坐标位置和相应的动量。如果坐标的不确定范围是Δq，动量的不确定范围是Δp，那么

$$\Delta p \times \Delta q \geq \hbar/2 \qquad ②$$

类似地 $\Delta p_x \times \Delta x \geq \hbar/2$ $\quad \Delta p_\phi \times \Delta\phi \geq \hbar/2$ $\quad \Delta E \times \Delta t \geq \hbar/2$ ③

三 波函数

具有确定能量的自由粒子的波函数 $\psi = \psi_0 e^{\frac{i}{\hbar}(\vec{p}\cdot\vec{r}-Et)}$ 平面单色波

波函数的物理意义（波恩的统计解释）：单位体积内发现一个粒子的几率。（几率密度）

波函数的三个基本条件：单值性、有界性、连续性

不符合这三个基本条件的函数，即使有伟大的数学意义，也不能代表物理实在。

另外，波函数归一性：$\oint \psi\psi * d\tau = 1$

四 定态薛定谔方程

势函数 V 与时间无关，只是坐标的函数 ⇔ 定态 ⇔ 能量、角动量、几率密度 不随时间改变

定态薛定谔方程：

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 U + VU = EU \qquad ④$$

知道方程中各个字母的意义，本课程暂不要求 利用它解题。

能够从自由粒子波函数出发，推导出一些物理量对应的力学量算符。

五 薛定谔方程应用举例

A 一维无限深势阱（一维无限高势垒）：粒子只能存在于势阱中，粒子能量不能连续取值

B 隧道效应（一维有限高势垒）：粒子能量低于势垒高度但粒子也有几率存在于势垒的另一侧。

C 一维谐振子：$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega \quad n = 0,1,2,\cdots\cdots$ ⑤. 依量子力学，不存在静止的简谐振子。

B 的一个应用： 扫描隧道显微镜

一个概念：宇称， 用于描述波函数空间对称性。波函数为偶（奇）时，宇称为正（负）。

六 量子力学对氢原子的描述

n 为主量子数，n 确定，则能级确定。能级公式与玻尔模型结论相同，$E_n = -\frac{2\pi^2 me^4 Z^2}{(4\pi\varepsilon_0)^2 n^2 h^2}$ $n = 1,2,3,\cdots\cdots$

l 称为轨道角动量量子数。轨道角动量 $P_l = \sqrt{l(l+1)}\,\hbar$ $l = 0,1,2\cdots\cdots$ ⑥

m 称为轨道角动量磁量子数，表征着轨道角动量在 Z 轴的分量。$P_{l,\ Z} = m\,\hbar$ $m = 0, \pm1, \pm2, \cdots\cdots$ ⑦

n、l、m 的约束关系：给定 n,则 $l = 0, 1,2,\ldots\ldots n-1$；给定 l，则 $m = l, l-1, \ldots\ldots, -l$

氢原子的电子云关于 Z 轴对称（与ϕ无关）
基态时氢原子的电子云呈现球形
$\sum_{m=-l}^{m=l} \Theta\Theta^* =$ 常数，与 θ 无关。电子云之和 呈现出球对称。