

第二次作业参考答案

- 氦4(^4He)和氦3(^3He)是同位素,前者是玻色子,后者是费米子。将这两种原子放入5个不同的量子态 (30分)
 1. 如果两个原子分别是氦4原子和氦3原子,有多少种放法?
 2. 如果两个原子都是氦4原子(玻色子),有多少种放法?
 3. 如果两个原子都是氦3原子(费米子),有多少种放法?
- 哪位量子英雄给你留下的印象最深?请简要描述他对量子力学发展的贡献。(10分)
- 附加题(0分): 阅读Beginning of infinity (by Deutsch)第11章,了解fungible或fungibility的定义,用一个实际生活中的例子描述你理解的fungible.

一、

根据玻色子与费米子的定义,我们知道氦4原子是玻色子(可以处于同一个量子态),氦3原子是费米子(任意两个费米子不可以处于同一个量子态)。根据全同粒子的定义,两个氦4原子或者两个氦3原子我们都是不可分辨的,但我们可以分辨氦4原子与氦3原子。

1. 对于氦4原子和氦3原子,他们之间可以分辨,且由于氦4原子可以与氦3原子处于同一个量子态,所以我们排列组合有 $5 \times 5 = 25$ 种放法。
2. 对于两个氦4原子来说,他们可以处于同一个量子态,但两者之间不可分辨。分两种情况讨论:①. 两原子处于同一个量子态,一共有5种放法;②. 两原子处于不同量子态, $C_5^2 = \frac{5 \times 4}{1 \times 2} = 10$ 种。所以一共有15种放法。
3. 对于两个氦3原子来说,他们可以不可以处于同一个量子态,且不可分辨,所以只有2问中的情况②,所以一共有10种放法。

2.如果两个粒子是光子(玻色子),有多少种放法?

二、

Max Plank: 提出辐射量子假说,成功解释黑体辐射现象,开启了量子力学的大门。

Albert Einstein: 引入光量子概念,成功解释了光电效应;又通过假定固体震动能量也是量子化的,从而揭示了低温下固体比热问题。发展了波色的量子全同概念,提出了波色-爱因斯坦凝聚。EPR 佯谬促进了量子信息的发展。

Niels Bohr: 在卢瑟福有核原子模型的基础上建立了原子的量子理论,成功推导出氢原子光谱公式。

Louis de Broglie: 将光子的波粒二象性推广到基本粒子,认为所有的实体微粒都具有波粒二象性的这种性质。

Werner Heisenberg: 给出了量子力学的矩阵形式;提出了不确定原理。

Erwin Schrodinger: 提出了著名的薛定谔方程,将繁杂的解矩阵方程的问题转化为解微分方程的问题。

Max Born: 和海森堡一起发展了矩阵力学的大部分理论;提出了波函数的概率诠释。

Paul Dirac: 给出了描述费米子的相对论性量子力学方程(狄拉克方程);提出了费米-狄拉

克统计；证明了波动力学和矩阵力学的等价性。

附加题、

fungible 这个词在中文里面没有什么特别恰当的对应词（或许可以解释为置换不变的），书中为了我们理解方便，举了几个有趣的例子。比如当你去借钱时，借了一美元，还钱的时候不是你借的这一美元钞票而是别的钞票也是可以的；但是若你借了一匹马，还的时候换了一匹，即使你声明这两匹马多么多么相似，也是不合理的。再比如老师写在阅读资料最开始的那个例子。依我的见解，fungible 在日常生活中的来源或许是对事物的抽象程度。比如当我们说我们需要马的时候，我们需要的是马这个客观存在的实体，由于现实世界有足够的复杂性，凡两个实体之间就不可避免的有差异性。但是一些概念性客观实体可能就没有差异，比如我们说我们需要一元钱时，我们需要的是一元钱所代表的价值符号，并不是某一个具体的一元钱纸币。相似的概念比如代码中的基本单元 0 与 1，现在有两个同样的 1，你是无法分辨他们的区别的，也就是说他们是 fungible 的；再比如两份电子版作业，虽然有可能这次作业很复杂，但是两份电子作业也有可能是完全一样的，也就是 fungible 的，因为他们所对应的抽象出来的知识符号可能是完全相同的。

通过对前两节课的学习，我们知道同样的微观粒子是全同的，也就是 fungible 的，这也就说明组成我们这个世界的基本组成成分是 fungible 的，这一点来看我们这个世界和电脑程序有一定的相似性。深入思考一下，决定现实世界中一个客观存在是否 fungible 的或许是其自由度，也就是它由多少 fungible 的基本单元构成。衡量钱的自由度只有它的数量，所以相同数量的钱就是 fungible 的。但是一匹马由 10^{26} 个基本粒子组成，在我们现实世界中想找到两匹完全一样的马就几乎是不可能的。两份电子版作业，虽然他们确实有可能是完全一样的，但是当作业复杂程度增大，两份作业 fungible 的程度就相应会降低。