

# 量子力学的五大基本假设 / 公理

- ①. **波函数公设**：微观粒子量子状态可用一个波函数完全描述，该描述由波恩统计诠释。为此（为具有物理意义），波函数必须单值、连续、有界、可归一化。
- ②. **微观粒子动力学公设**：波函数按薛定谔方程<sup>1</sup>随时间演化。
- ③. **量子态遵循态叠加原理**<sup>2</sup>：即体系的总波函数，等于一系列子波函数的线性组合。
- ④. **测量公设**：对某个量子态进行某个力学量  $Q$  的测量，结果必为该力学量算符  $Q$  的本征值之一： $Q_n = \langle Q \rangle |\psi_n\rangle$ ，对应的叠加态  $\psi$  塌缩成单个本征态  $\psi_n$ 。
- ⑤. **对于多体系统，须引入全同性公理**：在全同粒子所组成的体系中，两全同粒子（角标）相互调换不改变体系的状态，即体系的总波函数不变。

我对以上公理以及公理的数量，是不持异议的，因为少了一个，量子力学的一些推导和结果就**更**解释不通了（尽管即使有了这五条，有些仍然也不好解释<sup>3</sup>），有了他们，至少可以在不尝试着理解的情况下可以推导下去。所以在没有更好、更基本，更令人既推导愉快，又接受和理解起来无障碍的公理出来之前，可以将就用着。

---

<sup>1</sup> 薛定谔方程来自于稳定约束条件下的哈密顿量，即系统的总能量，等于系统的机械能  $H=T+V$ ，以及对动量算符的定义，而对动量算符的定义，又来自于 de Broglie 关系，有一定的定义的成分，另一个平行宇宙的薛定谔方程，可能会因动量算符的另一种定义（相反数）而可能有另一种形式。

<sup>2</sup> 通过它可以导出体系总波函数的本征值也等于各 本征函数 / 态 所对应的 本征值 的线性叠加，以及其他一些形式上较为简化的结论。

<sup>3</sup> 比如体系的总波函数，即线性叠加后的态（公理三），为什么不满足薛定谔方程（公理二）

# 我所理解的量子力学

是我认知历史上，第一个可计算但不可推导、可推导但不可理解的学科，是第一个用不太可信但总可行的公理们，定义起来的学科。我从公理开始就无法接受，但能 work，又内心好受了点。

计算是清楚的，计算结果也是清楚的，但你问我为什么要这么计算，我不知道。

原因有二，一是当你尝试回推时，最终遇到的是公理，而公理你无法接受。其次，公理也有互相矛盾的地方<sup>4</sup>，但前人也没法自圆其说，于是就丢在那里，仍用公理糊弄过去，并且公理也没有告诉你该如何理解它自己。

因此看上去像是：这个理论不自洽，但是有用的。

在中国恰恰相反，阴阳五行，是自洽的，但是没用的。所以量子力学是不可能在中国诞生的。

但是从中国这么注重实用主义，以及模模糊糊掩耳盗铃主义，根据量子力学计算正确但不可理解的特性，似乎又更容易在中国发展起来（呵呵 = =）。

量子力学在我看来，是从不可理解性、预测准确性上，双双均是一切学科中，最高的一门学科；以至于接近神明留下的语言：我们对齐没有写入权，只有读出权、使用权。不可破解其内涵，但可以顺利使用，感觉其理论本身就像黑洞一样幽闭起来了，不让视界外的人获取其内的任何信息。

尽管和广义相对论在预测准确性上与其不相上下，但量子力学的

---

<sup>4</sup> 比如体系的总波函数，即线性叠加后的态（公理三），为什么不满足薛定谔方程（公理二）

不可理解性更强，很少有学科能同时做到“Shut up and Calculate”、“And then comes out the right Answer”，但不论是计算过程中，还是计算完成后，思考都在其中毫无角色扮演的尴尬地位：

“宇宙的不可理解之处就在于，它是可以理解的”这句话出自爱因斯坦，作为一手带大广义相对论这个孩子的人，毫无疑问是最懂广义相对论的人，在理解它的基础上，他完善了广义相对论的理论框架，并对水星进动、爱丁顿所观察的日食进行了数值计算和预测，都双双中靶，这一切都必须基于理解基础上，哪怕是我们得到了广义相对论的表达式，如果没有深刻理解它，对于预测实际问题，也根本无从下笔，没法预测。

所以说，广义相对论，是可以理解的，且是预测准确的。

但量子力学就不是了。量子力学是爱因斯坦一手带大的另一个孩子，但这个孩子明显比广义相对论更调皮，它同样预测准确，但其方程越是预测准确，其方程的不可理解性就越强。

一般而言，优美的式子和理论，既“有用”，又能给人带来“理解”它后的快感，比如广义相对论之于爱因斯坦。但量子力学既有用又正确，但爱因斯坦即便到了晚年，也拒绝接受当时对量子力学的方程的“解释”、“诠释”。我与小爱的立场一样，也承认它“对”，但“对它的解释”，绝对“不对”，至少是不完整的，甚至是有误的。

所以改用爱因斯坦的那句话，对于量子力学这个他的第二个孩子，他会说：“宇宙的不可理解之处就在于，它 TMD 竟然是不可理解的”，因为以他的聪明智慧，竟没解释好这个古灵精怪的小东西，到底代表了什么意思，也就没能在离开世界前，猜透上帝传达给他的最后一点旨意、神谕的谜底。

# 九章是否属于量子计算机

我感觉这个问题不该这么提，应该说，九章针对“高斯玻色采样”这样的一个问题，所采用的“计算”方法，是属于实验，属于硬件、硬件采样、硬件模拟、硬件蒙特卡洛模拟，还是属于计算，属于软件、软件采样、软件模拟、软件蒙特卡洛模拟？

如果九章及其同行们的光量子计算，将硬件采样都定义为计算，那小同行内都是互认为大家都是属于量子计算，但普罗大众会都不认为。这样，不仅仅是九章不属于量子计算机，而是采用该方法的都不属于量子计算机。

不能你拿一个哪怕是最优化后的求大型矩阵的程序给电子超级计算机跑采样软件，然后自己用优化了采样速率即摆放方式、组合方式后的光学硬件，做采样实验，二者从性质上就不可相提并论，从结果上就更不能相比较了。这种霸权，针对特定任务的目标完成速率，当然是硬件采样胜出，但本身就没法比较...要么电也硬件采样，要么光换软件采样，才能同日而语。

如果说光学器件的摆放阵列的不同，也属于不同的一种“软件”，那这属于狡辩：你看人家电子，逻辑门都封装好了后，动都不动，仍然可以编程；所以，真正的可编程是在硬件不动的情况下，也能烧写程序，实现不同的功能。

软件计算<sup>5</sup>与通用计算，都需要计算结果的储存。但哪怕是临时储存（RAM 内存），对光也是个大问题。光量子计算如果没有涉及临时储存结果、非破坏地读取结果、擦写 rewrite 结果，则一个没

---

<sup>5</sup> 哪怕不是通用计算，能设计的功能很少，甚至只有一个，但能体现出量子算法与经典算法都是“算法”、“程序”，且因此理应有逻辑门的参与，有矩阵即高维数组的体现、有储存，才能是软件“算法”，否则如果无逻辑门、无高维数组的运算和储存的体现，那应属于硬件计算

有储存的器件，只能是流工作模式，即硬件采样，是整体编程完毕的结果，执行的单步计算是无法获取的，只有输入输出可知，整体就属于硬件模拟，而非软件模拟。

所以软件模拟，我感觉必须要 RAM 才可能算软件模拟。然而储存光的 RAM 还没见过...光怎么储存？储存在哪里？...

所以我认为九章实现的应该不是量子优越性，应该是硬件模拟的优越性，光的并行硬件模拟的优越性，证明了光配合器件，可以执行、善于执行这项任务。而有些任务恰好光就适合做...

他们要做的，可能不是证明九章是光量子计算，而是证明九章不是硬件模拟，也就是必须严格地给出二者的区别，要可证伪。否则用超级计算机跑波斯采样程序，运行那么多年，到宇宙尽头，也没法给出结果对比，以证明或证伪之；不能为了刁难超级计算机而为二者安排其中另某者擅长的任务。

不论如何，真理应该会越辩越明，探讨总是好的，如此广大范围内的讨论，作者们也必须给出说法，并且是持续地给出说法，以从其他角度证明，其计算不属于纯硬件模拟。