

量子计算

—基础篇

Quantum Computing

网址: www.qubits.top

Calvin Tang

179209347@qq.com

介绍

教程简介：

- 面向对象：量子计算初学者
- 依赖课程：线性代数，量子力学（非必需）

知乎专栏：

https://www.zhihu.com/column/c_1501138176371011584

Github & Gitee 地址：

<https://github.com/mymagicpower/qubits>

<https://gitee.com/mymagicpower/qubits>

* 版权声明：

- 仅限用于个人学习
- 禁止用于任何商业用途

量子信息技术 & 量子计算

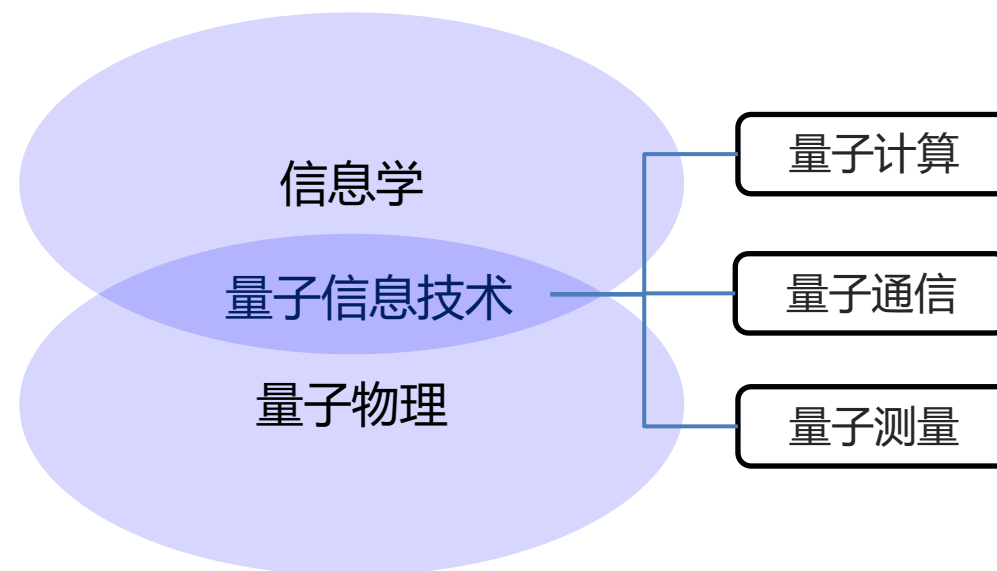
量子信息技术

量子信息技术是量子物理与信息科学交叉的新生学科，其物理基础是量子力学。

通过对光子、电子等微观粒子系统及其量子态进行人工观测和调控，借助量子叠加和量子纠缠等独特物理现象，以经典理论无法实现的方式获取、传输和处理信息的一类技术。

量子计算

量子计算主要包括量子计算机、量子算法和量子机器学习三个技术领域。



量子系统的两个特性

量子行为的两个特性，也就是叠加和纠缠，使量子计算机有能力解决目前的常规或传统机器无能为力的问题。

量子叠加



▪ **量子叠加(superposition):** 一个量子处于不同状态的概率性的叠加态上。 n 个量子位形成了 2^n 种可能性。这使量子计算机具有指数级数量的状态。

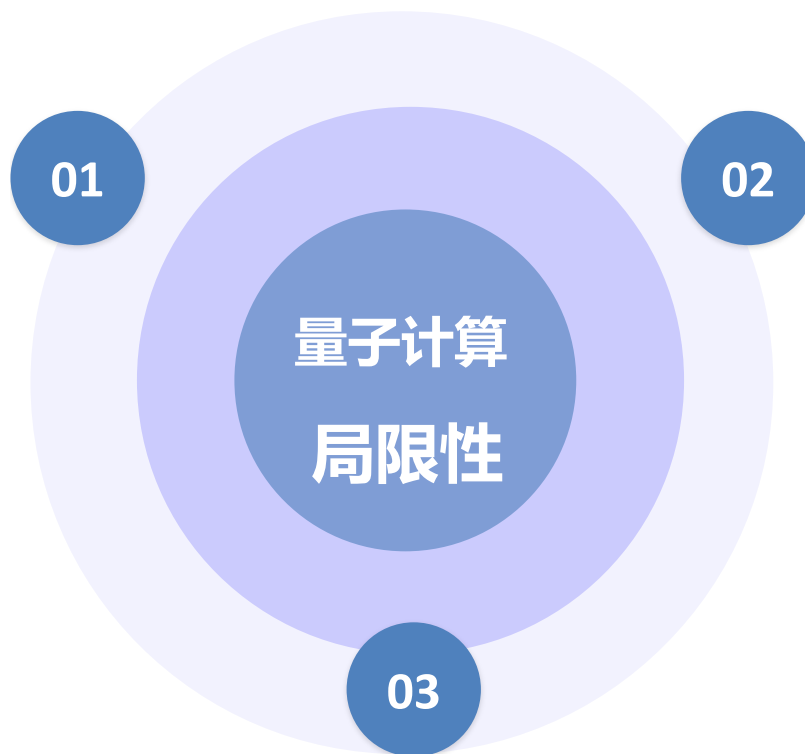
量子纠缠



▪ **量子纠缠(entanglement):** 量子世界中不同粒子之间有无法用经典规律理解的整体关联性，不能分离来描述个别粒子，一旦改变某个粒子，会影响到其他粒子。

量子计算目前的局限性

控制难
量子比特的状态很容易受到环境的干扰，例如温度、磁场和电磁辐射等。

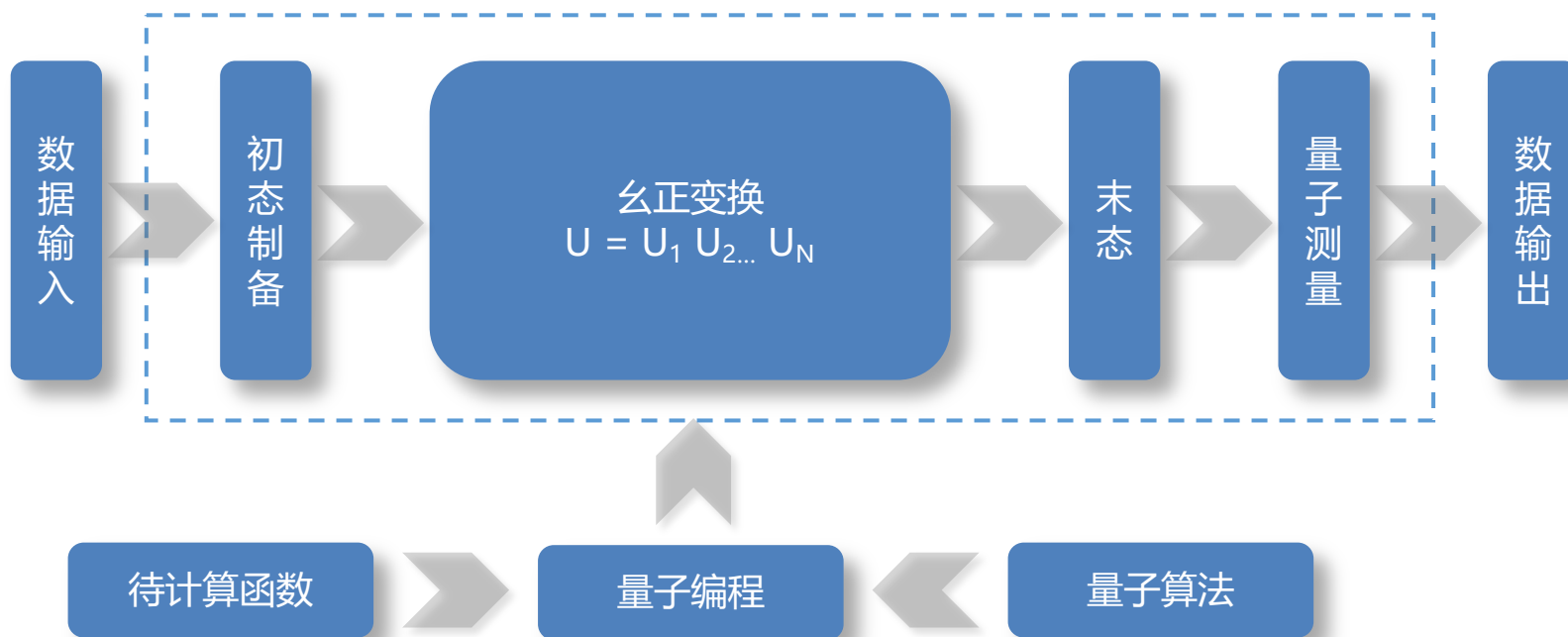


测量难
量子比特的测量是非常困难的，因为它会破坏比特的量子态，发生“退相干”。

纠错难
量子纠错是目前最大的瓶颈。尽量降低资源消耗和错误概率成为量子纠错算法领域的重要研究问题，但仍然比较困难。

量子计算机的计算过程

一般而言，量子计算机的计算过程可以分为：
 数据输入、初态制备、量子逻辑门操作、量子测算和数据输出等步骤。



资料来源:《量子信息技术发展概况》，郭光灿，2019年7月

量子计算简史 – 量子力学主要人物

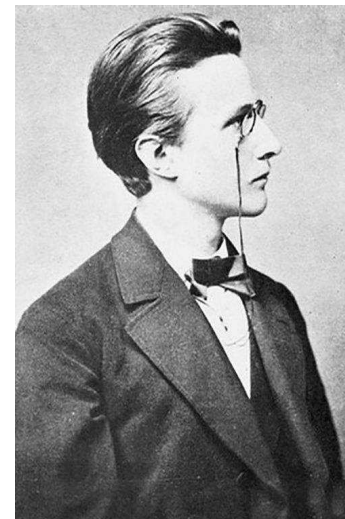
Start



1900

能量量子化

物体通过分立的跳跃非连续地改变它们的能量，能量值只能取某个最小能量元的整数倍。



普朗克
(1858—1947年)

量子计算简史 – 量子力学主要人物

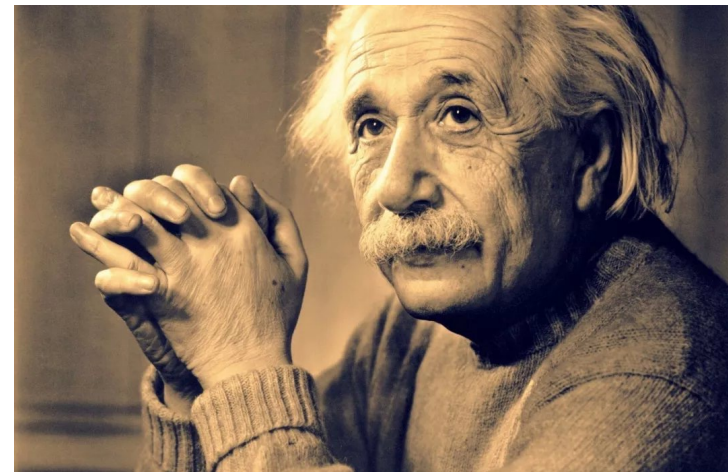
5



1905

光电效应 $E=h\nu$

金属表面在光辐照作用下发射电子的效应，发射出来的电子叫做光电子。



爱因斯坦
(1879—1955年)

量子计算简史 – 量子力学主要人物

5



1913

玻尔模型

提出了量子不连续性，成功地解释了氢原子和类氢原子的结构和性质。提出了原子结构的玻尔模型。



玻尔
(1885—1962年)

量子计算简史 – 量子力学主要人物

5



1923

德布罗意波 (物质波)

实物粒子也有波粒二象性，认为与运动粒子相应的还有一正弦波，两者总保持相同的位相。



德布罗意
(1892—1987年)

量子计算简史 – 量子力学主要人物

5



1925

薛定谔方程

实物粒子也有波粒二象性，认为与运动粒子相应的还有一正弦波，两者总保持相同的位相。



薛定谔
(1887—1961年)

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi\rangle = \hat{H} |\psi\rangle$$

量子计算简史 – 量子力学主要人物

5



1925

矩阵力学

像位置、速度等力学量，需要用线性代数中的“矩阵”这种抽象的数学体系来表示，而不应该用一般的数来表示。



海森堡
(1901—1976年)

量子计算简史 – 量子力学主要人物



1926

正则量子化

正则量子化是多种对经典理论进行量子化的数学方法中的一种。



狄拉克
(1902—1984年)

量子计算简史 – 量子力学主要人物



1949

费曼图和费曼规则

费曼图、费曼规则和重正化的计算方法，这是研究量子电动力学和粒子物理学不可缺少的工具。



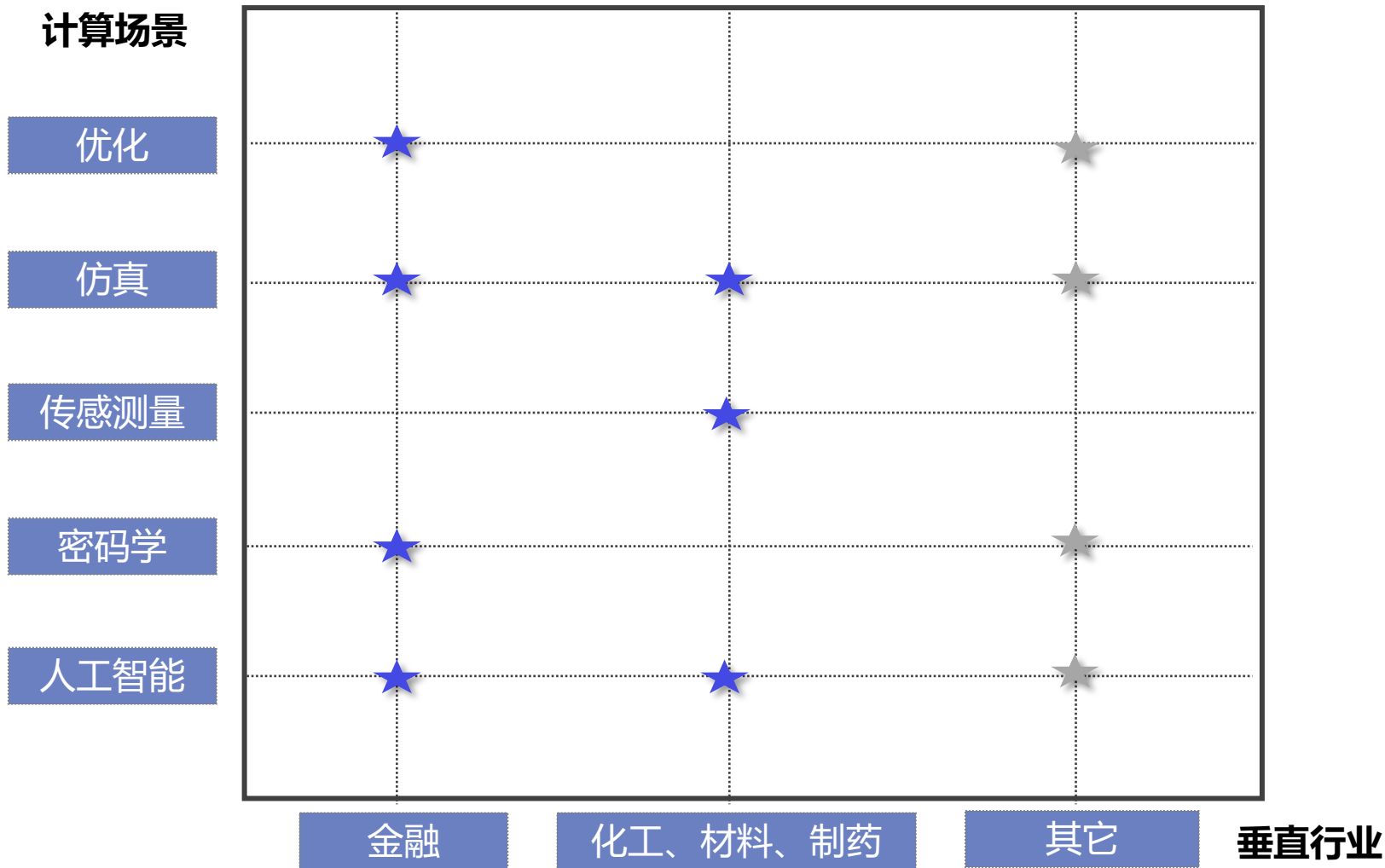
理查德·费曼
(1918—1988年)

*The world is strange. The whole universe is very strange, but you see when you look at the details that **the rules of the game are very simple** – the mechanical rules by which you can figure out exactly what is going to happen when the situation is simple.*

*But **it is not complicated. It is just a lot of it.***

看似复杂的世界是由众多的简单规则构建而成。

量子计算主要应用领域





Thank

You