

量子十问之十

第二次量子革命究竟要干什么？

郭光灿[†]

(中国科学技术大学 中国科学院量子信息重点实验室 合肥 230026)

2018-09-12收到

[†] email: gguo@ustc.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20190707

量子力学是人类迄今最成功的理论，此理论衍生出诸如激光(光通信、互联网)、半导体(电脑、手机……)、核能等造福人类一个世纪的先进技术。但自量子论诞生一百多年来，科学家关于量子世界的奥秘却一直争论不休，至今仍不知其答案。

量子力学的第一个百年(第一次革命)人们主要只做一件事，求解薛定谔方程，取得了辉煌成果，研制成功激光、晶体管等新型器件，将人类社会引进繁荣的信息时代。这一百年，人们只能问量子力学能让我们“做什么”，而不去问“为什么”。

量子信息的诞生打破了这个沉寂的僵局，因为量子信息领域涌现出许多新的物理概念，例如：纠缠、量子关联、非局域性……；同时研发出新的实验方法和工具，提供研究量子世界奥秘的新工具，点燃了量子力学的第二次革命。国际著名刊物《自然·物理》2014年发表编辑部纪念贝尔定理五十周年的评论，指出：将揭开“量子谜团”！

那么第二次量子革命究竟要干什么，这里有两件事要做——其一是继续“做什么”；其二是追问“为什么”。

第一次量子革命只是基于量子力学的原理开发出新型的经典器件(激光、半导体、电脑、手机……)造福于人类，这些器件遵从经典物理规律。

第二次量子革命则是直接开发基于量子特性本身的量子器件，这些器件遵从量子力学规律，它以量子态(量子比特)为单元，信息的产生、传输、存储、处理、操控等全都基于量子力学规律，是地道的量子器件，称为量子信息技术。其信息功能远远超越相应的经典器件，能突破现有信息技术的物理极限，在信息处理速度、信息安全、信息容量、信息检测等方面将发挥极大的作用，这种崭新的技术将给人类社会带来翻天覆地的变化。

目前正在开发的主要量子信息器件和技术，有量子计算、量子密码、量子网络、量子模拟、量子传

感等，这些量子器件和技术的物理基础直接应用到量子世界的特性，如量子态叠加性，量子非局域性，量子不可克隆性等。第二次量子革命“做什么”就是开发基于量子特性的量子器件，促使人类从经典技术跨越到量子技术的新时代。

第二次量子革命要做的另一件事，是追问“为什么”。主要聚焦在两个方面：量子世界的奥秘和量子世界与经典世界的兼容。

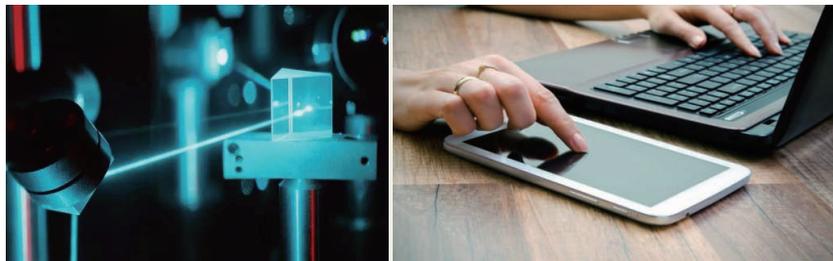
当前科学界关注的热点问题有如下几个方面：

(1)量子世界与经典世界的界限问题(薛定谔猫悖论)

经典世界和量子世界遵循着不同的物理规律。现实世界中宏观物质(经典)由原子、电子等微观粒子所构成，后者属于量子世界，二者能够和谐于同一个客体中。那么，经典世界和量子世界的界限在哪里？更具体的问题是：薛定谔的猫态在何处不再存在？在量子世界和经典世界的边界附近是否有新的物理？当前，实验物理学家正在努力制备更大的宏观叠加态，以期对这一问题进行深入研究。

(2)量子测量问题

量子测量是量子力学基础的核心问题之一。量子力学的哥本哈根解释中，量子测量包含一个波包塌缩的过程，这个塌缩过程无法由量子动力学过程来描述，这就使得整



激光通信和手机电脑(图片来源于网络)

个量子力学需要有两个不同的过程：么正演化和波包塌缩，这是不可接受的。更大的问题在于，对于这个塌缩过程人们知之甚微。为此，物理学家们尝试了各种能将波包塌缩过程去掉的量子测量理论，比如消相干理论，多世界理论等。然而到现在为止，人们仍未能找到一种令人满意的量子测量理论。

(3) 隐变量和非局域问题

量子力学测量结果的随机性也是人们对量子力学不满意的重要原因之一。为消除随机性，人们尝试了不同的隐变量理论，比如，贝尔的局域隐变量理论和玻姆的导引波隐变量理论。人们已经发现局域隐变量理论与量子力学是不相容的，这说明量子力学是非定域的。那么，量子力学和非定域的隐变量理论(如玻姆力学)哪个才是微观世界

更基本的理论呢？物理学家们正在设计实验来区分和检验量子力学与非局域隐变量理论。

(4) 量子力学与因果律

因果律是公认的物理学中最重要的原理之一，狭义相对论建立了不同事件间的因果关系。按照因果律原则，人们发现，不同二能级系统之间的CHSH关联可以达到4，而量子力学所能达到的上限是 $2\sqrt{2}$ 。一个很自然的问题是：为什么量子力学的关联被限制住了？这里面有什么新的物理原理？人们是否能够按这个新的原理来重构量子力学？在这方面，物理学家们已经进行了一些尝试，比如，引入信息因果。

(5) 量子力学与相对论的融合

量子力学和相对论是近代物理



量子世界(图片来源于网络)

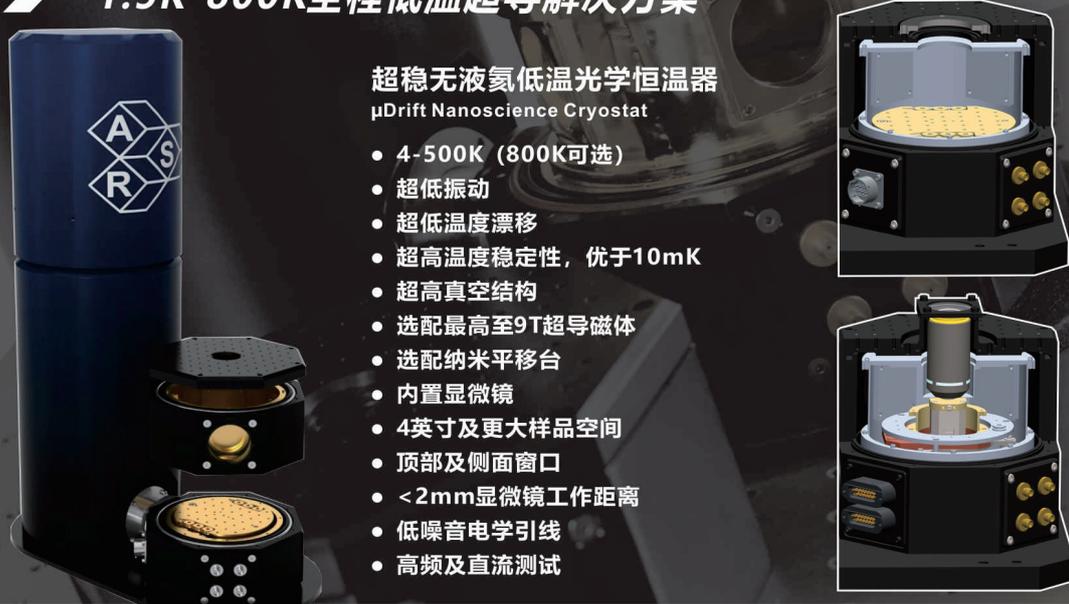
最重要的两大支柱。然而，这两大支柱之间的融合却是当今物理学最大的困难。量子信息理论的发展为这两个理论的融合提供了契机。新的研究发现，量子纠缠在空间几何化中可能起着关键性的作用，量子纠缠可能是空间的起源。基于这一新的思路，物理学家们正在研究量子力学和相对论的融合问题，而且很有可能取得突破。



Advanced Research Systems 低温超导设备制造专家
1.5K-800K全程低温超导解决方案

超稳无液氦低温光学恒温器
μDrift Nanoscience Cryostat

- 4-500K (800K可选)
- 超低振动
- 超低温度漂移
- 超高温稳定性, 优于10mK
- 超高真空结构
- 选配最高至9T超导磁体
- 选配纳米平移台
- 内置显微镜
- 4英寸及更大样品空间
- 顶部及侧面窗口
- <2mm显微镜工作距离
- 低噪音电学引线
- 高频及直流测试





DOWELLLAB
扫一扫关注官方微信
了解更多产品信息

天津多为莱博科技有限公司是ARS产品在中国的独家代理
网址: www.dowelllab.com 邮箱: sales@dowelllab.com
销售及服务热线: 022-26802283