

探秘量子世界

——中国科学院物理研究所“量子计算机”主题讨论侧记

2019-01-29收到

† email: hxwei@iphy.ac.cn

DOI: 10.7693/w120190210

没有人真正理解量子力学。

——理查德·费恩曼

2019年1月28日晚,由科技部引进国外智力管理司、中国科学院科学传播局、北京科学技术委员会支持,中国科学院物理研究所承办的第34期科学咖啡馆活动在物理所M楼咖啡厅举行。科技部引进国外智力管理司邱成利处长主持活动。

新年首次开讲人是中科院物理研究所固态量子信息与计算实验室主任范桁研究员。他长期从事量子计算和量子模拟理论与实验研究,主要关注各种量子现象利用量子计算方法的模拟。在报告中,范桁介绍了量子计算和量子计算机的发展、重要性以及广阔的应用前景。在场嘉宾都对量子计算技术的强大威力感到震撼,也深刻理解了其对国计民生的重大意义。

量子计算机——大国重器

比特是计算机的最小信息单元,比特数和处理的任务越多,计算机的处理能力就会越强。相对经典计算机的框架,量子计算机可以实现超越式的发展:量子计算机遵循量子力学原理,其基本信息单元为量子世界才存在的量子比特,量子比特的特殊性在于它可以处于0和1的叠加态。就比如一个篮球最

上面的点是0,最下面的点是1,那么整个球面就是一个量子比特,两个量子比特还会形成量子纠缠,这些性质经典世界中是不存在的。我们日常使用的经典计算机,使用的是经典比特,即只有0或1的两种状态,而量子比特可以处于叠加态后,在比特数量增加时,可实现的总体状态数将呈指数增加,远远超过经典比特。也正因如此,在解决特定问题时量子计算机相对于普通的经典计算机有着不可比拟的优势。

有着如此优势的量子计算机能够做什么呢?范桁告诉大家,许多领域都是量子计算机可以大展身手的地方。比如人工智能机器学习,将量子计算和机器学习结合起来后,可实现的功能不可限量。再比如进行数据处理和量子搜索,现在已有很多高科技公司投入该领域进行探索,其他还有生物制药和物流优化等。只要是能够想到的科技领域,量子计

算机在解决一些问题时都具有经典计算机所不具备的优势。还有一个领域使科学家不得不研究量子计算机,那就是密码破译。现在多数密码的设置是基于大数分解的计算复杂度,所谓大数分解是将一个很大的数分解成质数的乘积。经典计算机计算两个大的质数相乘很容易,但将一个数分解为两个质因数却很难,而量子计算机的结构特点决定了它计算质因数分解将会非常方便。

有人曾说,量子计算机的竞争是我们输不起的战争。因此在量子计算机这一大国重器的探索和研制中,我们必须竭尽全力。



范桁研究员主题报告现场

具体实现——奥妙无穷

量子计算机实现的关键在于制备可以稳定存在的量子比特。根据使用的量子比特的不同，量子计算机可以分为超导量子计算机、光子量子计算机和离子阱量子计算机等。根据实现方法的不同，量子计算机还可以分为专用和通用两种类型：专用量子计算机直接利用哈密顿量进行量子态的演化，通用量子计算机则用逻辑门进行操作。随着量子态调控能力的提高，量子计算已成为现在研究的重点。多家科技公司致力于超导量子计算来实现通用量子计算机。2013年，D-Wave公司宣称制造出512-qubit的量子计算机。2017年，中国科学技术大学、浙江大学和中科院物理所也已合作研制出10比特超导处理器芯片。

虽然量子计算机领域的发展迅速，但目前还未能真正制造出可以实用的量子计算机。不过由于量子计算的所有规则都是已知的，现阶段我们可以用经典计算机来模拟量子计算机的运行过程，实现简单的量子计算效果。当然，在量子计算机领域还有很多问题没有解决，比如：我们并不能通过经典计算机来有效模拟真正的量子计算机。即使量子计算机成功制成，其计算能力

也是有限的，不一定能解决情况最复杂的NP-hard优化问题。我们也不能确定量子计算机能有效模拟自然宇宙中任何物理过程等等……

即便如此，量子计算机的未来仍然充满希望。范桁提到，每当量子计算机的体系增加一个量子比特，计算能力就会增加一倍，如果可以制造出50量子比特的量子计算机，其计算能力足以匹敌现在所有计算机的总和。理想中的量子计算机将具有可扩展性，我们还希望它可以具有准确性高、界面友好易操作和支持分布式布局等特点。

跨界交流——知识延续

报告过后，现场嘉宾纷纷踊跃提问。国家卫生健康委员会宣传司姜雯处长十分关心量子技术在医药领域的应用。范桁讲到，量子计算应用在生物制药最主要的部分就是进行量子化学的模拟。由于量子化学需要大量的高难度计算，而量子计算机可以把量子化学用量子比特模拟出来，并通过专门的算法在量子计算机里运行，这在量化计算方面可以达到非常优异的效果，也会解决很多实际问题。中央党校阳光老师则对量子计算可实现的通信保密有很大的兴趣，“未来量子计算机

普及后，是否我们的手机就很难被别人提取信息了？”“从原则上来说，量子保密通信是不可以被破解的。”范桁告诉他，量子保密通信在研究中是非常理想化的状态，但实际上无论在器件还是测

量中，都或多或少存在一些漏洞，所以并不能十分笃定，但随着量子保密通信领域的逐步发展，其安全性也会逐步提高。中科院物理所所长助理魏红祥研究员与主讲人就量子计算和普通计算的区别进行了探讨。它们的区别在于底层运行模式及其要解决的问题有差异，比如经典计算机很难解决的大数分解等问题就可以用量子计算来简单实现，目前国内外在量子计算的研究上也呈现着竞争的态势。

中科院物理所于涪院士听完大家的交流与讨论后十分高兴，他结合李克强总理“大众创新”观点，认为想要做好科普需要“大众科普”。因为科学知识是人类共同财富，我们每一个人都有享受科学知识的权利和为科学传播做贡献的义务。

在现场的新年喜庆中，中科院科学传播局局长周德进对主讲人和嘉宾们表示了由衷的感谢和祝福。他最后总结，“主讲人作为精彩话题的贡献者，将晦涩难懂的科学知识讲述得易于理解，而在场的嘉宾在充分交流和探讨后也会继续将这些知识不断传播下去。这样的模式让科学传播活动有了生命力，应该一直举办下去。”

虽然说量子计算机领域还有很多问题尚待解决，但对这片神秘领域的探索依然是科学家乃至全人类的心之所向。为了让更多人感受到这片天空的色彩和光芒，除了科学家们默默耕耘和潜心钻研之外，我们要将这份向往传递开来，把量子世界的有趣和神奇告诉身边的每一个人。

(中国科学院物理研究所

张圣杰 李森 魏红祥 供稿)



科普活动与会嘉宾合影