
中国科大在分子的量子纠缠研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/9789.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

中国科学院院士、中国科学技术大学教授杜江峰领导的中科院微观磁共振重点实验室与美国国家标准技术研究所合作，在离子阱体系实现带电原子和带电分子的联合调控，首次制备了单原子和单分子之间的量子纠缠态，并且通过定量表征手段，确定产生的量子纠缠超过临界阈值。该研究成果以Quantum entanglement between an atom and a molecule 为题于5月20日在线发表在《自然》上[Nature 581, 273 – 277(2020)]。这项成果对于未来考虑使用分子进行量子信息处理有重要推动作用。

目前有多种体系可用于探索实现量子传感和量子信息处理。其中，分子作为多个原子组成的系统，原子集团可以转动和发生振动，由此带来独特的属性。例如，类比陀螺的转动和使用弹簧连接的小球振动，分子可以有不同转动角速度和角度以及振动模式，这些经典的物理量可以通过量子化形成量子状态。因此分子可以处于能量跨度相当大的不同量子状态，状态之间能量差别所对应的频率可以从接近零一直到达数百THz（每秒百万亿次）的光学频率，因此分子可以作为媒介，用于匹配和沟通频率迥异的不同量子系统，实现复合的量子体系和信息处理平台。

另外，极性分子之间可以产生长程的相互作用，有利于实现新型的量子信息处理平台；极性分子对电场非常敏感，可以与微波光子系统、悬臂梁振子等体系相互作用。为了连接单个分子到其他量子载体以传递量子信息，演示量子纠缠是重要的一步。当两个粒子处于纠缠态，便不再能单独描述每个粒子的状态，两个粒子形成一个紧密的整体，这样的关联属性在量子计算和一些量子精密测量中有重要应用。

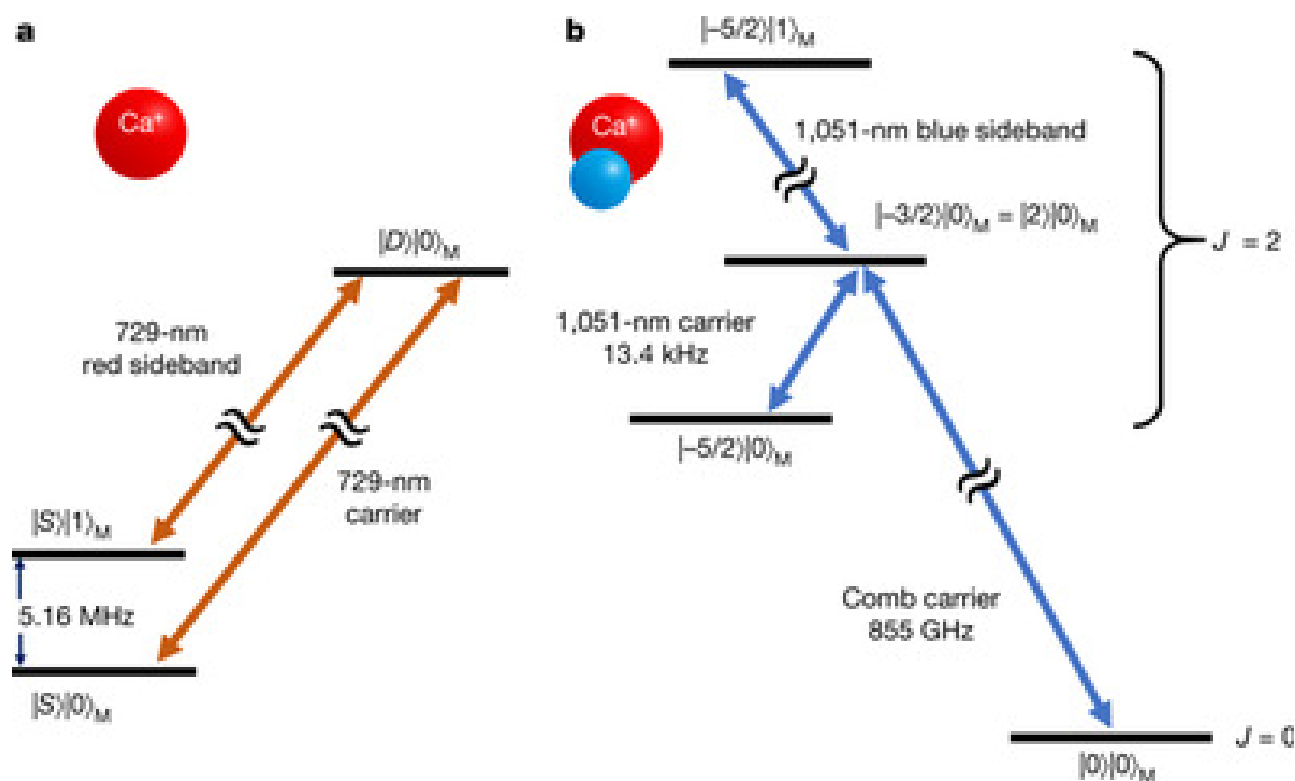
最近国内外对于分子的研究有长足发展，在信息处理方面取得一系列突破，包括对分子的束缚和冷却、分子的量子信息高质量读出、大量分子之间量子纠缠的探索，以及高精度的分子测谱等。真空中束缚的单个分子尺度的研究也急速发展，有从两个束缚原子生成单个分子、单分子与单原子相互作用等进展。

在这项工作中，通过在离子阱体系束缚带电的钙原子和氢化钙分子，使用激光调控制备出他们之间的纠缠态。这样的状态非常奇特：简单来说，当钙离子的电子轨道状态处于基态，分子的转动也在低转动能量状态（由转动量子数描述）的一种整体状态；同时可以“叠加”截然不同的另一种整体态——前者处于轨道的激发态，对应分子处于高转动能量的状态。相反的激发配对也可以制备。这里基态和激发态可以存储量子信息，类似二进制的“0”和“1”，也称为量子比特。为了展示分子状态的频率跨度，实验中选取了转动能量靠近的一对转动态作为比特，频率间隔分别为13.4 kHz（约每秒一万次）以及间隔为855 GHz（每秒近万亿次），分别使用激光脉冲定量演示与原子产生纠缠。

这里使用的激光调控技术包含多个波长（颜色）的激光，包括紫外和多个红外波段，用于匹配相应的原子和分子谱线，以实现离子的冷却、探测以及量子态调控等过程。这里结合了近年来发展的多项重要技术，包括利用带电原子和分子的电相互作用实现信息的传递，可以在不丢失分子的情况下利用原子间接读出其信息；使用红外的激光实现分子转动态的高精度调控等技术。实验中，研究人员首先初始化原子和分子到某个确定的低能量状态（基态），并且冷却他们的运动到接近量子的极限。继而使用激光制备出单个分子转动维度，转动高低能量（可以姑且理解为高低转速）状态的叠加，再通过一系列复杂的激光脉冲序列，使得譬如高转动能量的分子的成分引发原子受激发到高能状态（激发态），产生所需的量子关联——纠缠态。最后，通过观察不同情况下原子和分子协同的状态关联，可以整合所有信息成一个范围在0到1之间的值，超过0.5的阈值即表示纠缠态的出现。实验中测得的数值在误差范围内远高出这个阈值，表明纠缠态的产生。

论文的第一完成单位是中科院微观磁共振重点实验室，第一作者和通讯作者为中国科大教授林毅恒。论文合作者为美国国家标准技术研究所科学家David Leibbrandt, Dietrich Leibfried和Chin-wen Chou。这项工作得到科技部、国家自然科学基金委和安徽省的资助。

论文链接



这项工作使用的原子和分子，以及存储和处理信息的能级

研究团队单位：中国科学技术大学

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发