



新闻动态

科技新闻

通知公告

支部活动

学习园地

信息公开

科技新闻

当前位置: 首页 | 新闻动态 | 科技新闻

## 我国科学家首次在超冷原子分子混合气中实现三原子分子的量子相干合成

来源: 科研部 发布时间: 2022-02-10 浏览次数: 170

中国科学技术大学潘建伟、赵博等与中国科学院化学所白春礼小组合作, 在超冷原子双原子分子混合气中首次实现三原子分子的相干合成。在该研究中, 他们在钾原子和钠钾基态分子的Feshbach共振附近利用射频场将原子和双原子分子相干地合成了超冷三原子分子, 向基于超冷原子分子的量子模拟和超冷量子化学的研究迈出了重要一步。2月10日, 这一重要研究成果发表在国际权威学术期刊《自然》杂志上。

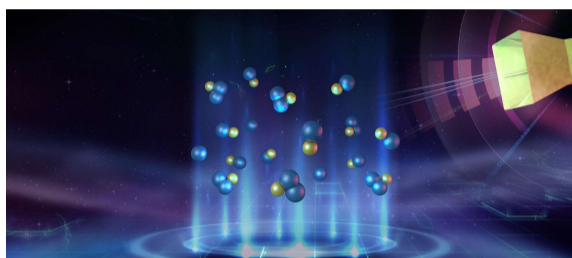


图: 从超冷原子和双原子分子混合气中利用射频场合成三原子分子的示意图

量子计算和量子模拟具有强大的并行计算和模拟能力, 不仅能够解决经典计算机无法处理的计算难题, 还能有效揭示复杂物理系统的规律, 从而为新能源开发、新材料设计等提供指导。量子计算研究的终极目标是构建通用型量子计算机, 但实现这一目标需要制备大规模的量子纠缠并进行容错计算, 仍然需要长期不懈的努力。当前量子计算的短期目标是发展专用型量子计算机, 即专用量子模拟机, 它能够在某些特定的问题上解决现有经典计算机无法解决的问题。例如, 超冷原子分子量子模拟, 利用高度可控的超冷量子气体来模拟复杂的难于计算的物理系统, 可以对复杂系统进行精确的全方位的研究, 因而在化学反应和新型材料设计中具有广泛的应用前景。

超冷分子将为实现量子计算打开新的思路, 并为量子模拟提供理想平台。但由于分子内部的振动转动能级非常复杂, 通过直接冷却的方法来制备超冷分子非常困难。超冷原子技术的发展为制备超冷分子提供了一条新的途径。人们可以避开直接冷却分子的困难, 从超冷原子气中利用激光、电磁场等来合成分子。利用光从原子气中合成分子的研究可以追溯到上世纪八十年代。激光冷却原子技术的出现使得光合成双原子分子得以快速的发展, 并在高精度光谱测量中取得了广泛的应用。在光合成双原子分子取得成功之后, 人们开始思考能否利用量子调控技术从原子和双原子分子的混合气中合成三原子分子。在2006年发表的综述文章[Rev. Mod. Phys. 78, 483, (2006)]中, 美国国家标准局的Paul Julienne教授等人回顾了光合成双原子分子过去二十年的发展历史, 并指出从原子和双原子分子的混合气中合成三原子分子是未来合成分子领域的一个重要研究方向。由于光合成的双原子分子气存在密度低、温度高等缺点, 一直无法用来研究三原子分子的合成。后来随着超冷原子气中Feshbach共振技术的发展, 利用磁场或射频场合成分子成为制备超冷双原子分子的主要技术手段。从超冷原子中制备的双原子分子具有相空间密度高、温度低等优点, 并且可以用激光将其相干地转移到振动转动的基态。自2008年美国科学院院士Deborah Jin和叶军的联合实验小组制备了铷钾超冷基态分子以来, 多种碱金属原子的双原子分子先后在其他实验室中被制备出来, 并被广泛地应用于超冷化学和量子模拟的研究中。

超冷基态分子的成功制备重新唤起了人们对合成三原子分子的研究兴趣。2015年, 法国国家科学研究中心的Olivier Dulieu教授等在理论上分析了从原子双原子分子混合气中合成三原子分子的可行性 [Phys. Rev. Lett. 115, 073201 (2015)]。但由于三原子分子的相互作用极其复杂, 无法精确计算, 因而理论上无法预测三原子分子的束缚态的能量以及散射态和束缚态的耦合强度。中国科学技术大学的研究小组在2019年首次观测到超低温下原子和双原子分子的Feshbach共振, 相关成果发表于《科学》杂志 [Science 363, 261 (2019)]。在Feshbach共振附近, 三原子分子束缚态的能量和散射态的能量趋于一致, 同时散射态和束缚态之间的耦合被大幅度地共振增强。原子分子Feshbach共振的成功观测为合成三原子分子提供了新的机遇。但由于原子和分子的Feshbach共振非常复杂, 理论上难以理解, 能否和如何利用Feshbach共振来合成三原子分子依然是实验上的巨大挑战。

在该项研究中, 中国科学技术大学的研究小组和中科院化学所的研究小组合作, 首次成功实现了利用射频场相干合成三原子分子。在实验中, 他们从接近绝对零度的超冷原子混合气出发, 制备了处于单一超精细态的钠钾基态分子。在钾原子和钠钾分子的Feshbach共振附近, 通过射频场将原子分子的散射态和三原子分子的束缚态耦合在一起。他们成功地在钠钾分子的射频损失谱上观测到了射频合成三原子分子的信号, 并测量了Feshbach共振附近三原子分子的束缚能。这一工作为量子模拟和超冷化学的研究开辟了一条新的道路。超冷三原子分子是模拟量子力学下三体问题的理想研究平台。三体问题极其复杂, 即使经典的三体问题由于存在混沌效应也无法精确求解。在量子力学的约束下, 三体问题变得更加难以捉摸。如何理解和描述量子力学下的三体问题一直都是少体物理中的一个重要难题。此外, 超冷三原子分子可以用来实现超高精度的光谱测量, 这为刻画复杂的三体相互作用势能面提供了重要的基准。由于计算势能面需要高精度地求解多电子薛定谔方程, 超冷三原子分子的势能面也为量子化学中的电子结构问题提供了重要的信息。

该研究工作得到了科技部、自然科学基金委、中科院、安徽省、上海市等单位的支持。

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-04297-2>

(合肥微尺度物质科学国家研究中心、物理学院、中科院量子信息和量子科技创新研究院、科研部)



Copyright 2009-2020 中国科学技术大学科研部 All Rights Reserved.  
电话: 0551-63601954 传真: 0551-63601795 E-mail: ustckjc@ustc.edu.cn  
办公地址: 安徽省合肥市包河区金寨路96号中国科大东区老图书馆三楼 邮编: 230026



微信公众号

