

磁缔合制备超冷三原子分子系综

本报讯 12月2日,中国科大潘建伟、赵博等利用相干合成方法在国际上首次制备了高相空间密度的超冷三原子分子系综。在该研究中,他们在基态双原子分子和原子Feshbach共振附近利用磁缔合技术从简并的钠钾分子-钾原子混合气中制备了超冷三原子分子系综,向基于超冷分子的超冷量子化学和量子模拟研究迈出了重要一步。相关研究成果发表在《科学》杂志。

利用高度可控的超冷分子来模拟复杂的难以计算的化学反应

## 中国科大首次制备高相空间密度超冷三原子分子系综

过程,可以对复杂系统进行精确的全方位的研究,因而在超冷化学和新型材料设计中具有广泛的应用前景。但由于分子内部的振转能级非常复杂,缺少激光冷却所需要的循环跃迁,导致通过直接冷却的方法来制备超冷分子非常困难。随着冷原子技术的发展,从超冷原子出发相干合成超冷分子为制备超冷分子系综提供了一条全新的途径。

1998年,麻省理工学院Wolfgang Ketterle研究组观测到原子中的Feshbach共振。2003年,科罗拉多大学的Deborah Jin研究组利用原子的Feshbach共振发展了磁缔合技术来制备钾双原子分子。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转基态。近年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。

随着双原子分子研究取得的巨大成功,人们开始研究如何制备超冷三原子分子。但由于三原子分子极为复杂,无法进行理论计算,是否能够利用相干合成的方法制备三原子分子系综一直是一个开放问题。中国科大研究团队在2019年观测到超低温下钠钾分子和钾原子间的Feshbach共振,为合成三原子分子奠定基础。在此基础上,中国科大、中科院化学所联合研究组在2022年初采用射频合成技术,在钠钾基态分子和钾原子的Feshbach共振附近,实现超冷三原子分子的射频合成。但由于三原子分子寿命短、合成效率低,只能通过双原子分子或原子的损失来获得合成三原子分子的间接证据,直接探测三原子分子并制备超冷三原子分子系综仍是实验上的巨大挑战。

在该项研究中,团队从量子简并的钠钾分子和钾原子混合气出发,在钠钾分子和钾原子的

Feshbach共振附近,通过缓慢地扫描磁场,将钠钾分子-钾原子散射态绝热地转移到三原子分子束缚态,从而首次成功利用磁缔合技术相干地制备了高相空间密度的超冷三原子分子系综。研究团队利用射频解离技术将三原子分子解离成自由的钠钾分子和原子,获得了三原子分子的解离谱,从而实现了三原子分子的直接探测。实验结果显示,所获得的三原子分子气的相空间密度比其他方法提高了约10个量级。超冷三原子分子系综的制备为模拟量子力学下三体问题铺平了道路,所获得的高相空间密度也使得制备三原子分子的玻色-爱因斯坦凝聚成为可能。审稿人一致认为这一工作是超冷分子研究领域的一个里程碑,为超冷化学和量子模拟的研究开辟了新的方向。

(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)

本报讯 11月30日,中国科大曾长淦教授课题组与深圳大学李晓光研究员课题组实验与理论合作,在石墨烯耦合等离激元衰减调控方面取得重要进展。通过调节石墨烯的费米能级,设计并引入了一个额外的衰减通道,从而实现了耦合等离激元寿命的远程调控,并结合理论阐明了其衰减调控机制。相关研究结果发表于《物理评论快报》。

准粒子是凝聚态物理中最重要的基本概念之一。光与物质的相互作用可以形成等离激元、激子、声子极化子等准粒子,这些准粒子展现了丰富的物理特性以及广阔的应用前景,例如等离激元超材料、激子波色-爱因斯坦凝聚、纳米声子谐振器等。而寿命是这些准粒子的一个关键参量,合适的寿命是准粒子丰富物性能否被探测以及转换到实际应用中的前提。因此,大量的研究工作聚焦于探究准粒子的衰减机制以及寻找具有本征合适寿命的体系。而另一个重要的研究方向就是探索准粒子寿命主动调控的方法,这将为准粒子相关体系的研究与应用提供新的抓手。

曾长淦研究团队一直致力于准粒子体系,特别是等离激元体系的量子调控行为研究,在前期工作中,发现电子-等离激元耦合对石墨烯电子输运过程中的量子相干性有极大的增强效应,利用可调台阶势垒实现了等离激元激发与传播的量子调控。

近期,曾长淦研究团队与深圳大学李晓光研究员课题组合作,结合散射式扫描近场光学显微镜和无规相近似理论计算方法,对石墨烯/氮化硼/石墨烯结构中的耦合狄拉克等离激元开展了系统研究,并实现了耦合等离激元的多维度调控。由于库伦相互作用,两层石墨烯的等离激元通过长程耦合形成波长更长、强度更高的光学耦合模式。通过改变石墨烯载流子浓度和层间间距等参数,可以实现波长、强度的大幅调节。更重要的是,耦合等离激元的寿命可以通过电场控制的衰减通道进行远程调控。该团队利用石墨烯的狄拉克线性色散,将其中一层石墨烯设计成为衰减调幅器,通过改变其费米能级实现了衰减通道的打开和关闭,进而实现了准粒子寿命的主动控制。该工作设计了一种纳米光子学的原型器件,并为其他准粒子寿命的主动调控提供了新的思路。

物理系博士研究生张华洋和物理系特任副研究员范晓东为文章共同第一作者,曾长淦教授、李晓光研究员和范晓东特任副研究员为论文共同通讯作者。

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

## 中国科大取得重要进展

在石墨烯耦合等离激元衰减调控方面

## 中国科大-紫金山天文台大视场巡天望远镜命名“墨子”

本报讯 大视场巡天望远镜是中国科大和中科院紫金山天文台共建的天文“双一流”学科平台,核心科学目标是搜寻和监测天文动态事件,开展时域天文观测研究。望远镜主镜口径为2.5米,配备7.65亿像素大面阵焦相机,将安置于青海省海西州冷湖镇赛什腾山这一世界一流天文台址。项目于2018年3月1日启动,预计2023年建设完成。建成后,大视场巡天望远镜将成为北半球光学时域巡测能力最强设备。

中国科大和紫金山天文台于2022年2月15日发布望远镜公开征名通知,自正式启动至4月30日



左为中国科大-紫金山天文台大视场巡天望远镜效果图;  
右图为正在建设中的青海省海西州冷湖镇赛什腾山天文台址和大视场巡天望远镜圆顶。

本报讯 中国科大吴曼青院士团队陈彦教授、孙启彬研究员等人实现了基于毫米波雷达的非接触人体心电图实时监测,突破了百余年来心电图仅能通过接触式传感器获取的局限。相关研究成果日前发表于《IEEE移动计算汇刊》。

心血管疾病是全球第一大致死疾病,每年约有1860万人因此失去生命。在我国,其发病率与致死率均占世界前列。心电图(ECG)监测一直被视为临床诊断心血管疾病的金标准之一,在疾病早期诊断发现以及后续治疗过程中均有极高的临床价值。然而,自发明一百多年来至今,ECG监测一直要求利用贴身电极测量体表的电活动变化,导致不适的用户体验。因此,日常生

## 中国科大实现非接触心电图实时监测

活中的长时间连续ECG监测往往难以实施,造成转瞬即逝的异常心电状态记录丢失,延误疾病的诊断。

传统ECG工作原理是通过接触皮肤的电极捕捉反映心脏状态的电活动变化。而直接以非接触形式测量体表的电信号是非常困难的。陈彦教授等人利用心脏电活动与机械活动是心脏活动同源不同表征的特性,使用毫米波雷达以非接触形式测量体表的心脏机械活动,提取四维心脏机械活动信号。随后利用深度神经网络模型建模心脏机械活动与电活动之间的非线性映射关系,通过数



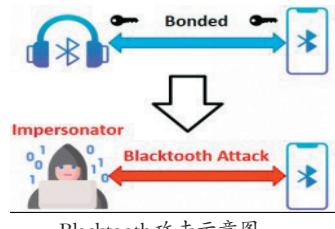
毫米波非接触心电图实时监测

据驱动的方式求解该域转换问题,并最终还原出心电ECG波形。该方法在0.5米非接触感知距离、不同生理状态和人体相对静止躺姿约束的实验设计下,对35个实验对象实现了时间中位数精度小于14毫秒,形态中位数精

度大于90%的非接触ECG监测性能。该方法的监测结果还支持对临床心律紊乱诊断过程中的关键指标:R-R间隔的稳定监测,其百分之九十误差均在9毫秒以内,进一步验证该方法的医学价值。

该研究突破了无线信号在人体感知任务中的物理感知极限,提供了一种非接触ECG监测方法。在使用过程中,被测者不需要佩戴电极也不需要去除衣物,以无感的方式完成ECG监测,具有极高的临床价值。论文第一作者为博士研究生陈波,通讯作者为陈彦教授,中国科大为论文唯一单位。(网络安全学院)

## 中国科大在蓝牙协议方面发现重要安全漏洞



Blacktooth攻击示意图

本报讯 中国科大网络空间安全学院薛开平教授团队成员实现了在用户无感知、无交互、无需恶意程序配合的情况下,通过蓝牙协议漏洞对目标设备进行有效攻击。该项工作对保障移动设备的信息安全具有重要的现实意义。相关研究成果发表于网络安全领域顶级会议ACM Conference on Computer and

Communications Security 2022上,并获得大会的Best Paper Honorable Mention奖项。在研究过程中,此项研究所发现的蓝牙协议相关的7个高危漏洞、2个中危漏洞被国家信息安全漏洞共享平台定级并收录。

该项研究针对经典蓝牙协议进行安全性分析,首次发现蓝牙

设备非固定角色等安全漏洞,结合已知蓝牙协议漏洞,逐次突破经典蓝牙认证、加密、授权等各项防御机制,实现在用户无感知且无需恶意程序配合的情况下静默构建提权攻击链路,并利用该链路完成对目标设备的命令注入与信息窃取等攻击。该研究在Android、iOS、iPadOS、

macOS、HarmonyOS等主流操作系统的各类智能设备中进行了广泛的测试,并在所有被测设备中发现了相关漏洞并完成攻击流程。

博士生艾明瑞是该论文第一作者,薛开平教授是通讯作者,共同作者还包括堪萨斯大学我校校友罗勃教授、网络安全学院俞能海教授、孙启彬研究员、信息科学与技术学院吴枫教授等。

(网络安全学院)