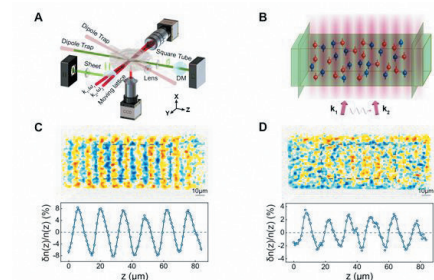


中国科大科学家首次测得神秘“第二声”衰减率

本报讯 近日，中国科大潘建伟团队在世界上首次“破译”了“第二声”的衰减率，即声扩散系数。这项量子模拟重大突破是该团队基于超冷锂-镝原子量子模拟平台获得的结果，并以此准确测定了体系的热导率与粘滞系数。2月4日，国际著名学术期刊《科学》发表这项成果。审稿人称该项工作“展示了令人惊叹的实验的杰作”“该工作有望成为量子模拟领域的一项里程碑”。

热不仅会扩散，在某些情况下，它还可能像声波一样，以波的形式传播，被称为“第二声”。这神秘的“第二声”一般不会出现普通物质中，只会出现在某些特殊物质中，例如超流的氦。“超流就是粘滞性变成0的流体，是一种宏观量子现象。”该团队成员、中国科学技术大学教授陈宇翱介绍，“因为粘滞性的存在，我们搅拌一杯水形成的漩涡，会在停止搅拌后慢慢消失，恢复平静。而超流体中的漩涡则会永远停不下来。更神奇的是，装到一个容器中的超流体，会自己爬出来。”



(A) 装置示意图。(B) 探测方案示意图。(C) 第一声信号。(D) 第二声信号。

80多年前，苏联科学家列夫·达维多维奇·朗道建立了两流体理论，预言了熵或温度会以波的形式在超流中传播。熵波的性质与传统声波类似，在传播过程中会逐渐衰减。朗道将其命名为第二声，并因此获得了1962年诺贝尔物理学奖。

科学家发现，第二声的传播和衰减与超

流体参量直接耦合，是一种只存在于超流体中的独特量子输运现象。“由强相互作用极限下的超冷费米原子形成的超流体具有极佳的纯净度与可控性，为研究第二声的衰减带来了全新的机遇。”陈宇翱说，在费米超流中研究第二声的衰减行为，不仅能回答“两流体理论能否描述强相互作用费米超流的低能物理”这一长期存在的问题，还能表征强相互作用费米体系在超流相变处的临界输运现象。“这也是超冷原子量子模拟领域的一个重要目标。”

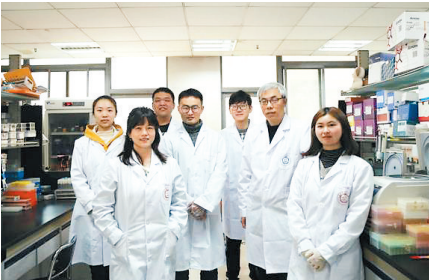
我校潘建伟、姚星灿、陈宇翱等与澳大利亚科学家胡辉合作，在过去四年多的时间里，搭建了一个全新的超冷锂-镝原子量子模拟平台，融合发展了灰色黏团与算法冷却、盒型光势阱等先进的超冷原子调控技术，最终成功地实现了世界领先的均匀费米气体的制备。据悉，这一发现为理解强相互作用费米体系的量子输运现象提供了重要的实验信息，是利用量子模拟解决重要物理问题的一个范例。

(常河)

中国科大科学家建立蛋白质从头设计新方法

本报讯 2月10日，中国科大教授刘海燕、副教授陈泉团队基于数据驱动原理，开辟出一条全新的蛋白质从头设计路线，在蛋白质设计这一前沿科技领域实现了关键核心技术的原始创新，为工业酶、生物材料、生物医药蛋白等功能蛋白的设计奠定了坚实基础。相关成果发表于国际著名学术期刊《自然》杂志。

蛋白质是生命的基础，是生命功能主要执行者，其结构与功能由氨基酸序列决定。目前，能够形成稳定三维结构的蛋白质，几乎全部是天然蛋白质，其氨基酸序列是长期自然进化形成的。在天然蛋白结构功能不能满足工业或医疗应用需求时，想要得到特定的功能蛋白，就需要对其结构进行设计。近年来，国际上蛋白质从头设计的代表性工作主要采用RosettaDesign—使用天然结构片段作为构建模块，拼接产生人工结构。然而，这种方法存在设计结果单一、对主链结构细节过于敏感等不足，显著限制了设计主链结构的多样性



刘海燕教授（右2）、陈泉副教授（左2）团队

和可变性。

该团队长期深耕计算结构生物学方向的基础研究和应用基础研究。中国科学院院士施蕴渝是国内该领域的开拓者。刘海燕、陈泉团队十余年来致力于发展数据驱动的蛋白质设计方法。该团队首先建立了给定主链结构设计氨基酸序列的ABACUS模型，进而发

展了能在氨基酸序列待定时从头设计全新主链结构的SCUBA模型。理论计算和实验证明，用SCUBA设计主链结构，能够突破只能用天然片段拼接产生新主链结构的限制，从而显著扩展从头设计蛋白的结构多样性，甚至设计出不同于已知天然蛋白的新颖结构。“SCUBA模型+ABACUS模型”构成了能够从头设计具有全新结构和序列的人工蛋白完整工具链，是RosettaDesign之外目前唯一经过充分实验验证的蛋白质从头设计方法，且二者互为补充。在论文中，团队报道了9种从头设计的蛋白质分子的高分辨率晶体结构，其中5种蛋白质具有不同于已知天然蛋白的新颖结构。

审稿人认为，这项工作中提出的方法具有足够的新颖性和实用性；从头设计蛋白质具有挑战性，本工作中6种不同蛋白质的高分辨率设计是一项重要成就，证明这种方法运行良好。

(桂运安 王敏)

科学家首次在超冷原子分子混合气中合成三原子分子

本报讯 2月10日，中国科大潘建伟、赵博等与中国科学院化学所白春礼小组合作，在超冷原子分子混合气中首次合成三原子分子，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重要一步。该成果发表于国际著名学术期刊《自然》杂志。

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。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。

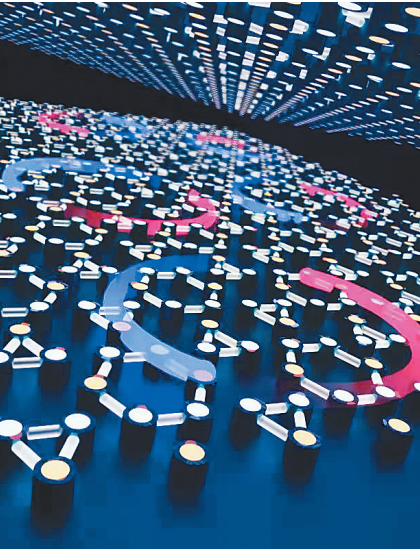
超冷分子将为实现量子计算打开新思路，并为量子模拟提供理想平台。但由于分子内部的振动转动能级复杂，通过直接冷却的方法来制备超冷分子非常困难。超冷原子技术的

发展为制备超冷分子提供了一条新途径。人们可以绕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。从原子和双原子分子的混合气中合成三原子分子，是合成分子领域的重要研究方向。中国科大研究小组在2019年首次观测到超低温下原子和双原子分子的Feshbach共振，为合成三原子分子提供了新机遇。

在该项研究中，中国科大研究小组和中国科学院化学所研究小组合作，成功地在钠钾分子的射频损失谱上观测到射频合成三原子分子信号，并测量了Feshbach共振附近三原子分子的束缚能。这一成果为量子模拟和超冷量子化学的研究开辟了新路径。

(桂运安 陈婉婉)

中国科大学者在笼目超导体中发现新型电子向列相



本报讯 2月10日，中国科大陈仙辉、吴涛和王震宇等组成的团队在笼目超导体CsV3Sb5中发现一种新型电子向列相。该发现不仅为理解笼目结构超导体中电荷密度波

与超导电性之间的反常竞争提供了重要实验证据，也为进一步研究关联电子体系中与非常规超导电性密切相关的交织序提供了新的研究方向。相关成果发表于国际著名学术期刊《自然》。

电子向列相广泛存在于高温超导体、量子霍尔绝缘体等电子体系，与高温超导电性之间存在紧密联系，被认为是一种与高温超导相关联的交织序。探索具有新结构超导材料体系，从而进一步研究超导与各种交织序的关联是当前领域的一个重要研究方向，其中一类备受关注的体系为二维笼目结构。理论预测二维笼目体系可呈现出新奇的超导电性和丰富的电子有序态，但长期以来缺乏合适的材料体系实现其关联物理，笼目超导体CsV3Sb5的发现为该方向的探索提供新的研究体系。

陈仙辉团队在前期研究中已成功揭示该体系中面内三重调制的电荷密度波态，以及电荷密度波与超导电性在压力下的反常竞争

关系。在此基础上，团队结合扫描隧道显微镜、核磁共振以及弹性电阻三种实验技术，发现体系在进入超导态之前，三重调制电荷密度波态会进一步演化成为一种热力学稳定的电子向列相，并确定转变温度在35开尔文左右。新型电子向列相具有Z3对称性，在理论上被three state Potts模型所描述，因而又被称为“Potts”向列相。有趣的是，这种新型电子向列相近期在双层转角石墨烯体系中也观察到。

这一成果不仅在笼目结构超导体中揭示了一种新型电子向列相，也为理解这类体系中超导与电荷密度波之间的竞争提供了实验证据。此前的扫描隧道谱研究表明，CsV3Sb5体系中可能存在超导电性与电荷密度波相互交织而形成的配对密度波态（PDW）。在超导转变温度之上发现的电子向列序，可以被理解成一种与PDW相关的交织序，这一结果也为理解高温超导体中的PDW提供了重要线索和思路。

(王敏 桂运安)

本报讯 近日，中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心、物理学院、中科院强耦合量子材料物理重点实验室曾长淦教授研究组与吴涛教授研究组合作，在顺磁性笼目晶格材料锡化钴中观测到费米能级附近的平带电子结构并揭示了由平带电子导致的输运和磁性的反常各向异性。研究成果发表在《物理学评论快报》上。

固体材料的电磁特性很大程度上取决于其电子能带结构。相对于常见的抛物线型色散关系的电子能带，处于两个极端的线性色散能带以及无色散平带是产生新物态及新效应的重要平台。笼目晶格是一类由顶点共享的三角形子组成的二维晶格结构，理论研究表明这样一个特殊晶格体系会同时存在电子有效质量为零的线性色散能带和有效质量无穷大的平带。

在前期研究基础上，研究团队结合多尺度实验表征手段及理论分析，对顺磁笼目材料锡化钴中的平带及平带物性开展了系统研究。结合理论分析，他们发现这些电磁特性的反常各向异性均可归因于平带电子特性：平带电子波函数局域化及其导致的较大有效质量产生了较大的面内电阻率；而局域化的平带电子在垂直磁场下形成的环形电流，会贡献额外的轨道抗磁。

该成果成功揭示了笼目晶格材料中由平带所导致的宏观电子学行为，为实验进一步探索平带诱导的关联电子物性提供了新思路。相较于目前引起广泛关注的以魔角双层石墨烯为代表的人工结构，该材料为探索平带物理提供了另一类材料候选。(吴长锋)

中国科大提出增强仿生陶瓷韧性新方法

本报讯 3月3日，我校俞书宏院士课题组从生物矿物残余应力增强机制中获得启发，提出一种新的仿生增韧方法，可显著提升仿珍珠母陶瓷的韧性，韧性放大系数达16.1±1.1，优于最先设计的仿生陶瓷。受天然珍珠母“砖-泥”结构启发，仿珍珠母结构陶瓷韧性得到极大提升，但仅能达到原料陶瓷的10倍，天然珍珠母的韧性提升却可以高达40倍。对于很多仿珍珠母结构陶瓷来说，其韧性放大效率不足的一个重要原因因在于设计和制备多级结构时，基元片强度相对于长径比来说太低，导致裂纹在材料中扩展时基元片会直接断裂。

俞书宏院士课题组首次实现将纳米四氧化三铁颗粒与碳酸氢钙前驱体溶液在几丁质模板上共矿化，使纳米颗粒原位长入人工石基元片中。利用同步辐射衍射技术，分析了文石片层中残余应力的类型及其作用机制。结果表明，四氧化三铁纳米颗粒承担拉应力，由于其尺寸小对缺陷不敏感，拉应力对其强度削弱影响不大；文石颗粒承担压应力，使得文石片发生破坏时需要额外外部拉力来平衡压应力，因此基元片的总拉伸强度得以提升。实验证实，基元片强度的提升有利于基元片滑移与裂纹偏转，有效提高了外部增韧机制的耗能作用。由于纳米颗粒诱发的残余应力对裂纹有闭合作用，材料的本体韧性也得到提升。结合珍珠母层状结构的优点，通过纳米尺度残余应力的设计，显著提升了仿珍珠母结构陶瓷的韧性放大因子。同时，材料的动态力学性能也有相应提升。(陈婉婉)

笼目晶格材料平带物性研究获重大进展