中国科学家用量子搜寻暗物质获重要进展

记者从中国科学技术大学获悉，该校彭新华教授、江敏副教授等人利用量子精密测量技术探测暗物质诱导的自旋相关相互作用，将此前国际上的探测界限提升50倍以上。国际知名学术期刊《物理评论快报》日前刊发了该成果。

在我们的世界，日月星辰乃至自然万物等所有“看得见”的东西，仅占宇宙质量的5%，另外的95%是看不见的暗物质和暗能量。找到暗物质，将会带来物理学的革命性突破，让人类更好地理解宇宙。然而暗物质粒子不发光、不参与电磁相互作用，无法用任何光学或电磁观测设备直接“看”到。如何探测到“暗粒子”，是国际物理学研究的重大课题。

轴子是可能构成暗物质的热门假想粒子之一。近期，利用量子精密测量技术对微弱能级的超灵敏测量，中科大科研团队巧妙利用两个相距60毫米的极化原子系综，在“轴子窗口”内探测轴子暗物质诱导的自旋相关相互作用。为此，科研人员精心设计磁屏蔽系统，成功把环境的经典磁场信号抑制减弱为一百亿分之一，还采用在引力波探测中广泛应用的最优滤波技术，以最大限度提高轴子信号的信噪比。

利用量子精密测量技术探测轴子暗物质诱导的自旋相互作用图。（科研团队供图）

通过一系列创新，科研团队在“轴子窗口”内给出了迄今为止最强的中子—中子耦合界限，将此前国际上的探测界限提升50倍以上。美国印第安纳大学伯明顿分校教授迈克尔·斯诺评论认为，这项研究的独特亮点在于创新性引入两种新技术——磁放大技术和信号模板，超越了国际先进水平。

“我们的研究通过提升探测精度和范围，进而提升了寻找到‘暗粒子’的可能。”彭新华教授说。此外，这项研究发展的技术具有远景的实际应用价值，比如通过提高核磁共振的精度来实现精准医疗，以及开展更为精密的深海探测等。

（转自新华社 2024年11月13日）

中国科大实现高自旋原子的长寿命薛定谔猫态

中国科学技术大学与合肥国家实验室夏添研究员、卢征天教授、邹长铃教授等人合作，利用激光冷原子方法制备成基于自旋的薛定谔猫态，其寿命达到分钟量级，有助于提升对自旋进动相位的测量灵敏度。相关成果日前发表于《自然·光子学》。

在量子精密测量中，自旋进动不仅是测量磁场、惯性等许多物理现象的有效探针，还可以用于探索超越标准模型的新物理。在做自旋进动测量时，高自旋薛定谔猫态具有明显优势，一方面因为高自旋量子数放大了进动频率信号；另一方面因为猫态对一些环境干扰因素不敏感，从而压制了测量噪声。然而，实验中应用猫态面临两大技术挑战：一是如何在高维量子空间中实现幺正变换的高效操控；二是需要保持足够长的量子相干时间。

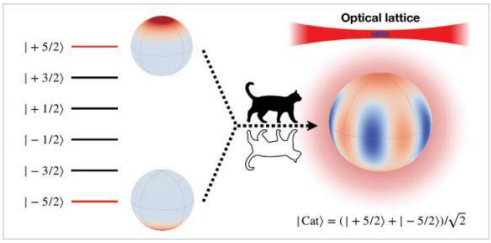

图. 镱-173原子自旋在一维光晶格中形成薛定谔猫态。左边两个球体分别代表自旋朝上、朝下的两个本征态，它们叠加形成由右边球体代表的薛定谔猫态。

此次工作中，研究团队成功实现了一种具有超长相干时间的薛定谔猫态。研究人员利用光晶格囚禁自旋为5/2的镱-173原子，通过控制激光脉冲对原子诱导非线性光频移，制备出由自旋投影为+5/2与−5/2两个态组成的叠加态。由于这两个态的磁量子数相距最远，所以它们的叠加态被称为薛定谔猫态。这种猫态具有增强的磁场灵敏性，同时在光晶格中感受到完全相同的光频移，处于“无消相干子空间”中，从而对光晶格的强度噪声和光斑形貌变化具有天然的免疫性。实验结果表明，该猫态的相干时间突破了20分钟。通过Ramsey干涉测量法，研究人员证实了接近单原子海森堡极限的相位测量灵敏度。

研究人员介绍，这一长寿命薛定谔猫态为原子磁力计、量子信息纠错以及探索新物理等开辟了新途径。

（转自人民日报客户端 2024年11月9日）

中国科大提出高熵合金催化剂定向合成新策略

本报讯 近日，中国科学技术大学曾杰教授课题组在高熵合金催化剂的设计制备领域取得重要进展。研究人员提出了一种基于合金化效应设计、制备用于丙烷脱氢的高熵合金催化剂的方法，通过金属助剂的逐步引入与合金化效应的平衡，构筑出表面富集孤立铂位点的高熵合金催化剂。该催化剂对丙烷脱氢反应展现出优异的催化性能，尤其具有超高的丙烯生成速率。相关研究成果发表于《德国应用化学》。

高熵合金因其巨大的组成空间、独特的结构以及优异的稳定性，展现出优于传统单金属或二元合金的催化性能，成为多相催化领域的热点材料。尽管前人已报道了一些高熵合金催化剂的筛选或设计策略，传统的试错法仍占主导，限制了高效催化剂的探索。因此，亟需发展合理的设计策略，推动高熵合金的合成及催化应用。另一方面，物理化学性质的差异使得金属助剂对铂基丙烷脱氢催化剂的几何电子结构具有不同的影响。进而对合金效应的深入理解可以为设计制备高效丙烷脱氢高熵合金催化剂提供理论依据。

研究人员通过对铂基二元合金体系的深入研究发现铜、锡、金和钯对铂展现出稀释、包覆、表面富集以及不均一效应。经金属助剂的依次引入，逐步实现了对铂物种的稀释、孤立、表面富集以及高熵化稳定，最终制备得到表面富集孤立铂位点的高熵合金催化剂。

催化研究表明，合金元素逐步引入带来的结构变化对应地实现了丙烷脱氢催化选择性、活性及稳定性的提升。所制备的高熵合金催化剂在550摄氏度常规测试条件下200小时内无明显失活。此外，在特定的高空速条件下，所制备高熵合金催化剂在550及600摄氏度下均展现出超高的丙烯生成速率，优于已报道的铂基多元合金催化剂。该工作对合金化效应的深刻理解和灵活应用实现了高熵合金催化剂的定向构筑，为高熵合金设计制备提供新思路，有望加速催化剂的开发与研究。

博士研究生罗均为论文第一作者，曾杰教授、严涵特任副研究员为论文通讯作者。

（合肥微尺度物质科学国家研究中心 科研部）

中国科大观测到里德堡原子高阶和分数离散时间晶体

本报讯 中国科大中国科学院量子信息重点实验室丁冬生课题组在里德堡原子周期性驱动耗散系统的研究中取得重要进展。该课题组在里德堡原子驱动耗散系统中观察到了高阶和分数离散时间晶体。相关研究成果于11月10日发表在《自然·通讯》。

自发对称性破缺是解释物质相变的重要机制，比如空间上的平移对称性的自发破缺，使得物体形成了空间上的有序结构，也就是空间晶体。同样，研究人员提出时间上是否能发生类似的对称性自发破缺，从而形成时间晶体。最初，这个概念由诺贝尔物理学奖获得者Frank Wilczek教授提出，用于描述物质的时间和空间上的特征周期性地复现。研究人员在实验和理论上都对此进行了大量研究，在理论上提出了离散时间晶体（DTC）的概念并且在实验系统中观测到了离散时间晶体的存在。离散时间晶体，就是满足时间上离散平移对称性的自发破缺，表现为实验系统的响应周期是驱动周期的整数倍。

有趣的是，当物理系统远离热平衡状态时，人们可以观察到稳定的耗散时间晶体、预热离散时间晶体等奇异的物态现象。强相互作用的里德堡原子系统是研究非平衡动力学的理想平台之一。丁冬生、刘邦等人通过在周期性驱动的里德堡原子系统中，通过调节系统参数，观察到了强相互作用里德堡原子气体中的高阶以及分数离散时间晶体。在实验上得到了不同离散时间晶体的相图，观察到了整数阶离散时间晶体的相变过程。同时通过扫描系统参数，观察到了分数时间晶体存在的证据。对于这些现象的研究将有助于人们加深对时间晶体这种特殊物质状态的理解，为探究量子系统的非平衡动力学提供一个平台。

该工作得到了审稿人的高度评价，“他们观察到离散时间晶体证明了超越单一离散时间平移对称性破缺的能力，为热原子气体简单的平台中的非平衡动力学提供了新的见解。量子多体系统中更复杂的时间对称性的存在扩展我们在该领域的知识，并为非平衡物理学的新探索铺平道路”。

中国科大博士研究生刘邦为本文的第一作者，丁冬生教授为本文的独立通讯作者。

（光学与光学工程系 科研部）

中国科大在太阳能驱动海水淡化研究中取得重要进展

本报讯 淡水资源是人类生存的命脉。然而，根据世界气象组织发布的最新报告，全球有超过20亿人无法获得充足的淡水资源。传统的海水淡化方法，如蒸馏、反渗透和电渗析，为解决这一问题提供了可行的工业选择。然而，这些方法仍然存在处理复杂、能耗高等缺点。随着近年来全球对碳中和的倡导，以无处不在的免费太阳能为动力的太阳能脱盐受到了广泛关注。

近日，中国科学技术大学刘波教授团队在太阳能驱动海水淡化研究中取得重要进展。该研究团队开发了一种基于弹性聚合物共价有机框架（PP-PEG）的高效太阳能蒸汽蒸发器。PP-PEG泡沫展现出全光谱吸收和出色的光热转换性能，通过优化亲水性、PEG链长度和热管理，在1个太阳辐照下，实现了4.89kg $m^{-2}h^{-1}$的蒸发速率。团队进一步巧妙地使用易制得的截锥型反射器充分利用免费太阳能，蒸发速率显著提高至18.88kg $m^{-2}h^{-1}$，超过已知的太阳能蒸汽蒸发器的性能。这项创新设计具有制备简单、成本低、效率高、机械稳定性和耐久性等优点，为海水淡化和水净化应用提供了一个有前景的平台。相关研究成果发表于《自然·通讯》。

具体而言，PP-PEG材料含有柔性的聚乙二醇连接剂，对客体呈现出有趣的自适应性。卟啉环作为光热功能单元，柔性的聚乙二醇链防止了卟啉环的不利聚集和猝灭，使得PP-PEG具有全光谱吸光度和优异的光热转换性能。基于此，PP-PEG以三维泡沫形式作为蒸发器应用于太阳能驱动的海水淡化。弹性还有助于防止泡沫在蒸发过程中发生崩塌，以维持循环蒸发的性能。为了减少向水体的热量损失，蒸发器采用特殊的自包含模式，将太阳能蒸发器与水体隔离开，在维持连续供水的同时，不仅减少了热传导损失，还充分利用了三维泡沫的侧表面，大幅增加了蒸发面积，促进冷蒸汽的产生，提高了蒸汽的蒸发性能。通过优化亲水性和PEG链长度，在1个太阳辐照下，实现了4.89kg $m^{-2}h^{-1}$的蒸发速率。

为充分利用免费的太阳能资源，该项研究设计了一个铝制的截锥形型反射器，将光反射到三维泡沫的侧表面。当三维泡沫与反射器耦合时，显著提高了蒸发性能。在1个太阳辐照下，蒸发速率达到18.88kg $m^{-2}h^{-1}$，相比没有反射器时的蒸发速率4.89kg $m^{-2}h^{-1}$，增加了286.1%，是迄今为止文献报道的最高的太阳蒸发性能。这种充分利用自然资源的创新方法，将给太阳能驱动海水脱盐淡化领域的研究人员带来启发。

综上所述，该项研究开发了基于弹性聚合物共价有机框架（PP-PEG）材料的高效太阳能蒸汽蒸发系统。该系统制备简单、效率高、成本低、机械稳定性和耐用性良好，有望成为极具前景的海水淡化和水净化平台。

博士研究生胡阿威为该论文的第一作者，刘波教授为该论文的通讯作者。（应用化学系 科研部）

我科学家研制出新型气凝胶材料

11月12日，记者从中国科学技术大学获悉，该校俞书宏院士团队提出一种双重防护材料的设计策略，设计并制备了一种兼备动态电磁波吸收性能和热防护的功能碳弹簧（FCS）气凝胶材料。相关研究成果日前发表于国际学术期刊《先进材料》。

电磁波污染和热损伤对精密仪器构成了严重威胁，这一威胁在航空航天领域表现尤为显著。功能性气凝胶因其吸收电磁波和隔绝热量的特性，提供了一种具有良好前景的解决方案。然而，优化这两种特性时常面临着一个以往研究中常常被忽略的矛盾：热防护效果与材料厚度呈正相关，而电磁波吸收只能在特定厚度下达到最佳效果。因此，目前的研究难以同时实现电磁波吸收效率和热防护效果的平衡。

针对电磁波吸收与热防护性能共同优化中的关键冲突，研究团队制备的FCS材料，以其独特的仿足弓长程层状多拱微观结构使其电磁波吸收性能可调，并具备优异的热防护能力。通过调整压缩应变从0%到50%，该材料的可调有效吸收带宽可达13.4吉赫兹，覆盖了测量频谱的84%。值得注意的是，在75%应变时，吸收带宽降至0吉赫兹，展现出新颖的吸波“开-关”切换能力。其超低的垂直热导率和“面内高热导，面外低热导”的各向异性热传导机制赋予FCS卓越的热防护效果。数值模拟表明，FCS在热防护方面优于常见的蜂窝结构和各向同性多孔气凝胶。此外，研究人员建立了“电磁-热”双重保护材料数据库，直观展示了该材料和设计策略的优越性。

科研人员表示，这项研究成果不仅阐明了限制具有优越电磁波吸收和热防护特性的多功能气凝胶材料发展的冲突，而且进一步提出了一个新的设计范式。其所提出的隔热材料数据库和“电磁-热”双重保护材料数据库，也为直观的性能比较提供了标准。

（原载于《科技日报》2024年11月13日第02版）

学校举办2024年度第三期『理工医』交叉学术沙龙活动

本报讯 11月5日下午，中国科学技术大学2024年度第三期“理工医”交叉学术沙龙活动在中区艺术教学中心举办。生命科学与医学部魏海明教授、附属第一医院副院长徐晓玲作为主讲嘉宾出席，60余位来自学校本部管理机构和各院系、附属第一医院管理部门和各临床科室的师生参会。附属第一医院科研处副处长许梦姗主持活动，生命科学与医学建设办公室主任刘强出席活动并致辞。

第三期交叉学术沙龙活动围绕呼吸系统及其免疫，探讨了校本部和附属第一医院在该领域的研究方向、合作前景、学术前沿、疾病诊疗等。许梦姗对参加活动的师生们表示热烈欢迎。她指出，理工医交叉学术沙龙活动旨在为校本部和附一院的师生提供自由交流的平台，通过促进大家相互学习与合作，实现“科大新医学”的融合式发展。刘强围绕“科大新医学”联合基金项目和中国科学院临床研究医院（安徽临床研究医院）情况作了介绍，他表示，校院对于理工医交叉领域提供的资助力度和政策在不断优化，并期待更多的师生和医生们开展医学领域的合作交流。

在报告和交流环节，魏海明围绕呼吸系统相关炎症风暴和免疫抑制进行展开，详细介绍了发病机制及诊疗手段在临床研究中的作用。徐晓玲从医师科学家角度出发，以呼吸与重症科室为例，指出了校院融合发展模式对附一院科研诊疗水平带来的新突破，并对未来的理工医交叉合作探索上提出新见解。在场师生对新医学、新技术的应用进行了深入提问和充分讨论，并提出研究需求和合作愿景。

第三期“理工医”交叉学术沙龙活动由生命科学与医学建设办公室、附属第一医院科研处、教育基金会共同主办，旨在打造一个促进跨学科创新和思想自由交流的场所。该活动致力于加深理工医领域的学术交流、加强院校间的紧密合作，共同推动“科大新医学”在基础研究与临床实践方面的融合发展。

（生命科学与医学建设办公室）