



中国科大实现“九章三号”光量子计算原型机

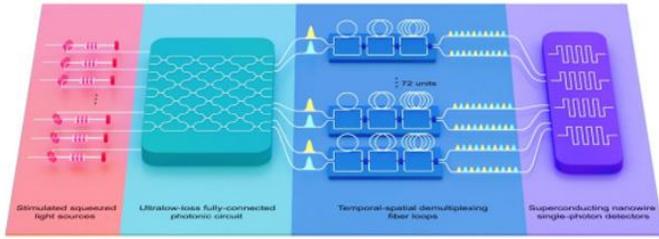


图1: 实验装置示意图

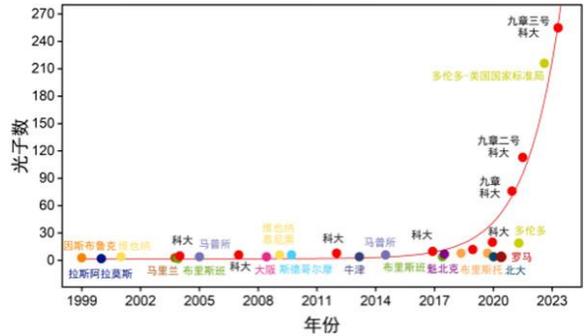


图2: 光子量子计算的国际竞争态势

中国科学技术大学中国科学院量子信息与量子科技创新研究院潘建伟、陆朝阳、刘乃乐等组成的研究团队与中国科学院上海微系统所、国家并行计算机工程技术研究中心合作，成功构建了255个光子的量子计算原型机“九章三号”，再度刷新了光量子信息的技术水平和量子计算优越性的世界纪录。科研人员设计了时空解复用的光子探测新方法，构建了高保真度的准光子数可分辨探测器，提升了光子操纵水平和量子计算复杂度。根据公开正式发表的最优经典精确采样算法，“九章三号”处理高斯玻色取样的速度比上一代“九章二号”提升一百万倍。“九章三号”在百万分之一秒时间内所处理的最高复杂度的样本，需要当前最强的超级计算机“前沿”（Frontier）花费超过二百亿年的时间。这一成果进一步巩固了我国在光量子计算领域的国际领先地位。

中国科大团队在理论上首次发展了包含光子全同性的新理论模型，实现了更精确的理论与实验的吻合；同时，发展了完备的贝叶斯验证和关联函数验证，全面排除了所有已知的经典仿冒算法，为量子计算优越性提供了进一步数据支撑。在技术上，研制了基于光纤时间延迟环的超导纳米线探测器，把多光子态分束到不同空间模式并通过延时把空间转化为时间，实现了准光子数可分辨的探测系统。这一系列创新使得研究团队首次实现了对255个光子的操纵能力，极大地提升了光量子计算的复杂度，处理高斯玻色取样的速度比“九章二号”提升了一百万倍。在激烈的国际竞争角逐中，“九章三号”的实现进一步巩固了我国在光量子计算领域的国际领先地位。

进一步，在构建“九章”系列光量子计算原型机的基础上，中国科大研究团队揭示了高斯玻色取样和图论之间的数学联系，完成对稠密子图和Max-Haf两类具有实用价值的图论问题的求解，相比经典计算机精确模拟的速度快1.8亿倍[PRL 130, 190601 (2023)]。此外，又在国际上首次演示了无条件多光子量子精密测量优势[PRL 130, 070801(2023)]。

量子计算优越性的研究是一个复杂而富有挑战性的工作，量子计算硬件与经典算法之间存在着长期竞争。研究人员期待这项工作一方面能够激发更多关于经典算法模拟的研究工作，另一方面有助于逐步解决量子计算研究中的各种科学和工程挑战。



研究进展

中国科大在水系氢氯电池研究领域取得重要进展



图注：氢氯二次电池文章被选为JACS封面。

近日，中国科学技术大学陈维课题组在国际期刊《Journal of the American Chemical Society》发表了题为“Rechargeable Hydrogen-Chlorine Battery Operates in a Wide Temperature Range”的研究型论文，并被编辑选为封面文章。论文成功受到了氢氯燃料电池优点的启发，进而将其设计为可充电氢氯电池。通过分级多孔碳正极的构建和磷酸基抗冻电解液的使用，电池可在宽温区范围（40 °C至-70 °C）内成功限制氯气的挥发，并激发其高的充放电平台和高比容量。在室温下电池最大可达到4.19 mAh cm⁻²的高放电面容量，并在充电容量3mAh cm⁻²下稳定循环500圈。在超低温条件下，电池仍然能够维持与室温相同的放电平台，在-40 °C条件下电池能够提供273 mAh g⁻¹的高可逆比容量，展现出良好的电化学性能。

通过设计具有丰富微/介孔多孔碳（HPC）和具有三维大孔结构的碳毡所组成的分级多孔碳结构（HPC@CF），电池可以有效地将充电产生的氯气限制在正极，进而实现可逆的氢氯电池。电池在低倍率下仍能维持较高的库伦效率，证明了其对氯气良好的限制作用。除此之外，电池在超低温下仍能良好运行，体现出氢氯电池在超低温下应用的前景。通过X射线光电子能谱等表征手段结合第一性原理计算，揭示了Cl₂/Cl⁻反应发生的同时伴随着C-Cl键的可逆形成/断裂，增强了氯气正极的可逆性。这项工作为宽温区水性氯基电池和高能量密度氢气电池的设计提供了新的方向。

中国科大在细胞极性维持研究中取得重要进展

多细胞生物体内，黏附连接作为细胞连接的重要形式之一，对于表皮细胞侧膜的稳定和细胞极性的维持至关重要。细胞极性的丢失是细胞癌变的重要标志事件。E-cadherin蛋白是一类重要的细胞粘附分子，经典的E-cadherin-β-catenin-α-catenin复合物是粘附分子与细胞骨架相连的重要蛋白网络。此外，E-cadherin还可以通过与支架蛋白Ankyrin-G（AnkG）相互作用，并通过血影蛋白（β-spectrin）与细胞骨架相联系。然而E-cadherin-AnkG复合物形成的分子基础，其与经典Cadherin-Catenin复合物之间的相互作用关系，及此复合物对E-cadherin在细胞侧膜的稳定，进而影响细胞极性维持等的分子机制目前仍不清楚。

近日，中国科学技术大学无膜细胞器与细胞动力学教育部重点实验室、微尺度国家研究中心、生命科学与医学部王朝教授课题组和黄成栋教授课题组合作在《Nature Communications》上在线发表了题为“Dynamic interactions between E-cadherin and Ankyrin-G mediate epithelial cell polarity maintenance”的研究论文，详细阐释了E-cadherin-AnkG复合物组装的分子机制及其在细胞侧膜极性维持的功能。

在这项工作中，研究人员首先利用生物化学及核磁共振实验阐释了E-cadherin通过多位点与AnkG膜结合结构域相互作用，不同于已知的E-cadherin-catenin蛋白复合物或Ankyrin蛋白复合物的结合模式，E-cadherin-AnkG可以形成结合比例介于1:1到1:2之间的动态结合复合物。这种多位点动态结合模式拓宽了对细胞支架蛋白相互作用模式的认识。

研究人员利用定点突变和液体核磁滴定等手段，进一步揭示了疏水相互作用在介导复合物组装中的关键作用。同时，通过系统的细胞生物学实验证明了AnkG对于E-cadherin细胞侧膜定位及稳态的关键作用，表明了细胞侧膜的合成及细胞极性的维持也依赖于E-cadherin-AnkG复合物。最后，研究人员对经典E-cadherin-catenin复合物和E-cadherin-AnkG复合物的关系进行了梳理，表明其可以同时存在，讨论了动态结合模式在确保E-cadherin-AnkG复合物稳定存在，并维持细胞极性中的作用。

该工作综合生物化学、细胞生物学、生物物理学和化学生物学等多种研究手段，阐明了E-cadherin-AnkG复合物动态组装的分子机制，从而为相关基因突变、蛋白复合物组装功能失调等引起的人类疾病，尤其是癌症的发生发展的分子基础提供新的见解。



中国科大揭示高分子无序增强 室温磷光新机制

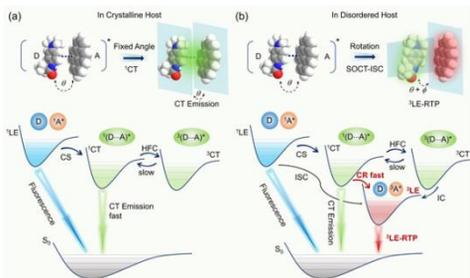


图1: 晶体与高分子基质中构象和能级示意图

近日,中国科学技术大学张国庆教授和张学鹏研究员团队报道了一种打破传统认知的增强分子光致发光的设计策略。该工作发表于《Angewandte Chemie International Edition》上。

团队认为,对于电荷转移态介导的有机分子室温磷光来说,得到更高发光效率的关键在于能否让更多的电荷转移态弛豫到磷光发射态。团队以苯胺分子给体和苊分子受体为模型分子对去验证该理论。实验结果表明,在苯胺小分子(EDMA)晶体中,苊分子的发光主要是黄绿色的电荷转移态发光,发光寿命在纳秒级,是典型的荧光发光;但是在非晶态的苯胺高分子(PDMA)中,除了电荷转移荧光,还检测到了寿命长达数百毫秒的苊分子的室温磷光。通过时间分辨荧光光谱和X-射线衍射等实验数据表明,无序的高分子体系更有利于电荷转移态到磷光态的弛豫。

团队通过量子化学计算发现,苊分子和苯胺分子对的电荷转移态构象和磷光态构象发生了显著的变化。而光谱实验结果表明,这两个态之间的能量差异大于0.4电子伏特,这个较大的能量损失很可能是电子做功用于改变分子的构象。为了进一步展示无序对有机电荷转移体系介导的磷光的关键作用,团队还拓展了不同分子给受体分子对的室温磷光体系(NNI/PCBZ),并且发现机械研磨、增加晶态体系的无序也可以诱导出微弱的室温磷光。而且在较强的电荷转移体系中,用绿光就可以激发出较强的室温磷光,解决了分子磷光一般需要较高能量的紫外光激发的问题。

总结来说,这个工作是量子力学核心原则在有机分子体系中的一个具体体现和应用:即有序更有利于离域的量子态(例如电荷转移态),而无序更容易引起定域态(例如苊分子的磷光态)。该思路为设计新型有机光电材料和器件提供了重要的实验和理论依据。

◆中心3位老师获第二期腾讯“新基石研究员项目”资助

10月30日,腾讯新基石科学基金会公布了第二期“新基石研究员项目”资助名单,合肥微尺度物质科学国家研究中心薛天、陈宇翱、彭承志3位老师入选资助名单。

“新基石研究员项目”是一项聚焦原始创新、鼓励自由探索、公益属性的新型基础研究资助项目,重在“选人不选项目”,支持最有潜力、最有胆量、最有抱负的科学家“从0到1”,探索人类未达之境。2023年第二期“新基石研究员项目”共资助46人。

薛天,中国科学技术大学校长助理,生命科学与医学部讲席教授、博导,合肥微尺度物质科学国家研究中心“神经环路与脑认知研究部”主任,中科院脑功能与脑疾病重点实验室主任。长期致力于视觉神经和眼科领域的基础与转化研究,围绕视网膜和感光细胞的功能与疾病、光感受器神经环路、视觉再生修复等方面。获2022年“科学探索奖”、“第十三届谈家桢生命科学创新奖”、“张香桐神经科学青年科学家奖”、2022和2020年中国神经科学重大进展、中国生命科学十大进展、Cell杂志2019年最佳论文、安徽省自然科学一等奖等。

陈宇翱,物理学院执行院长,教授、博导,国家杰出青年科学基金、国家重大人才工程获得者。长期从事量子物理基础实验研究,致力发展光与冷原子量子调控技术,取得了一系列重要研究成果,并获得广泛的关注。2013年获欧洲物理学会菲涅尔奖,中国科学院“青年科学家奖”,香港求是基金会“求是杰出青年学者奖”;2014年获基金委国家杰出青年基金资助;2016年获国家自然科学基金一等奖(第三完成人),陈嘉庚青年科学家奖,国际纯粹与应用物理联合会原子分子物理分会青年科学家奖;2019年获腾讯科学探索奖。

彭承志,量子创新研究院/合肥实验室骨干研究人员,合肥微尺度物质科学国家研究中心研究员,美国物理学会会士。国家杰出青年科学基金获得者,担任“墨子号”量子科学实验卫星工程科学应用系统总师和卫星系统副总师。长期从事量子光学和量子信息实验研究,在大尺度量子物理基础检验和广域量子通信等领域开展了系统性和创新性的工作。曾获国家自然科学基金一等奖(排名第二)、首届陈嘉庚青年科学奖、中国青年科技奖、美国科学促进会克利夫兰奖、中科院杰出科技成就奖(突出贡献者)、科学探索奖等荣誉。