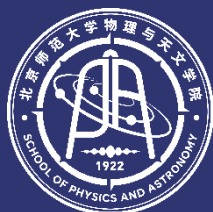


SCIENTIFIC RESEARCH BRIEFING



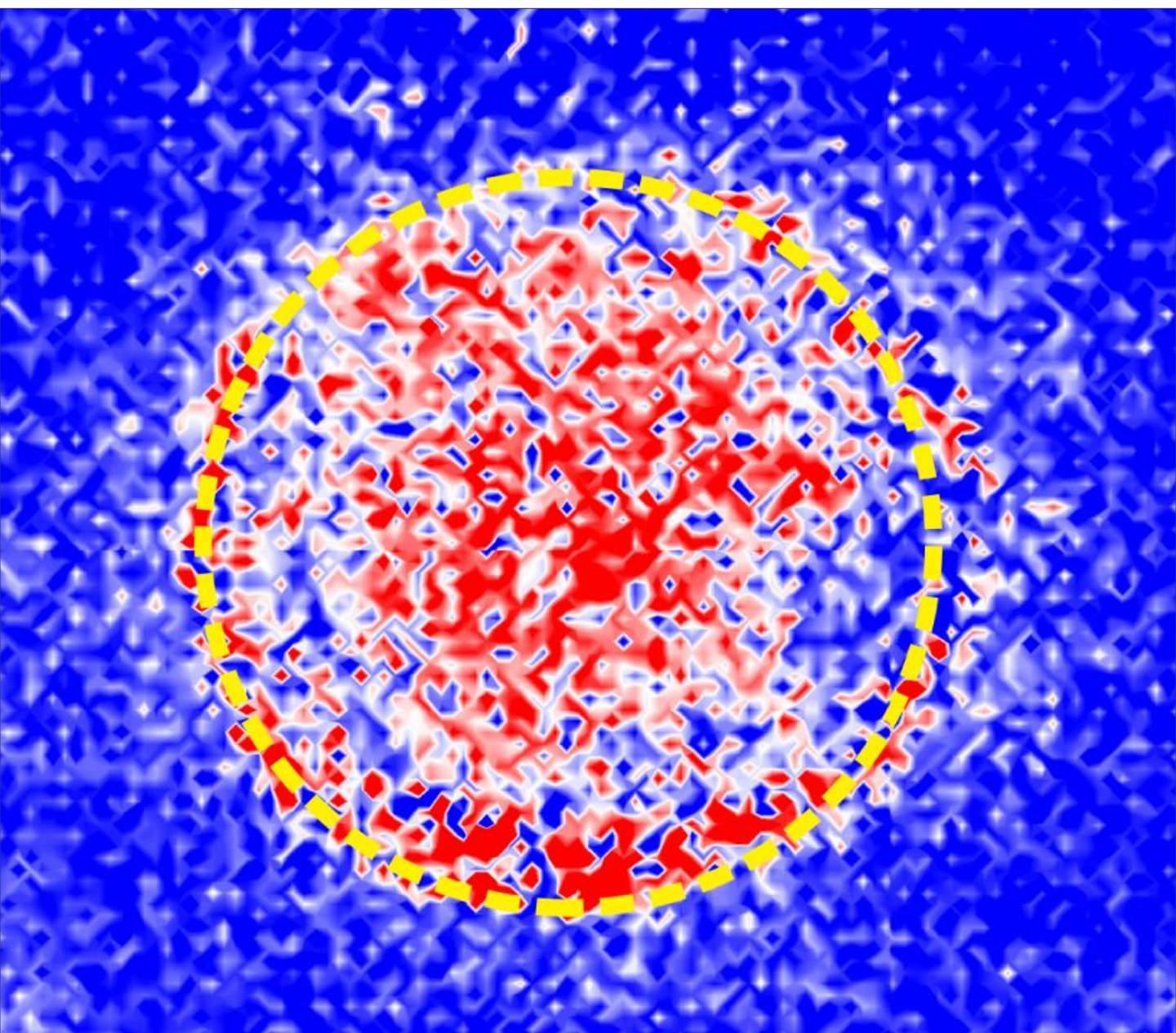
北京師範大學

BEIJING NORMAL UNIVERSITY

物理與天文學院

SCHOOL OF PHYSICS AND ASTRONOMY

2025
科研簡報



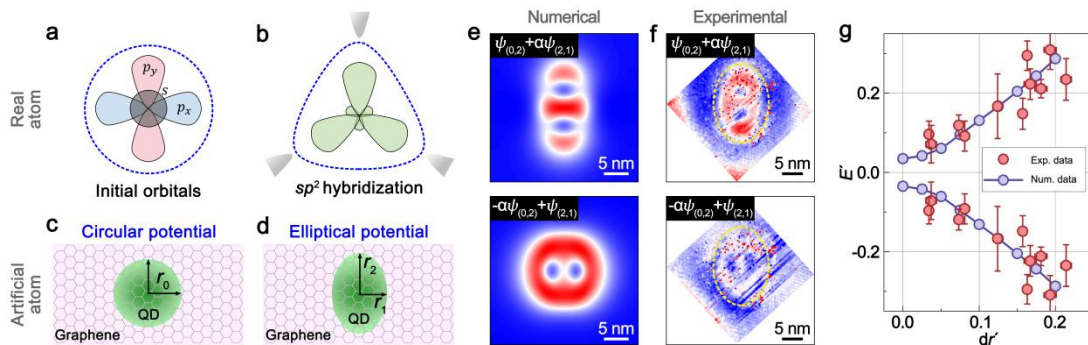


期刊论文



石墨烯人造原子中的轨道杂化

物天学院团队首次在人造原子中实现了轨道杂化。研究人员发展了人造原子中轨道杂化的概念，提出人造原子的各向异性势可使其能量相近的不同轨道受限态之间发生杂化。团队利用扫描隧道显微镜（STM）针尖操纵技术，开发了制备具有不同各向异性程度量子点的方法，并对其中的受限态进行了系统探测，直接观测到了量子点受限态的轨道杂化特征。该成果填补了人造原子领域的一项关键空白，并为设计难以通过真实原子合成的人工物质开辟了途径。相关研究成果已于2025年2月26日刊发于《Nature》期刊，物天学院为第一实验单位，负责完成了该工作的全部实验和分析。



石墨烯人工原子中的轨道杂化态

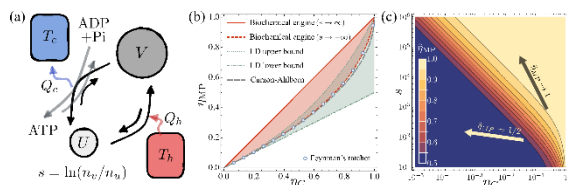
论文链接: <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08620-z>

联系人: 何林 helin@bnu.edu.cn



最大功率下趋于卡诺效率的极简热机模型

物天学院团队与德累斯顿系统生物中心的博士后研究员梁师翎（我校物理学系2018届本科毕业生，2024年博士毕业于瑞士洛桑联邦理工学院）等合作提出了一个做功物质具有能级简并度的最小生化热机模型，该热机在最大功率下的效率可以突破传统热机的功率-效率约束关系，并在热力学极限下逼近卡诺效率。本研究揭示了如何通过调控做功物质的内禀性质来改善热机性能，而不是通过设计热机循环的操作过程这一常规的优化方式。该工作不仅深化了我们对非平衡热力学的理解，也为能源技术的发展提供了新的思路。相关研究论文于2025年1月13日发表在国际权威期刊《Physical Review Letters》上。



(a) 生化热机最小模型; (b) 热机的最大功率效率与卡诺效率的关系; (c) 颜色图展示了归一化的最大功率效率如何随简并度和卡诺效率变化。

论文链接:

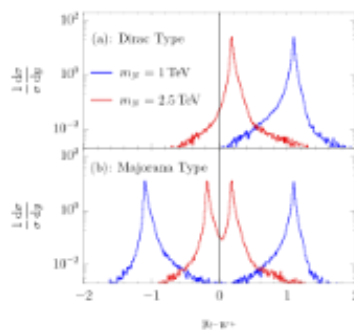
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.134.027101>

联系人: 马宇翰 yhma@bnu.edu.cn



在未来轻子对撞机上鉴别马约拉纳型和狄拉克型惰性中微子

物天学院团队联合北京大学、匹兹堡大学研究团队提出了基于快度分布的鉴别马约拉纳费米子的新方法。该方法为未来轻子对撞机鉴别惰性中微子性质提供了全新的思路，不仅有助于揭示惰性中微子的本质，还为理解中微子质量的起源以及区分不同理论模型（如 I 型与反型跷跷板模型）提供了重要工具。研究成果于2025年1月14日发表在《Physical Review Letters》上。



惰性中微子快度分布:

(a) 狄拉克型惰性中微子; (b) 马约拉纳型惰性中微子。

论文链接: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.021801>

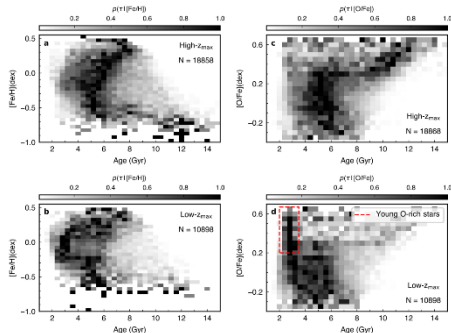
联系人: 刘言东 ydliu@bnu.edu.cn



在人马座矮星系对银盘演化的影响研究中取得了重要突破

物天学院团队联合多单位合作，在人马座矮星系对银盘演化影响研究中获重要突破，成果于2025年2月12日发表于《Nature Communications》。

研究团队通过分析银河系薄盘恒星的金属丰度与氧丰度特征，发现 $Z_{\text{max}} < 0.4$ kpc 的本地银盘区域，恒星在年龄 - 金属丰度空间呈不连续 V 形结构。距今 40-20 亿年前，该区域曾发生显著恒星形成爆发，伴随氧丰度上升，诞生的富氧年轻恒星源自外盘并迁移至太阳邻域。结合数值模拟，团队证实人马座矮星系穿越银盘时，通过影响银盘气体触发了此次恒星爆发。这一发现揭示了星系吸积对银河系化学演化的深远影响，既加深了对银河系近期形成历史的认知，也为未来星系数值模拟提供了全新视角。



(a-b) 本地银盘样本在归一化的年龄-[Fe/H]空间的分布
(c-d) 本地银盘样本在归一化的年龄-[O/Fe]空间的分布

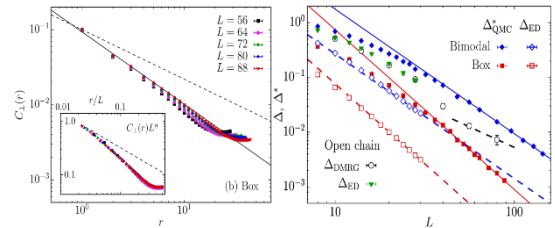
论文链接: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56550-1>

联系人: 毕少兰 bisl@bnu.edu.cn



随机铁磁反铁磁海森堡链中发现双重标度与非普适临界行为

物天学院团队与外国专家组成的团队利用随机级数展开量子蒙特卡罗方法，在接近绝对零度下系统研究了不同耦合分布下的随机自旋链。结果发现，横向关联函数表现出独特的双重标度：短程遵循幂律衰减，而长程则呈现异常标度特征，暗示基态具有非常规临界性质。进一步的能隙分析表明，动力学临界指数依赖于耦合分布，显示系统的非普适性与可能的多不动点结构。研究指出，其基态不符合传统有序相，纵横模的不一致性可能揭示一种特殊的量子向列态。本研究揭示了无序量子系统基态性质的复杂性和非普适性，为后续研究提供了新的思路，对理解无序量子系统具有重要的理论意义。相关成果于2025年2月24日发表在《Physical Review Letters》上。物天学院为第一单位。



横向关联的双重标度行为和能隙标度反映的非普适动力学指数

论文链接:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.134.086501>

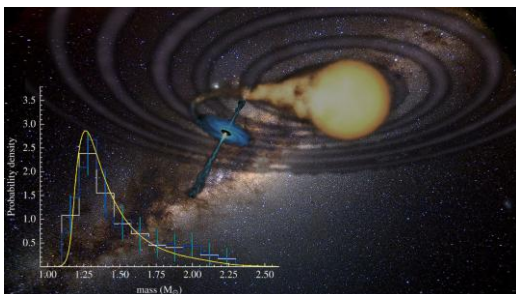
联系人: 邵慧 huishao@bnu.edu.cn



揭开中子星初生质量之谜

物天学院团队联合 OzGrav 等单位，在中子星初生质量研究中获重要突破，成果于2025年2月26日发表于《Nature Astronomy》。

团队分析 90 颗中子星质量数据，创新引入伴星吸积质量修正模型，首次揭示其中生质量呈“幂律”分布：最小约 1.1 倍太阳质量，峰值 1.3 倍太阳质量，后快速幂律下降。结合超新星理论模型，建立中子星质量分布与超新星爆炸的关联，证实其初生质量或继承恒星初始质量函数，且大质量恒星 (≥ 18 倍太阳质量) 或直接坍缩为黑洞，与“红超巨星缺失”成因一致。该成果提出新的中子星初生质量分布函数，深化对中子星形成的理解，为引力波观测与天体物理研究提供新视角。



论文链接: <https://doi.org/10.1038/s41550-025-02487-w>

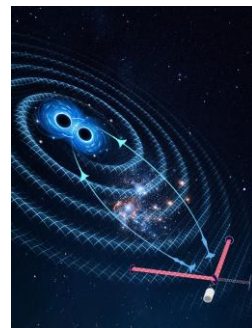
联系人: 朱宗宏 zhuzh@bnu.edu.cn



寻找透镜引力波的新方法

引力波天文学近年快速推进：2015 年首探黑洞合并、2017 年双中子星合并信号首现、2019 年捕获中等质量黑洞，LVK 网络已积累超百例事件，进入常规观测阶段。透镜引力波因长波特性，可助力研究中中等质量黑洞等难观测致密天体。物天学院团队与宁波大学蔡荣根院士团队，提出基于相干效应的透镜引力波探测方法，成果于2025年3月31日发表于《Nature Astronomy》。

宇宙模拟显示其事件概率约千分之一，2030 年 LVK 精度提升后有望验证；传统方法易现假阳性，新方法通过搜寻引力波微小畸变、多信使观测（比对引力波与光学透镜像的多像时延），规避高误判并提供完整验证方案。该研究不仅提供了透镜引力波的可行探测法，更借微引力透镜效应对致密天体的敏感性，为中等质量黑洞等难观测天体研究开辟了新路径。



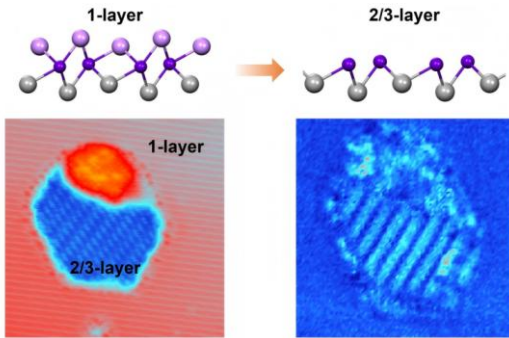
论文链接: <https://doi.org/10.1038/s41550-025-02519-5>

联系人: 胡彬 bhu@bnu.edu.cn



分数层过渡金属硫族化合物的实现

物天学院团队利用扫描隧道显微镜（STM）针尖操纵技术，成功在 $1T'$ -WTe₂、 $2H$ -MoSe₂ 等过渡金属硫族化合物（TMDC）材料中实现了 2/3 层体系，并观测到了与其单层材料截然不同的晶格重构和一维电子态调制特性。研究人员将单层石墨烯转移到 TMDC 材料上作为保护层。通过对该体系施加脉冲电压，成功去除了 TMDC 中最上层数百个硫族元素原子，进而实现了 2/3 层 TMDC 的可控制备。STM 测试结果表明，2/3 层 WTe₂ 的晶格发生了自发重构，呈现出与单层 $1T'$ -WTe₂ 截然不同的超晶格特征。该结构进一步诱导电子态呈现出一维电荷密度调制。相关研究成果已于 2025 年 4 月 17 日发表于《Nature Communications》期刊，物天学院为第一单位。



分数层过渡金属硫族化合物的示意图及其 STM 表征

论文链接: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59007-7>

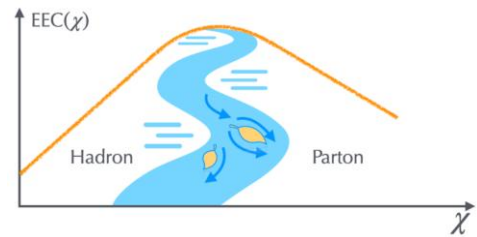
联系人: 何林 helin@bnu.edu.cn



理解能量关联子非微扰行为的简单模型

物天学院团队联合多国学者，在高能粒子能量关联子（EC）研究中取得突破，成果于 2025 年 4 月 17 日发表于《Physical Review Letters》。

针对 EC 小角度“近端”区域物理起源难题，团队提出其动力学机制与质子内夸克 / 胶子横向动量分布（TMD）共享 Collins-Soper 核根源的新见解。团队构建近端区域物理图景，指出 EC 遵循软粒子横向动量分布规律，建立含两个普适参数的唯象模型，实现对正负电子对撞至 LHC 质子-质子对撞全能区 EC 实验数据的统一描述。该突破揭示 EC 与强子内禀 TMD 结构的潜在关联，为破解非微扰 TMD 理论难题、理解强相互作用本质及探索夸克禁闭提供新路径。



论文链接:

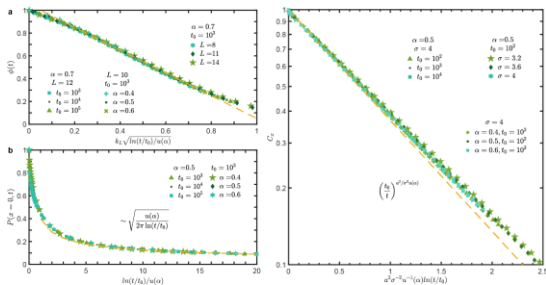
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.134.151901>

联系人: 刘晓辉 xiliu@bnu.edu.cn



基于对数老化随机过程理解远离平衡态系统的超慢动力学和普适老化现象

物天学院团队与谢心澄院士合作，提出对数老化随机过程普适理论框架，成功刻画远离平衡态系统的超慢弛豫动力学与老化现象，成果于 2025 年 5 月 15 日发表于《Physical Review Letters》。该理论可精准描述 Anderson 玻璃态对数老化特征及 Griffiths-McCoy 奇异性（含量子体系）动力学行为，为理解远离平衡态复杂动力学提供新路径。研究揭示其两大关键特征：生存概率与返回概率呈时间对数依赖，可解释 Anderson 玻璃态电导率对数老化；位置自关联函数呈幂律衰减，指数 β 极小，与 Griffiths-McCoy 奇异性关联函数行为高度契合。



论文链接:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.134.197102>

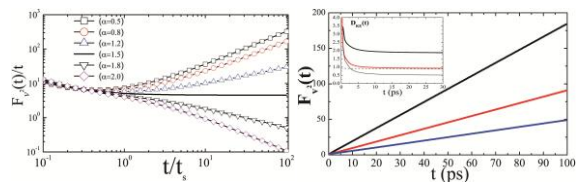
联系人: 刘海文 haiwen.liu@bnu.edu.cn



统计物理基础问题研究取得重要进展

物天学院团队研究论文于 2025 年 6 月 4 日发表于《Physical Review Letters》，在多学科随机过程的统计物理范式研究中获重要进展。

统计物理中，遍历性条件及扩散常数计算是核心议题，传统 Stokes-Einstein 关系与 Green-Kubo 公式不适用于反常扩散，单粒子径迹测量还面临数据利用率低的困境。研究提出动能测度方法，其倒数经演化呈时间线性函数，适配小 Δ 方案且能让系统进入有效遍历相。核心发现包括：超扩散区存在临界指数为 $3/2$ 的临界点，揭示扩散、遍历性与老化的关联；平稳过程中得出类 GK 公式；应用于蛋白质折叠时，计算的弛豫时间与实验契合，单粒子径迹测量中通过内推法可获非均匀媒介平均扩散常数，为相关研究提供新解决方案。



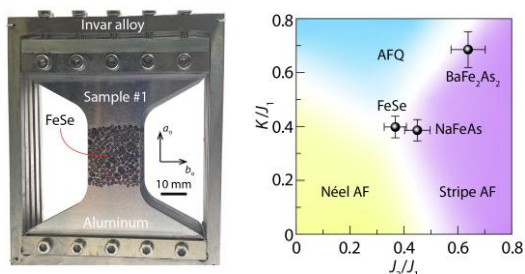
论文链接: <https://link.aps.org/doi/10.1103/fmbw-9j8w>

联系人: 包景东 jdbao@bnu.edu.cn



铁基超导体FeSe向列量子无序态中的自旋关联

物天学院团队利用自主研发的低背景单轴应变装置，结合非弹性中子散射技术，首次完整获得了铁硒（FeSe）单晶在整个布里渊区的本征自旋激发谱。研究明确了在向列量子无序态中，条纹型自旋激发具有 C_2 对称性，而Néel型自旋激发则保持 C_4 对称性，揭示了两者的物理起源。该工作进一步通过建立统一的自旋相互作用相图，指出FeSe位于反铁四极序、Néel序和条纹磁序的量子临界交叉区域。这一发现厘清了向列量子无序态中自旋关联的微观机制，为自旋涨落驱动电子向列相提供了关键实验证据。相关成果于2025年6月5日发表于国际知名期刊《Nature Communications》，北师大物天学院为第一完成单位。



非弹性中子散射研究退孪晶FeSe的本征磁激发，确定自旋关联相图

论文链接:

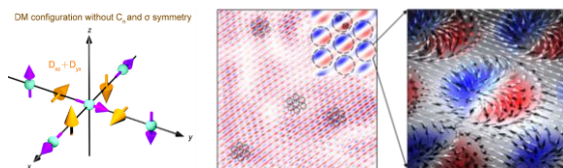
<https://www.nature.com/articles/s41467-025-60071-2>

联系人: 鲁兴业 luxy@bnu.edu.cn



人工设计并构筑出大面积铁磁双半子晶格

物天学院团队联合国内外团队在拓扑磁结构研究中取得突破，成果于2025年9月11日发表于《Physical Review Letters》。团队在（La,Sr）MnO3 铁磁薄膜中精准调控梯度应变，打破三维 DM 矢量的旋转与镜面对称性，首次观测到新型拓扑磁结构——铁磁双半子，并发现垂直 DM 矢量对其形成的核心作用。研究通过构建磁相图，找到自旋螺旋 - 斯格明子相变中大面积双半子晶格的形成窗口，提出人工操控 DM 矢量对称性的新思想，为普适材料体系中构筑新型拓扑磁结构提供实验策略，也为探索拓扑态衍生功能与量子现象奠定物质基础。



图a，三维空间低对称DM矢量及铁磁双半子结构；
b，垂直分量DM矢量的实验证据；c，大面积铁磁双半子晶格。

论文链接:

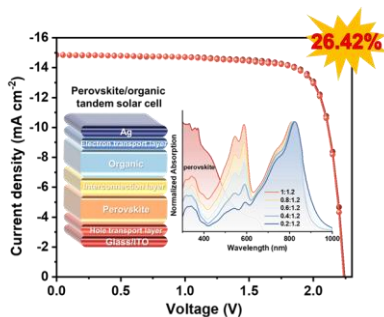
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/587m-xvgv>

联系人: 张金星 jxzhang@bnu.edu.cn



高效钙钛矿/有机叠层太阳能电池中的有机薄膜演变及重组损失

钙钛矿/有机叠层太阳能电池是一种有望突破单结器件效率极限的策略，但其性能受到有机子电池中复合损失的限制。物天学院团队与国内多家单位合作，通过追踪有机薄膜形成初期的薄膜演变来研究这些损失。团队战略性地调整给体和受体的比例以调节薄膜生长特性，同时采用原位技术监测实时结晶动力学。通过优化薄膜形态和结晶减少复合损失，使钙钛矿/有机叠层太阳能电池的功率转换效率达到创纪录的 26.42%。相关成果于2025年10月9日发表在《Nature Communications》



论文链接:

<https://www.nature.com/articles/s41467-025-64032-7>

联系人: 张文凯 wkzhang@bnu.edu.cn



揭示“创生之柱”中新生恒星的形成奥秘

物天学院团队联合云南大学等单位，利用韦布空间望远镜超高清数据，在“创生之柱”发现大量新生恒星，成果于2025年10月21日发表于《Nature Astronomy》，为“触发式恒星形成”理论提供关键观测证据。团队突破此前观测局限，识别出 253 个可靠年轻恒星体候选者，证实该区域是活跃“恒星育婴室”。这些恒星集中分布于柱体边缘，且距大质量“雕刻师”恒星越远平均年龄越轻，空间分布与年龄序列特征契合理论预测，同时该区域近百万年恒星形成效率高于预期。该发现明确大质量恒星反馈可将“抑制区”变为恒星“繁育区”，深化了对恒星代际诞生与演化规律的认知。

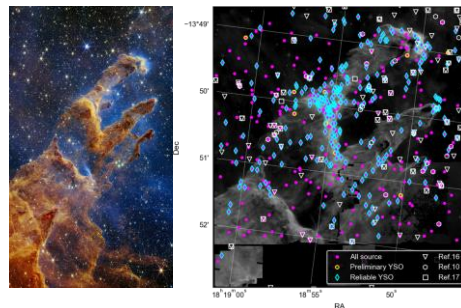


图1 JWST拍摄的鹰状星云“创生之柱”图像。

图2 本研究筛选出的候选年轻恒星体。

论文链接:

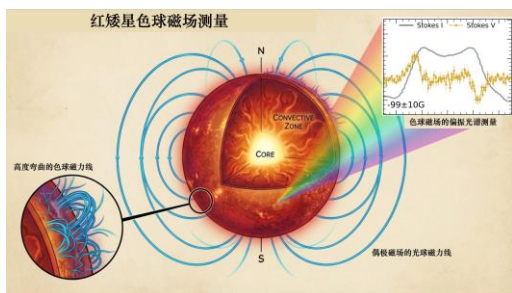
<https://www.nature.com/articles/s41550-025-02683-8>

联系人: 高健 jiangao@bnu.edu.cn



首次成功测量恒星高层大气磁场

物天学院团队联合多国研究机构的学者，利用十年期间的高分辨率偏振光谱观测数据，首次成功测量太阳之外恒星的色球层磁场，成果于2025年11月29日发表于《Nature Communications》。研究聚焦于三颗活跃红矮星，通过不同高度光谱线为“探针”分层扫描恒星大气，发现其色球层视向磁场强度达数百高斯（与光球层的相当），且磁场极性常与光球层的相反，而磁力线高度弯曲，与太阳磁场的拓扑结构迥异。该突破填补了恒星上层大气磁场观测的空白，验证了色球磁场测量的可行性，挑战现有磁场外推模型，为恒星高层大气加热机制和爆发过程的研究提供了关键物理约束，也为系外行星宜居性评估新增“空间天气”参数。



红矮星偶极磁场的拓扑结构

论文链接:

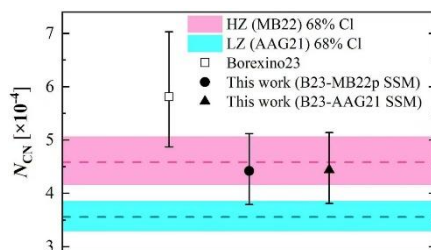
<https://www.nature.com/articles/s41467-025-66624-9>

联系人: 付建宁 jnfu@bnu.edu.cn



太阳成分问题研究取得重要突破

太阳成分是理解太阳结构、演化及恒星物理的基准参数之一。21世纪初，先进光谱技术测得的太阳金属丰度显著降低，与日震学观测结果产生矛盾，这一“太阳成分问题”成为天体物理学界悬而未决的核心难题之一。而太阳CNO中微子通量的观测值和理论预测值的对比可以为约束太阳C、N元素丰度提供全新路径，其中 $^{14}\text{N}(p, \gamma)^{15}\text{O}$ 反应是决定CNO中微子产生速率的关键环节。物天学院团队利用自主研发的LAMBDA大型模块化探测阵列，依托强流加速器平台，创新性采用多通道贝叶斯分析方法，在110~260 keV能区首次实现了 $^{14}\text{N}(p, \gamma)^{15}\text{O}$ 反应所有跃迁通道S因子的同步高精度测量。分析得到的零能量S因子较现有国际权威综述(Solar Fusion III)推荐值提高约15%，且精度首次提升至5%水平。研究团队重新评估的太阳光球层的CN丰度与最新光谱观测支持的“高金属丰度”模型高度吻合。这不仅为解决“太阳成分问题”提供了关键实验依据，其高精度S因子数据也将对大质量恒星演化等天体物理研究产生深远影响。该成果于2025年12月2日发表在《Physical Review Letters》上，物天学院为第一单位。



论文链接: <https://doi.org/10.1103/q756-hzmt>

联系人: 苏俊 sujun@bnu.edu.cn



从黑洞几何到引力定律：一种解码宇宙的新路径

随着观测技术的快速发展，人类正逐步进入能够直接“观测黑洞几何”的时代。这一进展引出了一个根本性问题：能否利用黑洞的几何结构，反向揭示其背后的引力基本规律？针对这一问题，物理与天文学院引力团队基于此前建立的哈密顿形式下协变球对称引力理论框架，系统研究了静态球对称时空几何与引力动力学之间的内在联系。研究取得两项关键进展：一是证明了在广义协变性约束下，一大类球对称引力理论的真空解必然唯一且静态，由单一质量参数刻画；二是建立了一套系统方法，使得任意给定的静态、球对称时空几何，都可以反向重构出其对应的协变引力理论。该工作为从黑洞几何反推引力基本定律提供了统一而严格的理论框架，推动研究范式由“由理论预测黑洞”向“由黑洞反推理论”转变，对连接前沿天文观测与基础引力理论具有重要意义。相关成果已于2025年12月26日发表在《Physical Review Letters》上。



论文链接:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/6sws-hfj7>

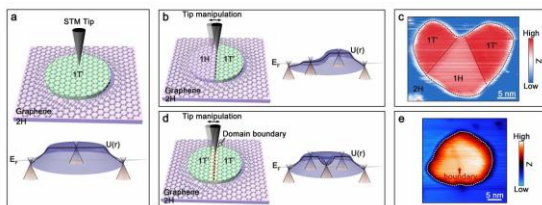
联系人: 张聪 cong.zhang@bnu.edu.cn;

曹周键 zjcao@bnu.edu.cn



基于界面工程的单个纳米级量子点的可调量子受限

物天学院团队利用扫描隧道显微镜（STM）针尖操纵技术，成功实现对单个纳米级石墨烯量子点内量子受限态的精准调控。研究人员通过界面工程，在石墨烯/WS₂异质结界面插入单层WS₂纳米岛，以此6构筑出纳米尺度的石墨烯量子点；随后利用STM针尖调控界面纳米岛发生局域相变，或在纳米岛中引入一维畴界，有效调控了石墨烯量子点中势场的各向异性，进而实现对石墨烯量子点内受限态的精准调制。基于该技术体系，此类可调控量子点成为量子信息领域极具潜力的候选材料。相关研究成果于2025年1月14日已刊发于《ACS Nano》期刊，物天学院为第一单位。



纳米级量子点的可调量子受限

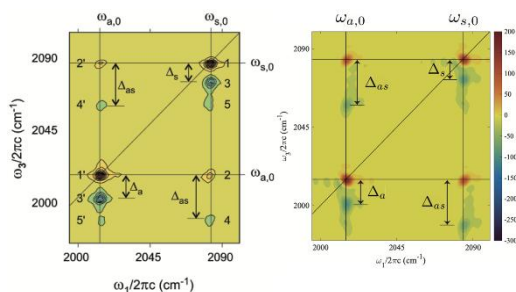
论文链接: <https://doi.org/10.1021/acsnano.4c13885>

联系人: 何林 helin@bnu.edu.cn



二维光谱的非厄米哈密顿量方法

在一个施加恒定控制场的三能级系统中，对非厄米哈密顿量方法和响应函数方法进行了系统比较。作者分别采用两种方法对系统布居动力学和二维相干光谱进行了分析，并再现了Rh(CO)2C5H7O2(RDC)分子的实验观测结果[J. Phys. Chem. A 107,5258 (2003), 谷歌学术引用: 649次; Phys. Rev. Lett. 89, 237401 (2002), 谷歌学术引用: 131次]。作者提出了适用于非厄米哈密顿量方法的准格林函数，由此可以推断出所有占主导地位的刘维尔路径。该成果表明，非厄米哈密顿量方法在研究包含弛豫过程和控制场的二维光谱时，比响应函数方法计算更简洁，与实验结果符合得更好。相关论文已于2025年4月22日发表在顶级计算化学期刊《Journal of Chemical Theory and Computation》。



RDC分子溶解在己烷中的二维光谱图
(左：实验结果vs右：NHH方法模拟)

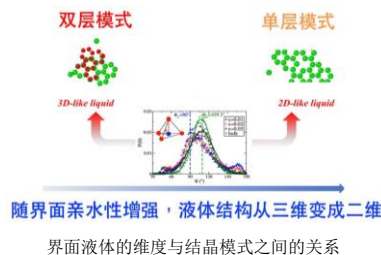
论文链接: <https://doi.org/10.1021/acs.jctc.4c01737>

联系人: 艾清 aiqing@bnu.edu.cn



热力学相变的新发现：晶化中的维度效应

物质的晶化一直是物理和材料科学的一个重要课题。物理学院团队采用分子动力学模拟技术，在原子尺度上准确还原了液态水的行为，并追踪了界面液体结晶的早期过程。通过调控界面结构和亲疏水性，他们在更广泛的参数空间中深入挖掘了界面异质成核的机制。研究发现，随着界面亲水性的增强，界面液体的结构从三维转变为二维。在这种结构转变过程中，界面液体的维度在晶核形成中起到了关键作用，决定了不同的结晶模式：当界面水呈三维结构时，晶核以双层冰(bilayer)形式出现；而当界面水为二维结构时，晶体则呈现逐层生长的“layer by layer”模式。该研究揭示了传统热力学与统计物理理论中被忽视的液体结构维度效应在相变过程中的关键作用，阐明了异质成核过程中液体结构维度信息与晶体成型模式之间的物理联系，为热力学相变理论的发展注入了新动力。这一界面调控成核的机制不仅具有理论意义，还可能适用于硅、锗、锡、硫酸根离子液体等多种体系，与半导体技术、光纤通信、电子工业及能源存储等多个前沿领域密切相关。本文于2025年6月19日发表在《Journal of Colloid and Interface Science》。



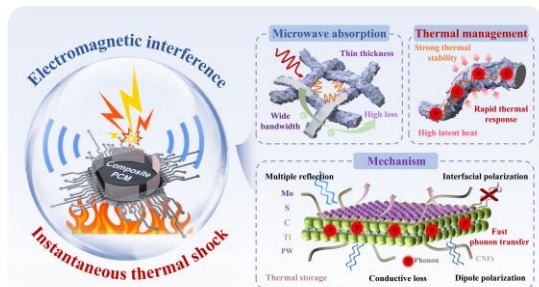
论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2025.137812>

联系人: 孙刚 gangsun@bnu.edu.cn



热缓冲与磁耗散“双剑合璧”，破局电子系统热-电磁双重挑战

随着电子设备日益小型化与高功率化，热冲击和电磁干扰成为两大“隐形杀手”。传统相变材料虽具热缓冲能力，却难以兼顾高导热与电磁波吸收。针对这一挑战，物天学院团队通过多界面工程策略，研发了兼具热缓冲与磁耗散双功能相变复合材料。通过构建MXene/MoS2异质结构与三维碳纳米纤维网络的多界面协同调控，PW-MXene/CNFs@MoS2不仅实现了高效热能储存与快速热耗散，更突破了传统相变材料对电磁干扰无响应之难题，展现了其在集成电子系统中同步管理热冲击与电磁干扰的应用潜力，相关研究于2025年7月8日发表于《Advanced Fiber Materials》。



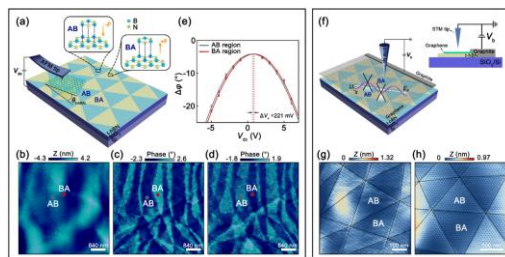
论文链接: <https://doi.org/10.1007/s42765-025-00585-y>

联系人: 陈晓 xiaochen@bnu.edu.cn



莫尔铁电性驱动的石墨烯量子受限

物天学院团队利用扫描隧道显微镜(STM)技术，在石墨烯/转角六方氮化硼(t-hBN)异质结构中，直接观测并实现了对莫尔铁电诱导的周期性超晶格的局域调控。研究发现，t-hBN中形成的莫尔铁电畴可在相邻石墨烯层中引入周期性电势调制，从而对无质量狄拉克费米子产生量子受限效应。该工作为深入理解莫尔铁电性对相邻二维材料电子结构的局域调控机制提供了关键实验证据，并为构建可控调的二维莫尔异质结构及新型量子器件奠定了实验基础。相关研究成果已于2025年7月30日发表于《Nano Letters》期刊，物天学院为第一完成单位。



t-hBN中形成的莫尔铁电畴及其在相邻石墨烯层中引入周期性电势调制

论文链接: <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.5c01976>

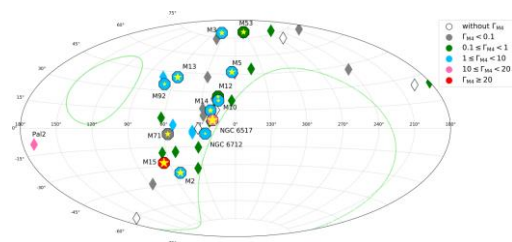
联系人: 何林 helin@bnu.edu.cn



发布中国“天眼”球状星团脉冲星巡天首篇项目综述

物天学院团队联合中、德、美等十余家科研机构，于2025年8月4日在《The Astrophysical Journal Supplement Series》发表中国“天眼”FAST球状星团脉冲星巡天（GC FANS）首篇综述，该项目历时7年完成。

团队在1.05–1.45 GHz波段，对北天区41个球状星团开展深度搜寻，新发现60颗脉冲星，使该区域已知星团脉冲星数量从35颗增至95颗。成果覆盖高、低密度两类星团，既扩充了脉冲星样本，也为不同密度环境下脉冲星的形成与演化研究提供关键观测证据，获期刊编辑肯定及美国天文学会访谈报道。



FAST天区内 ($-14^\circ < \delta < 47.5^\circ$) 45个球状星团的银河坐标分布和恒星相遇率测量

论文链接:

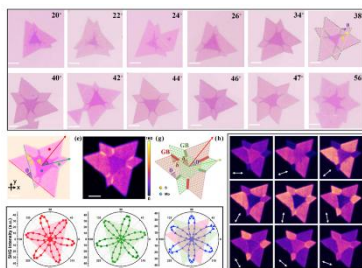
<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ade4ba>

联系人: 曹硕 caoshuo@bnu.edu.cn



首次揭示底层倾斜晶界调控顶层形核长大，实现双层 MoS₂转角精准控制

物天学院团队利用化学气相沉积（CVD）技术，实现了双层（TB）MoS₂层间转角的精准调控。通过追踪几种典型双层晶体结构（高对称单层、不对称双层、倾斜单层、倾斜双层）的形貌演化，提出“完全吞并”与“部分吞并”两种晶粒生长模型，直观展示顶层沿底层晶界生长并扭转的动态过程，首次揭示顶层MoS₂的形核、长大及扭转方向均由底层倾斜晶界（tilt grain boundaries）主导控制的生长机制。同时，低温（10K）光致发光光谱和二次谐波响应表明层间激子（X I）与扭转角强烈耦合——具有公度转角的 TB-MoS₂ 中 X I 峰显著增强，这可归因于莫尔超晶格对层间激子产生了限域效应，从而增强其非线性光学响应。该研究对转角体系的精准设计提供了明确的结构导向，为其在量子光电子器件中研究及应用奠定了基础。该研究以物天学院为第一单位于2025年8月22日发表于国际著名期刊《Advanced Science》。



论文链接: <https://doi.org/10.1002/advsc.202509280>

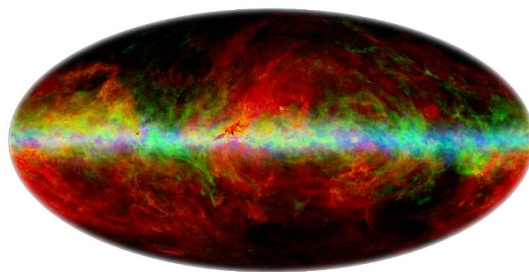
联系人: 张文凯 wkzhang@bnu.edu.cn, 樊瑞芬 rfdou@bnu.edu.cn



发布综合性能最强的全天三维尘埃消光图

物天学院团队于2025年8月20日在《Astrophysical Journal Supplement Series》发表成果，基于LAMOST和Gaia数据，以自适应分辨率与连续函数建模策略，构建出综合性能最强的全天三维尘埃消光图。

该图角分辨率3.4–58角分（半数天区优于6.9角分），高消光区探测距离3–5 kpc、其他区域达10–15 kpc，精度为0.01–0.05 mag（高银纬区0.01 mag，是常用图精度的2倍）。其数据包仅400MB，读取高效，同步上线一站式查询网站（超万次访问）。该图已广泛应用于国际巡天数据处理、分子云识别等前沿研究，为银河系星际介质探索提供关键基础数据。



银河系三维尘埃消光图，红、绿、蓝通道分别表征近（0–0.6 kpc）、中（0.6–2 kpc）、远（> 2 kpc）处的尘埃密度。

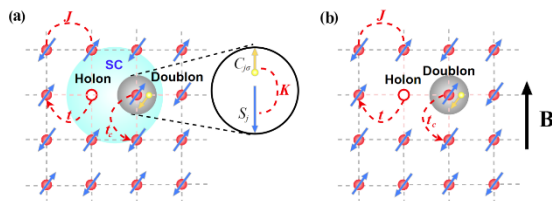
论文链接: <https://doi.org/10.3847/1538-4365/adea39>

联系人: 苑海波 yuanhb@bnu.edu.cn



混合溶剂结晶拓展了二维钙钛矿的化学空间，并实现了声子限制的激子传输

二维（2D）卤化铅钙钛矿光电子学的发展依赖于能够实现新材料发现以及生长具有低缺陷密度的高质量晶体的合成方法。尽管潜在的有机阳离子存在广阔的化学空间，但许多仍无法与传统的水溶液合成方法兼容，这会导致形成热力学稳定的非二维钙钛矿结构或引发化学反应性问题。物天学院与北京大学团队介绍了一种在室温下通过混合有机–水溶剂体系实现蒸发诱导结晶的方法，用于探索性合成二维钙钛矿。这种方法与广泛的有机阳离子兼容，使得能够轻松发现25种新的二维钙钛矿。这项工作不仅拓宽了用于二维钙钛矿的有机阳离子的设计空间，还确立了一种通用的合成策略，用于生长高质量的二维钙钛矿晶体，这对于高性能光电子学来说是至关重要的。相关成果已于2025年9月3日刊发在国际著名期刊《Journal of the American Chemical Society》。



论文链接:

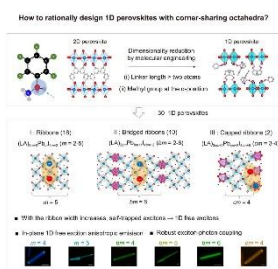
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.5c13393>

联系人: 张文凯 wkzhang@bnu.edu.cn



具有可控边缘终止方式和带宽的单维卤化铅钙钛矿量子带片

二维(2D)有机-无机杂化铅卤化物钙钛矿在光电子学、自旋电子学、光子学和量子信息领域具有广阔的应用前景。将二维钙钛矿结构降低至一维(1D)结构,由于其横向量子限制效应,能够带来新的发展机遇。然而,目前尚缺乏合成这些本质上为分子量子带的1D钙钛矿的设计原则。在此,物天学院和北京大学团队确定了有机间隔阳离子的结构特征,这些特征有助于形成1D钙钛矿,能够合成30种具有可控带宽和边缘终止的结构。这些钙钛矿材料拥有极其丰富多样的晶体结构以及独特的特性,其中一维自由激子的特性尤其引人注目。这些特性使得这些钙钛矿材料在研究激子物理、先进光电和光子学方面具有重要价值,例如偏振发光二极管和各向异性极化子等,它们有望推动钙钛矿研究的新浪潮。相关成果已于2025年9月11日发表于《Chem》期刊上。



论文链接:

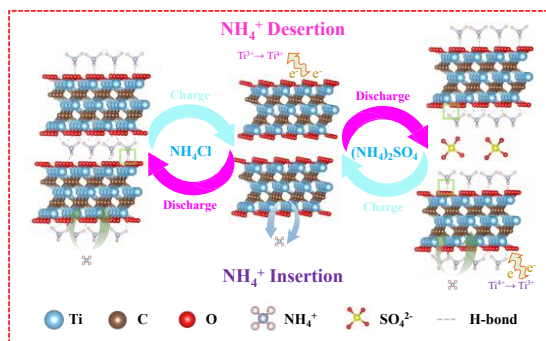
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S245192942500138X?via%3Dihub>

联系人: 张文凯 wkzhang@bnu.edu.cn



氢键作用解锁 NH_4^+ -MXene 储能核心机制

物天学院彭奎庆教授课题组系统比较了金属离子与非金属离子的电化学性能差异。通过非原位技术揭示了 NH_4^+ 在 $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXene电极中的储能机制。证明了 NH_4^+ 与MXene表面的含氧官能团之间的氢键($\text{N}-\text{H}\cdots\text{O}$)作用机制。证明了在放电过程中 NH_4^+ 嵌入,同时与MXene表面含氧官能团结合形成氢键,随后在充电过程中, NH_4^+ 脱嵌,同时氢键断裂并释放键能。该成果为开发 NH_4^+ 储能器件提供了理论基础,并于2025年10月4日发表在国际著名期刊《Energy Storage Materials》上,物天学院为第一单位。



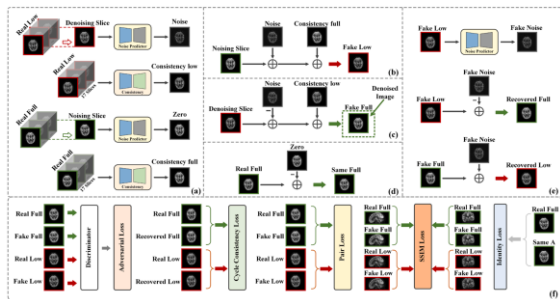
论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2025.104638>

联系人: 彭奎庆 kq_peng@bnu.edu.cn



Cycle-DCN: 低剂量PET图像高质量重建

物理与天文学院团队提出一种新型循环约束对抗去噪卷积网络(Cycle-DCN),实现在大幅降低PET成像辐射剂量的同时,恢复出接近标准剂量的高质量图像。该方法通过多损失函数协同优化,在跨中心、跨设备、跨人群的大规模数据集上验证有效,关键指标显著提升,并获多家医院核医学医师双盲评价认可。该研究为低剂量PET技术的临床安全推广提供了可靠技术支持,相关成果于2025年10月6日发表于医学图像分析顶级期刊《Medical Image Analysis》。



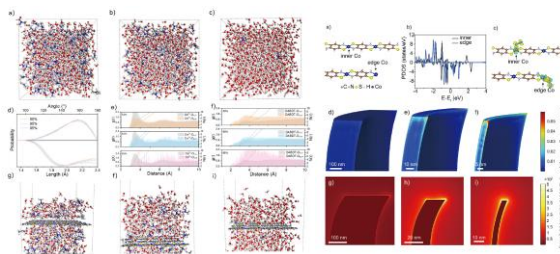
论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.media.2025.103826>

联系人: 江建勇 jianyong@bnu.edu.cn



具有均匀边缘效应的超薄共轭配位框架(c-MCFs)促进氧还原反应(ORR)

物天学院团队通过校内外合作,在导电金属配位框架(MCFs)研究中取得进展。团队发现 $d-\pi$ 共轭结构的超薄导电金属配位框架c-MCFs,通过调控溶剂氢键网络与溶剂溶剂化层分布,实现Co-DABDT的尺寸可控合成,获得块体、层状及纳米片(Co-DABDT-NS)三种形态。其中,具有最高均匀边缘曲率的Co-DABDT-NS表现最优,起始电位达0.97 VRHE,半波电位0.82 VRHE。性能测试与模拟证实,其边缘更高的电荷密度和电场强度可促进ORR传质、提升催化活性,为电催化剂形貌设计及形貌-性能关系研究提供新视角。该文章已于2025年11月7日发表在《Angewandte Chemie International Edition》上。



左: 不同比例水条件下 H_2O -DMF溶剂体系中氢键长度和键角的分布

右: 不同厚度电极表面上的正电荷密度和电场分布

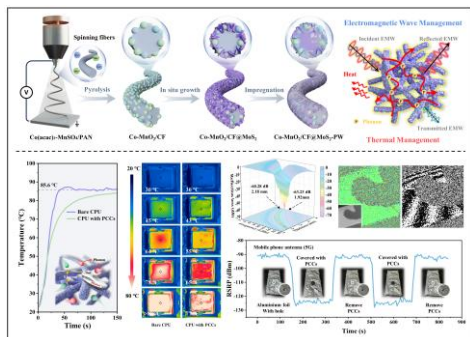
论文链接: doi.org/10.1002/anie.202515846

联系人: 华青松 q.hua@bnu.edu.cn



热管理与电磁波吸收一体化新突破

面对下一代高功率电子器件中长期并存的热积累与电磁干扰挑战，物天学院团队研发出一种新型三维连续碳纤维网络核壳相变复合材料（Co-MnS/CF@MoS₂-PW）。该材料将磁性-介电异质界面与相变石蜡介质进行集成，不仅实现了高潜热存储与快速声子热传导，更通过导电骨架与磁介质的协同作用，实现了超低反射损耗与宽频电磁波吸收。借助离轴电子全息技术，在纳米尺度直观揭示了其磁-介电耦合机制。该一体化设计为下一代电子器件的热管理与电磁兼容协同调控提供了创新解决方案，相关研究于2025年11月13日发表于《Advanced Functional Materials》。



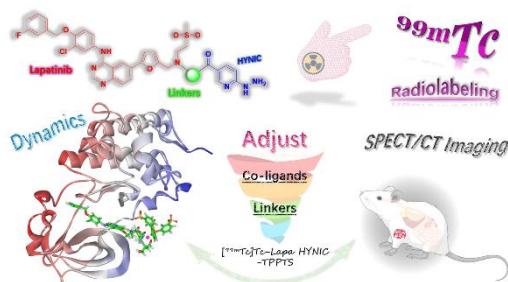
论文链接: <https://doi.org/10.1002/adfm.202523075>

联系人: 陈晓 xiaochen@bnu.edu.cn



新型^{99m}Tc标记的小分子抑制剂（拉帕替尼）靶向HER2的SPECT示踪剂

物天学院作为合作单位于2025年11月13日在《Journal of Medicinal Chemistry》上发表论文。该研究以HER2小分子抑制剂拉帕替尼为靶向骨架，通过系统优化连接链与协同配体组合，成功筛选了潜在探针——[^{99m}Tc]Tc-Lapa-HYNIC-TPPTS，其能够稳定结合HER2蛋白活性口袋，在体内外均显示出高靶向特异性。在HER2阳性模型鼠中，SPECT成像证实其可有效定位肿瘤。该研究是首例^{99m}Tc-HYNIC标记小分子抑制剂类HER2靶向SPECT示踪剂的成功探索，为HER2阳性癌症的诊断提供了具有重要临床应用潜力的新工具。



论文链接:

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jmedchem.5c02789>

联系人: 江建勇 jianrong@bnu.edu.cn

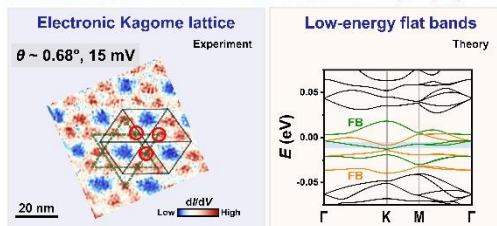
李作杰 11132025043@bnu.edu.cn



转角双双层石墨烯中由结构重构诱导的具有低能平带的电子 Kagome 晶格

在二维范德瓦耳斯材料中，电子能带结构对层间扭转角及结构重构效应均表现出高度敏感性。此前，扭转角对材料电子性质的影响已得到广泛探究。然而，尽管结构重构能够诱导出刚性晶格旋转模型难以预测的新奇电子物态，却较少受到关注。物天学院研究团队利用扫描隧道显微镜，系统研究了小角度转角双双层石墨烯（tDBG）的结构重构行为。结果表明，经过结构重构的小角度tDBG中可稳定形成具有低能平带的电子 Kagome 晶格；通过精细调控扭转角，还能实现从电子 Kagome 晶格到呼吸型Kagome晶格的可控转变。该研究成果证实小角度tDBG是探究 Kagome 晶格关联物质相的极具潜力的候选材料体系。相关成果已以物天学院为第一单位于2025年11月19日在线发表在《Science Bulletin》。

Structural reconstruction in twisted double bilayer graphene



转角双双层石墨烯中的结构重构效应

论文链接:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095927325011648?via%3Dihub>

联系人: 何林 helin@bnu.edu.cn



eScience综述：纵向限域工程如何革新相变材料

物天学院团队于2025年12月22日在eScience（IF=36.6）发表权威综述，系统阐释了纵向限域工程如何革新相变材料设计与性能边界。文章聚焦纵向限域结构，包括金属纳米线、纳米纤维素、碳纳米管、碳纤维及纺丝纤维等，揭示了纵向限域调控相变材料热物性的关键机理与构效关系；解析了该结构在光热、光热电、电热及磁热等多场耦合能量转换中的性能强化路径。该综述不仅驱动了相变材料的多功能跨学科发展，更为跨尺度设计面向高性能能源存储、智能电子热管理、生物医疗与柔性器件等前沿交叉应用的相关材料体系提供了重要指导。



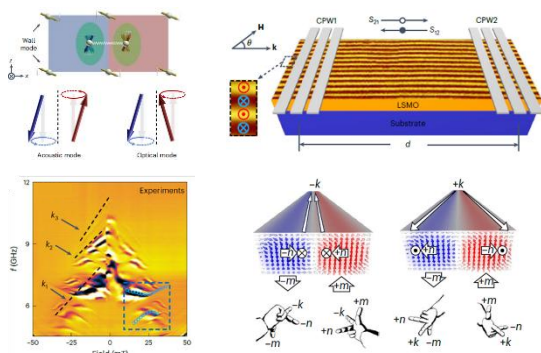
论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.esci.2025.100454>

联系人: 陈晓 xiaochen@bnu.edu.cn



可翻转手性磁子边缘态的长距离传输

物天学院团队与国内外科研单位合作，取得多项成果。1) 率先提出材料对称性人工操控的新策略，在传统关联电子铜锰氧薄膜中同时优化了电子和自旋结构，使之在室温下兼具超低阻尼系数与超长磁螺旋序。发现了局域化的强杂化模式，其能够分别沿着上/下磁畴的边缘远距离手性传输，即手性磁子边缘态，该边缘态可以选择性地被外场开关调控，展示了其作为基本功能单元而设计纳米磁子学和自旋电子学器件的潜力。该工作不仅为磁子边缘态在室温下的高效传输提供了一个可控制的纳米通道，也为进一步研究新奇磁子激发、传输以及与其他玻色子的耦合提供了一个全新的、可操控的低维量子体系。编辑特别出版了一期“研究简报”重点宣传了相关工作。相关研究于2025年1月3日发表于《Nature Materials》。



论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41563-024-02065-x>
联系人: 张金星 jxzhang@bnu.edu.cn

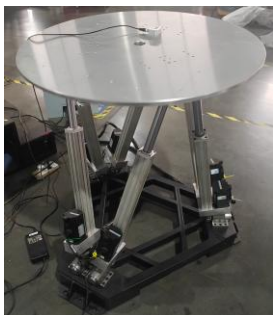
2025 北师大物天学院 科研简报

设备平台



陆地六自由度海浪模拟器研制

海洋装备受海上风、浪、流耦合作用影响发生的动力学响应，对装备结构、性能和耐久性安全性等产生重要影响。物理与天文学院华青松教授联合上海交通大学团队研制的陆地六自由度海浪模拟器，可以模拟海洋装备在三维空间六个运动自由度上（X/Y/Z平移、俯仰/横滚/偏航旋转）的运动特性，实现海洋装备陆上六自由度运动条件下的性能、安全性等各种测试。研制的模拟器摇摆最大角度45度，加速度0.5g，对应5级海况。开发的模拟器可以为海上核动力、海上风电、空间站对接机构等提供陆地测试条件。

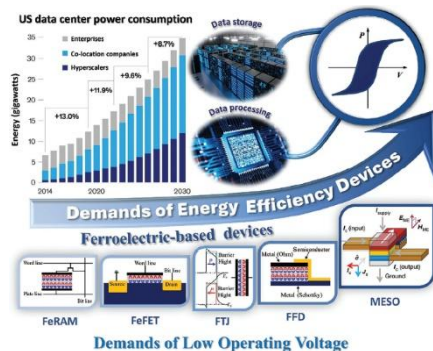


联系人: 华青松 q.hua@bnu.edu.cn



综述：低功耗操作电压的铁电材料与器件

物天学院团队于2025年1月2日与华为技术有限公司在Advanced Functional Materials (IF=19.0) 联合发表权威综述。该合作项目作为受华为技术有限公司项目资助获“优秀”项目结题后，双方受邀共同撰写长篇综述，系统总结并展望了铁电材料与器件向超低电压、低功耗方向的发展。铁电体因其非易失性和低能耗极化操作，成为未来高效电子器件的理想候选。文章系统梳理了降低工作电压的主流策略，包括厚度缩放、缺陷与界面工程、化学掺杂及应变工程，展望了新兴材料与新型器件架构在超越CMOS、实现aJ级能耗方面的潜力。微观机理理解、跨尺度精准表征、可控合成与异质集成等方面的持续突破将推动铁电技术在超低功耗信息存储与处理中的实际应用。



论文链接:
<https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.202412332>
联系人: 张金星 jxzhang@bnu.edu.cn

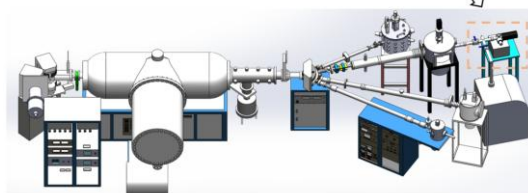


国内首套直流离子束激发单光子符合时间分辨平台，实现亚纳秒级分辨能力

物天学院团队依托学院 GIC4117 2×1.7 MV 串列加速器，成功搭建国内首套基于直流离子束激发的单光子符合时间分辨测量平台，实现系统时间分辨率优于 1 纳秒，为闪烁体发光动力学研究开辟全新实验途径。该平台以离子束直接激发样品发光，结合双通道单光子探测技术，完成闪烁体发光衰减时间的高精度测量。相较于传统方法，该系统无需触发信号，通过双探测器探测随机单光子，突破探测器时间响应对系统分辨率的限制，显著提升时间分辨能力与测量稳定性。离子束激发发光对材料特性高度敏感，平台可为辐射探测材料相关关联机制研究提供关键信息。该成果拓展了串列加速器终端实验功能，也为新型闪烁材料、辐射探测器件研发及相关基础与应用研究提供了重要技术支撑。

GIC4117 2×1.7 MV 串列加速器

闪烁体发光衰减时间测试系统



联系人: 仇猛淋 11112020052@bnu.edu.cn;
欧阳潇 oyx16@bnu.edu.cn



科研项目

全年获批纵向项目50项，获批经费总额5625.89万元，包括国家自然科学基金专项项目重点类项目、国家科技重大专项课题以及国家重点研发计划课题等；获横向项目58项，经费1136.35万元。



2025年获批150万以上项目清单

序号	项目名称	项目类型	负责人
1	NSFC-CJPL专项深地科学国际化发展战略研究	国家自然科学基金	程建平
2	依托 LAMOST和 FAST 的银河系及近邻宇宙研究	国家自然科学基金	高亮
3	基于NISQ量子模拟的强子横动量分布与能量关联子的探究	国家自然科学基金	刘晓辉
4	三维拓扑磁结构中自旋波输运及其磁电调控	国家自然科学基金	张金星
5	暂现源的快速识别和后随观测研究	国家自然科学基金	高鹤
6	哈勃常数危机与活动星系核结构研究	国家自然科学基金	胡彬
7	新型核勘查伽马探测材料与器件研制	国家科技重大专项	欧阳潇
8	关联量子材料中新奇物态的应变调控	中央财政类科研项目（科技类）	鲁兴业
9	氧化物非常规超导体中的新奇量子态探测及其调控	省部级-地方（省）项目	张金星



科普工作



张同杰教授接受央视采访解读星际天体以及地外文明搜寻的深层次意义

央视科教频道《解码科技史》推出“神秘的星际访客”专题节目，北师大物天学院张同杰教授受邀参与录制，解读星际天体 3I / 阿特拉斯研究及地外文明搜寻意义。节目中，张同杰介绍了 FAST 对该天体的 4 次观测规划：已完成火星掠过、近日点两个关键阶段观测（含“天问一号”多平台协同探测），后续还将开展抵近地球、逃离太阳系阶段观测，这是我国首次对其射电观测，填补研究空白。他还科普了奥尔特云等概念，客观分析该天体是否为外星科技产物，并解读地外文明探索的价值与迫切性。节目于 2025 年 11 月 27 日在央视 10 频道播出。

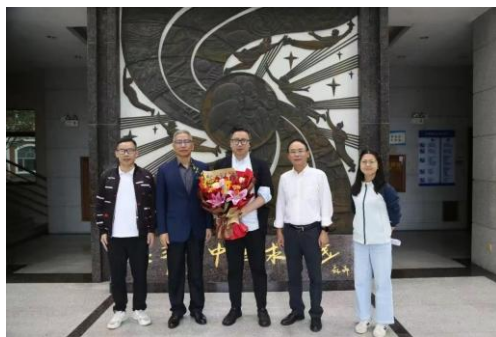


张同杰教授接受采访照片



塘厦初级中学讲座：回望东方巨响，厚植青少年爱国情怀

廖斌老师受邀参加塘厦初级中学讲座，为全校师生带来一场题为《东方巨响，震惊世界——中国原子弹事业的辉煌历程与精神传承》的精彩专题讲座。本次活动旨在弘扬科学家精神，激发青少年对国防科技的兴趣与爱国情怀，现场气氛热烈，座无虚席。



廖斌老师与师生合影留念



物理与天文学院“强师科普行”走进广西大化县中

2025 年 12 月 1 日，北师大物天学院主办大化高中第三届科技节暨“科普专家进校园”活动，落实基础教育强师计划、助力县域教育发展。活动获北师大强师工程与中国大唐支持，是学院“强师励教育才启智”系列活动的县域落地实践。学院发挥学科与师资优势，秉持多元融合的教育理念定制科普内容。桑海波副院长带队，白在桥老师开设光学主题科普课，结合科学史与前沿技术，通过现场实验演示、学生亲手实操等互动形式，生动讲解光学知识，有效激发学生科学探索热情。

本次活动获校方高度肯定，既传播科学知识，更输出优质教学范式，是学院构建全链条县域教育帮扶体系的重要举措。学院将持续推进科普资源下沉，践行校训精神与高校社会责任，为县域科技教育发展持续赋能。



物理与天文学院开展跨学科研学活动——以科学实践点亮少年探索之光

2025 年 4 月 27 日，北师大物天学院依托中国物理学会科普教育基地开展跨学科研学活动，迎接北京市两所小学五百余名小学生入校参与。学院以“科学融合·创新启航”为主题，结合学科优势设计科学实践项目，通过动手实验、互动观察等形式，围绕光、电、声音及振动波等主题开展趣味科学探索。

学院副院长桑海波表示，活动以实践培养科学思维，激发孩子的好奇心与创新力。孩子们亲手操作实验仪器，探索物理原理，全程专注投入、主动提问，还自主发现实验细节，展现出浓厚求知欲。学院将多学科知识与科学原理融合讲解，让抽象知识变得生动易懂。

此次活动让学生收获知识的同时提升综合能力，获带队教师认可。未来学院将持续搭建中小学科普实践平台，深耕青少年科学启蒙教育。





北京師範大學
BEIJING NORMAL UNIVERSITY
物理与天文学院
SCHOOL OF PHYSICS AND ASTRONOMY



北京師範大學物理与
天文學院官方網站