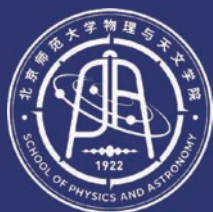


SCIENTIFIC RESEARCH BRIEFING



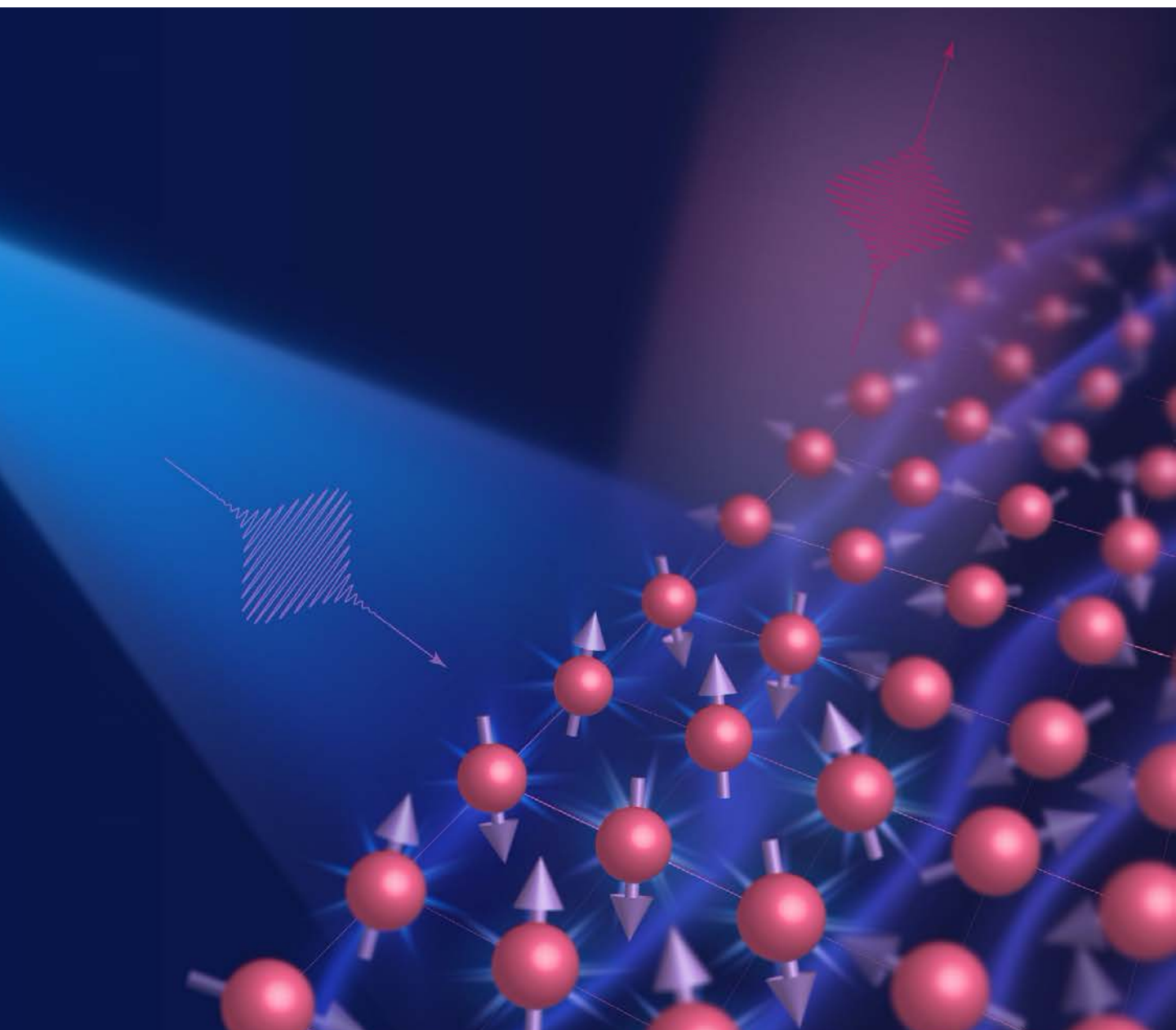
北京師範大學

BEIJING NORMAL UNIVERSITY

物理與天文學院

SCHOOL OF PHYSICS AND ASTRONOMY

2024
科研簡報





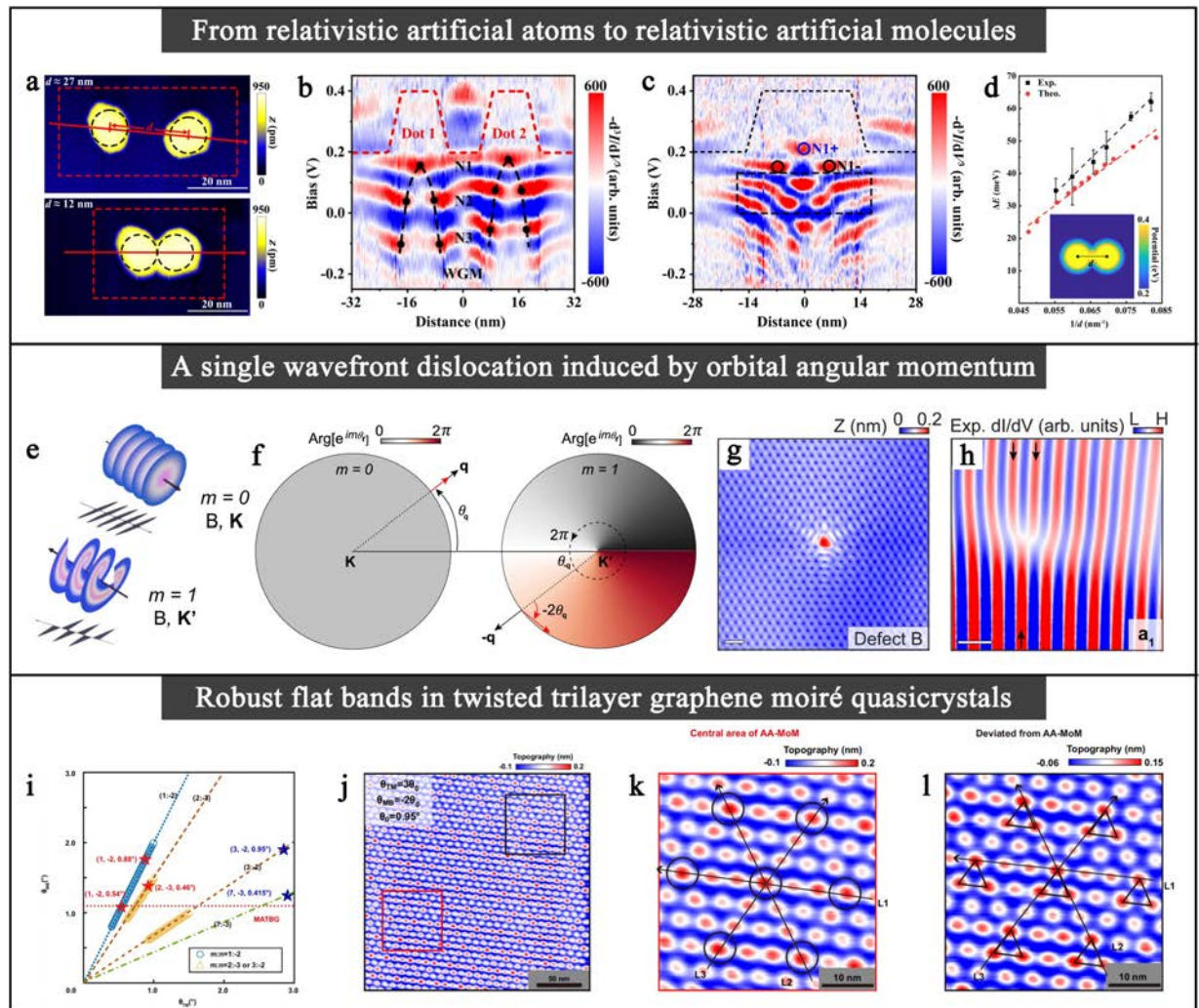
年度亮点



石墨烯相关研究接连取得重大突破

物天学院团队与国内外科研单位合作，取得多项成果。成功调节两个石墨烯/硒化钨异质结量子点（GQDs）之间的距离，研究了从相对论性人工原子到人工分子的耦合过程，为系统地研究量子点的相对论性效应提供了重要实验依据，为相对论性人工原子到分子的演化提供了新的实验平台，推动了量子点耦合强度可调的研究。同时，成功直接观测到石墨烯中轨道角动量耦合引起的单个波前条纹，揭示了轨道角动量对相位奇点的重要影响，为凝聚态物理低维系统中的相位奇点和波前错位提供了新的理解，并推动了相关技术的应用，具有潜在的电子光学装置和新型显微技术的应用前景。此外，直接观测三层转角石墨烯莫尔准晶中广泛存在的平带证实了该体系在宽转角区存在平带，并观察到电子态分布在AA区域表现出C3Z对称性，而在偏离AA区域该对称性被破坏。该体系具有较强的关联效应，并在不同填充下展现出丰富的强关联物相。

相关研究成果以物天学院为第一单位发表三篇论文在《Nature Communications》上。



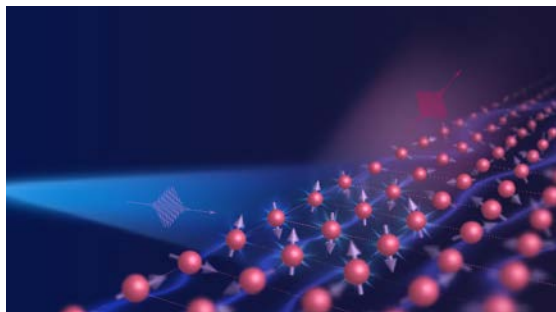
论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-52992-1>
<https://www.nature.com/articles/s41467-024-47756-w>
<https://www.nature.com/articles/s41467-024-52784-7>

联系人: 何林 helin@bnu.edu.cn



铁基超导体 $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ 相图中向列自旋关联的发现

物天学院团队利用自主开发的单轴应变装置和共振非弹性X射线散射（RIXS）技术，研究了铁基超导体 $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ 中的自旋激发谱。研究发现，单轴应变下，自旋激发的各向异性（即向列自旋关联）在 $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ 的相图中广泛存在，尤其在接近量子临界点时表现最为明显。这一发现表明向列自旋涨落与量子临界点密切相关，为理解电子向列相的起源提供了新的实验证据。该成果为探索高温超导微观机制和量子相的共存提供了重要线索，并已发表于国际著名期刊《物理评论快报》（Physical Review Letters）上。物天学院为第一单位。



RIXS揭示 $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ 超导体中广泛存在的向列自旋关联

论文链接:

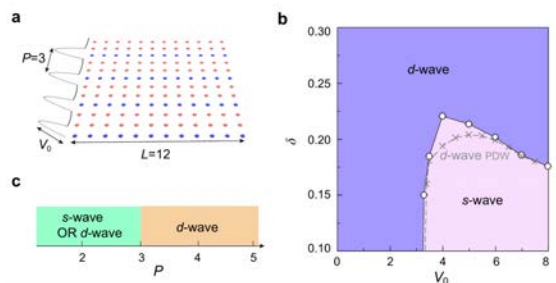
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.132.016501>

联系人: 鲁兴业 luxy@bnu.edu.cn



超导配对机制新见解：电荷条纹周期对超导配对对称性转变的影响

物天学院与北京计算科学研究中心和浙江大学等单位合作，综合采用行列式量子蒙特卡罗（DQMC）、约束路径量子蒙特卡罗（CPQMC）和密度矩阵重整化群方法（DMRG），系统研究了电荷调制对超导配对对称性转变的影响，发现以电荷条纹周期 $P=3$ 为界，主导的超导配对对称性具有截然不同的性质。该工作为依赖于电荷条纹周期 P 的超导体系之间超导配对机制的差异提供了新见解，突出了电荷条纹的决定性作用，为阐明不同类型的非常规超导体配对对称性之间的区别提供了参考。相关论文以物天学院为第一单位发表在《Nature Communications》。



- 周期 $P=3$ 的非均匀哈伯德模型的晶格结构
- DQMC计算的具有电荷条纹周期 $P=3$ 的非均匀哈伯德模型的相图
- 主导配对对称性依赖于 P ，其中 $P=3$ 是一个临界值

论文链接:

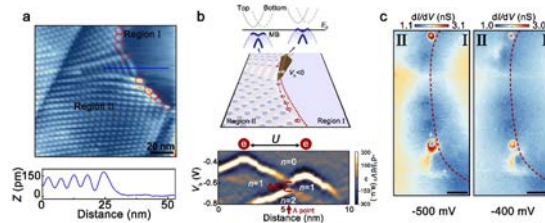
<https://doi.org/10.1038/s41467-024-53841-x>

联系人: 马天星 txma@bnu.edu.cn



技术突破：在二维双层转角 WSe_2 中实现一维莫尔链

物天学院团队利用扫描隧道显微镜（STM）针尖操控技术，在双层转角 WSe_2 体系中构建了一维莫尔链，并实现了对电子态的选择性填充和操控。通过该方法，研究人员成功成像并操控了一维莫尔链中的关联电子态，展现了这一体系在研究一维Hubbard模型中的潜力。该成果为探索二维体系中的一维莫尔链及其电子态提供了重要的实验依据，并为量子多体物理的研究提供了新的思路和方法。相关研究成果已发表在《PNAS》期刊上，物天学院为第一单位。



在二维双层转角 WSe_2 中实现一维莫尔链

论文链接:

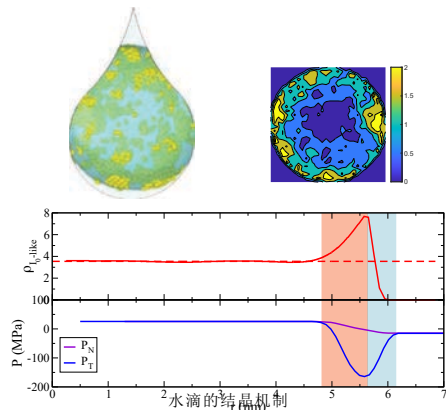
<https://doi.org/10.1073/pnas.2405582121>

联系人: 何林 helin@bnu.edu.cn



液-固相变的新发现：气-液界面诱导结冰的新机制

水结冰机制的研究一直以来都是人类探索自然的重要课题。在现实世界中，水常常以带有界面的形式存在，尤其是气-液界面（也叫自由表面），如空气中的一个水滴。那么水滴是如何结冰的呢？这个问题困扰科学界数十年。物天学院团队在《Nature Communications》期刊发表论文，报道了他们的最新发现：水滴结冰不是从内部开始，而是在靠近表面的区域（如图所示）。气-液界面附近负压区的存在让水滴和水膜在结晶时在空间上表现出了显著的异质性。这一发现为气-液界面诱导结晶机制提供了新的微观物理图像，有助于进一步深入理解云的形成、食物冷藏保鲜机制等。该研究不仅对热力学与统计物理的理论发展有重要贡献，还对相关领域的技术开发和应用有重要启示作用。



论文链接:

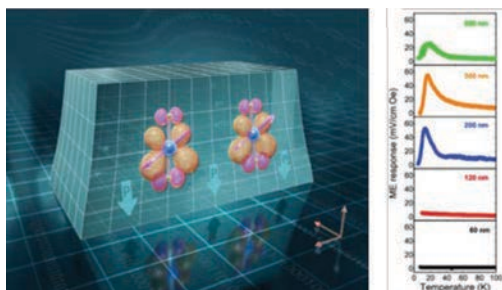
<https://www.nature.com/articles/s41467-024-50188-1>

联系人: 孙刚 gangsun@bnu.edu.cn



首证挠曲磁电效应：强关联214铋酸锶体系对称性操控取得突破

物天学院与国内外多家单位合作，在中心对称的强关联214铋酸锶体系中，通过应力梯度的精准控制实现了空间和时间反演对称性的人工操控，从而在实验上首次发现并验证了一种挠曲磁电效应（Flexomagnetoelectric effect）。该工作提供了材料对称性操控的普适手段，可在更广泛的材料中设计或创造铁性序参量和磁电效应，也为探索关联电子体系中的衍生量子现象提供了一种全新的途径。相关成果发表在《物理评论快报》（Physical Review Letters）上。物天学院为第一单位。



应变梯度打破空间反演对称性产生铁性序参量，实现挠曲磁电效应

论文链接：

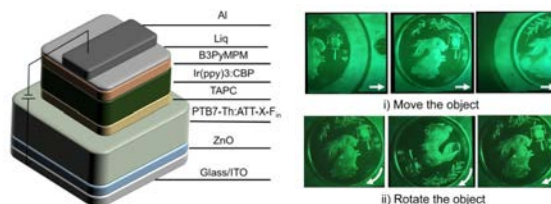
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.133.156505>

联系人：张金星 jxzhang@bnu.edu.cn



超窄带隙小分子受体实现灵敏的短波红外检测和动态上转换成像

短波红外（SWIR）光检测在现代技术中起着关键作用。新兴的经溶液处理的有机半导体有望用于成本效益高、灵活和大面积的SWIR有机光电二极管（OPD）。然而，SWIR OPD的光谱响应率（R）和比探测率（D*）受到激子解离不足和高噪声电流的限制。在这项工作中，物天学院团队与中科院化学所、浙江大学合作，研发了一种新型SWIR小分子受体材料，其光谱覆盖范围为0.3至1.3 μm ，峰值为1100 nm。该材料制成的光电二极管具有优化的激子解离、电荷注入性能和SWIR透射率，在零偏压下，于1110 nm处实现了创纪录的0.53 安培/瓦的R和 1.71×10^{13} 琼斯/D*。1至1.2 μm 处的D*超过了非制冷商用InGaAs光电二极管。此外，集成SWIR光电二极管的大面积半透明全有机上转换器件实现了从SWIR到可见光波段的静态和动态成像，同时具有优异的上转换效率和空间分辨率。这项工作为开发灵敏的有机SWIR检测方式提供了新见解。相关成果已发表于《Science Advances》期刊上。



论文链接：

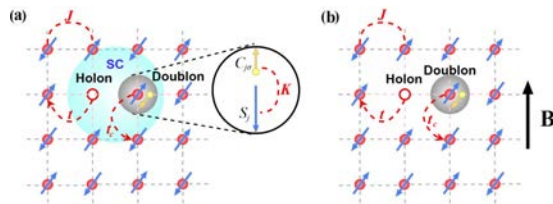
<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adm9631>

联系人：张文凯 wkzhang@bnu.edu.cn



无限层镍氧化物超导薄膜中发现各向同性的量子格里菲斯奇异性

物天学院团队在 $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$ 超导薄膜中首次发现与磁场驱动的超导-金属转变（SMT）相关的各向同性量子格里菲斯奇异性（QGS）。该体系在面内和面外磁场下表现出各向同性的SMT特征。通过对等温磁阻曲线进行标度分析，研究发现有效动态临界指数在接近零温临界点时呈发散行为，证实了QGS的存在。此外，该研究还揭示了QGS相关的量子涨落如何定量解释超导-金属转变的相界特性，并指出QGS的产生与超导涨落和近藤散射之间的竞争关系。这一发现为非常规超导体中的量子相变研究提供了新的思路，推动了镍基超导的研究进展。该研究为进一步理解镍氧化物超导体中的非常规超导机制提供了重要见解。相关成果已刊发在国际著名期刊《物理评论快报》（Physical Review Letters）上。物天学院为第一单位。



论文链接：

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.133.036003>

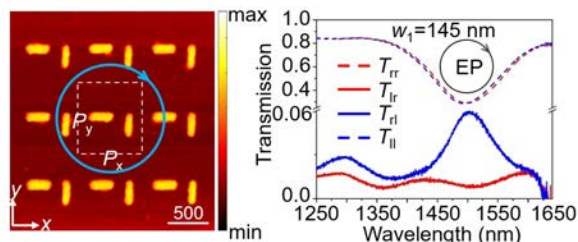
联系人：刘海文 haiwen.liu@bnu.edu.cn

聂家财 jcnjie@bnu.edu.cn



突破传统：非厄米手性超构表面研究取得新进展

近年来，非厄米物理因其在拓扑与量子领域的独特性质而备受关注。物天学院团队通过探索非局域响应，提出了一种具有PT对称性的手性超构表面，实现了单圆偏振奇异点（EP）的高效调控。这一创新设计仅需使用单一材料，大幅简化了传统超构表面的设计与加工。这些研究成果为手性PT对称超构表面在光通信与片上模式转换中的应用开辟了新方向，同时为超构透镜、全息图等基于相位调控的光学器件在多频段的应用奠定了理论基础。相关成果以物天学院为第一单位发表两篇论文。



论文链接：

<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.nanolett.3c04836>

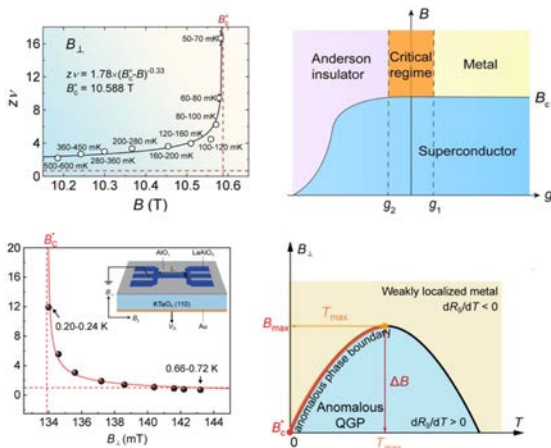
<https://doi.org/10.1364/PRJ.537395>

联系人：石锦卫 shijinwei@bnu.edu.cn



量子相变领域取得重要进展

物天学院与北京大学、中国科学院物理研究所合作团队在尖晶石氧化物超导体 MgTi_2O_4 中发现了三维超导到安德森临界绝缘体的量子相变。对该区域的有限尺寸标度理论分析表明，体系的有效动力学临界指数在趋于量子临界点时会以幂函数的形式发散，得到的幂指数证实了三维量子格里菲斯奇异性的存在。该研究开辟了三维超导体量子相变的新路径，揭示了量子格里菲斯奇异性在不同维度超导体中的普适性，并为理解强无序体系中的量子相变机制提供了新思路。这一工作发表于学术期刊《Physical Review Letters》。物天学院与中国科学技术大学团队，在量子相变领域取得突破性进展。研究团队首次在 $\text{LaAlO}_3/\text{KTaO}_3(110)$ 超导氧化物界面中观察到正常与反常量子格里菲斯相，并通过调控量子涨落实现了对这些相的有效调节。理论分析表明，这种调控可归因于量子临界点附近不同的电导率修正，而这些修正由磁场方向和栅压调节下具有强自旋轨道耦合的量子涨落引起。该研究发表于《Science Advances》。



超导体 MgTi_2O_4 三维超导到安德森临界绝缘体的量子相变

论文链接:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.133.226001>

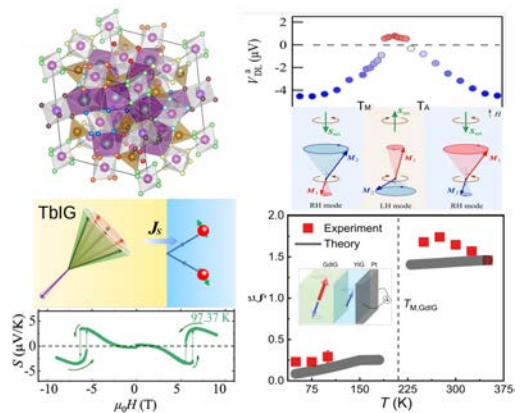
<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adp1402>

联系人: 刘海文 haiwen.liu@bnu.edu.cn



磁振子量子器件研究取得多项突破

物天学院团队与同济大学、清华大学、沙特阿拉伯阿普杜拉国王科技大学合作，分别发现了亚铁磁绝缘体钽铁石榴石中自旋塞贝克效应随外磁场变化的反常磁滞回线，以及自旋塞贝克信号在回线附近的显著增强，并通过理论建模成功阐明了钽铁石榴石“双伞态”非共线磁结构随磁场变化的演化过程，揭示了自旋塞贝克回线的磁结构起源及磁振子-声子杂化对自旋塞贝克信号增强的贡献；实现了在补偿型亚铁磁绝缘体钽铁石榴石中左、右手性磁子的电学激发和探测，并利用钽铁石榴石磁补偿点和角动量补偿点分离的特征实现磁振子手性及其所诱导的类阻尼力矩电学信号符号的反转，不仅展示了补偿型亚铁磁绝缘体是研究左、右手性磁振子的理想平台，也有望在构筑磁振子量子器件的过程中发挥重要作用；实现了由补偿亚铁磁钽铁石榴石和非补偿亚铁磁钽铁石榴石构成的复合双层膜体系中，两磁性层中磁振子模式之间的强耦合及其高效调控，并发现该复合体系自旋泵浦效率在钽铁石榴石补偿点处发生跳变，通过理论建模揭示了这种跳变正是来源于对磁振子耦合的调控，为可控磁振子器件设计提供了新的思路。相关三项成果发表在《Physical Review Letters》、《Nature Communications》上。



磁振子量子器件相关研究结果

论文链接:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.132.056702>

<https://www.nature.com/articles/s41467-024-46330-8>

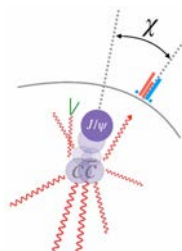
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.133.166705>

联系人: 沈卡 kashen@bnu.edu.cn



通过重夸克偶素能量关联子揭示强子化过程

物天学院团队通过引入重夸克偶素能量关联子 (Quarkonium Energy Correlator) 这一工具，更深入地理解夸克和胶子如何转化为强子的过程，即强子化。这个工具能追踪重夸克对释放的能量，揭示强子化的细节，对理解色禁闭现象特别重要。研究中，重夸克偶素 J/ψ 粒子起到了关键作用，今年也是其发现50周年。这项成果不仅增进了我们对强相互作用的理论理解，还为未来的强子物理研究提供了新工具和理论框架，有助于揭示强子内部机制和强相互作用的细节。研究成果已发表在《Physical Review Letters》。



强子化过程

论文链接:

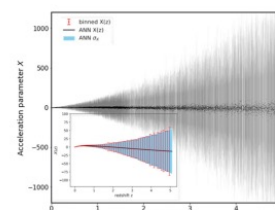
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.191901>

联系人: 刘晓辉 xiliu@bnu.edu.cn



宇宙学参数测量领域取得新进展

物天学院团队在国际天体物理顶刊《Astrophysical Journal Letters》发表了论文，系统讨论了利用未来空间引力波探测器DECIGO对最重要的两个宇宙学参数 (宇宙曲率及哈勃常数) 进行精确测量的新方法，为解决宇宙学研究中的“哈勃常数危机”“宇宙曲率危机”提供了全新思路。该成果被美国天文学会 (AAS) Nova网站选为研究亮点，并被长江大学门户网站进行了广泛宣传。



论文链接:

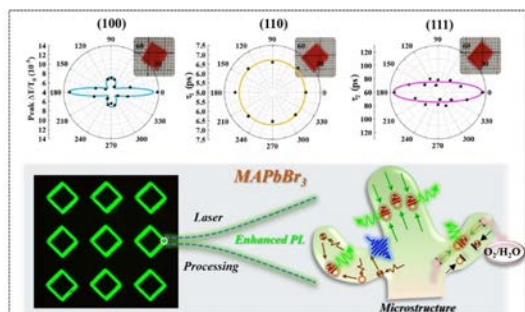
<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ad3553>

联系人: 曹硕 caoshuo@bnu.edu.cn



定向单晶钙钛矿晶片的各向异性载流子动力学和激光制备发光图案

近年来，钙钛矿材料及其在光电子领域的应用引起了广泛关注。然而，对于它们在超快载流子动力学中的各向异性行为的深入理解仍然不足。为弥补这一缺失，物天学院团队与北京工业大学、山东大学合作，以高质量、不同取向的MAPbBr₃单晶晶片为基础，首次在皮秒时间尺度上揭示了光激发载流子在不同取向的晶面内极化以及晶面间的各向异性动力学演变。这一发现从晶体学的角度深入理解了超快载流子的弛豫途径，对于在超快光电子领域，如光调制器、高速光极化传感器和弹道晶体管等方面，探索拓展钙钛矿单晶的应用具有重要意义。相关研究成果已刊发在国际权威期刊《Nature Communications》上。



论文链接:

<https://www.nature.com/articles/s41467-024-45055-y>

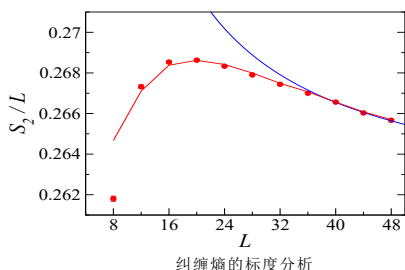
<https://doi.org/10.1038/s41467-024-45055-y>

联系人: 张文凯 wkzhang@bnu.edu.cn



利用纠缠熵判定量子相变的属性和解禁闭临界性

对超越朗道相变机制的解禁闭量子临界性的研究是近年来强关联和统计物理领域的重要课题，二维J-Q模型的反铁磁-价键固体相变是实现这一机制的重要候选者，围绕其属性的争议是强关联和统计物理领域的重要科学问题。物天学院郭文安和林海青团队在《Physical Review Letters》发表的成果在这一问题的研究中取得了突破。研究者们通过量子蒙特卡洛模拟对二维J-Q₃模型的反铁磁-价键固体相变点纠缠熵的标度行为进行了深入分析。他们发现相变点基态Goldstone模的数目为5，表明基态具有O(5)对称性，并自发破缺到了O(4)。这一结果不仅证实了相变点具有涌现的O(5)对称性的假说，还表明相变是一级相变，而非之前预期的连续相变。更一般地，这一工作为区分弱一级量子相变和连续相变，判定涌现的对称性提供了新的视角和工具。这项研究有助于我们更好地理解解禁闭量子临界性，并为探索复杂量子系统中的相变行为作出了贡献。



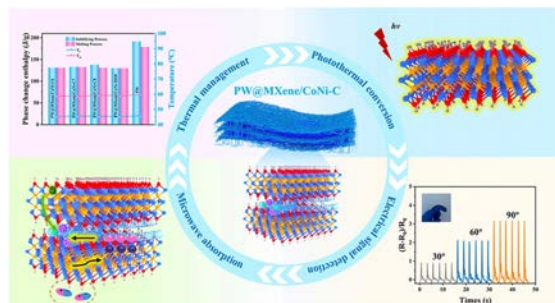
论文链接: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.100402>

联系人: 郭文安 wago@bnu.edu.cn



多功能磁性相变材料引领柔性电子新方向

物天学院团队在国产顶尖期刊eScience（影响因子42.9）发表论文。该研究提出了一种全新的多维合成策略，为柔性可穿戴电子设备的发展提供了重要技术突破。研究团队通过将二维MXene纳米片与由三维金属有机框架（MOFs）自催化衍生的一维碳纳米管（CNT）和零维金属纳米颗粒复合，构建了互穿多级网络结构，并进一步封装石蜡（PW），制备出具有优异热储存能力与长期热稳定性的PW@MXene/CoNi-C复合相变材料。得益于CNTs、CoNi纳米颗粒和MXene的协同作用，该材料的光热转换效率高达97.5%，并在8.03 GHz频率下实现了-49.3 dB的最低微波反射损耗。此外，基于该材料开发的柔性相变薄膜，可应用于电子设备的热管理、电磁屏蔽、光热治疗和个人电信号检测。这一突破性研究为先进柔性多功能可穿戴电子设备的开发提供了新思路，彰显了科研团队在高端材料领域的技术创新实力。



全新的多维合成策略

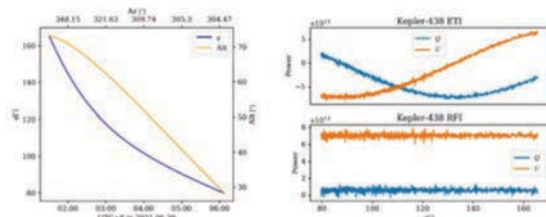
论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.esci.2024.100292>

联系人: 陈晓 xiaochen@bnu.edu.cn



新方法助力地外智慧生命信号辨识

物天学院作为第一单位于《天文学杂志》（The Astronomical Journal）发表论文，针对中国天眼（FAST）射电望远镜提出了利用偏振特征区分地外智慧生命（ETI）信号与射电干扰（RFI）的新方法。该研究首次应用斯托克斯参数的线性极化分量随视差角的正弦变化来识别ETI信号，而这种变化在地面RFI中保持相对稳定。通过这一方法，研究人员能够缩短信号识别所需的观测时间，从而提高信号辨识的效率，并为中国天眼FAST提供了至关重要的科学判据，这也是FAST的独特优势，国际上其他射电望远镜很难做到。这一突破不仅对寻找地外智慧生命具有重要意义，也为射电恒星爆发的研究和系外行星宜居性评估提供了新的视角。



左图: 当地时间2021年6月29日的模拟观测期间, Kepler-438 的星位角 q 、地平方位角 Az , 地平高度角 Alt 的随时间的变化。右上图: 对 Kepler-438 模拟观测期间, ETI 信号的信号线 Q' 和 U' 的强度变化曲线; 右上图: 对 Kepler-438 模拟观测期间, RFI 的信号线 Q' 和 U' 的强度变化曲线。

论文链接:

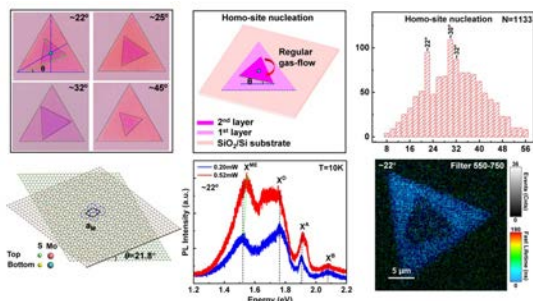
<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/ad0be8>

联系人: 张同杰 tjzhang@bnu.edu.cn



精准调控双层MoS₂同质结：TMD材料领域实现重大突破

物天学院团队在过渡金属硫化化合物（TMD）领域取得重要进展。研究团队通过气体流量扰动的化学气相沉积（CVD）法，成功制备了层间转角大范围可调的双层MoS₂同质结。实验结果表明，转角主要集中在8°–56°之间，且公度转角（22°和32°）的形成几率显著高于非公度角。低温光致发光光谱研究发现，公度转角（~22°）的双层MoS₂同质结中，层间激子的光谱强度显著增强，激子寿命从200ps延长至520ps。这一现象归因于较强的莫尔势阱对层间激子的束缚。该研究为转角TMD同质结的构建提供了一种可控方法，为研究量子多体物理特性奠定了基础。该研究以物天学院为第一单位发表在国际著名期刊《Advanced Materials》上。



层间转角大范围可调的双层MoS₂同质结

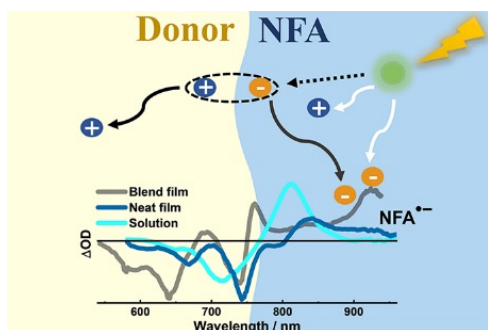
论文链接: <https://doi.org/10.1002/adma.202408227>

联系人: 窦瑞芬 rfdou@bnu.edu.cn



有机太阳能电池中的电子转移、空穴转移和能量转移的理解与调控

理解有机太阳能电池的光电转换过程并实现对其定向调控对进一步提高有机太阳能电池光电转换效率具有重要意义。物天学院与北京大学、青岛大学合作团队通过超快瞬态吸收光谱对有机太阳能电池中电子转移、空穴转移和能量转移过程进行了详细的识别和研究。并在此基础上，通过定向提高共振能量转移过程，实现了有机太阳能电池器件效率的提高。相关成果已刊发在国际著名期刊《Chemical Science》和《Advanced Functional Materials》上，物天学院为第一单位。



论文链接:

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/sc/d4sc04072d>

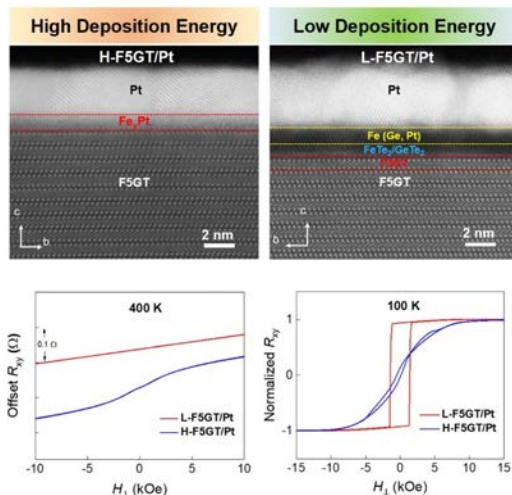
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.202417478>

联系人: 张文凯 wkzhang@bnu.edu.cn



突破性研究揭示Fe₅GeTe₂/Pt磁性异质结界面效

物天学院团队成功揭示了Fe₅GeTe₂/Pt（F5GT/Pt）磁性异质结的界面结构对材料磁性和自旋运输的显著影响。具体而言，高沉积能量下形成的Fe₅Pt层显著提升了系统的高温磁性，而低沉积能量下形成的新型F5GT/Fe(Ge)Te₂/F_{3-x}GT结构则增强了低温的垂直磁各向异性。这一研究表明，通过界面工程能够有效改善材料的磁性和自旋输运特性，为二维材料自旋电子器件的性能提升提供了重要的理论依据，也为未来高性能自旋电子器件的设计与应用铺平了道路。该研究成果以物天学院为第一单位发表在《Advanced functional materials》。



Fe₅GeTe₂/Pt磁性异质结界面效应

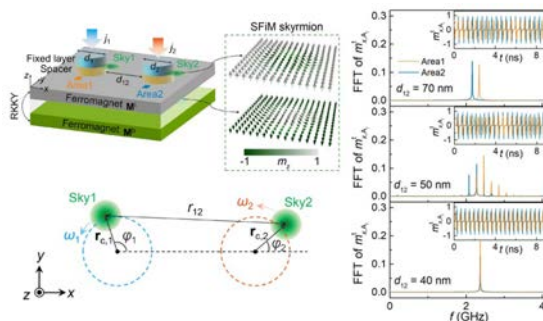
论文链接: <https://doi.org/10.1002/adfm.202417472>

联系人: 何聪丽 11112018050@bnu.edu.cn



揭示亚铁磁斯格明子振荡器的非线性动力学，提供未来科技应用新视角

物天学院团队利用微磁模拟和有效动力学方程求解，研究了相互作用亚铁磁斯格明子振荡器的动力学行为，证明了不同振荡器中斯格明子运动的同步、频率梳等非线性效应，并阐明了从频率梳到同步态的转变与斯格明子间的有效势能在不同耦合强度下的演化有关。该研究不仅证明了亚铁磁斯格明子振荡器在非线性和物理研究中的应用，还揭示了其非线性动力学背后的物理。相关研究成果以物天学院为第一单位发表在《npj Computational Materials》。



亚铁磁斯格明子振荡器的非线性动力学

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41524-024-01233-6>

联系人: 沈卡 kashen@bnu.edu.cn



Chemical Reviews邀请综述：非天然氨基酸探针在生物光谱和成像研究中的应用

物天学院与北京大学团队合作在Chemical Reviews (IF=51.5) 发表邀请综述，回顾了非天然氨基酸探针的关键光谱特性及其在生物光谱和成像研究中的应用，同时提出了基于非天然氨基酸的光谱/成像探针的发展思路，展望了这些探针助力解决重要基础生物学问题的可能性（例如蛋白质的折叠动力学、构象变化、相互作用、蛋白质局部静电场、水合、结构-动力学-功能关系等）。



论文链接:

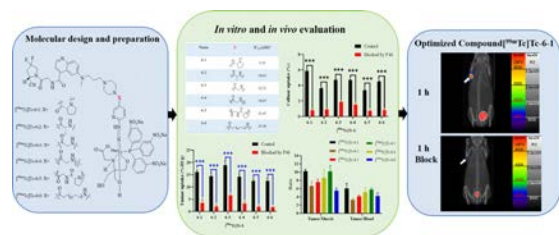
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.3c00944>

联系人: 张文凯 wkzhang@bnu.edu.cn



创新：99mTc标记FAPI-46衍生物用于靶向FAP的肿瘤分子探针

物天学院作为合作单位在《Journal of Medicinal Chemistry》上发表论文。该研究以肿瘤成纤维细胞中的成纤维细胞激活蛋白(FAP)为靶点，成功构建了靶向FAP的放射性99mTc标记分子探针，并制备了具有显著肿瘤摄取和良好靶与非靶比值的99mTc标记的FAPI-46衍生物([99mTc]Tc-6-1)。同时，还制备了配套药盒，适用于多种肿瘤的早期诊断、个性化治疗及疗效监测，为推广新型放射性肿瘤分子探针提供了独特的解决方案。该研究成果为转化医学和精准医疗的发展作出了重要贡献。



靶向FAP的放射性99mTc标记分子探针

论文链接:

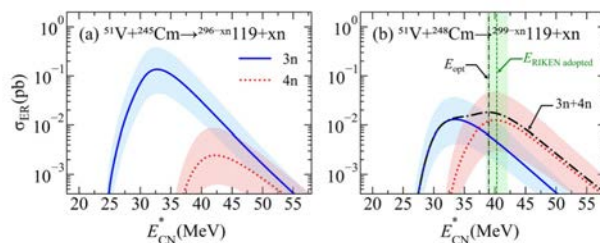
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jmedchem.4c00031>

联系人: 阮晴 11132022029@bnu.edu.cn



前沿突破：119、120号及稳定岛114超重元素合成研究取得重要进展

前沿突破1：119、120号超重元素合成取得重要进展。物天学院团队在超重元素合成研究中取得重要成果，以第一单位在国际知名期刊Physics Review C发表了一篇关于119、120号超重元素合成的研究论文。该研究通过理论模型预测了利用熔合反应合成119和120号元素的可行性，提出了适合的反应体系和入射能量。这一理论工作为超重元素合成实验提供了科学指导，被包括BNL和IMP在内的多家国际顶尖实验室引用，为全球相关实验的设计与实施奠定了理论基础，推动了超重元素合成实验的国际合作与进展。



论文链接:

<https://doi.org/10.1103/PhysRevC.109.014622>

联系人: 张丰收 fszhang@bnu.edu.cn

前沿突破2：稳定岛中心超重核合成研究获重要进展。在另一项关于合成理论预言超重双幻核的研究中，物天学院团队探讨了通过放射性束流诱发熔合反应到达理论预言超重稳定岛中心的可能性。研究提出了一种新方法，理论上分析了如何有效地合成更稳定的超重核素，为未来实验装置的设计和建设提供了宝贵的理论支持。这项研究不仅对核物理领域的理论研究具有重大意义，还为超重核稳定性预测和稳定岛探索指明了方向。该成果被选为该期封面文章，获得国内外媒体广泛报道，并通过科普视频形式向公众传播，提升了社会对超重元素及核物理领域研究的关注与理解。



论文链接:

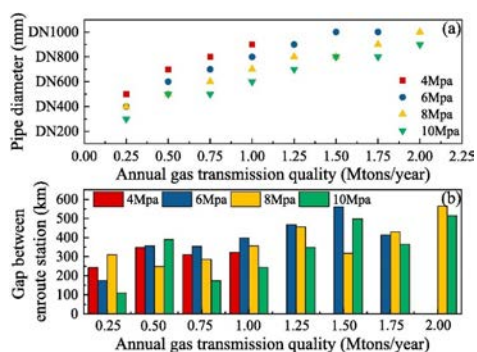
<https://doi.org/10.1007/s41365-024-01542-x>

联系人: 张丰收 fszhang@bnu.edu.cn



氢气管网运输平准化成本分析

物天学院团队和东南大学合作在《Energy Conversion and Management》期刊发表论文。该研究构建了针对各种规模氢气管网的技术-经济分析模型，该成果获得全球学者的高度评价，特别是对氢能作为二次能源的不可替代地位给予了肯定。该研究不仅展示了氢能在能源结构中的重要性，还为中国及全球氢能网络的规划与建设提供了宝贵的技术与经济参考。



设计压力、管径和气体流量对途中站间间隙的影响：
(a) 对管径的影响，(b) 对途中站间间隙的影响。

论文链接：

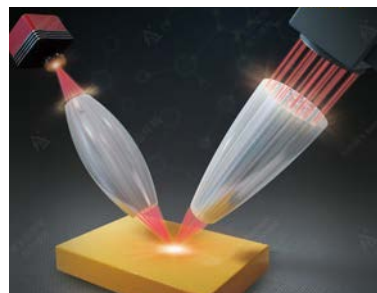
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890423013717>

联系人：华青松 11112019039@bnu.edu.cn



自主突破核心技术，毛细管X射线聚焦镜打破国际垄断

为突破国外在X射线纳米成像聚焦器件领域的技术封锁，物天学院团队联合中科院上海应用物理研究所等单位，成功自主研发出高精度毛细管X射线聚焦镜，填补了国内技术空白。这一创新助力国家大科学装置上海同步辐射光源，首次在国内实现了使用国产毛细管X射线聚焦镜的X射线纳米成像装置建设，为我国相关领域的发展提供了重要支撑。这一成果获得了2023年上海市科学技术奖二等奖（硬X射线单毛细管椭圆聚焦镜）。此外，团队进一步研制高通量毛细管X射线透镜，用于解决我国在半导体、晶圆、芯片及航空航天材料检测装备领域的进口限制难题，并自主或者与相关企业联合开发基于该核心器件的高通量高分辨X射线分析设备。这一系列技术突破，不仅提升了我国在高端X射线分析技术领域的自主能力，也为高端制造与材料检测等行业注入了强大动力。



联系人：孙天希 stx@bnu.edu.cn



完全国产化小动物PET设备的研制及产业化

正电子发射断层成像（PET）技术在癌症诊断和治疗中具有重要应用，但核心部件硅光电倍增器（SiPM）依赖进口，成为制约其完全国产化的瓶颈。物天学院影像物理实验室联合新器件实验室，成功研制出了全国首台完全国产化的小动物PET设备。该设备具有三大亮点：一是采用北师大新器件实验室研制的EQR SiPM，打破国外技术垄断，实现了核心部件国产化；二是通过引入创新的ACTIVE-PET成像技术，达到0.5mm的空间分辨率，为同类产品分辨率最高；三是通过与北京智湃特医疗科技有限公司的合作，成功实现了设备的成果转化。此项技术的突破不仅有助于提升我国医疗设备的自主研发能力，也为推动健康中国建设和降低医疗成本做出了积极贡献。



科研项目

2024年物天学院成功获批项目74项，其中自然科学基金20项，包括青年基金5项、面上项目9项、杰出青年基金1项、重点项目1项、国家重大科研仪器研制项目1项，国家重点研发项目1项、课题2项、青年科学家项目2项。所有项目经费总额12095万元。



2024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	浮式海上电解水制氢测试平台关键技术	国家重点研发计划	华青松
2	多平台开放式厚液氢靶的开发和奇特核结构研究	国家重点研发计划	刘红娜
3	量子增强激光干涉引力波探测技术	国家重点研发计划	王梦瑶
4	伽马暴样本及其分类研究	国家重点研发计划课题	高鹤
5	银河系星族、结构与集成历史研究	国家重点研发计划课题	苑海波
6	空气智能感知技术开发	国家科技重大专项课题	彭奎庆
7	用于恒星观测的高性能阶梯光栅偏振光谱仪的研制	国家自然科学基金	付建宁
8	基于全球观测网络的高频引力波天体物理研究	国家自然科学基金	朱宗宏
9	通过全息引力对超流动力学的相关研究	国家自然科学基金	张宏宝
10	面向新一代信息器件应用的电介质薄膜材料	北京市自然科学基金	张金星
11	分析仪X射线聚焦装置	纵向其他（科技）	孙天希
12	高原环境下高精度呼吸气体监测技术研发	纵向其他（科技）	周欣



北师大牵头申报“浮式海上电解水制氢测试平台”关键技术项目

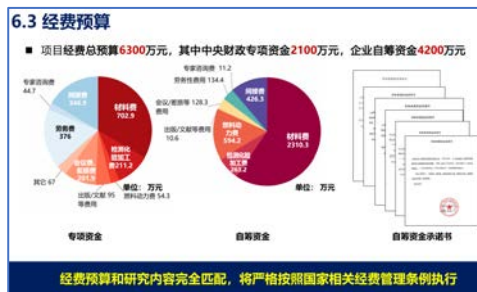
物天学院团队负责成功申报2024年度国家重点研发计划“氢能技术”重点专项“1.2 浮式海上电解水制氢测试平台关键技术（共性关键技术类）”。该项目聚焦海上风电制氢面临的实际挑战，研究并构建浮式海上电解水制氢测试平台，解决真实海况下电解水制氢平台构建及设备敏感工况提取等技术难题。此外，项目还将开展碱性和质子交换膜电解制氢技术的海上适应性研究与试验验证。项目总经费6300万元，将为海上风电与氢能产业发展提供重要技术支撑。

国家重点研发计划“氢能技术”重点专项
2024年度项目1.2-共性关键技术类

浮式海上电解水制氢测试平台关键技术

项目负责人：华青松 教授

牵头单位：北京师范大学
合作单位：中国汽车工程研究院股份有限公司 华中科技大学
阳光电源股份有限公司 重庆大学
上海交通大学 大连理工大学
申能（集团）有限公司 内蒙古科学技术研究院
上海氢速创新能源科技有限公司



联系人：华青松 11112019039@bnu.edu.cn

