

突破衍射极限, 还看“近场光学”

■本报记者 甘晓

近年来,“近场光学技术”在国内外得到广泛关注。这是唯一一种不依赖荧光标记,又能突破衍射极限的光学显微技术。

不久前,以“多场条件超高分辨近场光学技术”为主题的香山科学会议第743次学术讨论会在北京举行。与会专家认为,近场光学技术具有适用性广、宽光谱兼容、无损检测、无须标记等独特优势,在凝聚态物理、半导体器件、生物检测、太赫兹技术等方面具有较大应用潜力。

与会专家呼吁,我国应聚集国内近场光学学科力量,尽快推进这一领域的技术与理论发展,提升国际影响力。

百年设想成真

极小的物体被放大几千倍,各种物质的丰富细节徐徐展开,人类观察自然界的视野得到极大拓宽——这是光学显微镜赋予人类的“超能力”。不过,无限提高放大倍数是不可能的。由于衍射效应的存在,传统光学显微镜的分辨率不能超过光波长的一半。这主要因为传统光学显微镜仅仅收集和利用了物体的“远场”光学信息,而携带样品更加精细表面信息的“近场”隐失波不能被探测和利用。

会议执行主席之一、国家纳米科学中

心研究员戴庆介绍,在近百年的探索中,科学家认识到,为了突破衍射极限实现超高分辨率光学成像,物体的“近场”光学信息必须得到有效利用。1928年,著名物理学家爱因斯坦和爱尔兰科学家辛祺分别提出了近场光学显微镜的两种设计理念。不过,当时的技术条件不能满足以纳米级精度控制物体间距并实现横向扫描的要求,他们的思想只能停留在纸面上。

“经过近百年来几代科研人的不懈努力,随着扫描探针显微术的兴起,近场光学显微术形成了孔径式(a-SNOM)和散射式(s-SNOM)这两条最重要的技术路径,将两位科学先驱的设想变成现实。”戴庆表示。

从实验室到商业化

与会专家认为,近场光学技术不断进步,主要得益于纳米科学技术的发展。

1984年,科学家首先借助铝膜包覆的化学蚀刻石英探针实现了孔径式近场光学显微镜,分辨率达到20纳米。几年后,金属薄膜包覆光纤探针的发明又使得分辨率进一步提高到12纳米。

20世纪90年代以后,散射式近场光学显微镜逐步发展起来。特别是1998年以后,德国科学家凯尔曼开创了红外波段散

射式近场光学显微镜,并推动其实现了商业化。

戴庆指出:“如今,由于纳米技术飞速发展,近场光学技术的发展与应用也进入了快车道。”

作为纳米科学强有力的表征工具,近场光学显微镜在探测纳米界面的光响应方面具有独特优势,目前其仪器形态已基本稳定,出现了比较成功的商业化产品。

这些仪器在光学、凝聚态物理、化学、生物学、材料学等多个前沿科学领域均得到了广泛应用。例如,中国科学技术大学董振超团队利用散射式近场光学探针的场增强效应实现了单个分子的拉曼光谱成像;国家纳米科学中心戴庆团队利用散射式近场光学显微镜发现了二维材料异质结中的光学负折射效应并实现其动态调控;华中科技大学李培宁团队通过近场光学显微镜证明了双折射晶体中存在“幽灵”极化激元电磁波。

与会专家认为,随着研究进入原子尺度,量子效应更加显著,这一科学前沿对近场光学技术又提出了新的要求,应着力加强近场光学技术与低温、强磁场、强光场等多物理场的融合,使其满足量子材料领域研究对高空间分辨光学表征及多物理场调控的需求。

学科发展倡议

在中国,近场光学研究起步晚但发展快,已逐渐形成了一支年轻、有活力的研究队伍。1997年,北京大学物理学院教授朱星率先引进国内第一台孔径式近场光学显微镜,不久后,他自主研制了国内第一台低温孔径式近场光学显微镜。

如今,经过20多年的发展,国内近场光学相关研究已经形成遍地开花的局面。文献调查显示,中国学者发表的相关论文呈指数级增长。但是,与会专家指出,这一领域仍然存在仪器创新能力不足、理论体系不健全、整体学术交流较少等问题。

针对这些现实问题,本次会议上,与会专家提出了国内近场光学发展的“三个一”倡议,包括“一个项目”“一个会议”“一个学会”,即争取布局一个近场光学重点研发项目,举办一场具有重要影响力的国际近场光学学术会议,成立一个近场光学专业学会。

与会专家呼吁,应尽快在近场光学仪器研发及国产化方面发力,充分挖掘近场光学技术在多物理场条件及超高分辨率方面的潜力,为前沿科学领域原创性研究奠定基础。

发现·进展

兰州大学

蒙古国今春对我国北方沙尘平均贡献超40%



《大气科学进展》2023年第9期封面。期刊编辑部供图

教授陈思宇指出,自今年1月以来,我国北方已经发生了12次沙尘过程,2023年以来发生的沙尘次数为近10年以来同期最多。其中,3月19日至24日,4月9日至11日发生的沙尘事件已达到沙尘暴级别。

陈思宇表示,冷锋和蒙古气旋这两种天气系统主导了这些事件,致使蒙古国地区大范围起沙,并推动沙尘跨境输送,导致我国多地出现短时强沙尘暴天气。而随着冷锋不断南推,沙尘也随之向南扩散,致使长江流域也出现了严重的污染天气。

为进一步揭示不同沙源对我国沙尘事件的影响,研究团队确定了我国北方沙尘的来源和传输路径,并利用浓度权重轨迹分析方法量化了不同沙源对我国北方沙尘浓度的贡献。同时,针对极端气象数据中常见的数据分布不均

衡、长尾分布等问题,研究团队利用SMOTE重采样算法对训练数据进行了重采样,使学习数据分布均衡,避免机器学习模型对“头部数据”学习的偏好,提高了对沙尘天气事件中PM10等关键指标的预报准确率。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1007/s00376-023-3062-1>

本报讯(记者高雅丽)近日,中国科学院院士、兰州大学教授黄建平研究团队借助先进的空气污染模型和卫星遥感技术,发现在我国今年春季频发的沙尘天气事件中,蒙古国对我国北方沙尘的平均贡献约为42%,塔克拉玛干沙漠的平均贡献约为26%。此外,该项研究进一步融合地基观测和卫星遥感等观测资料,利用机器学习方法对模式沙尘预报进行订正,有效提升了沙尘预报效果。相关研究成果已作为封面文章发表于《大气科学进展》。

论文第一作者:兰州大学

简报

近300项展品将亮相2023年北京科技周

本报讯(记者田瑞颖)5月20日至31日,以“热爱科学 崇尚科学”为主题的2023年(第29届)北京科技周将于北京城市副中心举办。本届科技周活动分为室内主场及室外分会场两部分。活动将展出近300个展品,面积超过12万平方米,其中室内主题展区2000平方米,户外互动展区超过1万平方米。

主场活动聚焦关键共性技术、前

沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术等领域的重大突破,重点展示了人工智能、高性能计算芯片、量子、医药健康、商业航天、智能装备、机器人、新材料、元宇宙及新能源等领域的科技创新成果86项。此次科技周还设立了“云上”科技周,包括活动日历、精彩展项、新闻中心、精彩视频等栏目,让更多公众足不出户了解科学知识。



中国载人航天空间科学与应用科普展举行

由中国科学院空间应用工程与技术中心与中国科技馆联合主办的“星宇探索之旅——中国载人航天空间科学与应用科普展”自日前在中国科技馆短期展厅开展以来,吸引了众多市民和游客前来观展。该展览5个篇章、10余个主题场景、展项30余件,首次向公众展出了空间站科学实验柜实物、空间站拟南芥种子后续培育实验样品等。

图为观众正在参观国家太空实验室展区。图片来源:视觉中国

中国科学院天津工业生物所举办2023年公众科学日活动

本报讯(记者张晴丹)近日,中国科学院天津工业生物技术研究所举行了以“遇见科学,预见未来——合成生物技术助力碳中和”为主题的公众科学日活动。

活动聚焦“双碳”、科普嘉年华、科学家精神主题宣传三大模块,设置了集科普讲座、创意科学实验、科技成果展示讲解、重大科学基础设施参观、科普微视频展播等活动环节,让公众通过“听”“看”“闻”“尝”“摸”等多感官互

动,直观体验有趣的科学。

在科普嘉年华模块,精美的玫瑰精油、香叶醇等十余个样品陈列在展台上,帮助公众通过“闻香”来认识生物合成的“芬芳”。陈列在展厅中央的“二氧化碳到淀粉的人工合成”沙盘模型更是吸引了公众的目光。通过观看沙盘科普演示,公众可以与一线科研人员零距离交流沟通,进一步了解相关科学知识及这一重大原创性科技突破背后的科学故事。

青藏高原鸟类生态系统遭受气候变暖威胁

■本报见习记者 叶满山

青藏高原是全球生物多样性研究的热点区域,也是世界高海拔地区生物多样性特点最显著的地区。然而,这里的鸟类生态系统正在遭受气候变暖加速带来的威胁。

近日,中国科学院西北高原生物研究所(以下简称西北高原所)动物进化适应与濒危物种保护学科组在《生态指标》发布了相关研究成果。研究发现,青藏高原过去50年的变暖速度是全球平均水平的两倍,这一趋势不仅会给高原鸟类的生存和繁衍带来影响,还会打破整个生态系统的平衡。

受胁鸟类空间分布情况

西北高原所研究员张同作团队通过长时间野外调查监测及卫星遥感追踪定位,与中国观鸟记录中心网站的相关数据整合,再结合当前及未来环境变量,采用最大熵模型和重心迁移分析方法,对青藏高原22种受胁鸟类(极危、濒危和易危)当前和未来的空间分布情况进行了模拟分析。

研究发现,目前,受胁鸟类的高、中度适宜生境主要分布在青藏高原东部、南部和中部部分地区,这些地区人类活动较为频繁,而低适宜和不适宜生境主要分布在青藏高原西北部、西南部及中部剩余地区。

研究指出,2030年至2050年,81.82%的受胁鸟类的高、中度适宜生境将会持续减少。同时,在全球气候变化背景下,约86.36%的受胁鸟类可能向高纬度地区迁移,68.18%的受胁鸟类会选择向高海拔区域迁移。

“随着青藏高原的经济发展和人口增长,人类活动对鸟类栖息地的破坏和干扰也会增加,这将影响鸟类的分布和数量。张同作告诉《中国科学报》,人类农业活动

在较低海拔处的扩张已经造成黑颈鹤的适宜栖息地减少。未来,青藏高原鸟类分布格局仍将受到多种因素的综合影响,包括气候变化、植被分布和人类活动等,需要进行长期的监测和研究才能更好了解和应对这些变化。

国际同行评价认为,最新发表的论文以气候变化为变量数据,模拟了青藏高原不同鸟类栖息地的变化,模型的应用使生态保护工作有了数据支持,有很强的生态学意义。

受胁鸟类面临更大灭绝风险

“全球气候变化可能会影响鸟类的迁徙、繁殖和食物来源,从而导致其分布范围发生变化。”张同作表示,青藏高原是中国鸟类多样性最丰富的区域之一,共有鸟类700多种,约占中国鸟类总种数的一半。该区域独特的地理位置和气候条件促进了高原鸟类特有物种的形成,大大提高了高原鸟类的物种丰富度。相较于其他地区,青藏高原鸟类多样性程度更高,受胁鸟类物种比例更大,而且受胁物种更易灭绝。

“例如黑颈鹤,它主要栖息于青藏高原地区的湖泊、草原和农田等开阔湿地。最新研究发现,在全球气候变化背景下,黑颈鹤的适宜栖息地向高海拔不断迁移。”张同作解释,黑颈鹤只是青藏高原上受到气候变化影响的代表性鸟类之一,还有很多鸟类的分布和数量受到了影响。

研究表明,过去40年的气候变化,导致青藏高原上大多数鸟类的潜在栖息地范围缩小,鸟类活动范围向西转移。青藏高原东部降水量的减少导致高原湿地面积不断减少,以猎隼、藏雪鸡、血雉、绿尾虹雉等为



西北高原所供图

黑颈鹤。

代表的部分珍稀濒危鸟类失去了避难所和越冬地。

此外,该团队还发现,鸡形目受胁物种比其他受胁鸟类面临更大的灭绝风险。因此,在保护青藏高原生物多样性过程中应更加关注鸡形目物种的生存和保护。

应制订长期保护计划

如何保护青藏高原鸟类的生态和栖息环境?张同作指出,这需要政府和社会采取一系列综合性措施。政府应制订长期保护计划,包括保护地建设、生态恢复、干扰因素管理、公众教育等。还需进一步扩大保护地覆盖范围,特别是受气候变化影响最大的地区,从而保护鸟类栖息地。同时应进一步加大对非法捕猎和贸易的打击力度。

张同作还建议,应加强对青藏高原鸟类生态和保护科学研究的支持和参与度,依靠科研团队深入了解鸟类分布、生态习性、适应性等方面的信息,为保护工作提供科学依据。他还希望借此进一步推动公众教育,提高公众的环保意识和参与度,增强公众对青藏高原鸟类保护的重视程度。

张同作告诉记者,保护青藏高原生物多样性的措施不仅要重点关注当前受胁鸟类的适宜生境情况,还要考虑未来气候变化带来的影响,并采取切实有效的措施,保障青藏高原的生态平衡,为全球环境保护和气候变化应对事业作出贡献。

据介绍,该研究成果已经引起全球生态学专家和学者的广泛关注,将成为青藏高原生物多样性保护的重要科学依据。相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2023.110217>

中国科学院深圳先进技术研究院

磁控仿鱼微型机器人实现复杂运动高效学习

本报讯(记者刁雯蕙)近日,中国科学院深圳先进技术研究院先进集成技术研究所智能仿生研究中心副研究员徐东升和研究员徐天添团队合作,提出一套针对微型仿鱼磁驱动机器人的复杂运动学习控制方法。相关成果发表于《IEEE控制论汇刊》。

研究团队结合宽度学习理论,对磁控仿鱼机器人的运动单元开展训练学习,使其完成多种复杂运动。他们设计了以宽度神经网络为主体的微型机器人基本运动控制器,基于李雅普诺夫稳定性理论,推导了保障机器人运动稳定的控制器网络参数约束,大大简化了不同运动单元的控制参数训练学习过程。

此外,研究团队还提出以磁场参数变化与机器人速度矢量变化为所需数据的控制器网络参数训练方法,使用者只需通过改变训练数据的种类,即可获得多种运动单元。

该方法还考虑了稳定约束的训练算法,保证所获得的控制

器的稳定。

通过仿真及实验,研究团队运用该学习控制方法获得了锐角弯、J形弯、S形弯等多种运动单元的微型机器人控制器,并开展了仿鱼机器人避障运动实验。在机器人运动过程中,研究人员通过人为摇晃容器、暴力碰触机器人等方式,模拟了真实场景中可能存在的复杂扰动。观察发现,仿鱼机器人在复杂环境中,直接调用C形弯、S形弯等运动单元实现高效避障,可以抵达最终指定区域,验证了新方法的强抗扰能力。

论文通讯作者徐天添表示,该成果符合高层运动指令规划的思想,大幅简化了实时控制指令解算复杂度,为微型机器人的多机集群运动或无参考轨迹最优运动规划打下基础。该研究有望在无人机、无人车及工业机器人的复杂运动控制中得以应用。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1109/TCYB.2023.3269773>

华南农业大学等

动物病毒多样性研究取得新进展

本报讯(记者朱汉斌)野生动物是新发传染病的重要来源,尤其是与人类和家畜密切接触的动物,更容易造成病毒传播。近日,华南农业大学兽医学院教授沈永义团队等研究人员在动物病毒多样性、跨宿主传播及潜在人畜共患病毒方面取得新成果。相关研究发表于《自然-通讯》。

沈永义团队联合军事医学研究院军事兽医研究所、中国农科院上海兽医研究所、香港大学、龙岩学院、中国科学院动物研究所、广州动物园等机构的科研人员,对多种野生动物、驯养动物携带病毒进行表征,揭示了它们携带病毒的多样性,识别鉴定了多种新病毒种属,并揭示了一些具有潜在跨物种传播能力的病毒。

研究发现,蝙蝠不仅携带多种冠状病毒,还携带有高度多样性的微小核糖核酸病毒和星状病毒,以及一个新的伯尔纳病毒属。研究还发现了两种RNA病毒(圆环病毒和星状病毒)和4种DNA病毒(伪狂犬病毒、猪圆环病毒2、猪圆环病毒3和细小病毒)在野生动物和家养动物之间的跨物种传播,这一方面使得家养动物疫病防控局势更加复杂,另一方面也对野生动物保护构成严峻挑战。研究还发现,猪伪狂犬病毒和圆环病毒会感染华南虎,并对其具有严重致病性。

目前,该研究成果已经被华南虎驯养基地及多家动物园采纳,并编入饲养和疫病防控指南。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41467-023-38202-4>