



听(中国科学报)《中国科学报》官微



科学网 App



科学网官微

用羲和激光装置造出“球状闪电”

■本报见习记者 江庆龄

“它在我们的头顶上轻盈地飘动着,身后拖着一条发出暗红色光芒的尾迹,它的飞行路线变幻不定,那尾迹在我们上方划出了一条令人迷惑的复杂曲线。”刘慈欣科幻小说中的这段描述,曾让无数读者对球状闪电充满遐想。

在现实中,球状闪电同样长期笼罩着神秘色彩。两百多年来,许多科学家试图解释这一奇异现象的能量来源和形态维持机制,但始终缺乏可重复、可精确诊断的实验验证。

如今,这一谜题的破解有了新进展。

中国科学院上海光学精密机械研究所(以下简称上海光机所)研究员宋立伟、田野和李儒新团队,首次成功激发并捕获了一种在形状、状态和发光特性上与球状闪电高度相似的球形发光体,并证实其为一种电磁孤子。4月16日,相关研究成果发表于《自然-光子学》。



类球状闪电电磁孤子结构示意图。上海光机所供图

从电磁孤子出发,理解神秘的球状闪电

球状闪电是自然界最神秘的电磁现象之一。在各种历史记录和目击者的口述中,球状闪电通常悬浮于空气中,直径多为几十厘米,寿命长达数秒至数分钟。与普通闪电相比,球状闪电既稀少又难以预测,往往随机出现在某个角落。因此,球状闪电极难被精密的科学仪器直接观测,更难针对其背后的物理机制开展系统研究。

它为何能在空气中维持而不迅速耗散?又如何保持相对稳定的球形结构?这些问题始终是球状闪电研究的核心。

“这是一种十分特殊的存在,明明是一团高温等离子体,却没有立刻炸开。”田野说,“这种看似矛盾的状态,背后很可能存在一种精妙的动态平衡——电磁辐射压与等离子体热压相互抗衡,使它在一定时间内维持稳定形态。”

此前有理论研究提出,球状闪电可

解释为微波电磁孤子的宏观表现形式。所谓电磁孤子,可以理解成一种能够“自我约束”的稳定波动结构。它由高温等离子体构成,在没有外部能量持续维持的情况下,仍能在一定时间内保持自身结构并缓慢演化。

如果这一设想成立,那么破解球状闪电之谜的关键就是在实验中获得尺度更大、寿命更长的电磁孤子,并看清它是如何形成和演化的。

事实上,自20世纪90年代以来,科学家已在超强激光与等离子体实验中观测到电磁孤子。不过,这类孤子的持续时间通常只有皮秒量级,尺寸也仅为微米量级,与自然界中的球状闪电相去甚远。

“我们认为,如果将驱动源从传统近红外波段拓展至波长更长的太赫兹波段,理论上可产生尺度更大、寿命更长的宏观电磁孤子,使其更接近自然界球状闪电的特征。”论文共同第一作者、上海光机所副研究员周楚亮告诉《中国科学报》。

顺着这个思路,团队开始了探索。

羲和助力,捕获电磁孤子

团队面临的首个挑战是如何将太赫兹波推进至相对论强度,并使其与等离子体参数精准匹配。这也是该领域长期未能攻克的关键难题。

幸运的是,他们拥有两大关键支撑。

其一是上海超强超短激光实验装置(又称羲和激光装置)。该装置由上海光机所科研团队牵头研发,是国际上首个实现10拍瓦激光放大输出的超强超短激光实验装置,可在实验室内创造出前所未有的超强电磁场、超高能量密度和超快时间尺度等综合性极端物理条件。

其二是团队在强激光驱动丝波导太赫兹源领域的持续积累。自2017年以来,团队在强太赫兹产生、放大、调控、应用等方面取得系列突破,逐步建立起从极端太赫兹源产生到强场超快动力学物理研究的完整技术与科学体系,为此次实验铺平了道路。

“基于羲和激光装置的飞秒强激光,我们驱动微金属丝产生了相对论强度的太赫兹表面波。”宋立伟表示。实验中也用到了近场增强效应,即将原本空间分布较宽的电磁场压缩到一个极小空间里,使局部强度被显著放大,从而为亚毫米尺度电磁孤子的产生提供了高质量的驱动源。

同时,团队引入超音速气体喷流,将高密度氩气注入针尖附近区域。强太赫兹场迅速把氩气电离,形成参数可控的等离子体环境。随后,太赫兹的电磁辐射推动周围等离子体形成一层致密的等离子体壳,如同一个无形的“光之茧”,将部分太赫兹波能量束缚在其中,最终形成一个直径约百微米、寿命长达百纳秒的球状电磁孤子。

按物理标准变换,该孤子可对应自然界中直径几十厘米、持续数秒的球状闪电。这意味着,科学家首次在实验室中获得了可重复生成、可精确诊断

的类似自然界“球状闪电”的对象。

看清“能量球”如何诞生、膨胀与耗散

在制造出“类球状闪电”的基础上,团队进一步看清了它的演化过程。

他们借助自主搭建的高速成像系统,首次完整记录了球状太赫兹孤子从形成、膨胀到耗散的全过程。其演化时间超过百纳秒,较传统近红外激光驱动孤子提升了4至5个数量级。

实验中,“能量球”初始尺寸约为80微米,随后缓慢膨胀,发射光谱覆盖紫外至红外波段。对发射光谱的精确解析显示,孤子中的电子温度在百纳秒时间内由约6电子伏特逐渐下降至0.5电子伏特,即从约7万摄氏度下降至约6000摄氏度。

“这一缓慢冷却过程证实了该‘能量球’空腔中俘获的太赫兹波,在持续给‘能量球’注入能量。”宋立伟解释,“正是内部太赫兹辐射压与外部球壳等电子体热压之间的动态平衡,使这种结构实现了远超普通热等离子体寿命的自持演化,为球状闪电的长寿命之谜提供了清晰的实验判据。”

回归本质的科学问题,这项研究揭示了光辐射压力与热等离子体压力动态平衡,从而形成自持发光球形结构的精妙物理过程,生动展示了极端条件下电磁场与物质相互作用所呈现的物理美学。

“研究成果有望为极端强场原子分子物理、电磁孤子动力学、大气物理学以及新型聚变物理路径等研究提供有益启示。”宋立伟表示,“这项研究展现了强场太赫兹表面波技术作为一种新工具的潜力,不仅是探索应用技术的新引擎,也可能成为揭示自然未解现象的重要工具。”

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41566-026-01899-y>

《求是》杂志发表 习近平总书记重要文章 《推动全民阅读,建设书香社会》

新华社北京4月15日电 4月16日出版的第8期《求是》杂志将发表中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平的重要文章《推动全民阅读,建设书香社会》。这是习近平总书记2013年3月至2025年3月期间有关重要论述的节录。

文章指出,阅读是人类获取知识、启智增慧、培养道德的重要途径,可以让人得到思想启发,树立崇高理想,涵养浩然之气。学史可以观成败、鉴得失、知兴替;学诗可以情飞扬、志高昂、人灵秀;学伦理可以知廉耻、懂荣辱、辨是非。要提倡多读书,建设书香社会,不断提升人民思想境界、增强人民精神力量,中华民族的精神世界就能更加厚重深邃。

文章指出,共产党人要把读马克思主义经典、悟马克思主义原理当作一种生活习惯、当作一种精神追求,用经典涵养正气、淬炼思想、升华境界、指导实践。干部要结合工作需要学习,做到干什么学什么、缺什么补什么。要学习马克思主义理论特别是新时代党的创新理论,学习党史、新中国史、改革开放史、社会主义发展史,学习经济、政治、法律、文化、社会、管理、生态、国际等各方面基础性

知识,学习同做好本职工作相关的新知识新技能,不断完善履职尽责必备的知识体系。广大青年抓学习,既要惜时如金、孜孜不倦,下一番心无旁骛、静下心来的功夫,又要突出主干、择其精要,努力做到又博又专、愈博愈专。

文章指出,要发扬“挤”和“钻”的精神,多读书、读好书,从书本中汲取智慧和营养,不能自我感觉良好、不学无术,不能借口工作太忙、放松学习,不能为了装点门面、应付学习。要沉下心来,贵在持之以恒,重在学懂弄通,不能心浮气躁、浅尝辄止、不求甚解。哪怕一天挤出半小时,即使读几页书,只要坚持下去,必定会积少成多、积跬步以至千里。数字阅读要和传统阅读结合起来,守住我们的内核和素养。

文章指出,要建设全民终身学习型社会、学习型大国,促进人人皆学、处处能学、时时可学,促进人的全面发展。希望广大党员、干部带头读书学习,修身养志,增长才干;希望孩子们养成阅读习惯,快乐阅读,健康成长;希望全社会都参与到阅读中来,形成爱读书、读好书、善读书的浓厚氛围。

我国新增两处世界地质公园

据新华社电 记者4月15日从国家林草局获悉,在法国巴黎召开的联合国教科文组织执行局第224届会议上,我国浙江常山和四川四姑娘山顺利通过会议审议,正式成为世界地质公园。至此,我国世界地质公园增至51处,分布在全国24个省(区、市)及香港特别行政区。

常山世界地质公园位于浙江省衢州市常山县,面积1043.10平方公里。公园保存着全新世古代至新生代的连续地层,是亚洲东部近10亿年地质演化历史中地层序列最连续的地

区之一,拥有大量笔石、三叶虫等古生物化石。

四姑娘山世界地质公园位于四川省阿坝藏族羌族自治州小金县境内,地处青藏高原与四川盆地过渡地带,面积2764.01平方公里。公园以松潘-甘孜造山带“西康式”褶皱、“西康群”浊积岩复理石建造、青藏高原东缘极高山群峰以及独特的冰川地貌为主要特色,记录了所在地区从古特提斯演化到青藏高原东缘隆起的地质演变历程,具有重要的科学价值和全球对比意义。(黄鑫)

科学家研发出“去毒留效”的新型小分子药物

本报讯(记者崔雪芹 通讯员陈胜伟)浙江大学教授李晓明团队联合教授董晓武、张岩团队,在过去成功解析大麻疗效机制和破解大麻“致毒密码”的基础上,原创设计出具有显著镇痛作用,又削弱耐药、成瘾等副作用的新型小分子药物,为非阿片类镇痛药和抗焦虑、抑郁等情感障碍药物的研发开辟了全新路径。相关成果近日发表于《细胞》。

大麻素1型受体(CB1)下游存在两条主要信号通路。其中Gi/o信号主要负责镇痛、抗焦虑等治疗效应, β -arrestin(β -阻遏蛋白)信号则与药物耐受、成瘾等副作用密切相关。基于前期研究,团队利用人工智能辅助,设计出能够“偏向”G蛋白信号通路同时避免触发 β -arrestin通路的全新CB1小分子化合物。

研究发现,当CB1与 β -arrestin偶联时,受体结合口袋内3个芳香氨基酸残基与传统大麻类激动剂产生明显空间位阻,因而必须采取“深埋构象”,导致副作用的发生。基于此,团队针对传统激动剂参与空间位阻

的基团进行了理性改造——引入两种不同基团获得新型小分子,从而改变配体与受体结合模式,使其无法进入那个通往副作用的“深埋口袋”。

细胞水平的功能实验与结构验证一致显示,传统大麻类药物无差别地激活了两条通路,而理性设计的小分子能够在高效激活G_i信号的同时,选择性削弱 β -arrestin信号通路的活化。首个理性设计的CB1偏向性激动剂就此诞生。

进一步药代动力学分析显示,理性设计的小分子具有优异的血脑屏障透过性,在热板测试、炎性痛、神经病理性疼痛等多种急、慢性疼痛模型中,均展现出显著的镇痛效应。在安全性评估中,连续给药7天未见明显的耐受,条件性位置偏好实验未发现成瘾性,同时对体温和运动能力的影响也显著降低,成功规避了传统大麻素类药物的典型中枢副作用。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.03.020>

受藤壶启发 科研团队开发“水中黏合剂”

本报讯(记者朱汉斌)受海洋生物藤壶启发,华南理工大学教授边黎明团队与合作者研发出一类具有超强水下黏附性能的新型液-液相分离凝胶材料,为水下密封与组织修复等提供了全新解决方案。相关成果近日发表于《自然-化学》。

藤壶通过分泌蛋白质形成液-液相分离的凝胶体,实现水下高强度黏附。受此原理启发,团队设计了一种兼具功能性的聚丙二醇(PG)聚合物。该材料在水中可自发形成结构稳定的非复合凝胶体,具备三大技术优势。一是超延展特性。在水下具有极低的界面张力,能够在玻璃、塑料、金属乃至超疏水的聚四氟乙烯等多种基底上迅速铺展,如同“液体装甲”般主动排开界面水层,实现与基底的紧密接触。二是超渗透能力。无需稀释即可渗透进入水凝胶、聚氨酯海绵等多孔水合基底,以及有机凝胶、猪皮组织等含脂质基底的内部,形成机械互锁的缠结界面,从根本上增强黏附强度。三是强抗稀释效应。在不同

pH值、高盐度等水下复杂环境中保持高度稳定,不易被水稀释;同时能高效富集并浓缩装载其中的亲水性固化剂,通过快速原位光固化形成具有强大内聚力的黏合层。

基于上述特性构建的凝胶体基黏合剂,在多种基底上均展现出具有领先水平的黏附性能。实验数据显示,该黏合剂对猪皮的黏附强度高达479千帕,并能承受436千帕的爆破压力,优于当前已报道的多种代表性水下密封胶。该黏合剂还能在pH值为1至13的极端酸碱环境及人工海水中保持长期稳定黏附。

凭借出色的组织黏附性与生物相容性,该材料在生物医学领域展现出巨大应用潜力。体外实验中,研究团队成功利用该黏合剂实现了对猪肠和心脏组织穿孔的快速密封;动物实验中,实现了对大鼠胃穿孔的有效修复,显著促进了创口愈合。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41557-026-02087-9>

第139届广交会举办

4月15日,第139届中国进出口商品交易会(广交会)在广州开幕。顺应外贸发展新趋势、新特点,本届广交会展品专区增至179个,首次增设智能穿戴、显示技术、消费级无人机、集成房屋及庭院设施等9个专区。

新、单项冠军等称号的优质企业超过1.1万家,均超往届水平。参展企业中,六成拥有自主品牌,近20%开展对外投资,超1/3从卖产品向出口“产品+服务”转型。

图:为外国访客在广交会上观看一款智能球形机器人表演。

图片来源:视觉中国



数量骤降! 帝企鹅成濒危物种



本报讯 近日,世界自然保护联盟(IUCN)发布公报称,南极洲两个最具代表性的物种——帝企鹅和南极毛皮海狮因数量快速、急剧减少,已被列入IUCN濒危物种红色名录濒危等级。此外,南象海豹也从“无危”变为“易危”。

IUCN濒危物种红色名录从20世纪60年代开始编制,将物种生存状况划分为9个等级:灭绝、野外灭绝、极危、濒危、易危、近危、无危、数据缺乏、未予评估。

IUCN公报指出,根据卫星图像,2009年至2018年间,帝企鹅种群数量减少了约10%,相当于两万多只成年帝企鹅消失了。而预测表明,到21世纪80年代,帝企鹅数量将减半。

IUCN物种生存委员会成员、英国南极调查局的Philip Trathan表示:“经过对各种可能威胁的仔细考量,我们得出结论,人为导致的气候变化对帝企鹅构成的威胁最大。南极周边的帝企鹅栖息地已受到春季海冰过早消融的影响,而海冰的进一步变化将影响它们觅食和换羽的栖息地。”

2022年,澳大利亚伍伦贡大学的Sharon Robinson和同事研究发现,帝企鹅是南极洲受威胁最严重的物种,到

2100年可能灭绝。

“随着全球变暖导致海洋升温和海冰融化,帝企鹅的繁殖场所随之消失,使其难以成功繁殖。幼雏需要一个安全的成长环境,而人类活动正在以惊人的速度夺走这一稳定的栖息地。”Robinson说。

此外,IUCN公报显示,成年南极毛皮海狮的数量从1999年的200多万只减少到2025年的94.4万只,降幅超50%。受气候变化影响,磷虾向更深、更冷的水域迁移,进而导致南极毛皮海狮的食物来源减少。与此同时,南象海豹种群因禽流感遭受重创,在一些栖息地,超过90%的新生幼崽因此死亡。

世界自然基金会发表声明称,帝企



帝企鹅。图片来源:Stefan Christmann

鹅的命运“与气候政策息息相关”。“摆脱化石燃料,将全球气温升幅尽可能控制在1.5摄氏度内,对避免产生最糟糕的影响至关重要。”(徐锐)