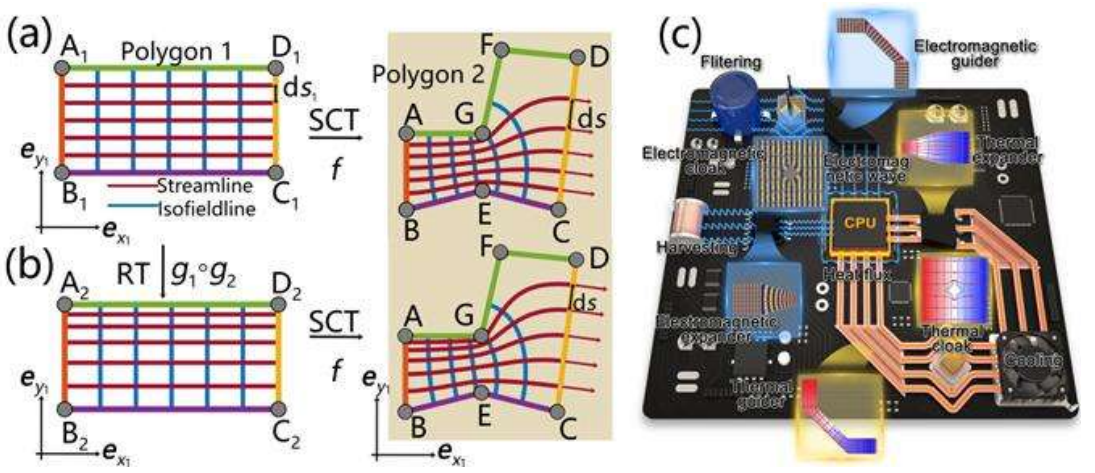
物理团队提出重标度变换匹配多物理场界面



基于重标度施瓦茨-克里斯托费尔变换的设计原理与应用。(a) 传统共形变换导致界面能流失配;(b) 新方法通过重构能流密度实现完美匹配;(c) 关于运用该理论对印刷电路板开展热-电磁协同管理的应用设想。

物理学系黄吉平教授课题组与外单位合作,提出了一种名为"重标度施瓦茨-克里斯托费尔变换"(Rescaled Schwarz-Christoffel Transformation, RSCT)的半解析理论方法。相关研究于11月17日以"Rescaled Schwarz-Christoffel Transformations for Isotropic, Polygon, and Multiphysics Metamaterials"为题发表于物理学期刊 *Physical Review Letters*。

在超构材料的研究中,如何使用结构简单、易于实现的各向同性材料,对热、电、磁、声等多个物理场进行协同调控,是该领域的前沿核心问题。尤其在集成电路等高新科技领域,对瞬态热场和电磁场的协同管理需求极为迫切。然而,现有的设计理论,如变换光学或热学,虽然为设计超构材料提供了强大的理论框架,却普遍存在一个棘手难题:当器件与背景环境连接时,界面处的能流(如热流、电磁波的坡印廷矢量)会发生严重失配,导致场被扭曲,严重影响器件性能。这一"界面失配"问题是限制多物理场超构材料走向实用化的关键瓶颈。

针对这一长期存在的挑战,该项研究的核心思想是:首先,利用经典的施瓦茨-克里斯托费尔变换(SCT)对器件的复杂多边形几何进行共形映射,以引导能流的整体走向并保证了设计参数各向同性。其次,独创性地引入一个"重标度变换"(RT),对变换后的空间网格进行重构,从而在界面处精确地修正能流密度的分布。通过这一"几何塑形"与"能流密度重构"的协同策略,该方法首次仅使用各向同性材料,便同时在耗散性的瞬态热场和非耗散性的电磁场中实现了完美的界面匹配。

为验证该理论的有效性与普适性,研究团队设计并展示了三种典型的多物理场功能器件——扩展器、引导器和隐身斗篷,成功实现了对热场和电磁场的协同调控。该理论所设计的器件具有多边形几何特征,天然兼容现代印刷电路板上的模块化元器件布局,为解决集成电路中的热-电磁串扰等关键技术难题开辟了全新的途径。

文章链接:https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/nz-vh-lxr8

来源:物理学系

生科团队合作鉴定清除内含子套索RNA的关键因子

绝大部分真核生物基因组由编码蛋白质的外显子序列和不编码的内含子序列组成。基因表达过程中,拼接复合体将内含子以套索NA的形式切除,同时连接外显子为成熟的mRNA,运出细胞核被翻译成蛋白质。一般认为被切除的内含子是RNA拼接过程中的"副产物",没有重要的功能。然而,负责将内含子套索RNA降解的去分支酶DBR1突变导致胚胎致死,提示套索RNA的清除对生物的存活至关重要。然而,由于套索RNA结构的特殊性,体外合成和体内捕获套索RNA在技术上都很有挑战。因此,DBR1如何识别并降解内含子套索RNA的机制并不清楚。

生命科学学院郑丙莲教授团队联合麻锦彪教授课题组,11月20日在 *Molecular Cell* 发表了题为"Debranching enzyme DBR1 mediated lariat RNA turnover requires ALBA proteins in Arabidopsis"的论文。该研究鉴定了内含子套索RNA降解的关键辅因子ALBA蛋白家族。研究结果发现ALBA蛋白通过双重机制促进套索RNA降解:一方面与DBR1相互作用来增强DBR1酶活,另一方面结合套索RNA来促进DBR1识别底物。

为了鉴定DBR1的辅因子,本研究通过免疫共沉淀结合质谱分析筛选到六个ALBA家族蛋白与DBR1存在相互作用。进一步的遗传学和生化实验证实,ALBA蛋白通过其N端的ALBA结构域与DBR1结合,增强DBR1的去分支酶的活性。同时,ALBA蛋白上富含RGG/RG基序的C端则直接结合套索RNA,协助DBR1结合并作用于套索RNA。

缺失ALBA的六突变体(alba)表现出与dbr1突变体相似的发育异常表型,并积累大量套索RNA。alba和dbr1-2的高级突变体在套索RNA积累表型上没有叠加,说明二者位于同一遗传途径共同调控套索RNA降解。

有趣的是低温胁迫条件下ALBA与DBR1的相互作用程度减弱,导致套索RNA异常积累。机制研究发现低温胁迫条件下ALBA而非DBR1进入应激颗粒,导致二者在空间分上离,因此套索RNA降解变慢。进一步分析表明,这种套索RNA滞留影响了冷响应基因的转录,降低植物的抗冷性。由此该研究提出了一个调控模型:ALBA-DBR1模块通过促进套索RNA代谢维持基因转录的正常进行,是植物应对冷胁迫的重要分子机制。

本研究不仅首次揭示了DBR1识别并降解套索RNA的作用机制,还通过利用酶活缺失的DBR1进行免疫共沉淀并结合RIP-seq的方式首次在体内捕捉到了DBR1结合套索RNA的特征,这个研究体系为全面揭示套索RNA代谢调控的机制和功能研究提供了重要的思路。

文章链接:https://doi.org/10.1016/j.molcel.2025.10.021

来源:生命科学学院

赵德峰课题组解析上海大气有机气溶胶来源和形成

大气与海洋科学系赵德峰教授课题组通过连续在线的高分辨率分子成分分析,有效识别了超大城市中此前未被发现或低估的有机气溶胶(OA)来源,揭示了特大城市复杂环境中SOA的潜在生成机制,深化了对有机气溶胶来源的认知,并为制定更精准的大气污染控制策略提供科学依据。相关研究11月发表于 *NPJ Climate and Atmospheric Science*。

有机气溶胶(OA)占大气气溶胶总量的20%-90%,对气候变化和人类健康有深刻影响,了解有机气溶胶的来源和生成过程是污染控制和治理的关键。尽管近年来持续投入研究,目前对特大城市OA的具体来源认知仍不明确,尤其是OA中占主体的二次有机气溶胶(SOA)的前体物质及其形成机制。一个重要的原因是传统OA来源分析所基于的在线化学分析方法(如气溶胶质谱)碎片化严重,无法提供分子组成和SOA的前体物信息。

该项研究识别出的香烟燃烧OA和增塑剂相关OA对长江三角洲地区OA具有潜在重要贡献且对人类健康具有重要影响,这些组分在人口密集、工业活动频繁且日常生活高度活跃的大城市中具有潜在毒性。芳香族化合物和含氧挥发性有机物的光化学氧化也表明了人为排放有机物是重要的前体。这些发现为SOA来源和生成机制提供了新的见解。

文章链接:https://doi.org/10.1038/s41612-025-01230-6

来源:大气与海洋科学系

魏宝仁课题组在天体物理学杂志发表成果

核科学与技术系魏宝仁教授课题组在高电荷态C^{4+}离子与He, O_2, N_2和CH_4等原子分子电荷交换绝对截面研究方面取得进展,相关成果近日发表在《天文学与天体物理学》(*Astronomy & Astrophysics*)上。该杂志是法国EDP Sciences出版社于1969年创刊的学术期刊,专注于天文学与天体物理学领域的研究。

太阳风中的高电荷态离子与行星大气或背景中性原子、分子之间的电荷交换过程,被认为是天体环境中软X射线和极紫外辐射的重要产生机制之一。电荷交换截面的测量对于理解太阳风等离子体的组成成分、离子速度分布以及诊断背景中性气体的密度等关键参数具有重要意义。随着高精度X射线探测卫星(XRISM)和太阳风离子观测卫星的相继发射,亟需获得高电荷态离子与复杂原子分子靶在宽能域范围内相互作用的高精度原子数据,用于天体观测光谱的重建和天体物理过程的深入解析。

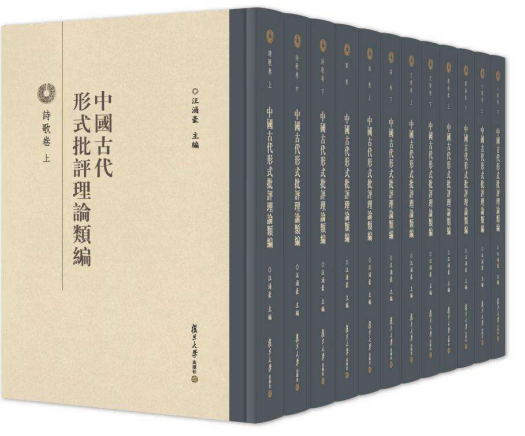
课题组利用学校150 kV高电荷态离子碰撞平台的绝对截面测量系统和冷靶反冲离子动量谱仪,高精度测量了量子态分辨的电荷交换绝对截面。结果表明,随着碰撞能量的升高,体系的主要俘获通道由低能区的2p态逐渐转变为高能区的3l态。

文章连接:https://doi.org/10.1051/0004-6361/202556536

来源:核科学与技术系

图片新闻

《古代形式批评理论类编》发布



《古代形式批评理论类编》丛书11月8日发布。以文体为纲,系统整合诗、词、曲、赋、戏剧、小说等多种文体中的形式批评资源,致力于构建更立体全面的体系,为中国文学批评史的重写开辟了新的路径。丛书立足传统文学批评本身,对历代诗词文话与戏曲小说理论作了全面的检视,在二次文献的创造性转化方面作出成功的探索,整体上必大有助于未来研究的领域拓展与范式转型。

来源:中国语言文学系