

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

【细胞】

科学家完成外围受限化学发生系统的结构导向设计

美国北卡罗来纳大学的研究人员完成了外围受限化学发生系统的结构导向设计。相关研究结果近日发表于《细胞》。

设计受体仅由设计药物激活(DREADD), 是用于远程控制细胞信号传导、神经活动、行为和生理过程的化学遗传工具。

通过结构引导的方法, 研究人员提供了一种外围限制的 Gi-DREADD, 即羧基羧酸受体 DREADD(HCAD), 其天然受体在大脑中的表达极少, 且化学激活剂无法穿过血脑屏障。这一成果是通过联合诱变、大规模按需合成库的类比、通过冷冻电镜确定设计的 DREADD 受体结构, 并验证 HCAD 功能实现的。

HCAD 在背根神经节神经元中的表达与激活, 能够抑制动作电位放电, 减少急性和组织损伤引起的炎症性疼痛。HCAD 化学遗传系统扩展了研究诸多外围系统的可能性, 同时对中枢神经系统的不良影响极小。

用于生成 HCAD 的结构引导方法, 还具有加速开发新兴化学遗传工具的潜力, 有望推动基础和转化科学的发展。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.11.001>

【国家科学院院刊】

石墨烯条纹状堆叠区域开辟量子器件制造新路径

美国纽约大学的 Elisa Riedo 和 Martin Rejzner 研究团队对未扭转三层外延石墨烯中自发涌现的应变电子学效应与条纹状堆叠区域进行了研究。12月4日, 相关研究成果发表于美国《国家科学院院刊》。

在这项研究中, 导电原子力显微镜在未扭转的、生长于碳化硅上的外延石墨烯中, 发现了具有不同电导率的条纹状区域。这表明存在 ABA 和 ABC 堆叠区域, 因为它与在扭转剥离石墨烯中观察到的 ABA/ABC 区域电导率差异吻合, 并且这一差异通过密度泛函理论得到了计算验证。

堆叠区域的大小和几何形状取决于应变、原子交叉及三层区域形状之间的相互作用。有趣的是, 研究人员展示了三层区域的生长过程, 其中 ABA/ABC 堆叠区域自发组成稳定且宽度为几十纳米的条纹。

这种可控制生长的孤立且条纹状的 A-BA/ABC 区域, 为在这些区域上制造量子器件开辟了道路。这些关于在碳化硅上自组装形成 A-BA/ABC 外延石墨烯条纹的发现, 无需石墨烯剥离、对齐和扭转等耗时且难以规模化的过程, 为石墨烯在电子器件中的不同潜在应用提供了可能。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1073/pnas.2408496121>

多重气候灾害改变阿拉斯加北极沿海地区

美国伍兹霍尔海洋研究所的 Creel Roger 团队研究发现, 永久冻土融化沉降、海平面上升和侵蚀正在改变阿拉斯加北极沿海地区。相关研究结果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

随着海平面上升, 永久冻土融化、风暴加剧和海水变薄, 北极海岸线容易受到气候变化的影响。1975年的航空和卫星观测表明, 海岸侵蚀已使北极受到日益严重的危害。然而, 其他危害, 如海平面上升和永久冻土融化沉降对永久冻土海岸线的累积影响, 目前受到的关注较少, 这使得对这些过程影响的评估无法与海岸侵蚀相比较和相衔接。

阿拉斯加的北极海岸平原(ACP)是进行此类评估的理想地点。研究人员以 ACP 为重点, 将 5 米地形、卫星衍生的沿海湖泊深度估算、永久冻土融化导致地面沉降的经验评估, 与政府间气候变化专门委员会 AR6 报告对中、高排放情景下海岸侵蚀和海平面上升的预测结合起来。

研究发现, 到 2100 年, 侵蚀和洪水将共同改变 ACP, 引发比单独海岸侵蚀多 6 至 8 倍的土地损失, 并干扰 8 至 11 倍有机碳。如果不采取缓解措施, 到 2100 年, 沿海变化可能会破坏目前 ACP 沿海村庄 40% 至 65% 的基础设施, 以及 10% 至 20% 的油田基础设施。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1073/pnas.2409411121>

【物理评论 A】

纳米粒子间非厄米光学束缚量子理论问世

德国杜伊斯堡-埃森大学、乌尔姆大学的研究人员, 提出了纳米粒子间非厄米光学束缚的量子理论。相关研究近日发表于《物理评论 A》。

鉴于近期已有实验成功将纳米粒子冷却至量子态, 研究人员发展了关于小介电物体通过散射光子产生的力, 以及力矩相互作用的量子理论。

这种相互作用本质上具有非厄米性, 并伴随相关的量子噪声。研究人员给出了相应的马尔可夫量子主方程, 并展示了如何实现非互易和单向耦合。这项研究工作为探索和利用非互易耦合纳米粒子阵列中丰富的量子物理现象提供了理论工具。

最新实验表明, 由于光学束缚效应, 悬浮纳米粒子之间实现了高度可调的非互易耦合。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.110.063507>

巴黎圣母院浴火重生, 这 5 年科学家发现了什么

本报讯 历经 5 年多的修复, 12 月 8 日, 浴火重生的法国巴黎圣母院重新向公众开放。然而, 当大多数游客惊叹于重建的屋顶和闪闪发光的石雕时, 却不知一支庞大的科学团队在幕后从这座建筑的残垣中挖掘出令人惊讶的信息。

“这项工作的涟漪效应远远超出了巴黎圣母院本身。”法国国家科学研究中心(CNRS)研究主任 Livio De Luca 说, 这项几十个机构 175 名科学家的成果, “为研究其他遗址, 特别是那些面临保护挑战的遗址提供了一个模板”。

2019 年 4 月 15 日, 一场由电路短路引发的火灾导致巴黎圣母院大部分铅皮屋顶和宏伟尖塔倒塌。几天之内, CNRS 的化学家 Martine Regert 与来自 CNRS 及法国文化部的 3 位科学家就组建了一支跨学科的“梦之队”, 以便从抢救出的材料中获取尽可能多的信息, 并指导快速修复工作。

科学家对巴黎圣母院巨大橡木框架中 1 万块被烧焦的木材进行了分析, 这些木材由法国历史古迹研究所实验室(LRMH)助理主任 Thierry Zimmer 领导的一个团队取自屋顶和支撑桁架的残骸。根据同位素碳-13 和氧-18 的

比例, 以及土壤中吸收的橡树中的钙和镁水平, 由法国国立自然历史博物馆的 Alexia Dufraisse 领导的团队确认了巴黎圣母院周围一个与其矿物分布相似的数百公里的牛角面包形区域, 这里是公元 1163 年巴黎圣母院建时的木材供应区。

研究人员还利用这些烧焦的木材了解了当地在欧洲中世纪温暖时期(大约从公元 950 年持续到 1250 年)的气候状况。阿尔卑斯山的树木生长模式提供了那个时期的温度记录, 但法国北部巴黎盆地却非常缺乏这方面的证据。

法国巴黎萨克雷大学的地球化学家 Valérie Daux 团队分析了木材样本中纤维素的同位素碳-13 和氧-18 水平随时间的变化情况, 这是温度和湿度波动的指标。一些被火灾损坏的横梁只有内芯可供分析, 但通过这些数据与巴黎附近两座与巴黎圣母院建于同一时期的大教堂的数据结合起来, 科学家描绘出一幅公元 980 年至 1180 年这 200 年间的气候图。令人惊讶的是, 他们发现, 巴黎盆地并不像从阿尔卑斯山树木中推断出的那样温暖。

Zimmer 的团队成员穿着防护服, 以免受到

火灾后覆盖在巴黎圣母院上的富含铅的黄色沉积物的危害。他们回收了装于 1000 个托盘的石头和金属物品, 这些已经被大火毁坏的材基本无法用于修复工作。但建筑师兼计算机科学家 De Luca 表示, 这些碎片“在促进我们对巴黎圣母院结构的理解和为修复工作提供信息方面发挥了核心作用”。

例如, 法国洛林大学的考古学家 Cédric Moulis 精心组装了从中殿上方坍塌的拱顶天花板回收的数十块楔形石头, 以了解它们的机械性能。法国波尔多大学的机械工程师 Stéphane More 说, 这使得重建大教堂的工程师能够确保新的拱顶具有与火灾前相似的受力性能。

其他研究则关注火灾对健康的潜在影响。火灾中有约 285 吨有毒铅包层在超过 1000°C 的温度下熔化。LRMH 的化学家 Aurélie Azéma 及其同事在 10 月出版的《整体环境科学》上报道称, 大火的烟羽在巴黎部分地区以黄色气溶胶的形式散布了多达 1 吨的铅。但在 2021 年, 法兰西岛地区卫生局确定, 这些铅没有增加在污染地区筛查的 1222 名儿童的血铅水平。



巴黎圣母院的屋顶和尖顶已经重建, 石雕也经过了精心清理。
图片来源: CHRISTOPHE PETIT TESSON

由于创建了“数字孪生”版巴黎圣母院, 即使没有参与修复工作的科学家也能很快对该建筑展开研究。这些资源包括 100 多万张照片和 5000 多张 3D 扫描照片, 并保存了建筑、考古、材料科学和其他领域研究产生的大量数据。据悉, “数字孪生”版巴黎圣母院将于 2025 年向全球开放。(文乐乐)

科学此刻

科学家为什么在牙科诊所扫描冰雹

牙科诊所的扫描仪首次绘制出巨大冰雹内部结构的高分辨率 3D 图像。这些详细的视图可以帮助研究人员更好地预测哪些风暴会产生这些破坏性的冰块。相关论文 12 月 6 日发表于《环境科学前沿》。

“我们不用打碎冰雹就能看到它的内部, 还可以看到不同的层、不同的密度。”西班牙加泰罗尼亚气象局的 Carme Farnell Barqué 说。

在 2022 年的一场强烈风暴中, 这些冰雹袭击了西班牙东北部地区, 导致 1 名儿童死亡、数十人受伤, 并造成数百万美元的损失。最大的冰雹直径为 12 厘米, 大小约为网球的两倍。

风暴后几天, Farnell Barqué 和同事四处打听是否有人保留了一些冰雹。他们收集到 14 块直径 8.5 厘米的冰雹, 后者被人们装在塑料袋中放在了冰箱里。

在风暴中, 当过冷水层聚集在最初的胚胎冰粒上时就会形成冰雹。冰雹中的冰层形状和密度可以揭示其形成过程的细节。但通常情况下, 研究人员只能用热刀切开单个冰雹研究几个横截面的情况。

在这项研究中, Farnell Barqué 的一位牙科医生朋友建议用 CT 扫描仪来揭示冰雹完整的



2022 年发生在西班牙的一场毁灭性风暴, 产生了直径 12 厘米的大冰雹。
图片来源: Tomeu Rigo Ribas

内部结构。而牙科诊所里就有这种仪器。

研究团队扫描了其中的 3 块冰雹, 生成了数百个横截面, 并显示了每块冰雹的密度变化。其中的一些细节令人惊讶, 例如, 虽然冰雹是球形的, 但它们的内核位于远离中心的地方。Farnell Barqué 说, 这表明冰雹最厚的部分是在它们下落时形成的, 而不是在风暴的上升气流中于不同高度间循环形成的。

加拿大北部冰雹项目的 Julian Brimelow 表示, 他们已经用这种方法扫描了其他一些小冰雹, 但西班牙那场风暴带来的冰雹大得多。“这很重要, 因为我们仍然不确定雷暴中的冰雹是如何以及在哪儿形成如此惊人的大小的。”

更好地理解冰雹可以改善未来对风暴中形成的冰雹大小的预测。加泰罗尼亚气象局的 Tomeu Rigo 说: “我们可以将其每一层的生长与雷暴演变的雷达数据联系起来, 这样就有可能将这场风暴与新的雷暴联系起来, 并将预测结果投射到未来。”

“我们还需要研究更多冰雹。”美国中密歇根大学的 John Allen 说, 他计划 2025 年在美国大平原进行一次大规模的冰雹收集调查。“问题是, 这种方法对于研究大量的冰雹是否可行。”(李木子)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-2024-1479824>

2023 年破纪录高温的原因找到了

本报讯 2023 年和 2024 年的气温纪录多次被打破, 并且这两年的平均气温均比工业化前水平高出约 1.5°C。尽管气候变化和厄尔尼诺现象是导致气温上升的部分原因, 但两者都不足以完全解释如此异常的高温。

现在, 科学家终于有了答案。12 月 5 日, 一项发表于《科学》的研究表明, 2023 年低层云量的急剧减少降低了地球反照率, 从而导致气温升高。反照率是指地球将太阳辐射反射回太空的能力。

自上世纪 70 年代以来, 地球反照率一直在下降, 这主要是由于极地冰盖的融化。德国阿尔弗雷德·韦格纳研究所的 Helge Goessling 及同事对卫星数据的分析显示, 2023 年的地球反照率创下历史新低。

随后, 研究人员结合天气观测和建模分析了导致下降的原因, 发现 2023 年低层云量急剧减少, 这种变化在大西洋尤为明显, 后者在 2023 年经历了一些最不寻常的极端事件。

除了对气候变化和 2023 年厄尔尼诺现象的影响, 这些发现或许可以解释科学家一直在努力搞清的额外 0.2°C 的热量缺失。Goessling 指出, 尽管该研究仅评估了 2023 年的数据, 但也可解释了全球气温在 2024 年厄尔尼诺现象消退后仍居高不下原因。

英国帝国理工学院的 Paulo Ceppi 表示, 这项研究很及时, 因为气候科学家渴望了解最近创纪录高温的驱动因素。“他们提出了一个非常有说服力的论据, 即反照率的变化, 特别是低云

层反照率, 是造成辐射收支变化以及温度变化的主要因素。”Ceppi 说。

科学家表示, 下一个要解答的问题是为什么低空云会消失。总体上有 3 种解释: 其一, 全球气溶胶污染减少, 气溶胶有助于云的形成和持续; 其二, 可能是全球变暖改变了云层的运行方式; 其三, 可能只是气候的自然变化所致。

了解这 3 个因素中哪一个占据主导地位至关重要, 因为这会影响地球气候对温室气体污染的敏感程度。如果云层减少是气候变化的反馈结果, 那么这种影响将在未来几年内加速, 使全球气温高于预期。(杜珊妮)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.adq7280>

自然要览

(选自 Nature 杂志, 2024 年 12 月 5 日出版)

矿化胶原胶合板助力自体骨移植

自体骨(AB)是骨移植手术的金标准, 尽管其可用性有限且需要增加手术部位。传统上, 用于骨修复的竞争性生物材料主要聚焦模仿骨的矿物质方面, 生物活性陶瓷的广泛临床应用就证明了这一点。然而, AB 可能会严重影响骨再生的分层有机结构。

研究人员在小鼠和绵羊骨缺损模型中使用了一系列无细胞仿生胶原基材料, 证明了分层混合微观结构有利于骨再生, 特别是胶原的扭曲胶合板模式及其与结晶不良的生物磷灰石的结合。该研究表明, 结构上最仿生的材料具有刺激骨生长的潜力, 从而提升了物理化学特性在支持骨形成中的关键作用, 并为具有竞争力的骨移植材料提供了广阔前景。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08208-z>

将量子处理器与实时经典通信相结合

量子计算机根据量子力学定律来处理信

息。目前的量子硬件存在噪声, 只能在短时间内存储信息, 且仅限于几个量子比特(即量子位), 通常以平面连接排列。然而, 量子计算的许多应用需要比单个量子处理单元(QPU)更多量子位的硬件提供平面晶格连通性。学界希望通过使用经典通信连接 QPU 来打破这些限制, 但尚未得到实验证明。

研究人员通过实验实现了误差减少的动态电路和电路切割, 使用多达 142 个量子位, 跨越两个各有 127 个量子位且通过经典链路实时连接的 QPU, 来构建需要周期性连接的量子态。在动态电路中, 量子门可在运行时间内, 通过中间电路测量的结果进行经典控制。

实时经典链路使其能够根据另一个 QPU 的测量结果在其中一个 QPU 上应用量子门。此外, 误差减少的控制流增强了量子比特的连通性和硬件的控制集, 从而提升了量子计算机的通用性。该工作表明, 人们可将多个量子处理器作为一个整体, 通过实时经典链路实现误差减少的动态电路。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08178-2>

二维希尔伯特空间碎片和分形激发观测

脱离平衡状态的孤立量子系统的弛豫行为是多体物理学中最有趣的问题之一。非平衡态的量子系统通常通过扰乱局部信息和建立纠缠熵而弛豫到热平衡态。然而, 哈密顿量中的动力学约束可能导致这一基本范式崩溃。

利用量子气体显微镜, 研究人员设计了各种各样的初始状态, 并发现希尔伯特空间碎片的丰富表现形式, 包括体态、界面和缺陷, 即二维、一维和零维物体。具体而言, 具有相同粒子数和能量的均匀初始态在弛豫动力学上有显著差异。

在整体、非热化的棋盘式状态上插入受控缺陷, 研究人员观察到高度各向异性的亚维动力学, 这是其分形性质的直接标志。局域态和热化态之间的界面依次表现出依据其取向的动力学。该研究结果标志着超越一维的希尔伯特空间碎片的观测, 以及伴随的分形直接观察, 为深入研究约束系统中的微观输运现象奠定基础。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08188-0>

异戊二烯硝酸盐驱动亚马孙上对流层形成新粒子

热带上对流层的新粒子形成(NPF)是全球大气气溶胶的重要来源。NPF 发生在亚马孙盆地, 但成核机制和化学前体尚未确定。研究表明, 有机气溶胶源自于雷电产生的氮氧化物存在下, 森林排放物中异戊二烯由 OH 引发的氧化。在日出后约两小时, 夜间深对流的外流中开始成核爆发, 达到每立方厘米超过 5 万个颗粒的高气溶胶浓度。

研究人员报道了前驱气体和粒子特征的日周期的测量结果。观测结果表明, 生物成因的异戊二烯, 伴随闪电的热带深对流, 氧化化学和低环境温度之间的相互作用独特地促进了 NPF。这些粒子随着时间的推移而增长, 经过远距离传输, 并沉降到下对流层, 在那里可作为云凝结核, 影响地球的水文循环、辐射收支和气候。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08192-4>

(未致编译)

更多内容详见科学网小柯机器人频道:

<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>