

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《自然》

STING 诱导免疫的突变景观

瑞士洛桑联邦理工学院的 Andrea Ablasser 团队发现了干扰素基因刺激因子 (STING) 诱导免疫的突变景观。近日, 相关研究成果发表于《自然》。

STING 是一种进化保守的免疫信号蛋白, 在宿主防御、衰老和炎症过程中发挥关键作用。在 STING 的下游, I 型干扰素、炎症细胞因子信号传导和非典型自噬受一个多层机制调控, 该机制整合了配体诱导的结构转变、蛋白 - 蛋白相互作用和协调的细胞内运输。

研究人员开发了一种大规模平行分析方法来系统绘制 STING 的序列功能景观, 确定了影响 STING 免疫刺激能力及其将配体识别转化为不同信号输出能力的结构和功能决定因素。STING 高活性变体的低温电镜结构揭示了新的调控原理, 决定了 STING 从失活状态到信号能力状态的构象转变。

突变效应在整个功能领域广泛存在, 可以使 STING 对天然配体 2'3'-cGAMP 敏感, 可能使干扰素诱导从非典型自噬中解耦, 表明可以通过单点取代获得多种潜在的反应。数据显示了自然发生的 STING 蛋白变异在临床和进化上的相关性。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10685-3>

光学模拟中受激霍金辐射的反作用

以色列魏茨曼科学研究所的 Ulf Leonhardt 团队研究了光学模拟中受激霍金辐射的反作用。近日, 相关研究成果发表于《自然》。

霍金辐射是指黑洞事件视界处量子粒子的发射, 可将引力与量子力学和热力学相联系。然而, 霍金辐射从未在天文学观测中被发现, 仅在实验室模拟中观察到, 而在太空中观测到它近乎不可能。霍金辐射的能量必然来自黑洞周围的引力场, 但场量子如何产生霍金量子此前一直未知。

研究人员报告了在事件视界的光纤模拟系统中产生霍金辐射过程的实验和理论证据。在光纤模拟系统中, 人们一直认为霍金辐射来自一个复杂的级联过程; 而研究人员在理论上识别出一个简单的直接过程, 并通过实验观察到了该过程如何反作用于场。该研究结果为理解黑洞如何辐射提供了启示。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10720-3>

更多内容详见科学网小柯机器人频道:
<http://paper.sciencenet.cn/AI/news/>

聚焦工程科技创新 共谋高质量发展

(上接第 1 版)

储能产业变革仅是一个缩影。以可再生能源电力工程系统为代表的各类复杂工程, 迫切呼唤工程科学的理论支撑。

“工程科学是基于基础科学, 研究各类工程系统独有的运行机理、演化规律等理论知识体系。”中国工程院院士丁烈云指出, 其有 3 条发展路径: 先实践探索再总结理论, 先构建理论再工程落地, 理论与实践并行。

而伴随着现代工程越来越复杂, 呈现出显著的复杂工程系统特征, 针对这类复杂工程开展的实践探索, 又进一步丰富了工程科学的内涵, 促进工程科学研究的范式创新。

立足实际, 探索新范式

新范式是这场论坛的又一关键词。 “工程科学研究范式创新包括产学研一体、数智赋能、学科交叉。”丁烈云介绍, 首先工程难题需要工程理论来支撑技术突破, 因此必须打通工程科学 - 工程技术 - 产业应用的完整链条。

其次, 相较国外以还原论为特征的工程科学, 我国工程科学研究更突出系统论的特点, 尽管有丰富的应用场景和实践经验, 但在新框架、新机理、新求解方法上相对不足。

“AI 将推动工程科学发生系统性跃迁, 带来原理、建模、计算与应用深刻变革。”丁烈云指出, 在机理上强调多因素耦合、边界开放性与真实世界一致性; 在建模上实现机理与数据驱动的深度融合, 对复杂系统的建模能力上限要求更高; 在计算上则通过大模型训练形成深度求解器, 推理阶段可快速输出计算结果。

“AI 正在重塑研究范式, 为我国在方法论层面实现国际并跑甚至局部领跑提供了机遇。”丁烈云说, 这将推动工程科学向更大规模、更高复杂度迈进。

由于复杂工程系统存在非线性演化、涌现、不确定性等特征, 单一学科无法完成建模、分析与调控。“因此, 应促进多学科交叉, 围绕整体工程目标与任务, 组织不同学科背景的专家攻关, 借鉴其他学科理论、方法与技术来解决本学科领域的工程问题。”丁烈云总结道。

具体到装备制造领域, 同样经历范式的革新。“性能的极致要求, 给制造带来了一系列严峻问题和挑战。”郭东明指出, 包括性能达成难、协同调控难、科学决策难等, “我们应当从过去以经验类比和实验为主的模式, 转变为科学的设计与制造”。

如何实现这一目标? 郭东明认为, 关键要依据第一性原理建立产品的性能关联模型, 通过设计 - 制造协同实现结构、材料、几何与服役性能一体化的科学制造。

“展望未来, 高性能制造将推动制造工程向制造科学的范式跃升, 为高端装备自主创新 and 制造强国建设提供理论与技术支撑。”郭东明说。

向生育能力突破又迈进一步

科学家尝试在实验室培育人类精子

本报讯 一个团队报告称, 他们采集了人体的血液细胞, 并成功对其进行基因改造, 使其最终转变为未成熟精子, 然后再将它们移植到在小鼠肾脏上生长的微小包囊中进行培育。他们的最终目标是在实验室中培育出成熟的人类精子。7 月 10 日, 相关研究成果发表于《细胞 - 干细胞》。

不过, 目前这一目标仍难以实现。这些在实验室中培育的细胞在未成熟阶段就停止了发育。论文作者、美国宾夕法尼亚大学的生殖生物学家 Eoin Whelan 表示, 要在实验室中培育出成熟精子还需要克服许多障碍。但最新成果标志着他们朝着正确方向迈出了一步。

同时, 该方法可用于研究人类精子发育的早期阶段, 并探索男性不育的原因——约 40% 的男性不育病例原因不明。“我们是从基础科学的角度来研究这一问题的, 距离临床应用还有很长的路要走。”Whelan 说。

该技术的一些潜在临床应用存在争议, 尤其是利用实验室培育的精子或卵子孕育婴儿的想法。尽管一些研究人员希望该方法能用于治疗特定的不孕症, 但这种做法也引发了伦理担忧。其中之一是, 该技术可能会使对生殖细胞进

行基因改造变得更容易, 从而催生“定制婴儿”。

目前, 已有少数研究人员成功利用小鼠皮肤细胞制备出小鼠卵子和精子。这些细胞经过基因重编程, 转化为诱导多能干细胞(iPS 细胞)——一种与胚胎中的细胞很相似的“年轻”细胞, 可以在化学或基因手段诱导下成为完全不同的细胞, 例如精子。一个研究团队甚至利用这种方法让两只雄性小鼠成功诞下了后代。

然而, 由于物种发育方式的差异, 研究人员一直无法将这些小鼠身上的成功经验应用到人类或其他灵长类动物身上。此外, 研究人类胚胎发育也颇为困难。因此, 那些致力于了解并重现精子和卵子发育最初阶段的研究人员, 只能在黑暗中摸索。“在人类身上, 相关研究严重滞后。”论文作者、宾夕法尼亚大学的发育生物学家 Kotaro Sasaki 表示。

Sasaki 和同事此前已能够将人类 iPS 细胞转化为类似早期胚胎细胞的细胞, 它们最终会发育成卵子和精子。然后, 研究人员将这些未成熟细胞与从小鼠发育中的睾丸中提取的非生殖细胞混合, 后者能够为精子发育提供保护和营养。不过, 这些细胞未能超越人类胚胎中精子发育的早期阶段。

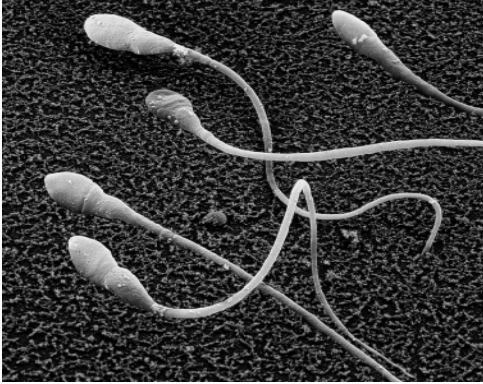
在这项研究中, Sasaki、Whelan 和同事将这一过程推进了一步。他们将上述细胞混合物移植到活小鼠体内, 移植位置选在肾脏的一个区域, 这里被认为非常适于移植组织的生长。

一旦进入包裹, 移植的细胞便自发形成管状结构, 类似于睾丸中产生精子的结构。移植 6 个月后, 这些人类细胞已发育为精原细胞——一种最终能分化为成熟精子的细胞。

这些未成熟精子细胞中的基因活性与正常人类精原细胞中的基因活性极为相似。但大多数人类细胞在此阶段停止了发育, 没有一个继续发育形成成熟精子。当研究团队在猕猴身上进行实验时, 结果也是如此。

Sasaki 认为, 这可能是由于发育中的人类精原细胞与提供支持的小鼠细胞之间存在物种差异。精子发育过程十分复杂, 不仅需要周围组织中非生殖细胞的参与, 还需要来自远端器官的激素信号。这些因素在小鼠和人类身上可能并不完全相同。

美国加州大学洛杉矶分校的发育生物学家 Amander Clark 表示, 将人类细胞与同样来自人类的非生殖细胞一起培养, 有助于这些细胞发育为成熟的精子。“这将是接下来需要



研究人员正在尝试用干细胞在实验室中制造人类精子。 图片来源: Juergen Berger

的技术创新。” 另一个重要步骤是确认精原细胞是否具有功能。在人身, 研究人员若进行此类实验将触及伦理问题, 因此 Sasaki 希望在猕猴身上进行这些实验。 (文乐乐)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.stem.2026.06.001>

亚马孙植物减少 威胁区域文化遗产

本报讯 一项研究发现, 气候变化可能导致亚马孙盆地原住民文化中的本地植物物种数量减少约 1/3。文化中的重要植物资源的减少, 加之原住民语言持续消失, 到本世纪末, 可能导致已记录的利用亚马孙植物的相关知识损失约 1/4。这项工作凸显出气候变化对亚马孙生物文化遗产构成的威胁。相关研究成果 7 月 8 日发表于《自然》。

亚马孙雨林是生物和文化遗产的重要汇集地, 拥有 10% 以上的地球陆地生物多样性和 400 多个原住民群体, 但人为气候变化对雨林遗产影响的研究却很有限。

在这项研究中, 瑞士苏黎世大学的 Rodrigo Camara-Leret 和同事汇编了 1504 年至 2023 年间超过 9 万份关于亚马孙植物利用情况的报告。他们发现, 亚马孙社会利用的植物物种数量接近 5800 个, 是此前估计的两倍。在 7.6 万份关于本地植物物种的文献报告中, 研究者进一步获取了这些文献对应语言的濒危状况信息, 发现有 57% 来自 156 种不同的原住民语言, 这些语言中 56% 已面临威胁。

研究者随后建模了 3 种场景, 即至本世纪中叶实现气候目标、对气候变化采取最低限度行动和无政策干预的极端情景下, 从 2060 年至 2080 年气候变化对物种分布的影响。模型预测, 在各场景下, 植物物种局部灭绝比例分别为 28%、30% 和 34%, 其中被利用的物种在衰退物种中所占比例更高。与这些物种有关的生态系统服务(如药用价值)损失, 预计在 18% 至 23% 之间。受威胁语言的区域预计会遭受更大的植物物种和服务损失。此外, 受威胁语言的消失可能导致亚马孙知识库减少 26%, 与物种损失结合, 可能会导致文化知识的巨大损失。

研究人员认为, 这些损失对亚马孙社会将产生重大影响, 这些数据可为亚马孙生物遗产的保护和恢复工作奠定基础。 (冯维维)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10741-y>



图片来源: Pixabay

科学此刻

古 DNA 破解 美第奇家族“谋杀案”

意大利及南欧的一个主要公共卫生负担, 直至 20 世纪, 随着土地开垦和蚊虫消杀, 这种传染病才被根除。

即便是权势滔天、家财万贯的美第奇家族, 也未能躲过疟疾的侵袭。从 15 世纪至 18 世纪, 这个掌控意大利金融与贸易的佛罗伦萨家族, 有许多成员死于疟疾。1562 年, 弗朗切斯科的母亲与两名兄弟(包括兄长、红衣主教乔瓦尼·德·美第奇)在比萨附近的托斯卡纳沿海地区旅行期间感染了疟疾。3 人在出行约一个月后相继离世。

为深入探究疟疾对包括美第奇家族在内的当地人的影响, Giuffr 团队从弗朗切斯科的 3 根肋骨和乔瓦尼的一根肋骨中提取了 DNA。同时, 他们还从欧洲、亚洲、美洲发现

的 9 个古代疟疾感染者的遗骸中采集了 DNA, 从而试图确定是哪种疟原虫夺走了美第奇家族成员的生命。

基因分析显示, 弗朗切斯科携带了恶性疟原虫与三日疟原虫的线粒体 DNA, 证实生前感染了疟疾。而研究人员在乔瓦尼的遗骸中, 检出了携带两种新突变的恶性疟原虫线粒体 DNA, 从而发现了一种前所未有的致命新菌株。科学家表示, 这种新菌株, 与意大利、奥地利、法国、西班牙、中国台湾及加勒比地区存在了数百年的疟原虫谱系密切相关。

时至今日, 恶性疟原虫依旧是致死性最强的疟疾病原体。仅 2024 年, 全球约有 2.8 亿人感染该菌株, 超 50 万人因此丧生。Zink 表示, 该研究证实了文艺复兴时期意大利存在恶性疟原虫, 也说明佛罗伦萨等意大利城邦的疟疾死亡人数, 很可能高于欧洲北部地区, 因为在北部地区疟原虫致死率较低。

爱沙尼亚塔尔图大学的 Antonio de Dios Martinez 评价道: “该研究不仅为古代疟疾感染史提供了确凿的基因证据, 还破解了一桩尘封数百年的历史悬案, 证实美第奇兄弟死于自然原因, 从而洗清了弗朗切斯科弟弟的谋杀罪名。” (王方)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.jisci.2026.116371>

追本溯源、观照万物、立足前沿

(上接第 1 版)

在生物界中, 有一类特殊的物种——蝗虫。“蝗灾是农业上最古老的自然灾害之一。”中国科学院院士康乐强调, 时至今日, 蝗灾依旧存在, “这么小的一个动物为什么会群聚成灾”?

这是长期困扰人类的难题。康乐决定从生命的化学通信, 即生物个体利用化学信号传导信息传递的一种“沟通”方式入手, 尝试寻找新思路。

“生物感知外界环境条件主要依靠物理和化学信号。视觉、听觉和触觉是物理信号, 嗅觉和味觉是化学信号。”康乐说, 在自然界, 生物寻找食物、配偶、防御天敌和社会分工都依靠化学信号。

因此, 如何感知、鉴定、接收这一化学信号, 并作出决策和行为反应, 是生物学的基础科学问题。“蝗虫聚集成灾有可能是化学信号介导的。”康乐说。

康乐团队首先系统鉴定出飞蝗群聚过程中释放的 35 种挥发物。通过系统研究, 他们在全球首次发现 4-乙炔基苯甲醚(4VA)是飞蝗的群聚信息素及其特异性受体, 终结了 50 余年来关于蝗虫群聚信息素的争议。《自然》配发的评论称其“用科学战胜蝗灾”。

随后, 他们全面揭示了 4VA 的生物合成通路和关键催化酶, 基于构效关系开发效果极佳的行为干扰剂。因此, 这项综合性研究完美体现了基础研究发现能够推动绿色防控技术应用。

联合国粮农组织给予了高度评价: “你们的发现将大大提高蝗灾的预测和控制水平, 为人们开发新的蝗灾控制方法提供重要线索。”

立足前沿 赋能高质量发展

“我今天戴的是增强现实(AR)眼镜, 带微型显示屏。”会上, 中国科学院院士江风益介绍, 这副总重量仅 37 克的黄光 AR 眼镜, 正是团队自主创新的结晶。

“轻量化 AR 眼镜对微型显示屏要求苛刻。”江风益指出, 硅基氮化镓 LED 与硅基电路晶级集成是关键。这是他深耕 20 多年的方向。

在半导体照明芯片领域, 长期存在 3 条研究路线: 一条以蓝宝石为衬底, 一条以碳化硅为衬底, 还有一条非共识路线——以硅为衬底。江风益选择了这条冷门路线——硅基氮化镓半导体发光, 决定要走出一条自主创新的半导体照

明芯片技术路线。

然而, 氮化镓 LED 在材料生长过程中会出现一种 V 缺陷。长期以来, 业内普遍认为该 V 缺陷是有害瑕疵, 会导致 LED 光效低等问题。但江风益团队通过系列实验和理论计算发现, V 缺陷具有增强空穴注入量子阱和提高量子阱质量等有益作用。

“我们打破了‘位错缺陷越少越好、越小越好’的传统认知。”江风益说, 团队提出的 V 缺陷三维 PN 结理论方法, 使 PN 结界面由二维发展到三维; V 缺陷从“有害”到“有害”, 并发展为“有大用”。

7 月 8 日, “V 缺陷三维 PN 结及应用”成果荣获 2025 年度国家自然科学基金一等奖。面向未来, 江风益表示, 随着技术的进步, 硅基氮化镓 LED 有望使照明光源更节能、更舒适, 实现高性能微显示单片全彩屏, 推动全彩 AR 眼镜进入消费市场。

纵观现代科技发展, 还有一个至关重要的领域——对物质导电特性的持续探索。“导电性是物质最基本的物理性质之一, 对它的研究贯穿了从第二次工业革命至今的科学发展历程。”

中国科学院院士薛其坤说。

从发现欧姆定律到电子学发展, 从超导到高温超导的发现, 从超导电子学到超导量子计算的应用探索, 相关研究持续推动着科学进步和人类社会的发展。

薛其坤以量子反常霍尔效应为例: “超导材料的零电阻意味着电流可以在超导环中无休止地流动, 量子霍尔效应和量子反常霍尔效应的边缘零电阻则意味着能耗将非常低。”

这一效应在低能耗的电子元器件应用领域具有重要作用。例如, 二极管、导线等电子器件在通电时会产生电阻, 大量电能以热能形式损耗, 但在呈现量子反常霍尔效应的材料中, 无需外加强磁场即可实现电子低损耗输运, 为解决芯片发热和能耗问题指出了一条新路。

在常温室温条件下, 能否实现超导? “答案也许不是‘能否’, 而是‘如何’。”薛其坤指出, “关键在于找到强耦合且在常温下稳定存在的机制。”

“科学无止境。”薛其坤总结道, “随着新材料的诞生、新结构组态的发展, 各种电磁场甚至引力场及极端条件的引入, 我们期待更多出人意料的科学发现和惊喜。”