

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《自然－光学学》

研究揭示非线性光学量子过程

韩国科学技术院的 Young-Sik Ra 团队完整表征了多模二阶非线性光学量子过程。相关研究成果近日发表于《自然－光学学》。

多模光学过程的完整表征为理解复杂光学现象铺平了道路，促进了新型光学技术的发展。尽管非线性光学过程对光子技术很重要，但到目前为止为止，表征主要集中在线性光学过程。

研究团队报告了多模二阶非线性光学量子过程的完整实验表征。高效表征方法在 16 模量子过程中得到了证明，既捕获了非么正量子演化的全部信息，又满足了所需的物理条件。这种完整表征可以识别本征正交及其相关的放大和噪声特性。此外，研究团队通过表征各种非线性光学量子过程，证明了该方法的广泛适用性。

这种方法为表征非线性光学过程提供了一种通用而有效的技术，有利于发展可扩展的光子技术。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41566-025-01787-x>

《自然－神经科学》

雌激素可调节奖励预测误差

美国纽约大学的 Christine M. Constantino-ple 团队提出雌激素可调节奖励预测误差、强化学习。相关研究论文近日发表于《自然－神经科学》。

性腺激素作用于整个大脑并调节精神状态。然而，激素如何影响认知过程尚不清楚。外源性 17β－雌二醇是最有效的雌激素，可调节伏隔核核心区的多巴胺，该区域负责编码奖励预测误差，即实际获得奖励和预期奖励之间的差异。

研究表明，随着 17β－雌二醇内源性增加，多巴胺奖励预测误差和对先前奖励的行为敏感性均会增强，伏隔核核心区多巴胺再摄取蛋白减少。在不同奖励状态的任务中，小鼠调整了启动试验的速度，以平衡努力和预期奖励。伏隔核核心区多巴胺反映了影响大鼠启动时间的奖励预测误差。较高的 17β－雌二醇水平预示着对奖励状态更敏感、奖励预测误差更高。蛋白质组学结果显示，17β－雌二醇升高后，多巴胺转运蛋白表达降低。此外，中脑雌激素受体的下调抑制了对奖励状态的敏感性。

研究结果显示，内源性 17β－雌二醇可以预测多巴胺再摄取和奖励预测误差信号，并直接指示先前奖励对行为的影响。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41593-025-02104-z>

《自然－遗传学》

谱系限制干细胞对人类造血的稳定克隆贡献

瑞典卡罗林斯卡医学院的 Sten Eirik W. Jacobsen 团队研究了谱系限制干细胞对人类造血的稳定克隆贡献。相关研究成果近日发表于《自然－遗传学》。

人类造血干细胞(HSC)克隆的动态稳态谱系贡献需要随着时间的推移进行评估。然而，以往对 HSC 的克隆贡献的研究仅限于单个时间点，且未评估关键的红细胞和血小板谱系。

研究团队筛选了健康老年人的体细胞突变，确定了可追溯所有主要血细胞谱系的扩展 HSC 克隆。除了对所有谱系贡献均衡的 HSC 克隆外，研究组还鉴定了其他类型的克隆：一是具有所有髓系谱系但没有或很少有 B 和 T 细胞的克隆；二是具有所有髓系和 B 细胞但没有 T 细胞的克隆。研究未观察到其他可重复的谱系限制模式。

回顾性系统发育推断揭示了两种模式：一是“等级”模式，即后代亚克隆比其祖先克隆更偏向于谱系；二是“稳定”模式，即使相隔数十年，后代亚克隆与其祖先亚克隆表现出高度一致的谱系贡献。前瞻性谱系追踪证实，具有不同谱系补充模式的 HSC 克隆在多年间保持显著稳定性。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41588-025-02405-w>

高效基因检测荟萃分析工具问世

美国再生基因中心的 Jonathan Marchini 团队进行了基于大规模遗传研究汇总统计数据的基因检测高效计算荟萃分析。相关论文 11 月 12 日发表于《自然－遗传学》。

使用单变量汇总统计数据进行基因检测的荟萃分析，是遗传关联研究的有效策略。然而，目前的方法需要在每项研究和感兴趣的性状大规模间共享协方差矩阵。对于包含许多典型的大规模研究而言，这些矩阵的计算、存储和共享可能十分繁琐。

为了应对这一挑战，研究小组提出了 REMETA——一种有效的基因检测荟萃分析工具。他们开发了病例－对照不平衡的二元性状新方法，并估计了负荷试验的等位基因频率、基因型计数和效应大小。研究人员通过对英国生物银行 469376 个样本的 5 个特征进行荟萃分析，证明了该方法的性能和优势。

开源的 REMETA 软件将促进来自不同研究的大规模外显子组测序研究的荟萃分析。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41588-025-02390-0>

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

数据显示全球科研合作关系正在转变

■ 科学此刻 ■

这种病毒会导致狼疮

11 月 12 日发表于《科学－转化医学》的一项研究显示，导致腺热(又称单核细胞增多症或接吻病)的病毒似乎会感染并重编程人体免疫细胞，使人患上自身免疫性疾病——狼疮。

狼疮由免疫系统过度活跃所致。当 B 细胞和 T 细胞等免疫细胞持续活跃时，会攻击健康组织，从而引发多种症状，包括肌肉和关节疼痛、皮疹和极度疲劳。狼疮的具体病因尚不明确，但可能涉及遗传因素、激素作用与环境诱因(如病毒感染及微生物群失调)的共同作用。

狼疮患者约 90% 为女性，其体内存在高水平的爱泼斯坦－巴尔病毒(EBV)抗体，这种病毒会引发腺热。全球大多数成年人曾感染 EBV 且通常无症状，但狼疮却影响了全球约 500 万人。

为探究 EBV 和狼疮的关联，美国斯坦福大学的 William Robinson 团队开发了名为 E-BV-seq 的单细胞 RNA 测序平台，以识别狼疮患者体内被 EBV 感染的 B 细胞——这类细胞负责产生中和病原体的抗体，并解析这些细胞表达了哪些基因以产生 RNA 分子。

在 11 名狼疮患者的血液样本中，研究人员发现每 1 万个测序 B 细胞中约有 25 个感染 EBV。相比之下，在 10 名健康受试者中，每 1 万个测序 B 细胞中仅有 0 至 3 个感染了这种病毒。受感染细胞主要为记忆 B 细胞，它们能记住既往病原体威胁，以便下次遭遇威胁时迅速启动免疫反应。研究发现，被感染的记忆 B 细胞会表达名为 ZEB2 和 TBX21 的基因，引发连锁反应，激活另一类免疫细胞——辅助 T 细胞，进而

AI 科学家被引次数超 100 万

本报讯 计算机科学家、加拿大蒙特利尔大学的 Yoshua Bengio 近日成为在搜索引擎“谷歌学术”上被引用超过 100 万次的人。

Bengio 因机器学习领域的开创性研究而闻名。他与加拿大多伦多大学的计算机科学家 Geoffrey Hinton 和美国科技公司 Meta 的 Yann LeCun 一起被称为人工智能(AI)教父。2019 年，3 人因神经网络工作分享了计算机科学领域最高盛名的奖项——图灵奖。

Bengio 被引用最多的论文之一，是他 2014 年参与撰写的《生成对抗网络》，该论文在谷歌学术被引用超过 10.5 万次。此外，还有一篇他

邵逸夫奖得主奈杰尔·希钦：

我不擅奥数，也曾想放弃数学

■ 本报记者 冯丽红

“我可能不擅长奥林匹克数学竞赛。”近日，英国皇家学会院士奈杰尔·希钦在香港桂冠论坛 2025 上的坦诚之言，引起现场媒体一片唏嘘。

希钦因对几何学、表示论和理论物理学作出重要贡献，获得 2016 年邵逸夫数学科学奖。他在接受《中国科学报》采访时表示，自己在数学上也曾遇到过障碍，甚至一度因找不到研究方向而考虑放弃数学。

在希钦看来，对个人发展而言，必须接受专长的多样性。对学科发展来说，当前强调 STEM(科学、技术、工程、数学)固然重要，但也不应以牺牲人文、艺术等其他学科为代价，因为社会的发展依赖多元知识。

《中国科学报》：你是如何爱上数学的？遇到过困难吗？

希钦：我在中学时各科成绩都不错，最初想学工程学，后来发现自己对“为什么”更感兴趣，比如飞机机翼升力的公式是怎么来的。我不想只接受现成的方程，想探究根本原理。这种对深度理解的渴望，让我转向了纯数学。

然而，这并不意味着一路顺利。我在硕士阶段曾一度找不到研究方向，甚至考虑过放弃数

也从 2024 年的 3.4% 下降到今年的仅 1%。

一些研究人员表示，这些数据是一个早期迹象，表明有些学者因巴以冲突而抵制与以色列的科研合作。意大利国家核物理研究所的核物理学家 Giacomo Ortona 指出：“这是向以色列施压的一种方式。”

“最近一些欧洲国家，比如西班牙，其研究机构拒绝与任何以色列研究机构合作申请欧盟资助。”以色列阿拉瓦研究所应用环境外交中心主任 David Lehrer 认为，这表明抵制行动正在对以色列的科学产生影响。

然而，以色列大学校长协会发言人 Anat Paz 表示，这些数据并不能反映全貌，现在就对以色列大学的合作趋势下结论为时尚过早。Paz 补充说：“一旦 2025 年的完整数据在明年初汇编并审查完毕，我们将获得一个更清晰



狼疮会导致极度疲劳、皮疹以及关节和肌肉疼痛。

图片来源:syahrir maulana/Alamy

而“招募”未感染的 B 细胞。这会使免疫活动在恶性循环中加剧，直到开始攻击身体。证明 EBV 在狼疮中的致病作用的关键发现是，该病毒通过产生名为 EBNA2 的蛋白质启动记忆 B 细胞。这种蛋白质与 ZEB2 和 TBX21 基因结合，增强了它们的活性。

美国哈佛医学院的 George Tsokos 指出：“EBV 未必会参与每个狼疮病例的发病过程，因为狼疮的发病机制非常多样化。但在特定患者中，我相信它是主要诱因。”早在 40 多年前，Tsokos 就曾报告该病毒在狼疮患者体内诱发异常的 T 细胞反应。

Robinson 指出，2022 年的一项研究发现 EBV 与另一种自身免疫性疾病——多发性硬化症存在显著关联，而新发现揭示了该病毒如何更广泛地驱动此类疾病。

更重要的是，这些发现或许能解释为何 CAR-T 细胞疗法在狼疮临床试验中展现出惊人疗效。这类通过基因工程改造患者 T 细胞以

攻击特定靶点的疗法，原本为治疗 B 细胞增殖失控引发的淋巴瘤而研发，后者通常会耗尽 B 细胞。“CAR-T 细胞疗法似乎能实现我们所说的长期持久缓解，即患者停用所有药物，这表明它甚至可能治愈患者。我们认为，这可能是通过清除或耗竭 EBV 感染的 B 细胞来实现的。”Robinson 说。

Tsokos 表示，这种疗法作为狼疮治疗手段的潜力仍有待验证。部分原因在于，尽管接受 CAR-T 细胞治疗的患者血液中的 B 细胞水平下降，但這些细胞常潜藏于骨髓中，目前尚无数据证明所有 B 细胞均被清除了。

这项研究还支持开发针对唾液传播的 EBV 疫苗，以预防多种自身免疫性疾病。“疫苗有望阻断 EBV 感染，从而预防狼疮。”Robinson 说，但该疫苗对已感染 EBV 的人无效，因为 B 细胞重编程似乎发生在早期感染阶段。

(文乐乐)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/scitranslmed.ady0210>

ence、Scopus 和 OpenAlex，对研究人员的排名方式与谷歌学术不同，后者的引用总数通常较高。除了同行评审的期刊外，谷歌学术还记录了互联网上任何地方发布的书籍和预印本的引用情况。

去年是谷歌学术成立 20 周年。Bengio 表示，他是谷歌学术的“狂热用户”。“我认为它彻底改变了科学，使原本需要付出巨大努力的事情变得容易得多。”

但 Bengio 补充说，他“尽可能少地”关注自己的引用量。“研究人员不应以获得更多引用为目标，这会使他们设法增加引用量，而不是做好好的科学研究和追求真理。”

(赵婉婷)

就提升数学能力来说，这很大程度上取决于教学方法和激励机制，关键在于激发好奇心，而非制造恐惧。并非每个人都擅长数学，必须接受个人专长的多样性。

《中国科学报》：英国没有类似数学奥林匹克竞赛或从小选拔“数学天才”的机制？

希钦：英国虽然也有数学奥林匹克竞赛，但规模和影响力远不如东欧国家。即便是英国奥数集训营，也常由匈牙利等国经验丰富的教练授课。总体而言，英国没有将数学人才集中培养的制度化安排。至于这是好是坏，不好评判——我自己就从未经历过这类训练。

《中国科学报》：你参加过奥数赛吗？

希钦：没有，我可能不擅长那种题型。说实话，我不太喜欢奥数类的问题。

《中国科学报》：你如何看待中国当前在科学研究，尤其是数学领域的崛起？

希钦：中国正成为全球数学研究的重要力量。许多曾在欧美受训的中国数学家选择回国建立高水平研究团队，中国数学界与欧美机构的合作网络正在扩大。在研究层面，中国有大量有天赋的数学家，也设立了基础科学奖项，积极

论文的被引次数也减少了——与 2021 年相比，2024 年的引用次数下降了 89%。

Wagner 担心，国际合作格局的变化将对科学造成净损失。“特别是在诺贝尔奖得主中，他们的联系是高度国际化的，他们正在与其他国家的科学家合作。”她说，各国采取各自为政的科学方针，可能导致国家问题优先于全球性问题，从而阻碍气候变化和流行病等领域的研究进展。

“科学的目的是为了人类的福祉而增进知识。”Lehrer 说，“遗憾的是，一些欧洲研究人员选择了政治而非人类福祉。”

但 Ortona 则有不同的看法。他说，虽然合作有利于科学进步，但科学家是有观点和道德的人。这些决定不是地缘政治的决定，而是道德的决定。

(李木子)

谷歌推出 AI 数学做题家

本报讯 一个名为 AlphaProof 的能证明复杂数学理论的人工智能(AI)系统，在 2024 年国际数学奥林匹克竞赛(IMO)中取得了相当于银牌的成绩。

数学家利用计算工具解决复杂问题、证明理论，AI 系统则可以加速这一过程。虽然一些大语言模型很有潜力，但很难验证其推理正确性，因为它们是用非正式的自然语言文本进行训练和操作的。

在这项研究中，谷歌深度思维公司的研究人员演示了如何让增强学习在一个正式数学软件中工作，进而生成推理过程能被自动验证的证明。11 月 13 日，相关研究成果发表于《自然》。

AlphaProof 为证明数学命题而设计。该系统在对 8000 万个命题进行自动形式化后，通过增强学习找出这些证明方法。该系统被证明能改进之前先进 AI 系统在既往数学竞赛中的结果。2024 年，AlphaProof 解出了 IMO 的复杂问题。它联合名为 AlphaGeometry 的几何解题系统，解出了 6 个竞赛问题中的 4 个，取得了相当于银牌水平的高分。

虽然 AlphaProof 在竞赛级数学推理领域的表现令人惊艳，但研究者指出，它在求解其他形式难题上仍存在一些局限性，并建议将其作为未来的研究方向。他们认为，突破这些局限将使 AlphaProof 成为一个重要的复杂数学问题解题工具。

(冯维维)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09833-y>

全球约 7.3 亿人仍无法获得电力供应

据新华社电 国际能源署 11 月 12 日发布的《2025 年世界能源展望》报告说，全球约有 7.3 亿人仍无法获得电力供应，并且气候风险日益加剧。

报告说，在能源可及性和应对气候变化方面，全球尚未达标。但报告也指出，如果全球在本世纪中叶实现净零排放目标，长期升温幅度仍有望控制在 1.5 摄氏度以内。

报告还探讨了未来能源的发展趋势。在报告预设的情景中，电力需求的增长速度远超过整体能源使用量，数据中心和人工智能带来的电力需求爆炸式增长主要集中在发达经济体和中国；以太阳能光伏为代表的可再生能源需求增速最快，中国将维持其全球最大可再生能源市场的地位；核能有望复苏，预计到 2035 年，全球核电装机容量至少将增长 1/3；短期内全球石油和天然气供应总体充足，但地缘政治风险仍存。

国际能源署呼吁各国加快能源结构多元化，深化国际合作，应对未来的不确定性与风险。

(崔可欣)

寻找未来发展方向。作为期刊编辑，我审阅了很多来自中国的论文，也经常邀请中国的审稿人，这说明中国具备数学专业知识和人才。不过，论文质量存在差异，有些非常优秀，有些则属于“增量式”研究。

《中国科学报》：数学发展的趋势是什么？

希钦：数学正变得越来越抽象。今天的数学家倾向于用更复杂的语言表达思想。这带来一个挑战：当我们在咖啡桌旁讨论问题时，所使用的概念日益艰深，有时甚至难以在脑中完整把握它们。

未来我们可能需要借助计算机——不仅为验证，更为帮助理解、探索复杂概念。菲尔兹奖得主蒂姆·高尔斯就预测，10 年内这类计算机辅助证明可能会变得非常普遍。当然，这样做的一个缺点是消耗算力。

《中国科学报》：你如何看待全球，特别是亚洲国家推动 STEM 教育的趋势？

希钦：我们生活在一个被 STEM 产物包围的世界——手机、互联网等无处不在。理解这些技术背后的原理，有助于我们更理性地看待这些科技产物，更好地分析接收的信息。所以，STEM 教育无疑非常重要。

需要强调的是，STEM 固然重要，但不应以牺牲人文、艺术等其他学科为代价，社会的发展依赖多元知识。不过，在快速变革的现代社会，尤其是亚洲国家，STEM 教育的重要性可能高于西方发达国家，前者正处于技术崛起和产业升级的关键阶段，对 STEM 人才的需求更为迫切。