

## “小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

【物理评论 A】

## 科学家解决林德布拉德形式论中的非弹性隧穿问题

斯洛文尼亚约瑟夫·斯蒂芬研究所的 Adam Bács 与 Rok Zitko 成功解决了林德布拉德形式论中光子浴存在时，通过正常和超导结的非弹性隧穿问题。相关研究成果 7 月 22 日在《物理评论 A》发表。

在这项工作中，研究人员解决了林德布拉德形式论中由于光子环境引起的非弹性隧穿问题，并介绍了如何在量子主方程方法中追踪光子自由度。由此产生的量子主方程是相同的参数化 P(E) 函数，不仅可以使研究人员获得电流，还有其他量，例如热电流。研究人员还证明，林德布拉德形式论提供了一个全面的描述波哥柳波夫准粒子通过超导结的隧穿，并适当地解释相干因素。如果态的正态密度是粒子 - 空穴不对称的，相干因子就变得重要。

据悉，电子隧穿过集成在电路中的结，会在光子场电磁环境中产生激发，并在此过程中损失能量。这种粒子的非弹性隧穿通常用 P(E) 理论描述。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.110.012224>

【自然】

## 研究揭示多巴胺介导的短期和长期记忆动态之间的相互作用

美国斯坦福大学 Mark J. Schnitzer 等研究人员揭示了多巴胺介导的短期和长期记忆动态之间的相互作用。7 月 22 日，《自然》杂志在线发表了这项成果。

研究人员展示了果蝇大脑中蘑菇体的短期和长期记忆单元，通过编码先天和学习到的感觉效价的多巴胺信号共同调节记忆。通过对超过 500 只果蝇进行嗅觉联想条件反射的实时体内电压成像研究，研究人员发现原大脑后侧 1 型多巴胺神经元 (PPL1-DAN)，以异质和双向的方式编码惩罚、奖励和气味线索的先天和学习效价。在学习过程中，这些效价信号调节蘑菇体输出神经元 (MBON) 中的记忆存储和消退。在初始条件反射训练中，PPL1- $\gamma$ 1pedc 和 PPL1- $\gamma$ 2 $\alpha$ '1 神经元控制短期记忆的形成，这削弱了 MBON- $\gamma$ 1pedc >  $\alpha$ / $\beta$  对 PPL1- $\alpha$ '2 $\alpha$ 2 和 PPL1- $\alpha$ '3 的抑制反馈。

在进一步的训练过程中，这种反馈的减弱使得这两个 PPL1-DAN 能够编码条件气味线索的净先天加强学习效价，从而控制长期记忆的形成。一个由果蝇连轴图和一些神经脉冲数据约束的计算模型，解释了多巴胺信号如何介导短期和长期记忆痕迹之间的电路交互，并做出了研究人员实验验证的预测。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07819-w>

【自然 - 遗传学】

## 国家框架可改变遗传诊断并产生新的分子发现

德国波恩大学 Peter M. Krawitz 团队发现将二代表型分型整合到针对罕见疾病患者的国家框架，可改变遗传诊断并产生新的分子发现。该研究 7 月 22 日在线发表于《自然 - 遗传学》。

在一项为期 3 年的前瞻性研究中，研究人员评估了基于德国多学科专业知识的重新诊断概念。研究人员对 1577 名患者的表型和分子遗传数据进行了系统调查，这些患者接受了外显子组测序，并部分使用了下一代表型分析方法。32% 的患者 (总计 370 种不同的分子遗传原因) 确立了分子遗传诊断，其中大多数疾病的患病率低于 1 : 50000。

在诊断过程中，研究人员发现了 34 个新的和 23 个候选基因型 - 表型关联，主要是在患有神经发育障碍的个体中。通过 GestaltMatcher 对同意进行面部图像计算机辅助分析的队列进行的测序数据优先级排序，比单纯依靠临床特征和分子评分的方法更为有效。该研究证明了使用二代测序和表型分析在常规医疗中可诊断罕见疾病，并通过多学科团队发现了新病因的协同作用。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41588-024-01836-1>

【自然 - 地球科学】

## 晚上新世暖期北太平洋深水形成的同位素证据

美国布朗大学 Joseph B. Novak 课题组报道了晚上新世暖期北太平洋深水形成的同位素证据。该研究成果发表在 7 月 23 日出版的《自然 - 地球科学》。

据研究人员介绍，几项模拟和观测研究表明，北太平洋亚极地的深水形成可能是上新世温暖时期热盐环流的可能替代模式，上新世时期全球大气二氧化碳分压与现代大气相似 (约 400ppm)。

研究人员通过测量从太平洋最北端 Piacenzian 中期暖期 (3.264-3.025 Myr 前) 沉积物中收集的底栖有孔虫 *Cibicides wuellerstorfi* 的  $\delta^{18}O$  来验证这一假设。数据显示，沿赤道向北极的样带，同位素负溶解无机碳逐渐增多，这与预期的上新世太平洋经向翻转环流信号相反。与较浅的海洋钻探计划 (ODP) 地点 883 相比，在较深的 ODP 地点 887、C. wuellerstorfi 的  $\delta^{18}O$  通常也更积极，这表明太平洋深处存在“自下而上”的通风。

然后，研究人员提供了 ODP 站点 883 的稀烃海面温度和出口生产力数据。这些数据表明，上新世晚期亚北极北太平洋碳酸盐岩沉积，至少在在一定程度上，可能是由于较高的卵石出口生产，而不是像之前所认为的那样，由北太平洋深水形成。因此，研究人员认为北太平洋深水的形成不太可能发生在 Piacenzian 暖期中期，尽管不能排除一个较浅的翻转单元。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41561-024-01500-7>

## 第七位艾滋病治愈者出现

## 近 6 年未复发

本报讯 全球第七位艾滋病“治愈”者出现了。在近日于德国慕尼黑举行的第 25 届国际艾滋病大会上，研究人员报道了一位 60 岁的德国男子，在接受干细胞移植后的近 6 年随访中，未再检测出艾滋病病毒 (HIV)。

该男子是第二位移植了对病毒没有抗性的干细胞的人。第一位则是著名的“柏林病人”——全球第一位被治愈的艾滋病人 Timothy Ray Brown。Brown 因身患白血病而接受骨髓移植后未再出现艾滋病病症。他接受了特殊的供体干细胞移植，后者携带了编码 CCR5 受体的基因突变，而大多数 HIV 毒株都通过 CCR5 入侵免疫细胞。因此，在许多科学家看来，CCR5 是治愈艾滋病的最佳靶点。

而与 Brown 不同的是，此次报道的这位 60 岁的德国男子，也称“下一位柏林病人”，从一位只有一个突变基因拷贝的捐赠者那里获得了干

细胞，这意味着他们的细胞确实能够表达 CCR5，但低于正常水平。

澳大利亚彼得·多尔蒂感染与免疫研究所所长、传染病医生 Sharon Lewin 表示，该病例给出了一个明确信息，即治愈艾滋病“并不完全取决于 CCR5”。

“下一位柏林病人”于 2009 年被诊断为感染了 HIV，并于 2015 年患上了急性骨髓性白血病。当时，他的医生没找到在 CCR5 基因的两个拷贝中都存在突变的干细胞捐赠者，但发现了一位只有一个突变基因拷贝的捐赠者，并安排患者接受了干细胞移植。

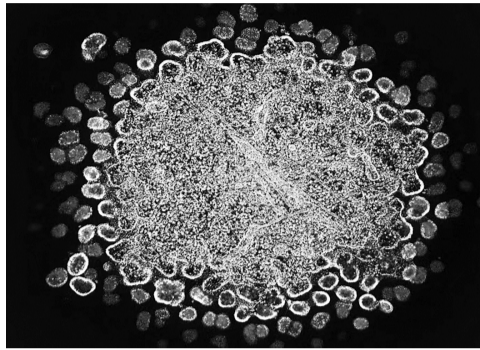
“癌症的治疗效果非常好。”德国柏林夏里特医学院物理学家和免疫学家 Christian Gaebler 介绍，不到一个月，患者的骨髓干细胞就被捐赠者的干细胞取代了。该患者于 2018 年停止服用抑制 HIV 的抗逆转录病毒药物。现在，将

近 6 年的时间过去了，研究人员没有发现 HIV 在患者体内复制的证据。

据悉，之前尝试从具有正常 CCR5 基因捐赠者处移植干细胞治疗艾滋病的事例中，除一人外，其他人在停止服用抗逆转录病毒药物的几周后几个月内，体内均再次检测出 HIV。研究人员一直试图弄清楚为什么只有这两例移植治疗成功了，而其他的都失败了。

对此，研究人员提出了机制猜想：抗逆转录病毒治疗使体内的病毒数量大幅下降，而干细胞移植前的化疗会杀死宿主的许多免疫细胞，使病毒失去潜伏的地方。与此同时，移植的供体细胞可能会将剩余的宿主细胞标记为外来细胞，并将它们与藏匿其中的病毒一起消灭。因此，捐赠者的骨髓干细胞快速并完全地替换了艾滋病患者的骨髓干细胞，这可能有助于迅速根除病毒。

美国加利福尼亚大学圣地亚哥分校研究



编码 CCR5 受体的基因突变可以阻止 HIV 进入免疫细胞。图片来源: NIAID

HIV 的 Sara Weibel 说，该病例“增加了治疗艾滋病的可能性”。(徐锐)

## 科学此刻

## AI 悄悄改变奥运会

当来自约 200 个国家的 1 万多名运动员齐聚法国巴黎参加 2024 年夏季奥运会时，将有一个全新、友好但不“露面”的声音迎接和引导他们。

我如何到这座体育馆？我可以直播开幕式吗？我在哪里可以获得赞助商的赠品？这是运动员 AthleteGPT 提出的一些问题。

AthleteGPT 是一款专为运动员设计的人工智能 (AI) 聊天机器人。参与这项工作的英特尔实验室的奥运会人工智能创新项目负责人 Todd Harple 表示，它能够“快速浏览数千个信息页面，并全天候回答问题”。

这个聊天机器人是一种大语言模型 (LLM)，由法国 Mistral AI 公司和英特尔高地处理程序开发的 AI 构建而成。而这只是 AI 在今年奥运会上留下印记的一种方式。

早在 1900 年巴黎首次举办奥运会时，法国科学家 Etienne-Jules Marey 就率先使用高速计时摄影技术分析运动员的比赛。他将相机像机关枪一样固定好，将照相底片像弹药一样放入相机，以快速捕捉画面。

如今，只需用手机进行录制就可以做更多事。Harple 说，英特尔的 3D 运动员跟踪 (3DAT) 技术使用 AI 跟踪人体的 21 个点，以呈现精确的身体运动，可以为精英运动员提供“教练所寻求的所有生物力学见解”。他认为，这些技术将带来更激烈的竞争和新的纪录。



巴黎奥运会上有多个 AI 元素，包括一款指导运动员的应用程序。

图片来源: Chesnot/Getty

此外，收集个人数据再结合 AI 分析，可以帮助教练发现人才，使体育更加公平。今年 3 月，国际奥委会就利用 3DAT 技术，通过分析跑步和跳跃等简单训练，在塞内加尔发现了 40 多名有望成为奥运会运动员的儿童。

奥运会水球裁判 Frank Ohme 对 AI 并不陌生。作为德国马克斯-普朗克引力物理研究所的一名天体物理学家，他的日常工作就是在 AI 的帮助下，从嘈杂的引力波数据中寻找黑洞碰撞的信号。但当他在巴黎穿上全白的裁判服时，他需要通过飞溅的水花判断球是否越过了球门线。

Ohme 说，水球是最古老的奥运会团体项目，在水球中使用 AI 会带来不同的挑战，比如训练在水下和混浊场景中拍摄图像的算法。

利用体育场周围的一系列摄像头和植入球中的芯片所记录的信息，AI 可以为包括足球在

内的体育运动的相关决策提供信息。但它尚未在其他运动中流行起来，AI 在裁判等需要实时数据分析领域的普及速度可能会较慢。

在比赛期间收集的大量数据，不仅可以为 AI 算法提供数据，还可以为渴望统计数据的电视观众提供数据。在 2000 年的悉尼奥运会期间，当虚拟世界纪录线叠加在电视屏幕上时，观众们都被迷住了。Harple 说，2024 年，广播公司有能力展示更多内容，比如加速度、最高速度和步幅等。

Harple 表示，随着如此多的体育赛事同时被记录下来，AI 准确识别观众想要看的内容的能力将改变游戏规则，这对那些资源有限的国家的教练和广播员来说尤其重要。“如果有人想要看尼日利亚男子篮球队的每一个三分球，AI 可以浏览所有镜头并自动将其组合在一起。”(李木子)

## 用 AI 训练 AI, 可能越练越“傻”

本报讯 《自然》7 月 24 日发表的一篇论文指出，用人工智能 (AI) 生成的数据集训练未来几代机器学习模型可能会污染它们的输出。这个概念被称为“模型崩溃” (model collapse)。该研究显示，原始内容会在数代内变成不相干的胡言乱语，显示出使用可靠数据训练 AI 模型的重要性。

生成式 AI 工具越来越受欢迎，如大语言模型 (LLM) 等，这类工具主要用人类生成的数据进行训练。不过，随着这些 AI 模型在互联网不断壮大，计算机生成内容可能会以递归循环的形式被用于训练其他 AI 模型或其自身。

英国牛津大学的 Ilya Shumailov 和同事用数学模型演示了 AI 模型如何出现模型崩溃。研究人员证明了一个 AI 可能会忽略训练数据中的某些输出 (如不太常见的文本)，导致其只用一部分数据集进行自我训练。

Shumailov 和同事还研究了 AI 模型如何应对主要用人工智能生成的训练数据集。他们发现，给模型输入 AI 生成的数据会减弱今后几代模型的学习能力，最终导致模型崩溃。他们测试的几乎所有递归训练语言模型都容易出现重复短语。比如，一个用中世纪建筑文本作为原始输入的测试，

到第九代的输出已经是一串野兔的名字。

研究人员指出，对于使用前几代生成训练数据集的 AI 模型来说，模型崩溃是一个不可避免的结局。但 Shumailov 和同事认为用 AI 生成数据训练一个模型并非不可能，为了让 AI 成功使用其自身输出进行训练，必须对数据进行严格过滤。而依赖人类生成内容的科技公司或许能训练出比竞争对手更高效的 AI 模型。

(赵熙熙)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07566-y>

## 自然要览

(选自 Nature 杂志, 2024 年 7 月 25 日出版)

## 具有非凡强度和韧性的 3D 打印弹性体

打印已成为一种颇具吸引力的制造技术，三维 (3D) 是因为其在实现复杂几何形状的定制化产品方面具有非凡的自由度。然而，其大规模生产的潜力受到低制造效率 (打印速度) 和产品质量不足 (机械性能) 的阻碍。

光聚合物超快速 3D 打印技术的最新进展缓解了制造效率的问题，但典型打印聚合物的机械性能仍远远落后于传统加工技术。这是因为打印要求限制了分子设计实现高机械性能的能力。

研究组报道了一种 3D 光打印树脂的化学策略，其产生的弹性体抗拉强度为 94.6MPa，韧性为 310.4MJm<sup>-3</sup>，两者均远远超过任何 3D 打印弹性体。从机理上讲，这通过打印聚合物中的动态共价键实现，同时还实现了网络拓扑结构重构。

这有助于形成分层氢键、微相分离和互穿结构，从而协同形成卓越的机械性能。该工作为 3D 打印实现大规模应用提供了一个更光明的前景。

相关论文信息：

<https://www.nature.com/articles/s41586-024-07588-6>

## 金属光氧化还原消除解锁卡宾反应性

驾驭高能中间体的能力对合成化学非常重要，它使复杂分子的构建成为可能，并推动合成领域的进步。沿着这些路线，卡宾和类卡宾中间体颇具吸引力，但往往是未知的高能中间体。获取金属卡宾中间体的经典方法是利用双电子化学形成碳 - 金属键。然而，由于试剂安全问题，这种方法通常被禁止，限制了其在合成中的广泛应用。

从机理上讲，可避免这些缺陷的获得卡宾中间体的替代方法涉及两个单电子步骤：把自由基加到金属中形成最初的碳 - 金属键，然后氧化还原促进  $\alpha$  - 消除，产生所需的金属卡宾中间体。

研究组通过金属光氧化还原平台实施了这一策略，利用铁卡宾的反应性，使用易于获得的化学原料作为自由基来源，并从 6 种先前未开发的离去基团中进行  $\alpha$  - 消除。这些发现可使丰富且稳定的羧酸、氨基盐和醇类实现环丙烷化，并将  $\sigma$  键插入 N-H-S-H 和 P-H 键中，从而为卡宾介导的化学多样化挑战提供了一个通用的解决方案。

相关论文信息：

<https://www.nature.com/articles/s41586-024-07628-1>

## 高地树木木质面对大气甲烷的吸收

甲烷是一种重要的温室气体，但树木在甲烷预算中的作用一直不确定。虽然已有研究表明，湿地和一些高地树木可在茎干部释放土壤来源的甲烷，但也有有人认为高地树木可作为大气甲烷的净汇。

课题组研究了热带、温带高地和北方森林树木的原位木质表面甲烷交换。结果表明，木质表面的甲烷吸收，特别是在森林地面以上约 2 米处，可以主导树木的净生态系统贡献，形成树木的甲烷净汇。木质表面室空气中甲烷的稳定碳同位素测量和提取木芯的过程水平研究结果与甲烷营养一致，表明微生物介导的甲烷在木质表面和组织中减少。

通过应用陆地激光扫描衍生的异速测量来量化全球森林树木木质表面积，初步估计树木可能贡献 24.6-49.9 Tg 的全球大气甲烷吸收。该研究结果表明，热带和温带森林保护和再造林的气候效益可能比此前假设的要大。

相关论文信息：

<https://www.nature.com/articles/s41586-024-07592-w>单晶 Mg<sub>2</sub>Bi<sub>2</sub> 热电材料的塑性

大多数最先进的热电材料是无机半导体。由于定向共价键，其通常在室温下表现出有限的塑性，例如，拉伸应变小于 5%。

研究组发现单晶 Mg<sub>2</sub>Bi<sub>2</sub> 在沿 (0001) 平面 (即 ab 平面) 施加张力时显示出高达 100% 的室温拉伸应变。该值比传统热电材料至少高出一个数量级，且优于许多以类似结构结晶的金属。

实验结果表明，变形的 Mg<sub>2</sub>Bi<sub>2</sub> 中存在滑移带和位错，表明位错滑移是塑性变形的微观机制。化学键分析揭示了多个低滑移势垒能面，表明 Mg<sub>2</sub>Bi<sub>2</sub> 中存在多种滑移体系。此外，滑移过程中连续的动力学键合防止了原子面解理，从而保持了较大的塑性变形。

重要的是，掺杂杂质的单晶 Mg<sub>2</sub>Bi<sub>2</sub> 在室温下沿 ab 平面显示出约 55  $\mu$ W/cm<sup>2</sup>K<sup>2</sup> 的功率因数和约 0.65 的品质系数，优于现有的延展性热电材料。

相关论文信息：

<https://www.nature.com/articles/s41586-024-07621-8>

(未玖编译)

更多内容详见科学网小柯机器人频道:

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