

## “小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

## 【物理评论A】

## 环聚合物量子理论的费米子交换研究

加拿大滑铁卢大学 Russell B. Thompson 研究小组与奥地利因斯布鲁克大学的 Philip A. LeMaitre, 对环聚合物量子理论中的费米子交换进行了研究。相关研究成果近日发表于《物理评论A》。

研究人员利用聚合物自洽场理论, 建立了费米子交换与量子-经典同构中排斥体积的映射关系。除了交换之外, 研究人员还发现量子粒子在经典统计力学中可以精确地被表示为环聚合物, 其环路通过逆热参数化, 通常被称为虚时间。

研究团队提供了环聚合物自洽场理论中费米子交换近似的有力证据, 特别是基于环聚合物的对称性, 论证了在平均场图像中使用全轮廓相互作用, 而非相等的虚时间相互作用是合理的。此外, 研究还揭示了移除禁止的热轨迹实质上等同于反对称交换。

研究人员利用不考虑经典关联的环聚合物自洽场理论计算铍原子的电子密度, 结果与忽略库仑关联的 Hartree-Fock 理论较吻合。总结合能在6%以内一致, 虽然距离化学精度还很远, 但考虑到理论方程是从零自由参数的第一原理推导出来的, 这一成果依然值得关注。

此外, 研究人员还探讨了通过更精确地表示自洽场论中电子-电子自相互作用, 来提高理论一致性的潜在方法, 并深入讨论了费米子交换与热轨迹排斥体积之间的量子-经典映射的量子基础意义。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.109.052819>

## 【自然】

## 科学家提出求解量子多体问题的波函数匹配方法

美国密歇根州立大学 Dean Lee 研究团队提出了求解量子多体问题的波函数匹配方法。相关研究成果近日发表于《自然》。

据悉, 从头计算在人们对量子多体系统的基本理解中起着至关重要的作用。这些系统跨越了许多子领域, 从强相关费米子到量子化学、从原子和分子系统到核物理。其中一个主要的挑战在于构建精确的计算系统。该系统中的相互作用错综复杂, 使得选择恰当的计算方法尤为困难。

研究团队通过引入一种名为波函数匹配的方法来解决这个问题。波函数匹配变换了粒子间的相互作用, 使得波函数在有限范围内与易于计算的相互作用相匹配。这一方法突破了计算系统的局限性, 解决了如蒙特卡罗符号取消等问题, 使原本无法进行的计算得以运行。

研究人员成功地将该方法应用于轻核、中质量核、中子物质和核物质的晶格蒙特卡罗模拟中。他们采用高保真度的手性有效场理论相互作用, 所得结果与经验数据高度吻合。这些成果不仅为核相互作用提供了新的见解, 而且有望解决在从头计算中精确再现核结合能、电荷半径和核物质饱和度的长期难题。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07422-z>

## 【自然-遗传学】

## 脑膜瘤异质性和演化机制获揭示

美国加州大学旧金山分校 David R. Raleigh 课题组揭示了脑膜瘤异质性和演化的空间基因组、生化和细胞机制。该研究近日在线发表于《自然-遗传学》。

研究人员利用空间方法确定了将瘤内异质性与高级别脑膜瘤的分子、时间和空间演变联系起来的基因组、生化和细胞机制。研究表明, 肿瘤内不同的基因和蛋白质表达程序将高级别脑膜瘤区分开来, 而目前的分类系统则将这些肿瘤归为一类。对配对的原始性和复发性脑膜瘤的分析表明, 亚克隆拷贝数变异的空间扩展与耐药性有关。

研究人员使用单细胞 RNA 测序的细胞类型, 对脑膜瘤空间转录组进行多重序列免疫荧光和解旋显示, 发现免疫浸润减少、MAPK 信号传导减少、PI3K-AKT 信号传导增加以及细胞增殖增加与脑膜瘤复发有关。为了将这些发现转化为临床前模型, 研究人员使用 CRISPR 干扰和系谱追踪方法, 确定了针对脑膜瘤细胞共培养中瘤内异质性的组合疗法。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41588-024-01747-1>

## 【国家科学院刊】

## 科学家发现卤化物钙钛矿中的拓扑极化子

美国得克萨斯大学奥斯汀分校 Feliciano Giustino 团队发现卤化物钙钛矿中的拓扑极化子。相关研究成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

通过在长度尺度上进行第一性原理模拟, 研究团队发现卤化物钙钛矿具有丰富而独特的极化子种类, 包括小极化子、大极化子和电荷密度波, 并解释了各种实验观察结果。

研究人员发现这些涌现的准粒子支持具有量子化拓扑电荷的拓扑平凡声子场, 使它们成为磁性斯基米子晶格中螺旋布洛赫点的非磁性类比。

据悉, 卤化物钙钛矿是一种革命性的高质量半导体, 可用于太阳能收集和节能照明。越来越多的证据表明, 这些材料的特殊光电特性可能源于非常规的电子-声子耦合, 极化子和自捕获激子的形成可能是了解这些特性的关键。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41588-024-01747-1>

## 【国家科学院院刊】

## 科学家发现卤化物钙钛矿中的拓扑极化子

美国得克萨斯大学奥斯汀分校 Feliciano Giustino 团队发现卤化物钙钛矿中的拓扑极化子。相关研究成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

通过在长度尺度上进行第一性原理模拟, 研究团队发现卤化物钙钛矿具有丰富而独特的极化子种类, 包括小极化子、大极化子和电荷密度波, 并解释了各种实验观察结果。

研究人员发现这些涌现的准粒子支持具有量子化拓扑电荷的拓扑平凡声子场, 使它们成为磁性斯基米子晶格中螺旋布洛赫点的非磁性类比。

据悉, 卤化物钙钛矿是一种革命性的高质量半导体, 可用于太阳能收集和节能照明。越来越多的证据表明, 这些材料的特殊光电特性可能源于非常规的电子-声子耦合, 极化子和自捕获激子的形成可能是了解这些特性的关键。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41588-024-01747-1>

更多内容详见科学网小柯机器人频道:

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

## 首个双语读脑装置让失语者重新“开口”

本报讯 大脑植入物首次帮助一个无法正常说话的人用两种语言进行交流。与大脑植入物耦合的人工智能系统实时解码了他想用西班牙语或英语说的话。

这项5月20日发表于《自然-生物医学工程》的研究, 为人们了解大脑如何处理语言提供了见解, 并为无法口头交流的人恢复多语言能力带来了希望。

“这项研究在语音恢复神经假体这一新兴领域作出了重要贡献。”没有参与该研究的美国加利福尼亚大学戴维斯分校神经科学家 Sergey Stavisky 说, 尽管这项研究只有一名参与者, 但“有充分的理由相信, 当与其他最新进展结合后, 这种策略未来会以更高的准确性发挥作用”。

编号 Pancho 的研究参与者, 因20岁中风导致身体大部分瘫痪。他可以呻吟和咕哝, 但

无法清楚表达。30岁时, Pancho 与美国加利福尼亚大学旧金山分校神经外科医生 Edward Chang 合作, 研究中风对其大脑的持久影响。

在2012年发表的一项开创性研究中, Chang 团队通过手术将电极植入 Pancho 的大脑皮层中, 以记录神经活动, 并将其转换成屏幕上的文字。

Pancho 说的第一句话——“我的家人在外面”被翻译成英语。但 Pancho 的母语是西班牙语, 在中风后才学会了英语, 因此西班牙语仍然能唤起他的熟悉感和归属感。

Chang 说: “一个人说什么语言实际上与他们的身份密切相关。因此, 我们的长期目标从来不只是翻译出文字, 还要恢复人们之间的联系。”

为了实现这一目标, 该团队开发了一个人工智能系统破译 Pancho 的双语讲话。在他并单

词时会呈现出一个独特的神经模式, 并被电极记录下来。Chang 的博士生 Alexander Silva 则在 Pancho 试着说出近200个单词时对人工智能系统进行了训练。

然后, 研究人员将人工智能系统——包括一个西班牙语模块和一个英语模块, 应用于 Pancho 试图大声说出的短语中。对于短语中的第一个单词, 西班牙语模块会选择最符合神经模式的西班牙语单词。英语模块也是如此。

例如, 英语模块可能选择“she”作为短语中最可能出现的第一个单词, 并评估其正确率为70%。而西班牙语模块可能选择“estar”, 并评估其正确率为40%。

两个模块都试图构建一个短语。它们选择第二个单词不仅基于神经模式的匹配, 还取决于它是否可能跟随第一个单词。因此, “我是”比“我不是”的概率得分更高。最终会生成两种语

言的句子, 但 Pancho 面前的屏幕只显示可能性得分最高的版本。

这些模块能够根据第一个单词区分英语和西班牙语, 准确率为88%, 而解码正确句子的准确率为75%。Pancho 最终可以与研究人员进行坦诚但没有剧本的对话。

这项研究揭示了大脑中语言处理的一些意想不到的方面。之前一些使用非侵入性工具的实验表明, 不同的语言会激活大脑的不同区域。但研究人员对大脑皮层直接记录的信号进行检查后发现, 有关西班牙语和英语的许多大脑活动实际来自同一区域。

此外, Pancho 的神经反应似乎与那些在双语环境中长大的儿童没有太大区别, 尽管他在30多岁时才开始学习英语。 (王方)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41551-024-01207-5>

## 科学此刻

## 4.7万年前他们有了孩子

今天的大多数人都携带着尼安德特人的基因。但这种基因混合在何时、何地发生, 以及是一次性的还是长期的, 一直存在争议。

一项近日在预印本平台 bioRxiv 公布的研究, 对古代和现代基因组进行了分析, 发现现代人的尼安德特人 DNA 来自约4.7万年前的一次长期混合。这是第一篇使用数十个古代智人基因组解决上述争议的论文, 可能会对类进化中的其他重大事件的时间产生影响。

“这可能是迄今我们所描绘的尼安德特人基因流入现代人基因的最全面图景。”美国约翰斯·霍普金斯大学研究人类进化的计算遗传学家 Rajiv McCoy 说。

尼安德特人和现代人大约在50万年前分化。尼安德特人栖居在欧亚大陆, 而我们的祖先智人则聚集在非洲。大约7万年前, 今天非洲人以外的所有现代人祖先离开了这片大陆, 到达欧亚大陆, 并可能在今天的中东或欧洲遇到了尼安德特人。

而与尼安德特人的结合可能要追溯到10万年前或更早。但并不是所有从这些早期接触中遗传的尼安德特人基因都能留存到今天。随着时间的推移, 在自然选择和偶然性下, 大部分基因都丢失了。

通过分析现代人的古代样本, 追踪他们如何随着时间的推移获得和失去尼安德特人基因, 可以得到一个延续至今的尼安德特人基因起源的更完整的进化故事。

为此, 美国加利福尼亚大学伯克利分校人



4.5万年前, 保加利亚巴柯基罗洞穴内居住着现代人。

图片来源: FOTOKON/SHUTTERSTOCK

口遗传学家 Priya Moorjani 和同事分析了59个古代智人基因组序列。这些智人大多来自西欧和亚洲。其中, 最古老的为西西伯利亚 Ust'-Ishim 的男性(4.5万年前)、捷克 Zlatý kuň 的女性(4.5万年前), 以及保加利亚巴柯基罗洞穴(4.5万年至3.5万年前)和罗马尼亚 Pesterca Oase 洞穴(4万年前)个体的 DNA。

研究人员将这些古代智人基因组与全球275个现代人基因组进行了比较, 确定了继承自尼安德特人的基因区域。然后, 他们使用计算机软件跟踪了尼安德特人基因在不同人群中的演变情况, 估算了需要多少代人的基因组才会出现这样的分化。

最终, Moorjani 和同事们得出结论, 大约4.7万年前, 尼安德特人基因开始流入现代人的祖先。通过对基因流动周期进行建模, 他们认为尼安德特人和现代人在大约6000到7000年的时间内交换基因最符合数据。但该研究没有分析尼安德特人和现代人“夫妻”在这段时间里有多

频繁地在一起。不过此前有研究表明, 这样的配对可能并不罕见。

Moorjani 等人研究发现, 现代人最古老的基因组拥有相对较长的尼安德特人基因区域。但随着时间推移, 这一区域变短了。这表明被丢失的基因片段可能携带有害突变或能够导致后代不育。与此同时, 研究证实了现代人获得的几个尼安德特人基因片段, 涉及皮肤色素沉着、免疫反应和新陈代谢, 都是对人类有利的。

未参与该研究的英国自然历史博物馆人类学家 Chris Stringer 说, 确定基因混合的时间有助于确定其他重大迁徙事件发生的时间, 比如智人何时抵达澳大利亚。

他指出, 今天澳大利亚土著人与所有其他非非洲人一样, 拥有尼安德特人血统。因此, 他们的祖先一定是在这场混合事件之后到达澳大利亚的, 时间不可能早于4.7万年前。 (徐锐)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1101/2024.05.13.593955>

## 当今二氧化碳增速为过去5万年最快

本报讯 通过对古代南极冰层的详细分析, 研究人员发现, 今天大气二氧化碳的增长速度是过去5万年中任何时候的10倍。近日, 相关成果发表于美国《国家科学院院刊》。

该研究为地球历史上的气候突变时期研究提供了新认识, 并对当今气候变化的潜在影响提出了新见解。

“研究过去可以告诉我们今天有何不同。今天二氧化碳的变化速度确实是前所未有的。”论文主要作者、美国俄勒冈州立大学助理教授 Kathleen Wendt 说, “我们的研究确定了有史以来二氧化碳自然上升的最快速度, 而今天主要由人类驱动的二氧化碳排放速度是过去的10倍。”

过去, 由于冰期循环和其他自然原因, 二氧化碳水平会有所波动。但今天, 由于人类排放, 二氧化碳水平正在上升。

数十万年来在南极形成的冰含有古代大气, 它们被困于气泡中。科学家通过钻探3.2千

米深的冰芯收集了这些冰样, 用以分析微量化学物种, 并建立过去的气候记录。

先前的研究表明, 在大约1万年前结束的最后一个冰河时期, 有几个阶段的二氧化碳水平似乎远高于平均水平。但这些测量不够精确, 无法揭示快速变化的全部性质。

“我们的兴趣被激发了, 想回到那些时期进行更详细的测量, 以了解发生了什么。” Wendt 说。

Wendt 和同事利用西南极洲大冰原分界线的冰芯样本, 研究了那些时期到底发生了什么。他们发现了一种模式, 表明这些二氧化碳激增发生在北大西洋被称为海因里希事件的寒冷期, 该事件与世界各地的气候突变有关。

“这些海因里希事件具有非同寻常。”论文作者之一、俄勒冈州立大学副教授 Christa Buizert 说, “我们认为它们是由北美冰盖的急剧崩塌引起的。这引发了一系列连锁反应, 包括热带季

风、南半球西风 and 海洋中大量二氧化碳的变化。”

在最大的自然上升期, 二氧化碳在55年内增加了大约14ppm(百万分之一)。这种激增大约每7000年发生一次。而按照今天的二氧化碳上升速度, 这种规模的增长只需5到6年即可完成。

有证据表明, 在过去二氧化碳自然上升时期, 在深海环流中起重要作用的西风也在加强, 导致南大洋的二氧化碳迅速释放。

其他研究表明, 由于气候变化, 这些西风带将在下个世纪加强。研究人员指出, 新的发现表明, 如果这种情况发生, 它将降低南大洋吸收人类产生的二氧化碳的能力。

“我们依靠南大洋吸收人类排放的部分二氧化碳, 但迅速增强的南风削弱了这种能力。” Wendt 说。 (文乐乐)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1073/pnas.2319652121>

## 科学快讯

(选自 Science 杂志, 2024年5月17日出版)

## 新方法降低钙钛矿太阳能电池光电压缺陷

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.ad02302>

## 使用工具有益南方海獭牙齿健康

虽然工具的使用可以提高资源利用率, 但其适应度效益难以衡量。通过对196只带有无线电极标记的南方海獭的纵向数据进行研究, 研究人员发现使用工具的个体, 特别是雌性, 能捕获更大或壳更硬的猎物。

这些机械优势可以减少海獭牙齿的损伤。此外, 工具的使用减少了海獭捕食不同猎物、牙齿状况和能量摄入之间的权衡。工具的使用使海獭能够捕获其他难处理的猎物来维持能量需求。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.adf6608>

## 权力如何塑造行为

权力, 即对宝贵资源的不对称控制, 影响着大多数人的互动。尽管用真实世界的数据来研究权力具有挑战性, 但一个独特的数据集使研究人员能够在医患关系的关键背景下进行研究。

研究人员基于美国军事急诊科的数据, 分析了医生和病人之间的权力差异如何影响医生的行为。

研究结果表明, 权力赋予了人们非同一般的优势。“高权力”的病人比“低权力”的病人获得的资源更多且更好。此外, 医患在种族和性别方面的一致性也很重要。总之, 权力驱动的行为变异会伤害卫生保健机构中最脆弱的人群。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.ad13835>

## 用DNA折纸组装钻石晶格光子晶体

胶体自组装可以在微米和亚微米尺度上合理设计结构。一种可以产生完整三维光子晶体的结构是金刚石立方晶格, 但它仍然很难在与可见光或紫外光波长相当的长度尺度条件下合成。为此, 研究人员提出了由DNA折纸自组装的三维光子晶体, 作为精确可编程的斑状胶体。

这一基于DNA的纳米级结晶呈一个周期为170纳米的棒状连接的金刚石立方晶格。这种结构可以作为高折射率材料, 如二氧化钛原子层沉积的支架, 在近紫外条件下产生可调谐的光子带隙。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.ad12733>

(冯维维编译)

更多内容详见科学网小柯机器人频道:

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