

## “小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《国家科学院院刊》

## 水中气泡上升路径具有不稳定性

英国布里斯托大学的 Jens G. Eggers 研究组近日取得一项新成果，发现气泡在水中上升的路径具有不稳定性。相关成果 1 月 17 日发表于美国《国家科学院院刊》。

文艺复兴时期以来就有文献记载，在水中上升的气泡一旦超过临界大小，就会偏离其笔直、稳定的路径，进行周期性“之”字形或螺旋运动。然而，不稳定气泡上升现象一直没有定量描述，其物理机制也一直存在争议，这些生活中常见的现象背后的科学谜底等待解开。

该研究组利用数值映射技术，首次利用高精度的失稳测量结果进行了定量分析。他们的线性稳定性分析表明，在临界球半径  $R=0.926$  毫米以上，在 $2\pi$  的实验值范围内，气泡在水中的直线路径在周期性扰动下变得不稳定。虽然以前认为气泡尾迹变得不稳定，但课题组现在证明了一种新的机制基于流动和气泡变形之间的相互作用。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1073/pnas.2216830120>

## 研究提出软质材料降阶模型的力学框架

美国麻省理工学院的 Ken Kamrin 调研组在最新研究中提出软材料降阶模型的力学框架：三维颗粒侵入的应用。相关成果 1 月 17 日发表于美国《国家科学院院刊》。

软质材料通常表现出复杂的行为，通过明显的固体和流体状态过渡。虽然针对这些材料存在越来越多的微尺度模拟方法，但通常需要封装宏观物理的降阶模型来预测外部物体如何与软介质相互作用。这种方法可以为从撞击和穿透问题到在自然地形上移动的各种情况提供直接的见解。作者提出了一个系统计划，使用连续介质对称性和流变学原理，开发三维软材料降阶模型。

该研究小组推导了一种降阶三维阻力理论（3D-RFT），该理论能够准确、快速地预测任意形状物体侵入颗粒介质时的阻力应力分布。借助颗粒介质的连续描述、一套全面的空间对称约束和有限的参考数据，研究人员推导了一种自一致且准确的 3D-RFT。研究人员在广泛的情况下验证了模型的能力，表明它可以快速重新校准到不同的介质和侵入者表面类型。产生 3D-RFT 的前提是预期应用于其他具有强超局部化侵入行为的软材料。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1073/pnas.2214017120>

## 《自然 - 物理学》量子反常霍尔绝缘体中劳克林电荷泵送

日本理化研究所的 Minoru Kawamura 调研组揭示了量子反常霍尔绝缘体中的劳克林电荷泵送。相关论文 1 月 19 日发表于《自然 - 物理学》。

据了解，绝热电荷抽运是物质拓扑相最显著的特征之一。量子霍尔系统中的劳克林电荷泵浦是一个典型的例子。作为类比，三维拓扑绝缘体已被预测支持电荷泵浦通过其磁隙表面状态。尽管电荷泵浦作为表面霍尔电导率的直接探测很重，但它还没有在基于拓扑绝缘体的系统中得到证明。

课题组研究人员报告了在拓扑绝缘体的薄膜磁异质结构中电荷泵浦的观察，其几何形状禁止边缘输运。课题组人员发现当样品处于量子反常霍尔绝缘体相时，在交变磁场的作用下，内外电极之间发生了电荷泵浦现象。

研究人员表示，泵送电荷的数量以每个表面的霍尔电导率为量子电导的一半来解释，从与轴绝缘体相的比较来看，没有电荷泵送。由于电荷泵浦与理论预测的拓扑磁电效应密切相关，作者表示，这一观测可能为其直接观测提供线索。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41567-022-01888-2>

## 耦合非线性光学谐振腔中非平衡谱相变

美国加州理工学院 Alireza Marandi 团队在一项最新研究中提出了耦合非线性光学谐振腔中的非平衡谱相变。相关成果 1 月 19 日发表于《自然 - 物理学》。

具有多个相互作用自由度的耦合系统为涌现动力学提供了肥沃的土壤，否则在孤立的系统中是无法达到的。

研究表明，耦合非线性光学谐振腔可以在光谱中进行自组织，从而导致一阶相变。研究人员用实验证明在时间复用的耦合光参量振荡器的这种光谱相变。他们将相互耦合的性质从色散转换为耗散，并获得了参数振子二聚体的不同光谱区。该研究组在一阶跃迁点观察到光谱的突变不连续。

此外，研究人员还展示了非平衡相变如何导致增强的传感，其中所施加的扰动是不可由潜在的线性系统解决的。其方法可用于非线性驱动耗散系统的传感应用，在不牺牲灵敏度的情况下提高性能。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41567-022-01874-8>

更多内容详见科学网小柯机器人频道：

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

# 史上最短电子脉冲问世

## 有助电子显微镜捕捉更清晰图像

**本报讯** 德国科学家捕捉到一个破纪录的最短电子脉冲——仅有 53 阿秒（1 阿秒为  $10^{-18}$  秒）。其速度之快足以让更精确的电子显微镜在原子水平上捕捉清晰、静止的图像，而不是模糊的图像。它还可以加快计算机芯片的数据传输速度。相关论文 1 月 25 日发表于《自然》。

电子脉冲被用来表示计算机内部数据或在电子显微镜中捕捉图像。脉冲越短，信息传输速率就越高。罗斯托克大学的 Eleftherios Goulielmakis 等研究人员一直致力于尽可能缩短这种脉冲的长度。

普通电路内电场产生的电子脉冲受到电子在物质内振荡频率的限制。Goulielmakis 说，一

个脉冲至少需要持续半个周期的振荡，正是这个周期为电子创造了“推动力”。

而光的振荡频率要高得多，所以 Goulielmakis 团队一直在使用短时间的光爆发来触发电子脉冲。2016 年，该团队创造了一道持续时间仅为 380 阿秒的可见光。现在，该团队使用同样的技术将激光聚焦，并将电子从钨针的尖端打到真空中。

他们探测到的 53 阿秒电子脉冲甚至比引发它的光脉冲还要短。Goulielmakis 说，按照玻尔的氢原子模型，它持续的时间是氢原子中一个电子绕原子核公转所需时间的  $1/5$ 。

如此短的电子脉冲可以使电子显微镜聚焦在更短的时间片段上，类似于降低相机的快门

速度，从而更清晰地揭示粒子的运动。

“有时（在电子显微镜图像中）你会看到原子有点模糊，这不一定是因为它们的分辨率不高，而是因为电子在某个特定点上没有静止，在原子周围形成一团云。而阿秒电子脉冲将有助于增强分辨率，以捕获运动中的电子。”

Goulielmakis 说：“如果使用阿秒电子脉冲创建电子显微镜，那么我们不仅有足够的分辨率观察运动中的原子，甚至还可以看到电子如何在这些原子之间跳跃。这将是一件令人兴奋的事。”

（李木子）

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05577-1>

迄今为止最短电子脉冲被记录下来。

图片来源：Eleftherios Goulielmakis

## ■ 科学此刻 ■

### 埃及男孩 有颗金子般的心

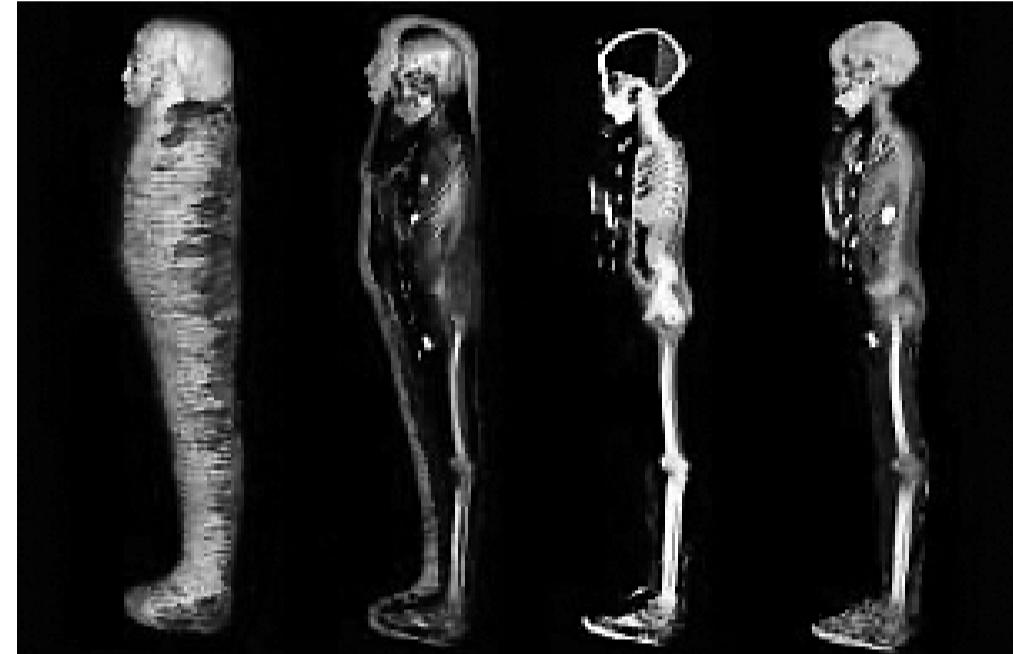
科学家对一具埃及木乃伊进行数字扫描后发现，一名十几岁的男孩、一颗黄金制成的心脏以及古埃及人认为对来世很重要的护身符曾被合葬在一起。相关研究 1 月 24 日发表于《医学前沿》。

这是公元前 300 年托勒密时期的木乃伊，自 1916 年以来一直保存在开罗埃及博物馆地下室，没有受到任何干扰。

开罗大学的 Sahar Saleem 利用计算机断层扫描，通过数字化方式“打开”了这具覆盖着黄金的小木乃伊，并发现了 21 种不同类型的 49 个护身符。该方法使用数百张高分辨率 X 射线图像展示了木乃伊的骨骼和软组织。

Saleem 等在木乃伊的胸腔内发现了一只 3 厘米长的黄金制成的圣甲虫，它象征着一颗心脏。研究人员在头骨的口腔区域发现了一条金色的舌头，在左大腿防腐切口旁发现了两根手指形状的护身符，以及其他由黄金、半宝石和色彩鲜艳的陶瓷制成的宗教护身符。

研究人员表示，作为一种精神象征，男孩自己的心脏仍留在胸腔里，这在埃及木乃伊



数字化打开一个男孩木乃伊的 4 个阶段。

图片来源：SN Saleem, SA Seddik, M el-Halwagy

中很常见。

埃及人相信通往来世的艰辛旅程是在死后进行的，而这些护身符是对通往来世的人的保护。Saleem 说，“男孩的家人为他进行了昂贵的防腐处理，并为他安全抵达来世的地下之旅做了充分准备，比如走出棺材的凉鞋和用来说话的金舌头。”

研究人员通过 CT 扫描对这颗黄金心脏进行 3D 打印重建。“这个巨大的黄金圣甲虫护身符

很神奇，尤其是在我把它打印出来并拿在手中之后。”Saleem 说，“3D 打印的护身符背面有雕刻痕迹，代表铭文和咒语。”

这些铭文似乎包含了《埃及亡灵经》中的文句，其中写到当人们在通往来世的路上被众神审判时，圣甲虫心脏可以帮助他们平静下来。

（王见卓）

相关论文信息：

<https://doi.org/10.3389/fined.2022.1028377>

## 罕见绿彗星将与地球擦肩而过



C/2022 E3 彗星。

图片来源：Dan Bartlett/NASA

## 自然要览

(选自《Nature》杂志，2023 年 1 月 26 日出版)

## 转换单光子作为多体定位探针

一个粒子衰变成更多粒子是相互作用的量子系统中普遍存在的现象，会发生在对撞机、核反应堆或固体中。在非线性介质中，即使是单个光子也会以费米-金斯法则给出的速率，通过下转换（分裂）成具有相同总能量的低频光子而衰减。但如果介质是有限的且只支持量子化模式，则不能精确地匹配能量守恒条件。

作者使用超导多模腔实现了这一实验，其非线性被适应于强烈违反光子数守恒。由此产生的相互作用试图将单光子激发转化为低能量光子簇，但由于多体局部化机制而失败，这表现为在空腔波模式频率下的多粒子共振的惊人光谱精细结构。每个共振都被确定为由宽频率范围的光子组成的多体辐射状态，不遵守费米的黄金法则理论。研究结果引出了一个全新的平台来探索多体定位的基本原理，而不必控制许多原子或量子位。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05503-5>

## 最大限度提高全钙钛矿串联电压

在宽带隙（超过 1.7 eV）的钙钛矿太阳能电池中，开路电压（VOC）亏缺比约 1.5 eV 的电池更高。准米级分裂测量表明，在电子传输层接触处存在 VOCs 限制复合。加拿大多伦多大学教授 Edward Sargent 团队研究发现，这源于不均匀的表面电位和较差的钙钛矿电子传输层能量排列。

普通的单铁表面处理无法解决这一问题；作为一种替代方法，他们引入了二铵分子来修饰钙钛矿的表面状态，并实现了更均匀的表面电位空间分布。将该层纳入单片全钙钛矿串联，研究者报告了 2.19 V 的创纪录 VOC（详细平衡 VOC 限值的 89%）和超过 27% 的功率转换效率（PCE）（26.3% 经过准稳态认证）。这些串联在操作 500 小时后保留了超过 86% 的初始 PCE。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05541-z>

## 具有记忆行为的平面内带电畴壁

畴壁纳米电子学被认为是非易失性存储器和逻辑技术的一种新范式，在这种技术中，作为有源元件的是畴壁而非电极。作者报道了一种在几纳米厚的 BiFeO<sub>3</sub> 铁电薄膜中可控地生成和操纵平面内带电畴壁的方法。通过在扫描透射电子显微镜中使用原位偏压技术，研究者检测到一种非常规的逐层切换机制，其

中铁电畴生长发生在平行于外加电场的方向上。

基于原子分辨电子能量损失谱、在线电子全息图的原位电荷映射和理论计算，他们证明了在带电畴壁聚集的氧空位是畴壁稳定和运动的原因。BiFeO<sub>3</sub> 薄膜平面内畴壁位置的电压控制产生了多个非挥发性电阻状态，从而证明了作为几个单位元单元的忆阻器的关键功能特性。这些结果促进了对铁电开关行为的更好理解，并为制造单位电池级器件提供了新的策略。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05503-5>

## 利用机器学习对有机反应机理进行分类

对催化有机反应机理的理解对于设计新的催化剂、反应模式和构建更绿色、更可持续的化学过程至关重要。研究者展示了一个深度神经网络模型，经过训练后可以分析普通动力学数据，并自动阐明相应的机构类，而不需要任何额外的用户输入。该模型以出色的精度识别了各种各样的机制类别，即使在动力学数据包含大量误差或只有几个时间点时也能出色地执行。

该研究结果表明，人工智能引导的机理分类是一个强大的新工具，可以简化和自动化的机理说明。他们正在将这个模型免费提供给社区，预计该工作将促进全自动有机反应的发现和开发。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05490-7>

## 可穿戴心脏超声成像仪

心功能连续成像对于长期心血管健康评估、急性心功能不全监测以及危重患者或外科患者的临床管理非常有价值。然而，传统的非侵入性心功能成像方法由于设备体积大，无法提供连续的测量，现有的可穿戴心脏设备只能捕获皮肤上的信号。

作者报道了一种可穿戴式超声设备，用于连续、实时和直接的心功能评估。他们介绍了设备设计和材料制造方面的创新，改善了设备与人体皮肤之间的机械耦合，允许在运动过程中从不同角度检查左心室。研究者还开发了一个深度学习模型，从连续的图像记录中自动提取左心室容量，生成关键心脏性能指标的波形，如冲程容量、心排血量和射血分数。该技术能够在各种环境下对心脏性能进行动态可穿戴监测，大大提高了准确性。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05498-z> (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/AInews/>