研究揭示物质超均匀分布的新机制

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/39087.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

研究揭示物质超均匀分布的新机制。近日，中国科学院理论物理研究所统计物理金瑜亮研究员团队与上海交通大学、浙江大学等合作，在无序系统与统计物理研究领域取得重要进展，揭示了物质超均匀分布的一种新机制。相关成果于近日发表在美国《国家科学院院刊》。

阻塞相变是无序体系从流动状态到非晶固态的转变过程，在胶体、颗粒物质及非晶材料中普遍存在。长期以来，该相变呈现出一个悖论：一方面表现出超均匀性，即大尺度密度、接触数等物理量涨落被显著抑制；另一方面又表现出临界性，即系统对外界扰动表现出高度敏感性和长程关联。

想象一下，有一堆沙子。当沙子呈现出一堆散沙时，里面颗粒的分布是随机的，有的地方密，有的地方疏。但当你把这堆沙子压实，让它变成一个相对固定的沙堆，神奇的事情发生了。

一方面，这个沙堆内部大范围的稀疏和密集程度被抑制了，变得异常均匀。另一方面，这个沙堆又很敏感，稍微碰一下，里面的颗粒就可能发生很大的位置调整。

放在物理学中，相对固定的沙堆相当于阻塞相变，异常均匀为超均匀性，因敏感而发生变化叫做临界性。在一般材料体系中，临界性往往意味着超涨落，而非超均匀。为何在阻塞相变中，这两种看似矛盾的现象可以同时存在？

研究团队通过理论分析和模型构建，揭示了这一悖论背后的物理机制。他们发现，阻塞相变中的接触数（即粒子受到周围粒子作用力的数量）超均匀性源于两个核心约束：一是全局的等静性条件，二是局域的力学稳定性不等式。

基于上述机制，研究团队构建了一种最小拓扑网络模型，该模型满足全局等式与局部不等式的约束条件。该模型在临界点处，同时展现了连接数超均匀性和临界行为。

该工作为理解无序系统中的超均匀性和临界性共存现象提供了简洁而深刻的物理图像，揭示了力学稳定性约束在无序材料结构形成中的核心作用。这一发现为设计具有特定力学和光学性能的无序材料提供了新思路。

研究人员表示，该研究还启发了更广泛的思考：近年来，科学家已在多种体系中观测到超均匀涨落现象，包括细菌等活性物质、鸟类视网膜感光细胞，甚至延伸至宇宙大尺度上的星系分布。这引出一个自然的问题——在其他超均匀体系中，是否也存在类似的全局等式与局部不等式约束条件？本研究提出的机制，为探索这一普适性规律提供了新的理论视角，也为未来在更广泛的约束

满足系统中寻找超均匀分布开辟了有趣的方向。（来源：中国科学报 韩扬眉）

相关论文信息：https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2517241123

作者：金瑜亮等 来源：《国家科学院院刊》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发