

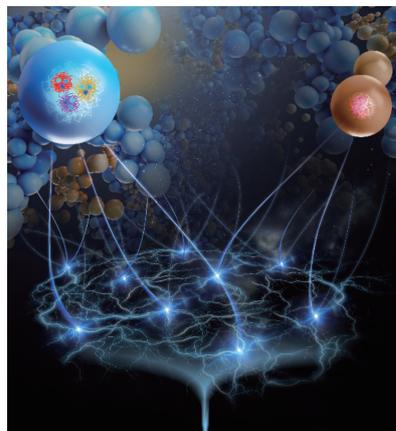
## 机器学习方法研究玻璃体系中的 Gardner 相变

1985年，英国物理学家 Elizabeth Gardner 从理论上预测了在自旋玻璃模型中存在一种由全副本对称性破缺导致的复杂相变——Gardner 相变。近年来的平均场理论计算表明，Gardner 相变不仅存在于自旋玻璃，也应该存在于结构玻璃中。然而，如何在实验或计算机模拟中测量 Gardner 相变对应的临界指标，一直是一个难题，其主要原因是难以精确地测量该相变对应的关联长度。

中国科学院理论物理研究所副研究员金瑜亮、北京航空航天大学研究员蒋滢团队，利用机器学习算法的强大模式区分能力，巧妙地回避了直接测量关联长度的计算困

难，明确给出了 Gardner 相变的临界指标。通过对分子动力学模拟获得的轨迹数据进行训练，神经网络可以将硬球玻璃样本区分为相变前和相变后的两类，从而精确地确定 Gardner 相变点。更重要的是，神经网络的分类结果还可以体现相变点附近的有限尺寸效应。将机器学习的判别结果和临界相变的有限尺寸理论相结合，进而获得其所对应的临界指标。

本研究表明，机器学习方法不但能够用于研究经典的平衡态相变，而且，也可以用于研究复杂无序体系中的非平衡相变，提取传统测量手段无法获得的深层次物理信息。这为研究玻璃物质、高



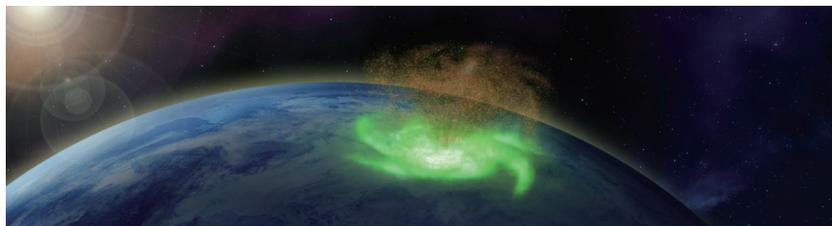
分子聚合物、生物细胞等系统中的相变问题提供了一种全新的思路 and 方案。

更多内容详见：*PNAS*, 2021, 118(11): e2017392118。

中国科学院理论物理研究所 金瑜亮

## 地球极区电离层上空发现“太空台风”

台风或飓风是低层大气中发生的强烈热带气旋。那么，在地球或其他行星的高层大气中是否存在类似台风或飓风的现象呢？研究者一直在寻找它的踪迹。针对这一挑战，山东大学张清和、中国科学院国家空间科学中心王赤带领团队利用电离层卫星等的观测数据，结合磁流体力学数值模拟，开展了系列研究，近期取得了突破性进展。



“太空台风”示意图

该成果首次在地极区电离层上空发现并命名了“太空台风”，因为它伴随有巨型台风气旋状的极光亮斑结构、环形等离子体对流和速度为零的“台风眼”、环形磁场扰动、强电子“雨”等等与台风或飓风十分相似的特征。利用高分辨率三维磁流体力学数值模拟，团队重现了这一现象及其三维形态。研究发现，长时间极端平静的磁条件

下，发生在地球高纬度的磁层与太阳风相互作用及其演化，使得在北极磁极点上方的电离层与磁层形成了一个巨大的顺时针旋转的漏斗型磁螺旋结构。该结构形成了太阳风带电粒子进入地球中高层大气、地球带电粒子逃逸至磁层的通道，极大提升了太阳风—磁层能量的耦合效率。

该工作表明，在极端平静的磁条件下，极区仍可能存在堪比超级磁暴的剧烈地磁扰动和能量注入，更新了对太阳风—磁层—电离层耦合过程的认识，并被 *Nature* 选为了研究亮点。

更多内容详见：*Nat. Commun.*, 2021, 12: 1207。

山东大学 张清和