

---

# 科学家找到模拟“违背”牛顿第三定律鸟群的方法

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40359.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！*

科学家找到模拟“违背”牛顿第三定律鸟群的方法。近日，《自然-物理学》发表的新研究解决了一个长期存在的问题，即那些似乎违反牛顿第三定律的系统，如鸟群和细菌群很难用模型进行精准模拟。研究人员通过在模型中引入精心设计的虚构伙伴，从而以前所未有的精度模拟了上述复杂系统。

牛顿第三定律指出，两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等,方向相反，作用在同一条直线上。这一原理在日常生活中很容易观察到。比如，人奔跑时，双脚推压地面，地面也以相等的力反推。同样的原理可以解释汽车如何行驶、人如何划船，以及气球放气时为何向前冲。300多年来，牛顿第三定律一直是经典物理学的基石之一。

在理论力学中，我们通常教给学生的内容最终都建立在作用力与反作用力原理之上。论文通讯作者、马克斯·普朗克复杂系统物理研究所的Marin Bukov说。

然而，鸟类在成群飞行时只关注自己旁边或前方的鸟，不会与后方的鸟进行校准并调整飞行姿态。这种行为似乎与牛顿第三定律相冲突。

鸟群并不是唯一看起来超出这一规则的系统。细菌群、人群，甚至活体组织中的细胞群都有类似的行为。在这些系统中，个体只对周围环境的一部分做出反应，而非全部，这就导致相互作用是单向的，意味着作用力和反作用力不再平衡。物理学家将这称为非互易相互作用。传统理论是为遵循牛顿第三定律的系统设计的。这一局限性，导致科学家们一直难以精确模拟非互易相互作用系统。而这种模拟对于理解生物过程、人群行为及动物的集体运动至关重要。

德国马克斯·普朗克复杂系统物理研究所的研究人员，为这个长期存在的问题找到了解决方案。他们通过扩展传统的作用力-反作用力框架，开发并证明了一种理论，使这些不适用于牛顿第三定律的系统也可以被精确地描述和模拟，甚至可以使用既有的方法进行模拟。该方法的关键在于引入额外的人工变量。

物理学家通常使用与现实属性相对应的数学变量来描述自然系统，如鸟的位置和速度、鱼在鱼群中的位置、汽车在交通中的位置。论文通讯作者、马克斯·普朗克复杂系统物理研究所的Ricard Alert解释，新理论背后的诀窍在于，它为系统的每个个体构建了一个在自然界中不存在的虚构伙伴，从而将原始的非互易相互作用被替换为与这些辅助自由度的相互作用。

该方法在实践中如何运用？研究人员以鸟群为例进行了验证。

---

为了精确模拟鸟类的运动，我们使用上述方法将鸟群这一非互易相互作用的动态系统描述为一个互易系统。具体而言，我们在每只真实鸟的前面放置一只朝向完全与其相反的虚构的鸟。Alert说，这些虚构伙伴是数学工具，允许研究人员将单向作用转化为可以使用现有方法分析的形式。

在物理学中使用辅助自由度并不新鲜。该研究的新颖之处在于辅助自由度被应用于具有非互易相互作用的系统。这使得科学家能够利用成熟的多体物理学框架，同时还能更精确地模拟复杂系统。同样重要的是，它提供了对底层物理学的更深入理解，为未来的发现奠定基础。（来源：中国科学报 许悦）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41567-026-03317-0>

作者：Marin Bukov 来源：《自然—物理学》

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](https://www.iikx.com)转发