SIMIS-TSIMF Interdisciplinary Series

上海数学与交叉学科研究院/清华三亚国际数学论坛交叉科学系列

Thermodynamics of Complexity : Free Energy Approach

(Final Version, 6/15/24)

题目：复杂系统的热力学：自由能原理

时间：2024 年 6 月 11 至 16 日

地点：海南省三亚市清华三亚国际数学论坛（三亚市清华路 100 号）

主办单位：上海数学与交叉学科研究院

上海数学与交叉学科研究院（SIMIS）依托清华三亚数学科学论坛（TSIMF）举办“复杂系统的热力学：自由能原理”小型研讨会，邀请物理学、数学、计算神经科学、人工智能等具有交叉背景和兴趣的专家，聚焦非平衡态统计与复杂动力系统的数学刻画，探讨自适应体系的自组织与演化的第一性原理和复杂系统的涌现现象。研讨会将深入探讨一下课题，1) 非平衡态统计物理；2) 高维动力系统、临界性、随机过程；3) 信息论、编码理论。研讨会将首先回顾 Jarzynski, Crooke, Seifert 等研究的非平衡态热力学里熵产生与自由能耗散的基本概念、Shannon 信息论信源信道编码和 Bialek 的信息瓶颈原理、计算神经科学领域提炼出的贝叶斯预测编码、主动推理和 Friston 的大脑自由能原理等，通过自由而聚焦的跨学科讨论，探索描绘信息运动及其随机控制的一般动力学规律和方程。

研讨会形式：研讨会在海南省三亚市的清华三亚国际数学论坛（TSIMF）举行。预计 4-5 天时间，规模不超过 30 人。会议通过领域简介、头脑风暴、焦点问题等交流形式，辅之轻松愉悦的自由讨论和休闲活动，期望孕育复杂系统研究的原创性想法和思路。

本次研讨会与诸多会议不同之处在于：1) 高度交叉（数学、物理、信息、生命领域）；2) 高度聚焦（自由能、熵等基于热力学语言和框架所刻画的复杂、非平衡态系统）；3) 高度联动（会议单元并非每人介绍本人工作，而是以跨学科/领域的共同概念为基础的讨论、协同与互动）。研讨会可看成是一场在轻松休闲自然环境下持续多日的团队攻关 collective problem solving，会议宗旨是希望凝聚出复杂智能系统和过程的奠基性原理和方程。除了安排基础背景介绍的报告之外，根据需要，在会议期间会临时调整议题，既有参会者的即兴报告与汇报 presentation，也有头脑风暴与合作攻关。

为保障质量，研讨会采用邀请制：参会人员是认可会议宗旨的在本领域具有相当基础和语言的专家和少数有潜力的学生。参会人员在三亚期间的食宿，由组织者承担。同行家属需缴纳餐饮费（200 元/天）。全体参会人员往返三亚旅费均自理。会议不收取注册费和其他会务费用。

会议议程

6 月 11 日： 抵达三亚/研讨会报到

6 月 12 日： 7:30-8:30 早餐

9:00-10:00 背景介绍：非平衡态统计、熵与自由能（王子）

10:00-10:30 茶歇

10:30-11:30 前沿观点：热力学、统计物理基础（钱纮 via Zoom）

12:00-13:00 午餐

14:00-15:00 背景介绍：大脑的自由能原理（牟牧云）

15:00-15:30 茶歇

15:30-16:30 前沿观点：主动推理与强化学习（张正泉）

17:30-19:00 晚餐

6 月 13 日： 7:30-8:30 早餐

9:00-10:00 深度介绍：涨落定律与随机热力学（全海涛）

10:00-10:30 茶歇

10:30-11:30 背景介绍：变分自编码器与 ELBO（张潘）

12:00-13:00 午餐

14:00-15:00 背景介绍：信息几何和 e/m 对偶（张俊）

15:00-15:30 茶歇

15:30-16:30 前沿观点：热力学输运与涨落的几何刻画（任捷）

17:30-19:00 晚餐

6月14日: 7:30-8:30 早餐

9:00-10:00 背景介绍: Tsallis 统计物理与自由能 (彭梁榕)

10:00-10:30 茶歇

10:30-11:30 背景介绍: 自组织临界性 SOC (汤雷翰)

11:30-12:00 前沿观点: Fisher 信息与随机梯度下降 (唐乾元)

12:00-13:00 午餐

14:00-15:00 背景介绍: 自旋玻璃与相变 (周海军)

15:00-16:00 前沿观点: 神经网络与液体-玻璃相变 (金瑜亮)

16:00-16:30 茶歇

16:30-17:30 背景介绍: 符号动力学和 Koopman 算符 (兰岳恒)

17:30-19:00 晚餐

6月15日: 7:30-8:30 早餐

9:00-10:00 背景介绍: 大偏差理论 (柳飞)

10:00-10:30 茶歇

10:30-11:30 前沿观点: 热力学、统计物理基础 (续) (钱纮 via Zoom)

11:30-12:00 背景介绍: 统计场论中的大偏差计算 (苗兵)

12:00-13:00 午餐

14:00-15:00 前沿观点: 复杂系统的涌现与因果 (张江)

15:00-15:30 茶歇

15:30-16:30 背景介绍: 信息瓶颈原理 (张俊)

16:30-17:30 焦点讨论: 聚焦前沿研究课题

17:30-19:00 晚餐

6月16日: 研讨会结束/离开三亚

组织委员会：

张俊（上海数学与交叉学科研究院，密西根大学）

汤雷翰（西湖大学）

周海军（中科院理论物理所）

林伟（复旦大学）

参会人员：

张俊（上海数学与交叉学科研究院，密西根大学）

汤雷翰（西湖大学）

周海军（中科院理论物理所）

张江（北京师范大学）

狄增如（北师大珠海分校）

兰岳恒（北京邮电大学）

全海涛（北京大学）

金瑜亮（中科院理论物理所）

任捷（同济大学）

钱纮（华盛顿大学，线上）

唐乾元/傅渥成（香港浸会大学）

张潘（中国科学院大学）

苗兵（中国科学院大学）

柳飞（北航）

李耿（北京师范大学）

彭梁榕（闽江学院）

王维康（中科院理论物理所）

牟牧云（北京师范大学，博士生）

王子（同济大学，博士生）

张正泉（复旦大学，博士生）

程凯铭（纽约州石溪大学，博士生）