

# 受邀发表综述文章，系统回顾核物质研究 打开 AI 与大脑交汇的奇妙大门

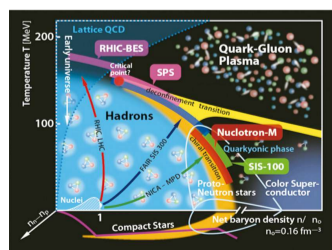
近日，现代物理研究所马余刚院士受《Progress in Particle and Nuclear Physics (PPNP)》(《粒子与核物理学进展》)期刊主编邀请撰写的综述文章《Shear viscosity of nucleonic matter》(作者:邓先概、方德清、马余刚)发表在PPNP期刊上。

剪切粘度 (shear viscosity) 是流体内摩擦的度量，也是物体黏流性质的一项具体反映。对于流体来说，粘度相当于非正式的“厚度”概念:例如，蜂蜜的粘度比水高。粘度可以量化相对运动的相邻流体层之间的内摩擦力。例如，当粘性流体被迫通过一根管子时，它在管子轴线附近比在管壁附近流动得更快。对于由质子、中子组成的原子核物质或由基本粒子组成的夸克胶子等离子体等微观物质，它们的粘度如何、显示出多好的流体性是一个具有挑战性的问题。

该综述文章回顾了核物质的剪切粘滞系数研究现状，强调了理解各种物质的输运性质的重要性，包括对宏观物质、微观和量子物质。文章还提到了粘滞系数在生物过程、化学反应和天体物理学中的重要性，特别是在中子星、引力波的发射和传播中。文章介绍了粘滞系数对流体动力学的影响，用于计算粘滞系数的方法以及剪切粘滞系数与熵密度比的下限值等。此外，还探讨了不同物质状态下的剪切粘滞系数行为，如夸克胶子等离子体和超流体，以及与探索核物质的实验设施的相关性。

在过去方案中，多是利用传统的计算方法，如平均自由程、Green-Kubo、Chapman-Enskog和弛豫时间近似等，但对于核物质的剪切粘滞系数研究仍存在挑战。在该综述中，作者主要聚焦在马余刚研究组多年来对于核子物质的剪切粘滞系数的系统性研究，探索了剪切粘滞系数与熵密度比值的普适性、核物质中的液-气相变的关系等工作，同时也从剪切粘滞系数的角度探讨了相对论重离子碰撞中的量子色动力学物质的理想流体行为，以加深对这些强相互作用物质的系统性理解，帮助人们对物质科学的物理特性的统一性的认识。

PPNP期刊是核物理和粒子物理研究领域的权威性综述性期刊，主要发表主题评论和综述文章，其所发表的论文在核物理与粒子物理领域具有重要影响力。该工作得到了国家自然科学基金等的资助。来源:现代物理研究所



▲ 核物质相图

“人脑是世界上最复杂的物体之一，虽然我们对于大脑的研究已经持续了上千年，但人脑仍然有许多未解之谜。”

如何用人工智能技术帮助科学家更好地理解人脑，促进人脑健康，从而探索脑部疾病的肌理? 3月15日下午，复旦上医二号楼CB3-030会议室座无虚席，微软亚洲研究院(上海)首席研究员李东胜在复旦大学AI4S脑科学交叉与转化系列讲座、复旦大学科学智能系列讲座上，带来了精彩的主题报告《当AI遇见大脑》。

机器学习和脑科学-AI交互计算是李东胜博士的主要研究方向。“世界上最复杂的东西是什么?”报告以此开篇，从认识大脑到脑电信号，再到数据建模以及医学临床运用等，打开了AI与大脑交汇的奇妙大门。讲座由脑功能与脑疾病国家重点实验室、教育部脑科学前沿科学中心、上海科学智能研究院和复旦大学脑科学研究院共同主办。

理解大脑的工作方式至关重要。“我们希望用AI来帮助我们更好地理解大脑，然后把这些新的理解用来改善大脑健康，进而提升AI本身，设计出更好的脑启发的人工智能。”李东胜介绍了自己的研究思路。

## AI建模加速理解大脑

理解大脑有多种不同的技术，在临床上比较常用的叫做脑电，它是记录大脑神经活动的电信号，是研究大脑最重要的生理信号，也是研究脑部变化最便捷的一种方式。脑电信号是通过



神经元之间的活动所产生的电信号，这些电信号在神经元之间传递形成电场。如果在头皮上贴一个电极去记录电场信息，就会得到一个电信号，“脑电信号是医学阅读能力的一种方式，我们更关注怎样用机器去阅读脑电信号”。

李东胜从最早记录脑电信号的阿尔法波讲起，分析了人在睡眠过程中产生的脑电波。他还以帕金森病人为例，通过解析研究范式提出了两个问题:如何面临数据上的挑战和建模问题的挑战?

人的大脑有很多功能分区，每个功能区各司其职，负责执行不同的任务。在功能区内部，脑电产生的信号具有很强的关联性。如果不在每个导联上去建模，从而从功能区的角度去建模，就可以把不同的导联用同样的功能去定性。“这个时代证明了这件事情确实是可以做到的。”李东胜笑言。

人工智能技术显著提高了脑部疾病检测的准确性。李东胜介绍了通过新的访问建模，开发出一种能更好检测脑部疾

病的工具——人工智能机器人(AI neurologist)。这是一个脑电监控的窗口，大量实验证明，通过对它的使用，检测准确率得到大幅提升，有助于医生进行临床诊断。在此基础上，为提升脑电信号的分析效果，李东胜团队构建了第一个跨数据集的脑电预测大模型，解决了现实世界中人类脑电波(EEG)数据的异质问题，并显著提升检测脑部疾病、解码大脑信号等任务的准确性。

## 神经科学 发现启发AI神经网络

在李东胜看来，人工智能的设计和优化目标虽与大脑并不完全相同，也无需完全复制大脑的功能，但大脑有很多值得借鉴的机制可以用来提升人工智能技术。

如何通过复杂的神经网络结构做一些正常启发的短时间网络设计? 李东胜介绍了通过模拟大脑的计算和通信方式，解决人工智能行业能耗问题的探索。

人体神经元是通过各种连接模式相互作用来处理信息的，

其中，前馈激励和抑制、反馈抑制、侧抑制和相互抑制四种类型最为常见。很多现有的人工智能神经网络仅包含其中的一两种类型，例如多层感知器只包含前馈激励，并不能把其他模式都集成到一种神经网络中。

在这种情况下，基于神经元连接模式的启发，团队提出了一种新型神经网络——CircuitNet。这种网络模型能够统一实现大脑中的前向、后向、抑制、促进等各种信号传输机制，相比于传统的多层感知器(MLP)、卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)和Transformer等神经网络，CircuitNet以更少的参数实现更好的效果，更趋同于脑部神经元处理信息的模式，有望在多种任务上取得突破性进展。

“在未来我们非常希望继续做脑科学和AI的交叉的研究，一方面，我们通过大的启发让我们设计出更强的人工智能，反过来，希望用API来帮助科学家们更好地去分析大脑数据，理解大脑功能，理解中国的疾病。”李东胜说。

复旦大学AI4S脑科学交叉与转化系列讲座是脑功能与脑疾病国家重点实验室、教育部脑科学前沿科学中心、复旦大学脑科学研究院联合上海科学智能研究院启动的以AI for Science为主题的系列讲座，将邀请国内外AI和转化领域的专家，介绍AI领域的前沿进展，AI工具在脑相关领域中的应用，支撑脑科学和脑疾病的交叉创新和转化应用。

文/颜彪、李雪娇

## 二维氧化物高κ电介质集成研究取得进展

日前，材料科学系方晓生课题组在《自然-电子学》(Nature Electronics)发表论文，报道了在二维氧化物光敏高κ电介质集成研究中取得的相关进展。

二维半导体材料具有原子

级厚度和独特的理化性质，是构成未来高性能、低功耗微型电子器件的重要候选之一。基于二维半导体材料的微型电子器件的发展，也对栅极介质提出了更高的要求，需要更高的栅极电容以提高器件性能并降

低功耗。

该工作研究了二维钙钛矿氧化物光敏高κ电介质与二维材料沟道的集成，讨论了高κ电介质对沟道的栅极控制与光电性能增强的双重作用，揭示出钙钛矿型氧化物在二

维光电子学及双波段光探测领域的巨大潜力。今后，通过合理设计，与光敏高κ电介质的集成策略可进一步拓展至其他潜在材料体系，构建多功能异质结构和高性能光电子器件。来源:材料科学系

## 四足容错控制成果被顶会录用

近日，复旦大学工程与应用技术研究院认知与智能技术实验室(简称CITLab)的学术论文被国际机器人和自动化领域顶会 International Conference on Robotics and Automation (ICRA-2024)录用。张立华教授和翟鹏博士为通讯作者，工研院2023级博士生侯泰先为第一作者。

文章提出了一种基于多任务学习的系统容错运动控制器，确保安全和机器人在面对关节故障时的鲁棒性。本文总结了基于模型和基于学习的容错策略研究的前期工作，并将问题拓展到每条腿多关节故障，外部跟踪速度命令。完成大量的仿真进行了基准测试和硬件实验。

来源:认知与智能技术实验室

## 发现超低损耗的声子极化激元

近日，复旦大学信息科学与工程学院张浩团队在二维材料声子和激子极化激元研究中取得进展。相关成果近期发表于Advanced Science。通过模型构造和第一性原理计算，该工作首次在单层MoSi<sub>2</sub>N<sub>4</sub>和WSi<sub>2</sub>N<sub>4</sub>中发现了超低损耗的声子极化激元，其表现出对光场超高的限制能力，并且观察到这两个单层材料

中的第一个亮激子具有750和740 meV的结合能和较大的辐射复合寿命。借助于DBR微腔实现了激子与腔光子的强耦合作用，计算得到的色散曲线显示产生了明显的拉比劈裂，意味着光与物质发生了强相互作用，其较小的有效质量也为高温BEC的实现提供了有利条件。

来源:信息科学与工程学院