交叉科学研究所

研究所介绍

交叉科学研究所成立于2000年4月，目前有教师8名，包括教授5人、特别研究员3人。其中1人为国家"外专千人计划"入选者，5人为国家"青年千人计划"入选者，1人获国家自然科学基金优秀青年项目资助并入选"长江学者"青年项目。研究所在生物物理、统计物理、软物质物理等研究方向和基础课教学中发挥了积极作用，不断进取；近年来，在项目申报、人才引进、科学研究等方面都取得了显著成果。获得国家自然科学基金优秀青年项目资助1项；面上项目资助8项；引进5位国家"青年千人"，1位国家"外专千人"，1位上海"千人"；以交大为第一单位（第一作者并通讯）发表二十余篇高端论文，包括Nature主刊1篇、PNAS 4篇、Nature Communications 2篇、Physical Review Letters 10篇等。

导师介绍

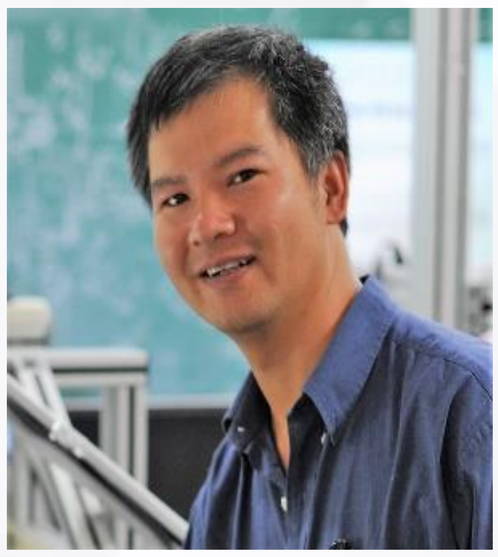
王宇杰 特聘教授

研究领域 同步辐射X射线影像、软物质物理
办公地点 理科群楼5号楼827
办公电话 86-21-54743162
电子邮箱 yujiewang@sjtu.edu.cn

张何朋 教授

国家"优秀青年"（2014年）
教育部"青年长江学者"（2017年）

研究领域 统计物理、生物物理、仿生机器人
办公地点 理科群楼5号楼332
办公电话 86-21-54743046
电子邮箱 hepeng_zhang@sjtu.edu.cn



张洁 教授

国家"青年千人计划"（2012年）

研究领域 Experimental studies of non-equilibrium and nonlinear systems
办公地点 理科群楼5号楼347
办公电话 86-21-54742710
电子邮箱 jiezhang2012@sjtu.edu.cn

Jakob Ulmschneider 教授

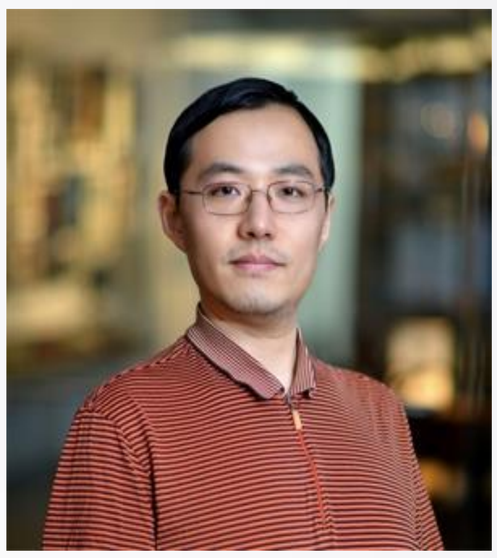
国家"青年千人计划"（2012年）

研究领域 Biophysics
办公地点 理科群楼5号楼350
办公电话 86-21-54743022
电子邮箱 jakob@sjtu.edu.cn

洪亮 长聘教轨副教授

国家"青年千人计划"（2015年）

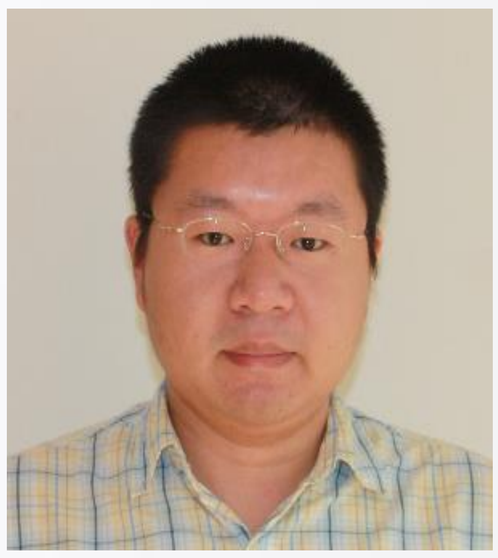
研究领域 生物物理和水科学
办公地点 理科群楼5号楼336
办公电话 86-21-54742996
电子邮箱 hongl3liang@sjtu.edu.cn



徐恒 长聘教轨副教授

国家"青年千人计划"（2016年）

研究领域 生物物理学、定量生物学
办公地点 理科群楼5号楼317
办公电话 86-21-54742961
电子邮箱 heng_xu@sjtu.edu.cn



姚振威 长聘教轨副教授

国家"青年千人计划"（2014年）

研究领域 软物质物理、统计物理
办公地点 理科群楼5号楼313
电子邮箱 zyao@sjtu.edu.cn

物理学及天文学

2022年研究生招生夏令营

上海交通大学
物理与天文学院

软凝聚态物理实验室

上海交通大学 交叉科学研究所 王宇杰课题组

课题组简介

颗粒物质颗粒物质是日常生活和工业生产中除了气体和水之外人类接触最多的一种物质形态，也是很多地质和工业过程的重要载体。

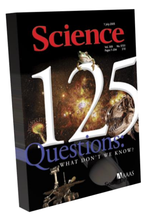
但是，目前关于颗粒物质的理论是基于经验的宏观本构理论，缺少微观物理机制和机理，在实际应用中存在困难。关于颗粒物质的任何新的认识，对提高生产效率、减少能源浪费、防治自然灾害等一系列关乎国计民生的科学、工程问题，都会产生非常重要的影响。

山体滑坡、泥石流

雪崩现象

课题组主要基于X射线成像技术研究颗粒体系的微观结构和动力学，建立颗粒物质所满足的非平衡态统计物理框架，理解其气液固相性质及相转变行为，建立对应的连续介质理论。对颗粒物质的研究将同时有助于理解金属玻璃等非晶材料性质以及交通阻塞、癌症转移现象的物理机制。

同时，课题组也发展同步辐射X射线成像技术，包括超快同轴相衬和光栅相衬CT，用于颗粒物理，以及生物医学领域的研究。

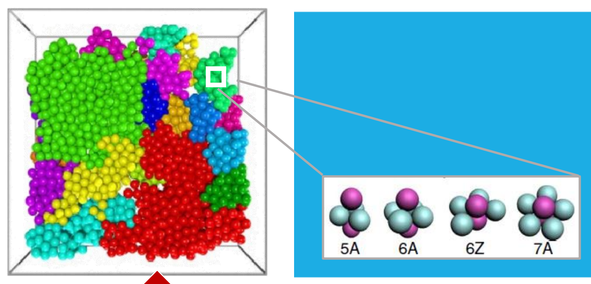


2005年 Science杂志公布了125个尚未解决的重要科学问题

43. 能否为湍流和颗粒物质的动力学建立通用的理论？
47. 玻璃态的本质是什么？

颗粒物质：游走于固液边缘

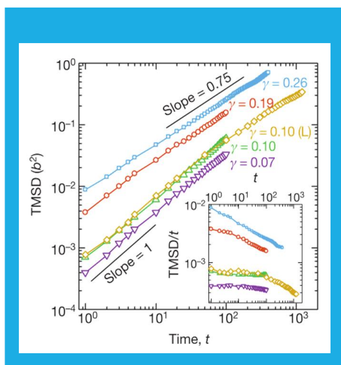
揭示玻璃化转变是结构相变



- 引入五轴拓扑序研究玻璃化转变问题
- 玻璃化转变是五轴拓扑序的结构相变
- 非五轴结构是塑性形变的载体

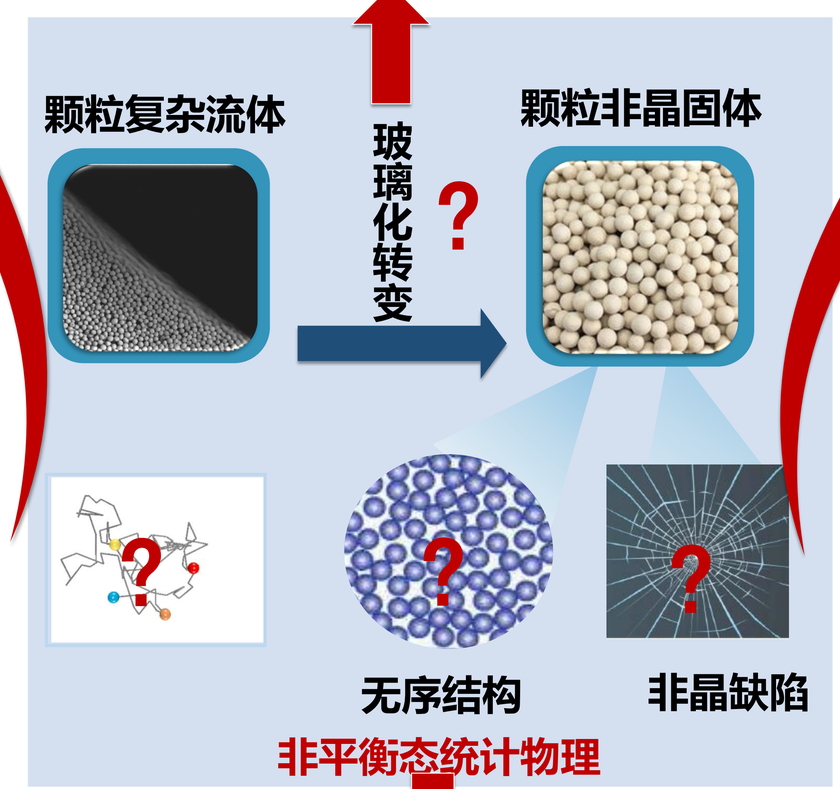
Nature Comm., 6, 8409 (2015).

颗粒物质的复杂流体本质

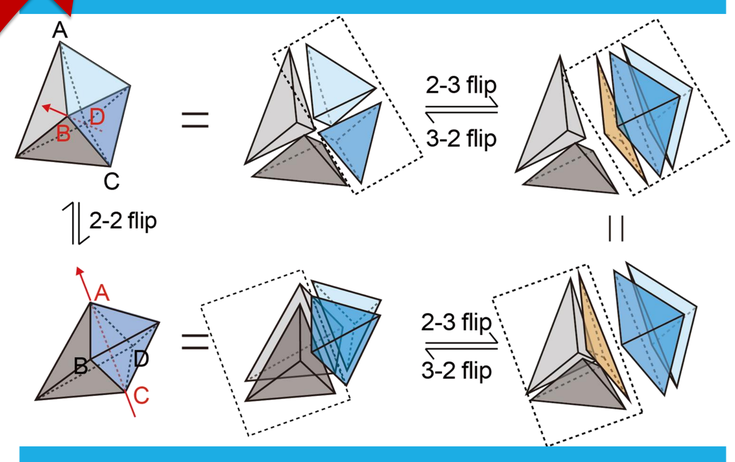


- 颗粒物质具有与分子原子液体完全不同的微观动力学。密度增加时，扩散曲线一直表现为简单扩散，不存在笼效应，表现出液体的性质。
- 颗粒固体是处在液固边界的临界固体.

Nature, 551, 360–363(2017)



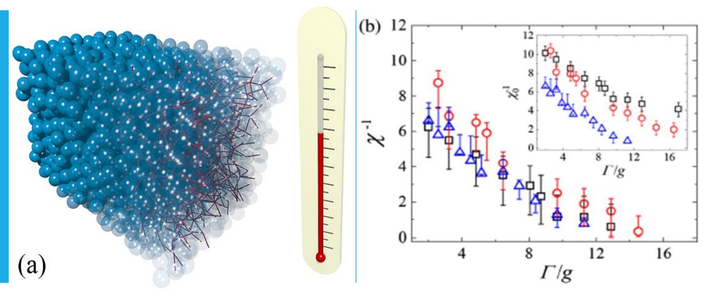
颗粒非晶体系塑性的结构机制



- 发现颗粒非晶体系的塑性过程也拥有类似于晶体中的位错一样的结构起源。
- 颗粒体系塑性的载体是和转动自由度关联的拓扑缺陷—四轴向错。这种拓扑缺陷也同时对应于非晶体系中四面体结构序（五轴序）的缺陷，即塑性变形是通过四轴向错的空间旋转来实现的。

Nature Comm., 9, 2911(2018)

颗粒体系Edwards体积系综实验



- 实验证实了体积系综框架适用于颗粒物质；
- 引入类似温度的概念，验证了颗粒温度满足热力学第零定律。

Phys. Rev. Lett., 127, 018002(2021), Editors Suggestion.

培养模式

课题组着眼于培养研究生综合能力，每个成员有独立的项目，充分锻炼学生的科研能力。课题组成员屡次获“国家奖学金”、“上海交通大学年度十大人物”、“上海交通大学学术之星”、“上海市优秀毕业生”等荣誉称号。课题组也可提供出国交流学习的机会。

导师介绍

王宇杰
教授，博士生导师
招生人数：硕士生1-2名，博士生1-2名

办公室：理科5号楼827室
手机：13162871083
邮箱：yujiewang@sjtu.edu.cn
网址：http://xray.sjtu.edu.cn

我们热忱期待你的加入！

物理学及天文学
2022年研究生招生夏令营

上海交通大学
物理与天文学院

张何朋 流体和生物物理实验室

办公室：理科楼5号楼332室
实验室：理科楼4号楼502室
主页：http://ins.sjtu.edu.cn/people/hpzhang/index.html

简介

流体是最常见的物质形态， 自然界中的流体运动涵盖从微米到千米的众多尺度。充分理解流体运动并加以应用，不仅有巨大的学术研究价值，也对生物工 程、气象、水利等应用学科有深远的影 响。

我们的研究兴趣集中在**流体**、**材料**、**生物物理**和**软物质**的交叉领域；利用单细 胞显微成像、微流变测 量、三维粒子成像、微纳加工等**实验**手段和流体力学，统计物理等**理论**方法研究下 列问题：

- **生物推进**：不同尺度的生物如何通过与流体相 互作用而实现自我驱动；
- **仿生机器人**：设计和实现不同 环境下的仿生机器人，研究机器人运动的力学机制；
- **生物和机器人的集体行为**：长程有序的集体运动如何形成和控制；
- **纳米颗粒的输运行为**：流体力学对微纳尺度输运现象的影响。

研究条件

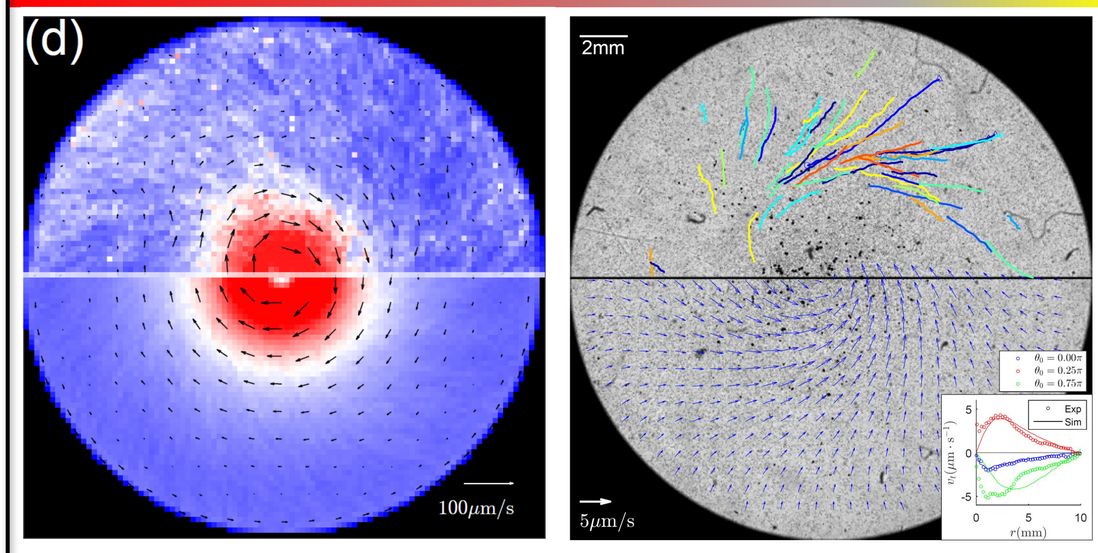
实验室拥有**高速显微成像系统、高分辨荧光成像系统、光磁镊微操作平台、微纳加工平台、 3D打印机、粒子速度成像仪、计算机集群、微生物培养系统**等先进科研设备；同时实验室与多个材料、生物、理论和数值课题组有紧密的合作关系。现有博士后2名、博士生7名、硕士生1名和本科生3名，学生能获得从科研选题到论文撰写的系统学术训练，多名学生获得多项学术奖励。课题组人员结构合理，科研气氛浓郁，能帮助新进学生迅速了解学术背景、掌握实验技能、开展研究工作。

导师介绍

张何朋2000年毕业于复旦大学物理系，2004年在美国纽约城市大学获得博士学位。2004年8月到美国得克萨斯大学奥斯丁分校从事研究工作。2010年加入上海交通大学物理与天文学院和自然科学研究院。已在美国科学院院刊（**PNAS**）、物理评论快报（**PRL**）等国际学术刊物发表论文38篇，在多个国际学术会议上做邀请报告，主持多项国家和上海市的科研基金。2015年当选**国家自然科学基金优秀青年**，2017年当选**教育部青年长江学者**。

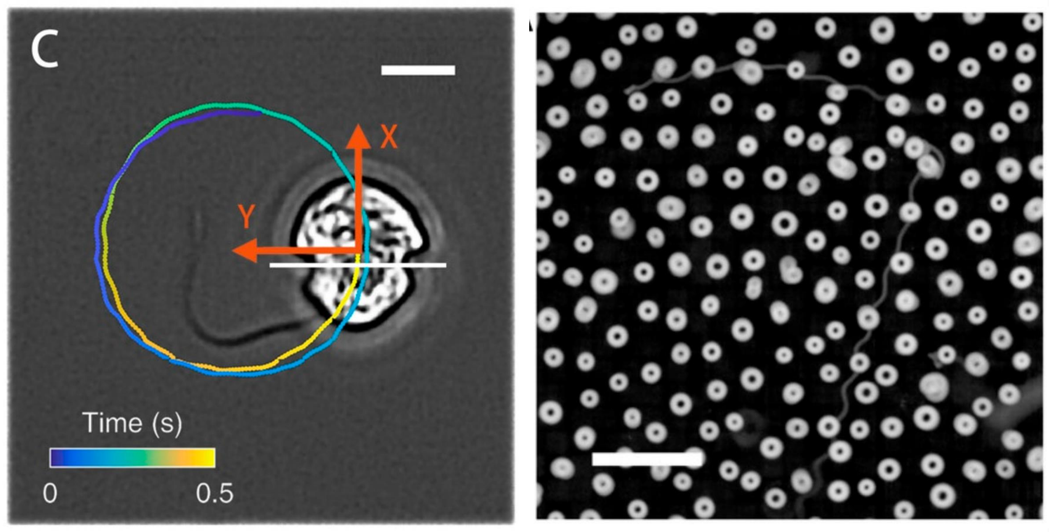
最新科研进展

光操控细胞运动



1.通过空间变化的偏振光场控制纤细裸藻的运动；
2.利用受控细胞运动产生定向流场，实现微纳尺度的物质输运。
Phys. Rev. Lett. **126, 058001 (2021)**

活性无序超均匀材料



1.实验测量虫黄藻个体的运动流场，建立流体力学模型；
2.发现虫黄藻可通过流体力学相互作用形成无序超均匀材料。
Proc. Natl. Acad. Sci. **, 118, e2100493118, (2021)**

近期其他论文：***Proc. Natl. Acad. Sci.*** , 114, 9565-9569 (2017), 116, 777-785 , (2019);
Phys. Rev. Lett., 108, 148101 (2012), 117, 198001 (2016).

招生人数：硕士生1-2名，博士生1名 （实验和理论并重）

张何朋手机：13901919613；email: hepeng_zhang@sjtu.edu.cn

上海交通大学物理与天文学院

颗粒物质与软物质物理实验室

导师：张洁

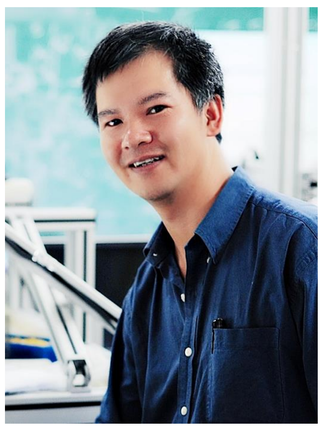
Email: jiezhang2012@sjtu.edu.cn

实验室简介

颗粒物质在自然界中无处不在，并与许多工业过程和自然灾害紧密相连。在颗粒体系中存在许多新奇又有趣的特征。作为一个经典的非平衡态复杂系统，它提供了一个非常有价值的平台去研究非平衡态统计物理，理解非晶材料的相变和统计行为，研究材料的塑性机制等。

我们实验室的研究方法是通过桌面实验去探索：（1）颗粒物质和非晶材料的动力学；（2）颗粒物质的统计物理；（3）自然灾害，譬如山体滑坡、地震的物理机理。

导师简介

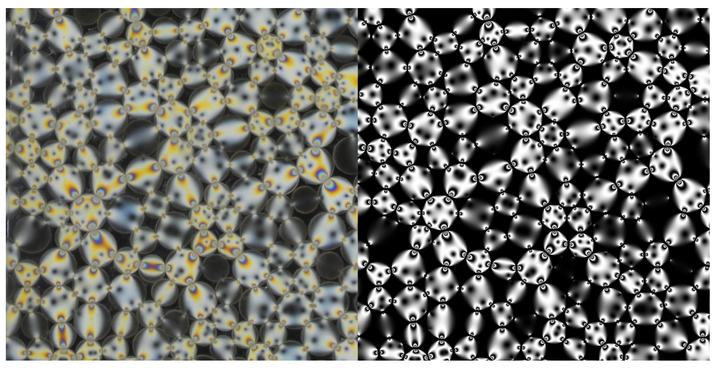


张洁

- 现任上海交通大学自然科学研究院、物理与天文学院教授；
- 博士毕业于匹兹堡大学物理与天文系；
- 先后在美国杜克大学和洛斯阿拉莫斯国家实验室从事博士后研究工作，并曾执教于普渡大学韦恩堡分校。

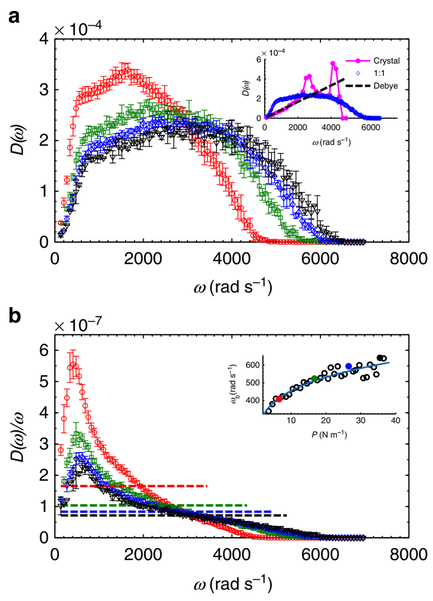
研究特色及部分研究方向

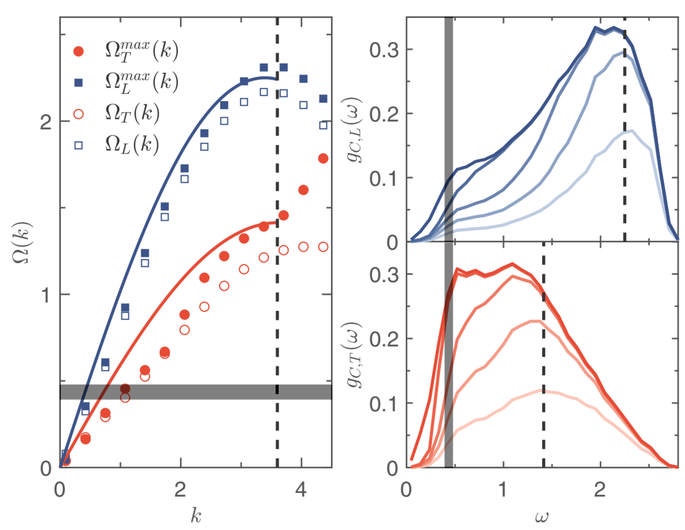
通过光弹性的方法精确测量颗粒物质微观力学信息



左图为相机采集图像，右图为通过程序计算得出的接触力重构所得图像

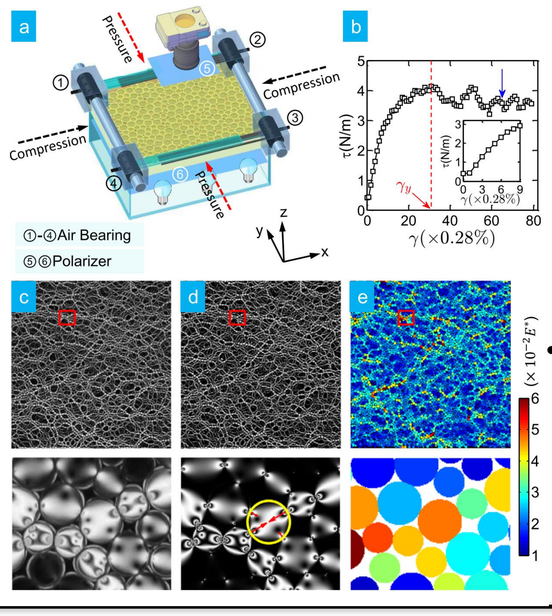
研究方向一：非晶固体波色峰的物理机理





- Ling Zhang, et.al. **Jie Zhang***,, **Nature Communications** (2017)
- YQ Wang, et.al. **Jie Zhang***,, **Physics Review B** (2018)

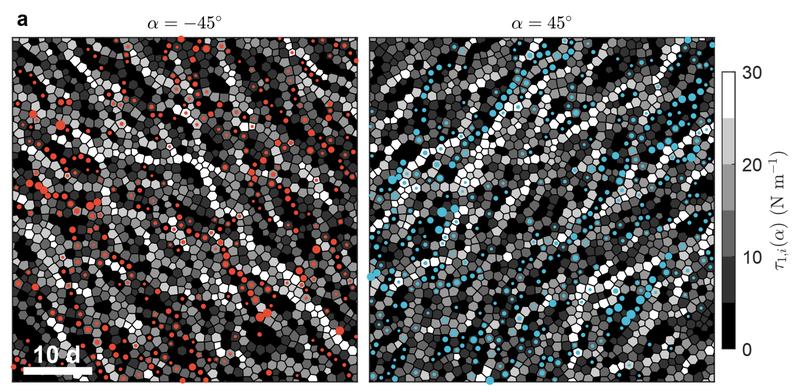
研究方向二：颗粒物质的塑性形变



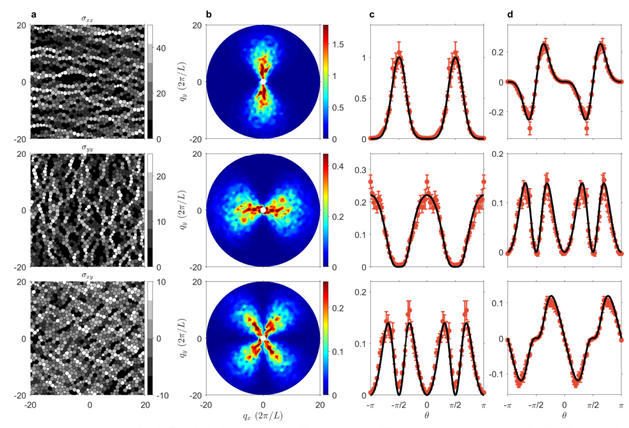
PRL编辑推荐亮点文章

- J Zheng, et.al. **Jie Zhang***,Phys. Rev. Lett. (2018)

研究方向三：力链结构与应力的长程关联

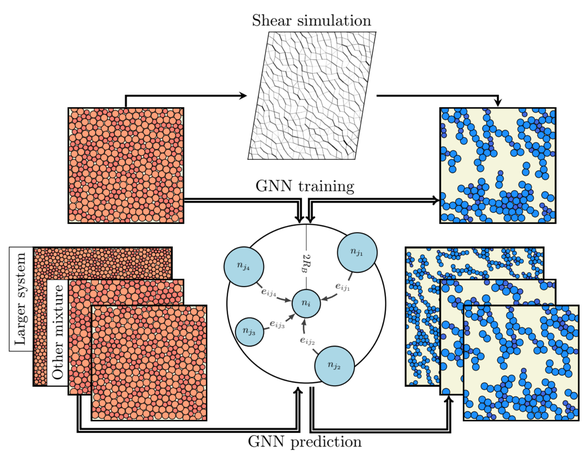


- YQ Wang, et.al. **J Zhang***, Nature Comms. **11**, Article number: 4349 (2020)



- JN Nampoothiri, YQ Wang, Phys Rev. Lett. **125**，11802 (2020)

研究方向四：通过图神经网络研究颗粒物质的力链结构



- Just started. See e.g. Mandal et al. arXiv.2105.08505 (2021)

近两年部分工作：

- YQ Wang, et.al. **J Zhang***, Nature Comms. **11**, Article number: 4349 (2020)
- JN Nampoothiri, YQ Wang, Phys Rev. Lett. **125**，11802 (2020)
- X Sun, W Kob, R Blumenfeld, H Tong, Y Wang, **J Zhang** Phys. Rev. Lett. 125, 268005 (2020)
- A Lemaître, C Mondal, I Procaccia, S Roy, Y Wang, **J Zhang**, Phys. Rev. Lett. 126, 075501 (2021)
- L Zhang, Y Wang, J Zheng, et al. **J Zhang** Phys. Rev. B 103, 104201 (2021)

招生人数：硕士1名，博士生1名；办公室：6号楼347；手机：18301994726；email:jiezhang2012@sjtu.edu.cn

物理学及其交叉学科

2022年研究生招生夏令营

Computational Molecular Biophysics – Jakob Ulmschneider

上海交通大学，School of Physics and Astronomy & Inst. of Nat. Sciences

Ph.D. opportunities in China-UK international group

Come and join an international group of students and post-docs working at the forefront of bioscience simulation and modeling, with extensive international collaboration in China, the USA, and Europe.

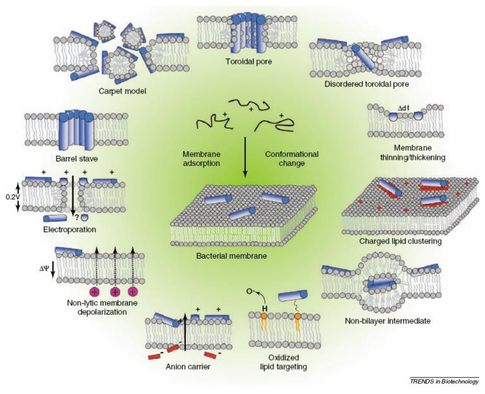
ins.sjtu.edu.cn/faculty/ulmschneiderJakob

We are looking for …

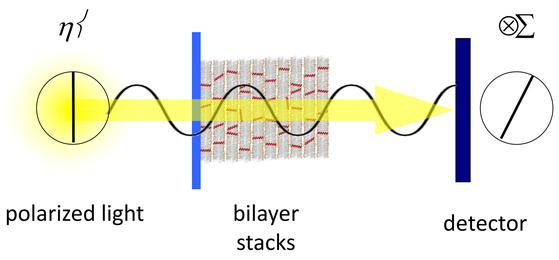
- Students who want to do exiting biophysical science
- Willing to work as part of an international team
- Can easily communicate in English
- Willing to travel to **UK (King's College)** and **USA**
- Feel comfortable doing computer science

Professor Jakob Ulmschneider received his Ph.D. in Physics in 2004 from Yale University. After postdoctoral stays in Rome, Oxford and Heidelberg, in October 2011, he joined the Institute of Natural Sciences at Shanghai Jiao Tong University and in 2012 was recipient of a Young 1000 Talent plan grant by the Chinese Government.

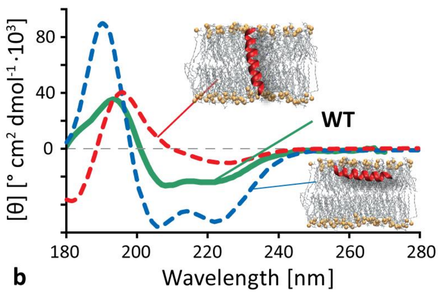
Membrane active peptides



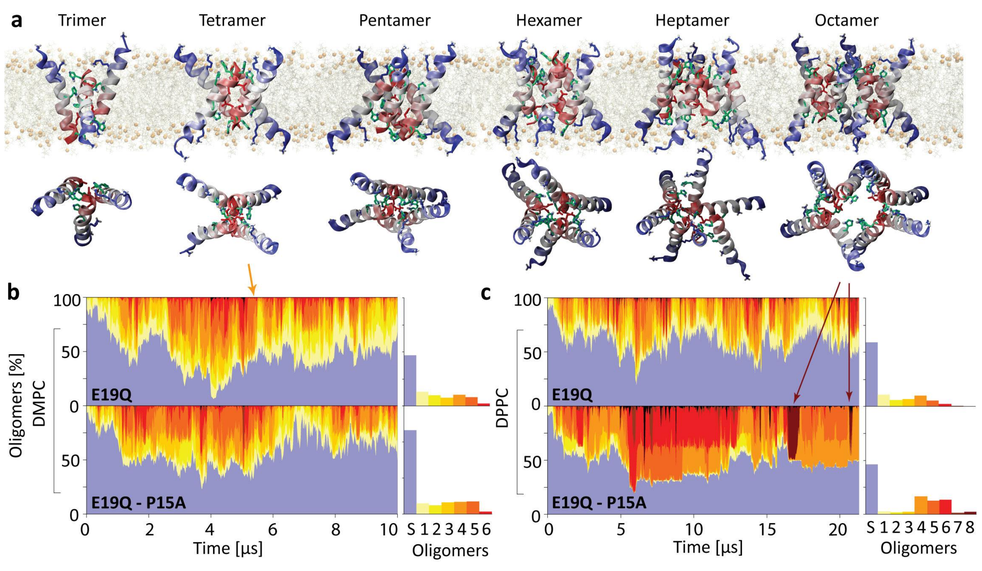
We use **Oriented Synchrotron Radiation Circular dichroism (SRCD)** at the Beijing Synchrotron to measure the free energy of insertion



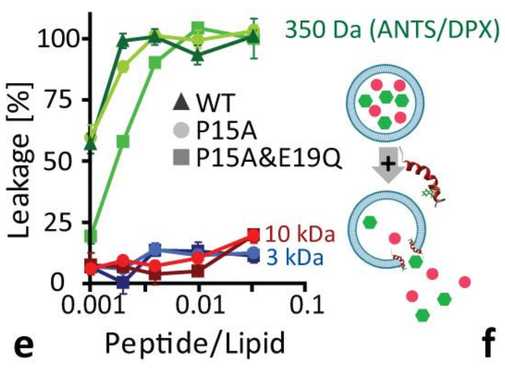
Simulations: 53±7 % @ surface
Oriented CD: 50±15 % @ surface



Ulmschneider et al., ***Nature Comm.*** (2014)



Ab-initio prediction of channels

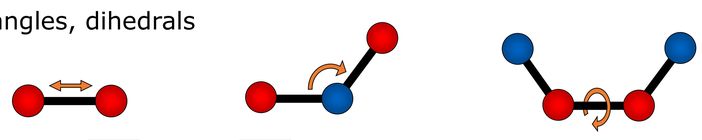


Leakage assay: pore < 3 kDa: 6-9 peptides
Simulations: octamer conducts ANTS/DPX

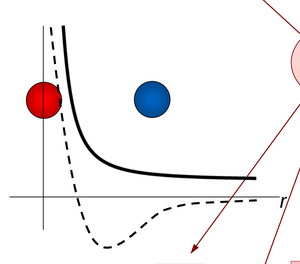
Ulmschneider et al., ***Nature Comm.*** (2016)

Molecular mechanics

Bonds, angles, dihedrals



$$V_{\text{bon}} = \sum_{bonds} k_{bond}(r - r_{equilib})^2 + \sum_{angles} k_{angle}(\theta - \theta_{equilib})^2 + \sum_{dihedrals}\sum_n \tfrac{1}{2}V_n(1+\cos(n\phi-\gamma))$$



Force field

- Classical Hamiltonian. For most systems, **quantum calculations (HF/DFT)** are NOT needed
- Calculate forces
- Integrate Newton II (Verlet integrator, time step = 2fs

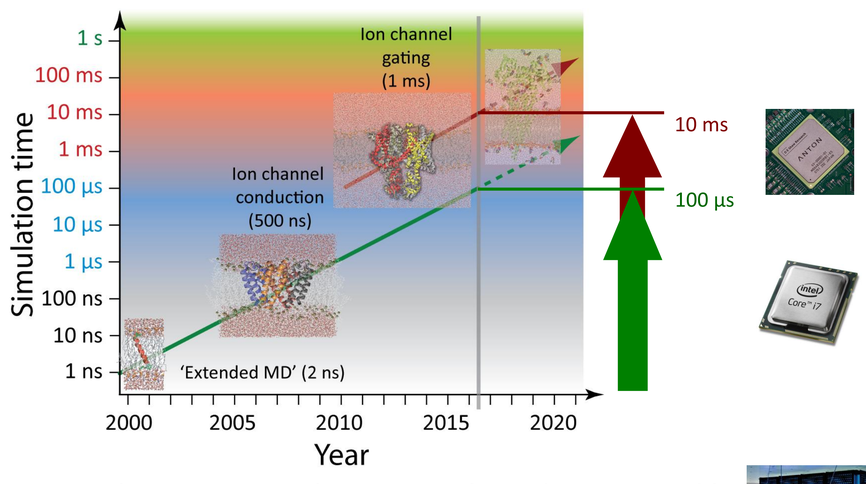
$$V_{\text{nb}} = \sum_i^n \sum_j^n \left[\frac{q_i q_j}{r_{ij}} + 4\varepsilon_{ij}\left(\frac{\sigma_{ij}^{12}}{r_{ij}^{12}} - \frac{\sigma_{ij}^{6}}{r_{ij}^{6}} \right) \right]$$

Coulomb, Van der Waals

$$m_i \frac{d^2\vec{r}_i}{dt^2} = -\nabla V(\vec{r}_i)$$

The molecular dynamics 'revolution'

Atomistic simulations will be able to capture most biological processes within **10 years**



We use the **Anton2** machine at PSC (D.E.Shaw Research)
- **14 µs/day**, 200.000 atoms
- 200 times faster than a conventional supercomputer

招生人数：硕士生2名，博士生1名；办公室：上海市闵行区东川路800号上海交通大学理科群楼5号楼350室。；
联系方式：手机：15021946378；email: jakob@sjtu.edu.cn

物理学及天文学
2022年研究生招生夏令营

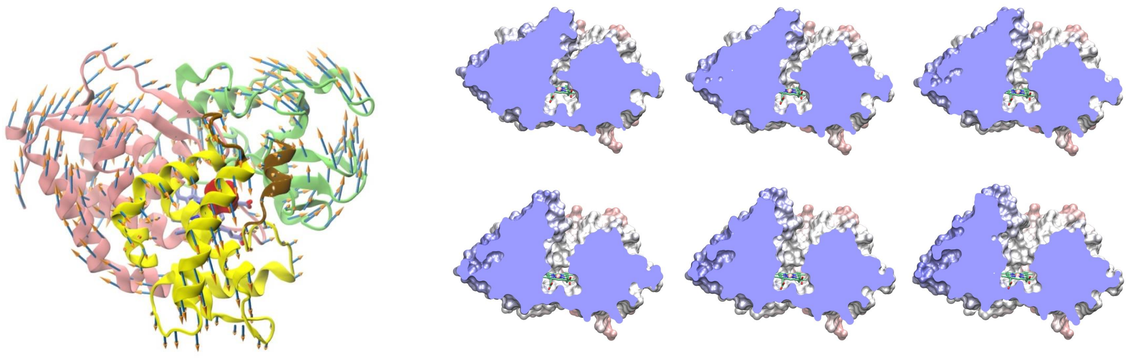
上海交通大学
物理与天文学院

标题：散射实验，计算模拟和机器学习研究生物分子的结构，动力学及其功能的关系

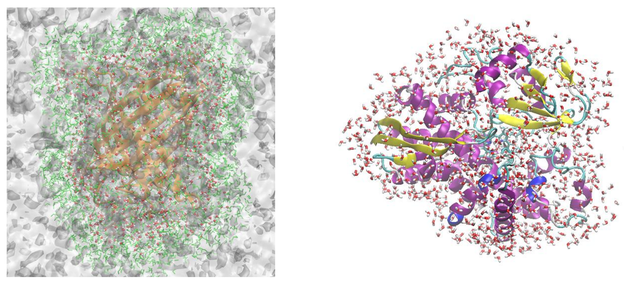
上海交通大学，物理天文学院，交叉研究所，洪亮

课题组导师简介：
美国阿克伦大学高分子科学博士（2006-2010）
美国橡树岭国家实验室博士后 （2010-2014）
上海交通大学物理天文学院（2015-至今，青千）

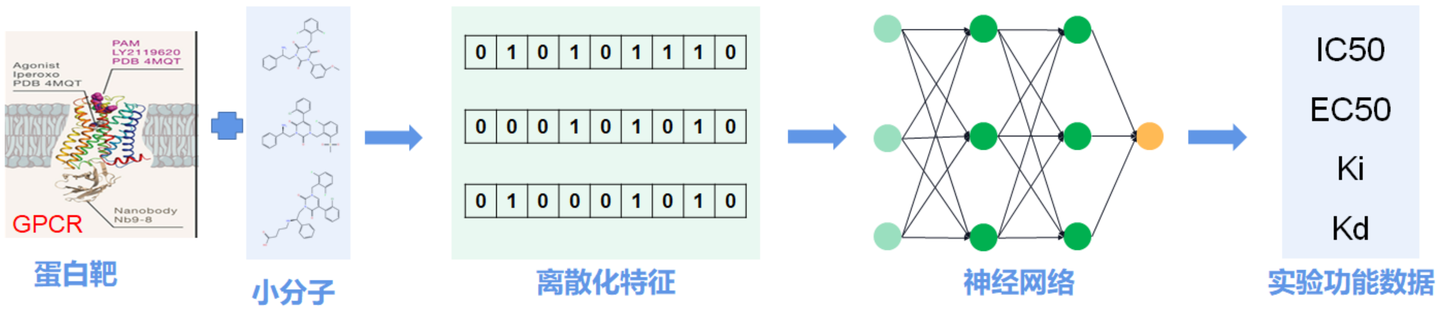
研究项目：
1. 生物大分子及其界面水分子的结构，动力学及其生物功能的关系；
2. 生物材料低温冷冻保存的物理机制；
3. GPCR为核心的靶向药物设计;
4. 深海高压环境下生命体及生物大分子的自适应机制。



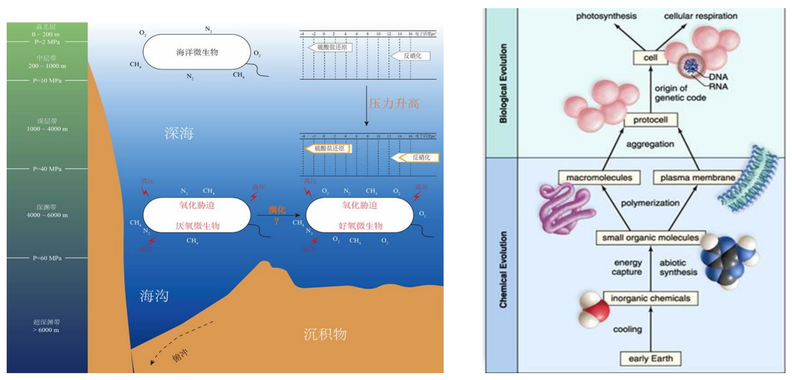
蛋白质内分子通道的开关规律



生物大分子界面水分子的反常扩散



人工智能（AI）药物设计



深海生物分子及生命体的自适应机制

实验和计算条件

自有设备

单分子荧光

计算机集群

外出实验

英国卢瑟福实验室　美国橡树岭实验室　日本J-parc实验室

中国东莞散裂中子源　四川绵阳中子源

学生培养

课题组目前已有2位博士后，6位博士生，3位硕士生。学生屡获国家奖学金及交大学术之星。学生将有较多机会出国去往国际大科学装置平台做实验和交流。

招生人数：硕士生2名(仅限AI药物设计），博士生1-2名；理科楼336；联系方式：手机：15921740849；hongl3liang@sjtu.edu.cn

物理学及天文学

2022年研究生招生夏令营

上海交通大学
物理与天文学院

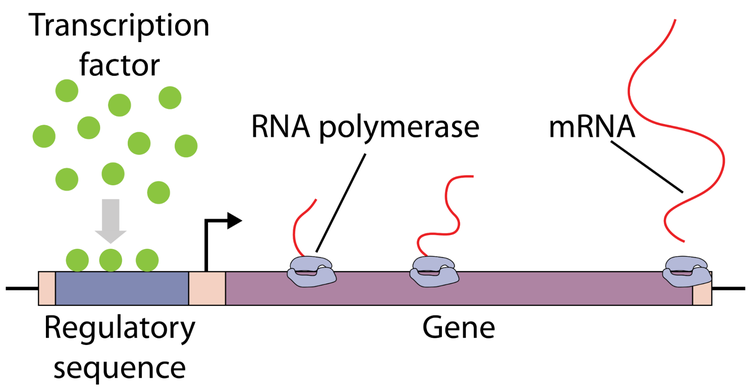
徐恒课题组：单细胞、单分子生物物理实验室

上海交通大学物理与天文学院，交叉科学研究所

课题组简介

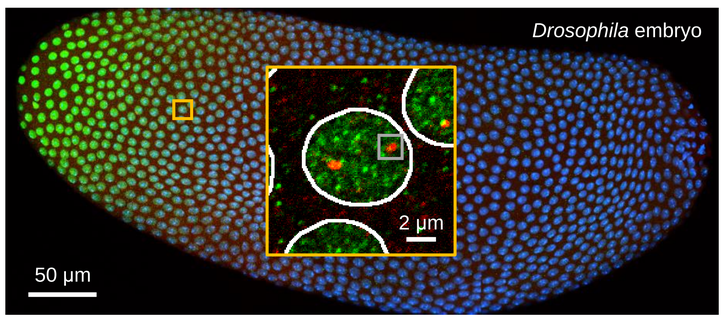
生命现象是自然界中广泛存在的一类非平衡态复杂现象，具有很多奇妙的特性和无数未解之谜。**运用物理学的概念和方法探索复杂生命现象背后的本质规律**是21世纪物理学、生命科学及医学发展的重要方向。

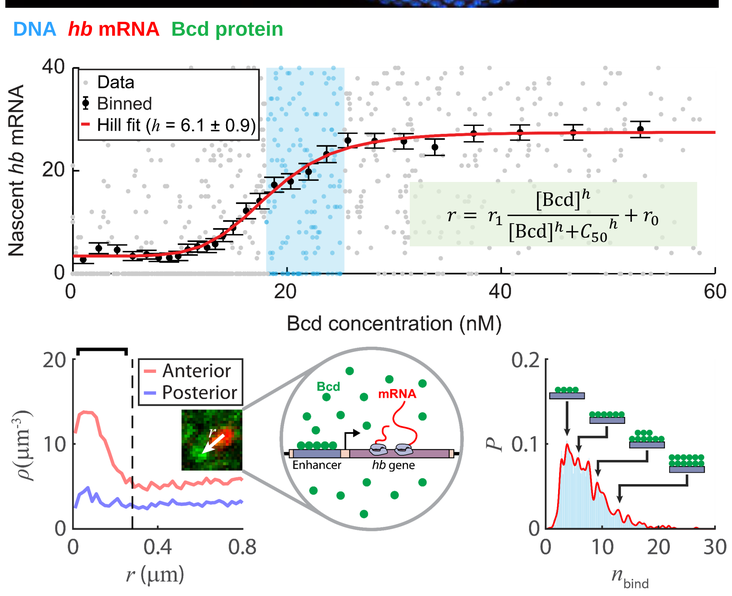
本课题组以生物体内广泛存在的一类重要生命过程 — **基因表达与调控过程**为研究对象，致力于开发新的**光学测量方法**和**图像分析技术**，并结合**理论模型**，在**单细胞、单分子尺度**定量解析**复杂基因调控网络**的**动力学和统计物理原理**，以此为基础理解发育、生长、衰老、疾病等众多生命现象的物理本质。



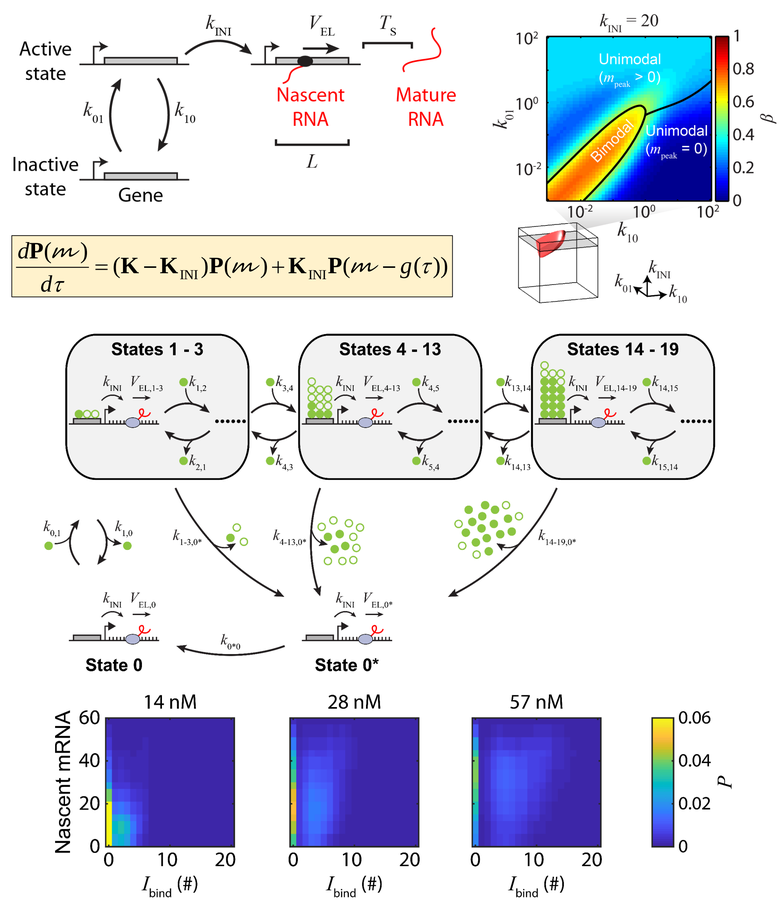
研究方向

单细胞、单分子定量测量方法

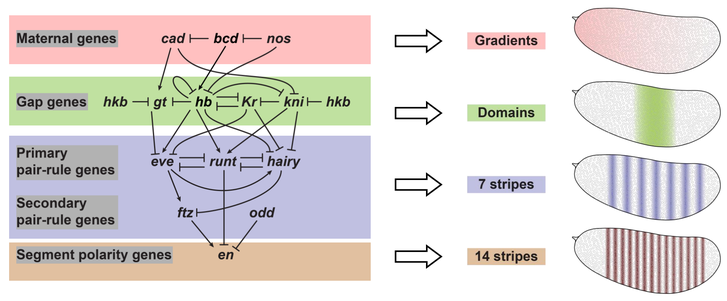




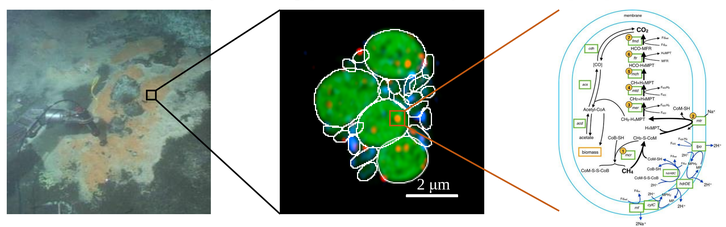
基因调控动力学理论



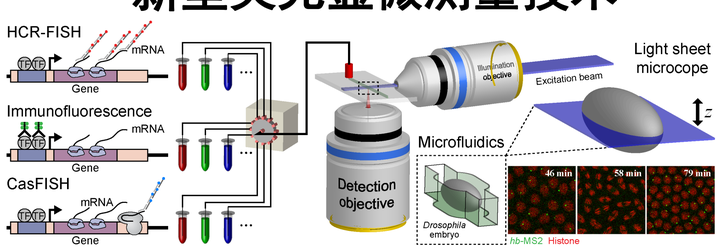
基因调控网络与胚胎发育



代谢网络与深海生物圈



新型荧光显微测量技术



参考文献：

[1] Jingyao Wang, Shihe Zhang, Hongfang Lu, **Heng Xu**, "Differential regulation of alternative promoters emerges from unified kinetics of enhancer-promoter interaction in the *Drosophila* embryo", ***bioRxiv***, DOI: 10.1101/2021.06.03.446994 (2021).
[2] Haiyue Xu, Junyan Wang, Ying Liang, Yujuan Fu, Sihui Li, Jinghan Huang, **Heng Xu**, Wei Zou, Baohui Chen, "TriTag: an integrative tool to correlate chromatin dynamics and gene expression in living cells", ***Nucleic Acids Research***, **48**(22), e127 (2020).
[3] Gennady Gorin, Mengyu Wang, Ido Golding, **Heng Xu**, "Stochastic simulation and statistical inference platform for visualization and estimation of transcriptional kinetics", ***PLOS ONE***, **15**(3), e0230736 (2020).
[4] Mengyu Wang, Jing Zhang, **Heng Xu**, Ido Golding, "Measuring transcription at a single gene copy reveals hidden drivers of bacterial individuality", ***Nature Microbiology***, **4**(12), 2118 (2019).
[5] **Heng Xu**, Samuel O. Skinner, Anna M. Sokac, Ido Golding, "Stochastic Kinetics of Nascent RNA", ***Physical Review Letters***, **117**, 128101 (2016).
[6] Leonardo A. Sepúlveda, **Heng Xu**, Jing Zhang, Mengyu Wang, Ido Golding, "Measurement of Gene Regulation in Individual Cells Reveals Rapid Switching Between Promoter States", ***Science***, **351**(6278), 1218 (2016).
[7] **Heng Xu**, Leonardo A. Sepúlveda, Lauren Figard, Anna M. Sokac, Ido Golding, "Combining protein and mRNA quantification to decipher transcriptional regulation", ***Nature Methods***, **12**(8), 739 (2015).

研究条件

- 拥有高分辨率激光共聚焦显微镜、计算机集群和完备的生物学实验设备。
- 每人拥有独立课题，实验与理论并重，提供从科研选题到论文撰写的系统学术训练。
- 培养理念：兴趣导向、平等自由、独立创新、国际视野。

导师介绍

徐恒，2010年获得美国布朗大学物理学博士学位，后在美国贝勒医学院从事博士后研究，2017年加入上海交通大学物理与天文学院和自然科学研究院。曾获美国 Burroughs Wellcome 基金会 Career Awards at the Scientific Interface，2017年入选"青年千人计划"。

招生人数：博士生1-2名；办公室：理科5号楼317室；电话：13913847468；Email: Heng_Xu@sjtu.edu.cn
硕士生1-2名。

物理学及天文学
2022年研究生招生夏令营

上海交通大学
物理与天文学院

姚振威课题组：软物质物理、统计物理（理论+模拟）
上海交通大学，交叉科学研究所

研究领域

软物质系统,包括胶体，液晶，生物膜，颗粒物质等，其复杂性和重要性在于其所展示的极其丰富的有序结构。如何理解这些有序结构的形成和演化，以及揭示其中蕴含的新的物理概念，是软物质物理学研究的基本问题。对这些基本问题的探索定义了本课题组的主要研究方向。具体地，**本课题组致力于研究软物质系统的几何，统计物理和动力学行为。**

代表性研究成果

- Z. Yao, Command of collective dynamics by topological defects in spherical crystals, PRL (2019)
- J. Chen, X. Xing, and Z. Yao*, Depletion zones and crystallography on pinched spheres, PRE (2018)
- L. Yang, and Z. Yao*, Two and three electrons on a sphere: A generalized Thomson problem, PRB (2018)
- X. Duan, and Z. Yao*, Harmonic field in knotted space, PRE (Rapid Communications) (2018)
- X. Duan and Z. Yao*, Curvature-driven stability of defects in nematic textures over spherical disks, PRE (2017)
- Z. Yao* and M. Olvera de la Cruz, Electrostatics-driven hierarchical buckling of charged flexible ribbons, PRL (2016)
- Z. Yao and M. Olvera de la Cruz*, Polydispersity-driven topological defects as order-restoring excitations, PNAS (2014)
- Z. Yao and M. Olvera de la Cruz*, Topological defects in flat geometry: the role of density inhomogeneity, PRL (2013)

(Note: the names of the students in our group are underlined)

课题组成员

张一恒（博士后，北师大与卡耐基梅隆大学联合培养物理博士 2020-）
陈靖远（交大致远学院；博士研究生 2017-）；　蔡翘楚（吉林大学本科；博士研究生 2020-）
孙弘辉（中山大学本科；博士研究生 2019-）
已毕业学生：段秀庆（2018,经推荐入香港科大读博),杨柳（2019,经推荐入曼彻斯特大学读博）

培养理念与目标

循序渐进，通过从科研选题到论文撰写的系统学术训练，培养学生的独立研究能力和学术品位。

研究主页： http://ins.sjtu.edu.cn/people/zyao

导师介绍

姚振威，美国雪城大学物理学博士(2012)，美国西北大学博士后(2012-2016)．2016年入职上海交通大学物理与天文学院、自然科学研究院．2015年入选“青年千人计划”．

招生人数：硕士生 1 名，博士生 1 名；Email: zyao@sjtu.edu.cn