
**Proposta de criação de um curso nas áreas de
Sistemas Complexos, Termodinâmica Estocástica
e Termodinâmica Quântica**

IFUSP, Abril de 2022

Proponentes

- Adriano Alencar
- André Vieira
- Carlos Fiore
- Gabriel Landi
- Mario de Oliveira

Justificativa científica

- Áreas abrangentes, com aplicações em física da matéria condensada, engenharia, química, ciências biológicas, sociais e ciências humanas.
- Sistemas complexos envolvem o comportamento de diversos sistemas físicos formados por muitos corpos (agentes) que interagem entre si, na presença de ruído (temperatura ou outros elementos).
- Termodinâmica estocástica tornou-se uma das principais áreas da física estatística moderna com diversas aplicações, teóricas e tecnológicas.
- Termodinâmica quântica visa generalizar/estender conceitos da termodinâmica para a descrição da conversão entre calor, trabalho e informação em sistemas quânticos.

Algumas questões científicas atuais

- Reologia de sistemas de matéria mole
 - Área cuja investigação teórica combina os ferramentais de geometria diferencial e física estatística para levar em consideração a presença de defeitos, essencial para a descrição dos fenômenos físicos relevantes.
 - Exemplo de desafio em aberto:
 - elucidar a natureza da transição de travamento (*jamming*) em materiais granulares e vítreos, sobre a qual não há consenso sequer quanto às variáveis de estado relevantes.

Algumas questões científicas atuais

- Localização de muitos corpos (MBL) e termalização
 - Sistemas quânticos interagentes isolados podem, na presença de desordem, violar a hipótese de ergodicidade que permite a utilização da mecânica estatística de equilíbrio para descrever suas propriedades.
 - Evitar a termalização é uma maneira de preservar informação quântica armazenada no estado inicial de um sistema, com claras aplicações tecnológicas.
 - Exemplos de desafios em aberto:
 - elucidar a natureza da transição entre a fase ergódica e a fase MBL;
 - demonstrar a existência de MBL em sistemas de dimensão maior do que 1;
 - a fase MBL sobrevive ao contato com um sistema ergódico?

Algumas questões científicas atuais

- Novas fases de sistemas fora do equilíbrio
 - Novas técnicas experimentais de laser e de espectroscopia ultrarrápida permitem estudar fases induzidas por potenciais periódicos no tempo (a chamada *engenharia de Floquet*).
 - A interação do potencial periódico com o sistema altera suas propriedades (coeficientes de transporte, densidade de portadores, magnetização etc.) e pode induzir fases quânticas exóticas.
 - Exemplo de desafio em aberto:
 - investigar transições de fase de não equilíbrio em sistemas de Floquet.

Algumas questões científicas atuais

- Termodinâmica estocástica
 - Generalização das leis da termodinâmica para sistemas na escala nanoscópica (sistemas biológicos, circuitos eletrônicos, reações químicas).
 - Teoremas de flutuação e relações de incerteza (entre fluxos e dissipação).
 - Construção e adequação de máquinas térmicas compostas por partículas brownianas e pontos quânticos.
 - Exemplo de desafio em aberto:
 - utilizar as relações de incerteza para obter previsões na escala nanoscópica para sistemas biológicos ou circuitos eletrônicos.

Algumas questões científicas atuais

- Termodinâmica quântica
 - Extensão das leis da termodinâmica para sistemas quânticos, construção de máquinas térmicas quânticas e comparação com seus análogos clássicos.
 - Exemplos de problema em aberto:
 - construção das leis da termodinâmica e suas consequências por meio de diferentes formulações;
 - investigação de máquinas térmicas compostas por condensados de Bose-Einstein, férmions e outros sistemas.

Por que um docente nessas áreas?

- Grande interesse da comunidade científica, nacional e internacional.
- Maior internacionalização.
- Interdisciplinaridade (física estatística, informação quântica, física atômica e molecular, biofísica, biologia e química);
- Poucos docentes do IFUSP atuando nessas áreas ou em áreas correlatas. Em 2012 (10 docentes), restando hoje apenas 4 na ativa. Tais docentes possuem (somados) mais de 20 orientandos, ilustrando o interesse em tais temas.

Possíveis interfaces com outros grupos do IFUSP

- Diversos grupos com pesquisa em biofísica
- Grupo de Informação Quântica
- Grupo de Fluidos Complexos
- Grupo de Física Estatística
- Grupo de Física Ambiental
- Grupos de física experimental em magnetismo e ótica quântica