

4302401 – Mecânica Estatística – 2023.1

Professor André Vieira

20 de junho de 2023

Introdução

A mecânica estatística é uma coleção de métodos para lidar com sistemas complexos cuja descrição microscópica detalhada é tecnicamente impossível e, na maioria das vezes, inútil. (De que adianta saber a posição e a velocidade de 10^{23} partículas? Que faríamos com tanta informação?) Em vez disso, a ideia é ter o foco nas propriedades médias derivadas a partir da descrição microscópica, buscando a emergência de poucas quantidades que permitam descrever o comportamento macroscópico dos sistemas. Para isso, é necessário fazer uso de probabilidades.

Embora sua origem remonte às tentativas de fornecer uma base microscópica para a termodinâmica, cujo desenvolvimento, por sua vez, foi impulsionado pela demanda por máquinas térmicas durante a Revolução Industrial, a mecânica estatística tem sido modernamente aplicada a uma enorme gama de fenômenos que envolvem muitas partículas ou muitos “agentes”, estendendo sua aplicabilidade a áreas à primeira vista tão distantes da física quanto a sociologia e a teoria da informação, entre muitas outras. Em um curso introdutório, no entanto, é difícil fugir de certos paradigmas, e nossa exposição dessas técnicas ainda terá como foco os fenômenos térmicos, embora sem prejuízo de pistas a respeito de aplicações mais amplas.

Neste semestre, dividiremos o curso em três blocos. Iniciaremos com um bloco dedicado aos fundamentos matemáticos e conceituais da mecânica estatística de equilíbrio, oferecendo uma introdução a probabilidades, apresentando a entropia — a grandeza fundamental da mecânica estatística — e noções da termodinâmica segundo os postulados de Callen. O bloco seguinte será dedicado à mecânica estatística de equilíbrio em si, contemplando a discussão dos *ensembles* estatísticos e aplicações. O bloco final será dedicado a tópicos mais avançados,

envolvendo a teoria dos fenômenos críticos e, havendo tempo, a mecânica estatística fora do equilíbrio.

Bibliografia

Há uma enorme quantidade de material disponível atualmente sobre mecânica estatística, com diferentes enfoques e níveis de aprofundamento. Escolhi adotar como referências básicas os textos abaixo.

- *Introdução à Física Estatística*, Silvio R. Salinas, EDUSP, 1997.
- *Thermal Physics*, Ralph Baierlein, Cambridge University Press, 1999.
- *Statistical Mechanics and Thermodynamics*, Claude Garrod, Oxford University Press, 1995.

Além dos textos indicados — e em boa medida com base neles —, algumas notas de aula que preparei serão disponibilizadas na página da disciplina em <http://edisciplinas.usp.br>.

Formato das aulas

As aulas ocorrerão presencialmente, no auditório César Lattes, situado no edifício Principal do IFUSP, às terças e sextas-feiras, das 19h às 21h. Algumas aulas terão foco na resolução de exercícios, a partir das listas de exercícios que serão disponibilizadas ao longo do curso.

Além disso, haverá seções de monitoria, cujo horário será combinado após o início das aulas, que ocorrerá no dia 14 de março.

Avaliação

A avaliação será realizada por meio de 3 provas presenciais, segundo o calendário abaixo.

- Primeira prova: ~~dia 11 de abril~~ 14 de abril.
- Segunda prova: ~~dia 19 de maio~~ 30 de maio.

- Terceira prova: dia ~~4 de julho~~ 7 de julho.

Ao final do semestre, haverá uma prova substitutiva (no dia ~~7 de julho~~ 11 de julho) e, para aqueles que obtiverem média entre 3 e 5, uma prova de recuperação (em data a ser definida mais adiante).

Requisitos e ferramentas

Tanto quanto possível, procurei tornar o curso autocontido, apresentando os conceitos físicos à medida que se fizerem necessários. Isso é especialmente válido para os conceitos de mecânica quântica requeridos para a discussão dos sistemas ideais como gases e o modelo do sólido de Einstein.

As ferramentas matemáticas necessárias correspondem ao cálculo diferencial e integral de várias variáveis e a noções de álgebra linear. Além disso, faremos algum uso de métodos computacionais; nesse caso, será útil alguma familiaridade com uma linguagem de programação como Python ou com softwares como o Mathematica. No caso deste último, a USP possui licença para estudantes, que pode ser solicitada através do endereço <https://software.sti.usp.br/>, na opção “solicitar software”; uma introdução ao uso do Mathematica está disponível em <https://www.wolfram.com/language/elementary-introduction/2nd-ed/>.