

## RESENHAS

**(Introdução à Física Estatística)****por Sílvio R. A. Salinas, São Paulo: Editora da USP, 464 pp., 1997.**

O livro do Prof. Sílvio Salinas é sem dúvida uma importante contribuição para o ensino da Mecânica Estatística no Brasil. É um dos poucos livros aqui publicados sobre o assunto, e um excelente texto para cursos de graduação e de pós-graduação nessa área.

Na base de qualquer discussão sobre as qualidades didáticas de um livro, está a questão do equilíbrio entre o concreto e o abstrato, ou entre a prática e a teoria, ou entre a experiência e o conceito. Esse equilíbrio é fundamental para o aprendizado: o aluno sentirá a importância do conceito porque vivenciou anteriormente uma experiência suficiente no assunto, e, por outro lado, porque a sua prática não será uma coletânea desconexa de exemplos, mas sim um caminho em direção a uma idéia unificadora. Dentro dessa visão, acredito que uma característica natural e histórica da Mecânica Estatística é o fato de a sua operacionalidade se sobrepor à difícil discussão dos seus primeiros princípios.

A derivação das leis estatísticas a partir de equações determinísticas, e a obtenção de critérios e condições precisas para que um sistema possa ser descrito estatisticamente, são assuntos difíceis, muitas vezes repassados ao leitor de maneira simplista, como no clássico exemplo da hipótese ergódica. Não é à toa que alguns fundadores da Mecânica Estatística, tais como Ludwig Boltzmann e Paul Ehrenfest, tiveram tantas dificuldades em convencer seus contemporâneos da solidez de suas idéias. Talvez, por isso mesmo, viessem mais tarde a cometer suicídio (em 1906 e 1933, respectivamente). Naquela época o estudo da Mecânica Estatística ainda era questionado por muitos. Mas hoje ela é considerada um setor fundamental da Física, que ajuda na compreensão das demais áreas, sendo matéria obrigatória em todos os cursos de graduação e pós-graduação dentro e fora do país. É por essa razão que os estudantes devem tomar contato com seus princípios básicos e aplicações. Considero que o livro do Prof. Salinas apresenta, na medida certa, o conhecimento necessário e suficiente para aqueles que desejam iniciar-se em Mecânica Estatística.

Ao escolher um livro de Mecânica Estatística cabe ao leitor fazê-lo conforme a sua familiaridade com o assunto. Para o iniciante, o importante é uma exposição simples e objetiva, cercada de muitos exemplos, para que os conceitos possam ser assimilados e entendidos progressivamente. O perigo de escolher um livro que não siga essa prescrição é transformar a leitura numa subida vertiginosa, onde os parágrafos são verdadeiros rochedos íngremes, de conteúdo inacessível, abstrato

e distante da realidade. Para o iniciante, o número de tópicos tratados não deve ser grande, mas bem dosado e bem selecionado para lhe dar uma visão suficientemente geral que lhe permita, no futuro, abordar qualquer novo tema. É claro que, para o leitor já familiarizado com o assunto, as necessidades são outras; a busca é por um livro-compêndio que forneça informações enciclopédicas sobre a Mecânica Estatística, tendo em vista a sua vastidão. Nesse caso, o leitor já busca detalhes refinados de um particular tópico e, quanto mais tópicos o livro tratar dessa maneira, maior será a utilidade do livro.

O livro do Prof. Salinas pode servir a ambas categorias de leitores, mas é inegável que suas características o enquadram melhor na primeira. Ao invés de apresentar textos longos e discursivos, o autor transforma seus tópicos numa sequência operacional de passos a serem seguidos, uma verdadeira trilha a ser percorrida pelo aluno, que poderia ser usada até por um autodidata. No livro, a exposição operacional está em evidência, procurando mostrar como funcionam as coisas; se ela não antecede completamente a teoria, pelo menos a entrelaça. O iniciante não se sente excluído, e o livro abre espaço para que “se meta a mão na massa” no assunto. Mesmo nos tópicos em que exemplos e aplicações são menos numerosos, o texto é suficientemente dissecado para o aluno.

Acredito que o livro reflita o ponto de vista de que, para entender-se uma teoria, é necessário ter passado antes por uma etapa de atividade prática. Caso contrário, fica fácil perder-se num emaranhado de parágrafos discursivos, que são compreensíveis somente para quem já está familiarizado com o assunto. Mesmo para aqueles que já percorreram essa trilha e buscam uma discussão mais rica em alguns tópicos, o livro é útil graças à variedade de tópicos tratados, em abordagem simples e direta.

O texto está organizado basicamente em quatro partes. A primeira, que vai do capítulo 1 ao 7, trata de idéias probabilísticas básicas, formulação dos ensembles, e a conexão com a Termodinâmica: caminhada aleatória, conceito de número de estados e hipótese ergódica, breve introdução à Termodinâmica, ensembles microcanônico e canônico, esse último aplicado ao gás clássico, ensemble grande canônico e ensemble das pressões. A segunda parte, que vai do capítulo 8 ao 11, discute as estatísticas quânticas e suas aplicações: gás ideal quântico com aplicação ao gás diluído de moléculas, gás ideal de férmions a temperaturas muito abaixo da temperatura de Fermi e teoria de Sommer-

feld dos metais com aplicações ao paramagnetismo de Pauli, diamagnetismo de Landau e efeito Haas-van Alphen, gás ideal de bósons, condensação de Bose-Einstein, discussão das fases do Hélio, gás ideal de fótons, lei de Planck, quantização do campo eletromagnético e aplicações das estatística de bósons a fônons e a magnons.

A terceira parte, que vai do capítulo 12 ao 14, trata dos fenômenos críticos e das transições de fase: teoria de Van der Waals, Curie-Weiss e fenomenologia de Landau, modelo de Ising, com a sua solução em uma dimensão, campo médio, aproximação de Bethe-Peirls, teorias de escala e grupo de renormalização, incluindo a construção de Kadanoff. Finalmente na quarta parte, capítulos 15 e 16, discutem-se os fenômenos estatísticos fora do equilíbrio: teorema H de Boltzman, hierarquia BBGKY, equação de Langevin e Fokker-Planck, dinâmica de Glauber e método Monte Carlo. O livro contém muitos erros de impressão que, tenho certeza, serão corrigidos nas edições futuras.

No que se segue, faço alguns comentários mais detalhados sobre o livro, baseados na minha experiência em utilizá-lo como livro texto durante três semestres seguidos no curso de pós-graduação do Instituto de Física da UFRJ.

Muitos estudantes já viram a primeira parte do livro em seus cursos de graduação, alguns, inclusive, utilizando-o como livro texto. Nesse caso, uma disciplina de pós-graduação poderá começar na segunda parte, se houver acordo com a ementa do curso em questão. Mesmo assim é difícil se cobrir o restante do livro em apenas um semestre, dada a grande quantidade de temas tratados.

Em particular na primeira parte, gostei da ênfase dada à positividade de vários coeficientes termodinâmicos [compressibilidade isotérmica ( $\kappa_T$ ), calores específicos a pressão constante ( $C_P$ ) e a volume constante ( $C_V$ )] na discussão de todos os ensembles, garantindo desta maneira a conexão entre a Mecânica Estatística e a Termodinâmica. Na primeira vez em que lecionei a matéria, segui a sugestão de usar o apêndice sobre transformação Jacobiana para derivar relações como a que existe entre os dois calores específicos:  $C_P - C_V = TV\alpha^2/N\kappa_T$ , onde  $N$  é o número de partículas e  $\alpha$  é o coeficiente de expansão térmica. Esse aparato matemático, porém, é pouco utilizado nos capítulos subsequentes, e, por isso, nas duas vezes seguintes optei por ensinar a tabela de Bridgeman [P.W. Bridgeman, *Physical Review* **3**, 273 (1941)] que me pa-

receu mais simples. Ela permite a transformação de qualquer derivada parcial escrita em termos de pressão ( $P$ ), temperatura ( $T$ ), entropia ( $S$ ), volume ( $V$ ), energia interna ( $U$ ), energias livre de Helmholtz ( $F$ ) e Gibbs ( $G$ ), entalpia ( $H$ ) e potencial químico ( $\mu$ ) em expressões envolvendo apenas  $P, T, S, V, C_P, \alpha$  e  $\kappa_T$ .

A segunda parte do livro traz tratamento detalhado de temas aplicados, permitindo a sua utilização também como livro de consulta em outros cursos de Física, tal como um curso em Estado Sólido. A terceira parte do livro, correspondente a fenômenos críticos e transições de fase, é muito boa. Dificilmente o estudante irá encontrar, em algum outro livro introdutório, esse assunto explicado de forma tão prática e direta como aqui se encontra. Quem sabe nas próximas edições não veremos também alguns programas numéricos sendo fornecidos ao leitor, dentro da filosofia geral que rege esse livro, que é a da simplicidade e objetividade? Por exemplo, sugiro aplicações do método Monte Carlo à caminhada aleatória e à resolução do modelo de Ising, dois assuntos que já são extensivamente discutidos no livro por técnicas analíticas. Os problemas nos finais de cada capítulo estão de acordo com os tópicos correspondentes. Talvez valesse a pena distinguir aqueles que são explicações ou extensões do texto dos problemas que são do tipo desafio.

A Mecânica Estatística é um campo aberto em evolução quase constante nos últimos cem anos. No início dos anos 70, houve a descoberta das transformações de escala e do grupo de renormalização que revolucionou o entendimento das transições de fase. Nos anos 80, foi descoberta a classificação de todos os expoentes críticos em duas dimensões através das álgebras conformes. Agora, nos anos 90, veio a observação experimental da condensação de Bose-Einstein. Sem dúvida posso afirmar que todos aqueles que estudarem o livro do Prof. Salinas estarão preparados para acompanhar e avaliar esses e quaisquer outros desenvolvimentos em Mecânica Estatística, passados e futuros. Por essa razão, recomendo-o fortemente a todos aqueles que se iniciam no assunto ou que buscam um tratamento simples e direto dos seus tópicos fundamentais.

Prof. Mauro M. Dória  
Departamento de Física dos Sólidos  
Instituto de Física - UFRJ.  
E-mail: mmd@if.ufrj.br