

## INTRODUÇÃO

A Mecânica tem um papel especial no ensino das ciências físicas – é na Mecânica que se encontram, pela primeira vez, conceitos fundamentais (trajetórias e leis horárias, forças e momentos, trabalho e energia, etc.) que se propagam a todos os outros ramos da Física e, também, de outras ciências. Um bom conhecimento da Mecânica elementar é essencial para a compreensão do Eletromagnetismo, Termodinâmica, Dinâmica de Fluidos, Teoria Quântica... São estes motivos suficientes para justificar que a Mecânica Elementar apareça como uma das primeiras áreas da Física a que um aluno universitário seja exposto logo no início do seu curso. Porém, a Mecânica é muito mais do que se aprende nessa introdução elementar – na verdade, muito mais do que cabe em qualquer livro, até porque continua a ser uma área ativa de investigação. Os métodos desenvolvidos por Lagrange, primeiro, e Hamilton, depois, se vieram simplificar o tratamento de problemas complexos do formalismo Newtoniano, vieram, também, abrir caminhos inimagináveis e que, realmente, sustentam toda a Física Moderna, Clássica ou Quântica. Uma apresentação desses métodos faz parte, em geral, de um curso mais avançado de Mecânica. O objetivo deste livro é, precisamente, expor, em detalhe, o conteúdo de uma disciplina, apropriadamente intitulada Mecânica Avançada, que o autor regeu durante vários anos enquanto professor no Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Essa disciplina situava-se no 4º ano da licenciatura em Física, antes da reforma de Bolonha, passando para o 3º ano da mesma licenciatura, após a reforma. A exposição segue, de perto, um programa que várias gerações de alunos experimentaram e, agrada-me reconhecê-lo, experimentaram com sucesso.

O livro está dividido em oito capítulos e três apêndices. No primeiro capítulo, é feita uma rápida revisão dos conceitos e leis gerais que fazem parte da Mecânica Elementar apresentada num primeiro ano do curso. Apesar de revisão, houve uma preocupação de detalhe e de tratamento sistemático de várias aplicações menos triviais, de modo a tornar este capítulo uma base para uma disciplina introdutória. O pressuposto de algum conhecimento da Teoria da Relatividade Restrita não é essencial. O segundo capítulo apresenta e desenvolve o formalismo de Lagrange, a exploração de simetrias para se obterem constantes do movimento, o reconhecimento do funcional da ação como gerador das equações de movimento. Das aplicações, destacam-se o estudo do

problema dos dois corpos e diversos aspectos do movimento de um pião simétrico. O terceiro capítulo é dedicado à formulação de Hamilton e transformações canónicas, sendo estas seguidas da análise dos invariantes de Poincaré e colchetes de Poisson. O quarto capítulo considera a importante teoria de Hamilton-Jacobi, estuda a analogia ótica da formulação mecânica e estabelece a ligação com a mecânica quântica-clássica. O quinto capítulo prolonga o anterior, analisando sistemas periódicos e as variáveis ação-ângulo. O sexto capítulo trata de métodos perturbativos, apresentando-se uma formulação em termos de operadores, o que torna mais familiar os métodos da Mecânica Quântica. O sétimo capítulo analisa a amplificação paramétrica, uma importante ilustração dos métodos desenvolvidos e que encontra múltiplas aplicações nos mais diversos domínios da Física. O oitavo, e último, capítulo, considera outra aplicação, mais moderna e, sob vários aspectos, mais espectacular: o estudo de sistemas dinâmicos e mapas, o aparecimento e caracterização de comportamentos caóticos. Nos Apêndices é mostrado como o formalismo de Lagrange é extensível a campos, primeiro escalares, a seguir vetoriais, como acontece com o campo eletromagnético. A curta bibliografia final, comentada, informa sobre várias obras que esclarecem, amplificam ou generalizam vários dos tópicos tratados.

Em todos os capítulos, exemplos ou demonstrações menos importantes aparecem em caracteres tipográficos mais pequenos que os usados no texto principal – o objetivo é indicar que a leitura desses parágrafos é dispensável, pelo menos numa primeira abordagem. Todas as ilustrações e algumas figuras ou gráficos foram recolhidas da Wikipédia.

Todos os capítulos são seguidos de um conjunto seleccionado de problemas, alguns retirados de obras referenciadas na Bibliografia, como formas de exercício de aplicação ou generalizações simples dos tópicos desenvolvidos. São problemas testados pelas gerações de alunos que frequentaram, quase todos com aproveitamento, vários de forma brilhante, a disciplina de Mecânica Avançada. Pelas muitas questões relevantes que colocaram ao regente da disciplina e pelo interesse e entusiasmo que sempre demonstraram, esta obra muito lhes deve e, naturalmente, a todos eles é dedicada.

Por último, mas não menos importante, são devidos agradecimentos ao Prof. António Pereira Leite cuja leitura crítica da obra permitiu não só corrigir inúmeras gralhas e identificar erros em expressões matemáticas, bem como identificar vários passos menos claros na exposição.