

Resenhas

## Mecânica Analítica: um livro-texto moderno para cursos de graduação em Física

H. Fleming<sup>1</sup>

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

O professor Nivaldo Agostinho Lemos, conhecido físico teórico brasileiro, tem se dedicado, há anos, também ao aprimoramento do ensino científico de nível superior, sendo já ampla a lista de trabalhos que publicou, por exemplo, no renomado (e exigente!) *American Journal of Physics*. Há algum tempo li um artigo seu, nessa revista, em que uma elegante demonstração da identidade de Jacobi para os parênteses de Poisson era apresentada. Conjecturei: deve vir aí um livro de mecânica do Nivaldo. De fato, ei-lo, publicado pela Editora Livraria da Física, que, aliás, vem sendo pródiga produtora de excelentes textos científicos (*Mecânica Analítica*, pp 388, 2004).

O nome Mecânica Analítica remonta a Lagrange, e vinha sendo abandonado pelos autores modernos em favor de Mecânica Clássica, ou simplesmente Mecânica, ou, ainda, no caso do singular e excelente livro de Giovanni Gallavotti, *Meccanica Elementare* (ao menos no original italiano). Aliás, folheando-se a *Meccanica Elementare* de Gallavotti, a primeira pergunta que surge, espontânea, é: o que será uma *Meccanica Avanzata*?

Aplaudo a escolha do autor. No mínimo, ele pode apresentar, sem maiores explicações, a importante observação de Einstein *As equações da mecânica analítica têm um significado que excede em muito o da mecânica newtoniana*, que está, em epígrafe, no seu Capítulo 7.

O ensino da mecânica analítica foi marcado, nos anos 50, pelo aparecimento do excelente *Classical mechanics*, de Goldstein, e por uma tomada de posição que está bem claramente expressa no prefácio dessa obra: *classical mechanics affords the student an opportunity to master many of the mathematical techniques necessary for quantum mechanics while still working in terms of the familiar concepts of classical physics*. No contexto do prefácio ficava claro que era necessário apresentar justificativas para um segundo curso de mecânica, e esta era apenas a de uma preparação para a mecânica quântica. Lembro-me ainda da irritação que a frase causou ao professor Silvio Ferraz Mello, então no início de sua brilhante carreira de especialista na Mecânica Celeste.

Hoje esta posição é insustentável: os grandes avanços no estudo da estabilidade, do caos, dos sistemas integráveis, a

generalização do formalismo hamiltoniano descoberta por Dirac, são áreas da mecânica onde se realiza pesquisa de ponta, e de extrema importância. Ao mesmo tempo, e em consequência, houve necessidade de uma nova geração de textos de mecânica. Não podemos deixar de mencionar, nesta nova geração, a notável *Mecânica Clássica Moderna*, de Walter Wreszinski, que, *grosso modo*, começa onde Nivaldo termina.

O que coloca a *Mecânica Analítica* de Nivaldo Lemos nesta nova geração é a ênfase em simetrias, com um belo tratamento do teorema de Emmy Noether, o tratamento moderno das transformações canônicas, que introduz a notação simplética, um tratamento elementar do teorema KAM e o formalismo de Dirac para o tratamento, no formalismo canônico, de sistemas vinculados.

Excetuados estes assuntos, o livro tem um conteúdo semelhante ao da primeira edição do livro de Goldstein: formalismo lagrangeano, princípio de Hamilton, corpos rígidos, pequenas oscilações, mecânica relativística, formalismo hamiltoniano, transformações canônicas, teoria de Hamilton-Jacobi, teoria clássica dos campos.

Mas o livro não é só isso, e nem principalmente isso. Em primeiro lugar, é uma obra que irá certamente agradar aos estudantes, e não só aos professores. Não há capítulo que não se beneficie do vasto know-how do autor, leitor e contribuinte assíduo do já citado *American Journal of Physics*, sobre novas e melhores demonstrações dos resultados clássicos. Um grande número de exemplos, e exercícios, muito dos quais completamente resolvidos, apresentam o lado concreto dos abstratos formalismos. Oportunas e iluminantes citações chamam a atenção para pontos especialmente importantes. Notas históricas, na medida certa, fornecem perspectiva ao leitor iniciante.

O meu capítulo favorito é o oitavo, *Transformações Canônicas*, que apresenta um tratamento único do formalismo dos parênteses de Poisson. Numa perspectiva wigneriana da física, onde o substrato mais essencial é o conjunto das simetrias que o espaço e o tempo devem ter para que uma teoria formulada sobre eles nos seja aceitável, eles representam, no contexto da mecânica

<sup>1</sup>Enviar correspondência para H.Fleming. E-mail:fleming@if.usp.br .

clássica, a álgebra de Lie do grupo de transformações da relatividade de Galileu. Por isso sobrevivem, quase imutados, na mecânica quântica não relativística, e são a base, no formalismo de Dirac, da conexão mecânica clássica–mecânica quântica.

Neste capítulo, talvez o resultado mais bonito de Nivaldo: a demonstração, quase sem cálculos, de que os parênteses de Poisson satisfazem a identidade de Jacobi, e, assim, formam uma álgebra de Lie. O autor mostra que, a partir do fato de que os parênteses de

Poisson são invariantes por transformações canônicas, segue que as identidades de Jacobi devem ser satisfeitas. Minha leitura preferida deste resultado é: se não forem satisfeitas as identidades de Jacobi, os parênteses de Poisson não têm um significado invariante, o que ressalta a importância das identidades de Jacobi.

Ficarei muito surpreso se este magnífico texto não se tornar a referência padrão dos cursos de mecânica analítica nos países de língua portuguesa.