

## Resenha

# Abordagem epistemológica em um livro-texto sobre mecânica quântica

Salomon S. Mizrahi<sup>1</sup>

Departamento de Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

*Conceitos de Física Quântica*, de Osvaldo Pessoa Jr. (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2003), 188 p.

Recentemente fomos brindados com um texto (Volume I) de mecânica quântica (MQ), *Conceitos de Física Quântica* escrito pelo Prof. Osvaldo Pessoa Jr., e que, em sua página de apresentação, informa que o livro foi elaborado com base na experiência adquirida no decorrer de uma década de cursos ministrados na Universidade de São Paulo e na Universidade Federal da Bahia. Diferentemente dos textos tradicionais de MQ, o livro inova devido à preocupação do autor em apresentar e discutir as várias interpretações da MQ, sem se limitar apenas a discussões sobre epistemologia e linhas filosóficas. Ao longo da maioria dos vinte capítulos encontramos discussões sobre uma variedade de fenômenos quânticos e, quando necessário, o autor faz uso, sem receio, do formalismo matemático da MQ. Os fenômenos são descritos e analisados de acordo com cada uma das interpretações que ele discrimina: ondulatória, corpuscular, dualista realista e da complementaridade.

Em *Conceitos de Física Quântica* a escolha e a apresentação dos temas diferem, tanto na ordem como na forma, daquelas que encontramos em manuais tradicionais, *e.g.*, *Quantum Physics* de S. Gasiorowicz (Wiley, New York, 1996) ou *Introduction to Quantum Mechanics* de R.H. Dicke e J.P. Wittke (Addison-Wesley Inc., Reading, MS, USA, 1966). Eu situaria o texto, quanto à escolha e abordagem dos assuntos, numa posição intermediária entre o livro de B. d'Espagnat, *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics* (Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1976, 1989) e o *Quantum theory: Concepts and Methods* (Kluwer Academic Publishers), de A. Peres.

Na *Apresentação* diz o autor: “O Volume I é uma introdução bastante suave à física quântica, que pode ser aproveitada mesmo por aqueles que nunca cursaram uma disciplina de mecânica quântica, como alunos de

Filosofia, Ensino de Ciências e História da Ciência”.

Eu discordo dessa afirmação por diversos motivos, dos quais citarei apenas alguns. No texto são apresentados fenômenos que envolvem experimentos reais ou pensados (*gedanken*), que fazem uso de interferômetros, polarizadores, prismas, feixes de luz ou de partículas, etc., o que, a meu ver, exigiria de um leitor um razoável conhecimento prévio de óptica ondulatória e uma familiaridade com a álgebra linear para poder entender o tratamento formal de vetores no espaço de Hilbert, o significado de superposição e rotação de vetores, etc. Muitos assuntos discutidos contêm sutilezas próprias da teoria e que mereceriam uma maior reflexão por parte do autor. Por exemplo, (1) na página 46, terceiro parágrafo, é dito que a equação de Schrödinger (ES) descreve sistemas *fechados* englobando duas situações: sistemas *isolados* (o operador hamiltoniano não tem dependência explícita do tempo - a energia média é conservada) e sistemas sujeitos a campos externos bem determinados que *não reagem* nas entidades físicas que criam os campos (presença no hamiltoniano com um termo de energia potencial dependente do tempo - a energia média não é conservada). Entretanto, para muitos sistemas descritos por hamiltonianos dependentes do tempo, pode-se encontrar um novo referencial (transformação unitária dependente do tempo) que leve a uma outra ES cujo hamiltoniano não apresenta mais dependência temporal explícita, e portanto, o sistema parecerá um sistema isolado quando “visto” no novo referencial. Logo, dizer que um sistema é isolado ou não irá depender do referencial adotado. (2) Na página 88 encontra-se uma discussão sobre o “operador fase”, um assunto polêmico, pois sua existência e definição são ainda hoje bastante controversas; *en passant*, aproveito para alertar que o acento circunflexo deveria cobrir os objetos  $\sin\Phi$  e  $\cos\Phi$ , que são símbolos, pois eles não representam as operações vulgares de seno e co-seno.

Um leitor pouco familiarizado com as nuances, sutilezas e “paradoxos” da MQ poderá encontrar dificul-

<sup>1</sup>E-mail: salomon@df.ufscar.br.

dades em acompanhar os conceitos e discussões do livro, mas para que ele não se sinta pouco capacitado cito A.J. Leggett<sup>2</sup>, físico laureado com o prêmio Nobel de Física de 2003: *a Mecânica Quântica é muito mais do que apenas uma teoria; é uma forma totalmente nova de olhar para o mundo, envolvendo uma mudança no paradigma, talvez mais radical que qualquer outro na história do pensamento humano*. Portanto, com a MQ criou-se um plano de clivagem entre o pensamento tradicional da Física (incluindo-se aí a teoria da relatividade) e o novo pensamento; sua interpretação exige um despojamento de conceitos tradicionais como, trajetória, localização, etc.... e a assimilação de novos como, amplitude de probabilidade, não-localidade, inseparabilidade, indistinguibilidade de partículas, decoerência e outros mais.

Embora, com o seu conjunto de postulados e teoremas, (na sua estrutura formal), a MQ não apresenta inconsistências ou paradoxos, a tempestade criada pelo estudo epistemológico desde sua invenção ainda não amainou totalmente. Para físicos como A. Peres, M. Gell-Mann, N.G. van Kampen e outros, a MQ é um conjunto de regras que permite fazer previsões acerca de fenômenos físicos passíveis de medição. Esse pensamento utilitarista da MQ não exclui a prática interpretativa, mas seus adeptos não se aborrecem com a inexistência de uma interpretação única e não ambígua. Por exemplo, um tópico bastante bem discutido pelo autor é a chamada teoria da medição, onde o choque com o pensamento clássico é mais marcante. O desconforto surge com o postulado da projeção: quando é feita a medição de uma propriedade de um sistema, o seu vetor de estado reduz-se “subitamente” a um dos muitos possíveis autoestados. Embora esse “colapso” ocorre de maneira aleatória, repetindo-se o processo de

medição - sob as mesmas condições - muitas e muitas vezes, o experimentador conseguirá obter a distribuição estatística dos valores medidos, que ele associará ao estado (de pré-medição) do sistema. Enquanto a epistemologia procura uma explicação para os súbitos “colapsos”, os utilitaristas vêem isso como uma das regras da MQ, sem encontrar necessidade para um maior aprofundamento. Via de regra, os homens e mulheres de ciência têm feito uso do receituário formal da MQ sem demasiada preocupação em analisar o resultados dos seus cálculos à luz (ou à sombra?) das diversas interpretações existentes.

O livro de Osvaldo Pessoa Jr. vem complementar a literatura existente sobre MQ, é um livro não trivial, pois as interpretações da MQ são bastante controversas e elas exigem do leitor um pensamento treinado e uma familiaridade com o arcabouço da física teórica. De todo modo, é um livro que merece ser lido e discutido pelos físicos (pelo menos daqueles que ministram cursos de MQ), visto que, se aceitamos as conjecturas do filósofo K. Popper, em algum momento a teoria quântica poderá ser refutada e substituída por outra mais abrangente e com menos interpretações polêmicas. E para esse momento os físicos precisarão estar preparados para entender e participar dessa (possível, mas, que acredito, pouco provável) revolução.

Encontramos uma bibliografia abrangente com referências distribuídas ao longo do texto e seu capítulo final apresenta uma coleção de problemas e um *questionário lúdico*. Finalmente, quicá o capítulo XIV, *Realismo e positivismo*, deveria anteceder os demais, para melhor instruir o leitor antes de iniciar as discussões sobre as várias interpretações da MQ.

<sup>2</sup> *Testing the limits of quantum mechanics: Motivation, state of play, prospects*, J. Phys.: Condens. Matter **14**, R415-R451, (2002).