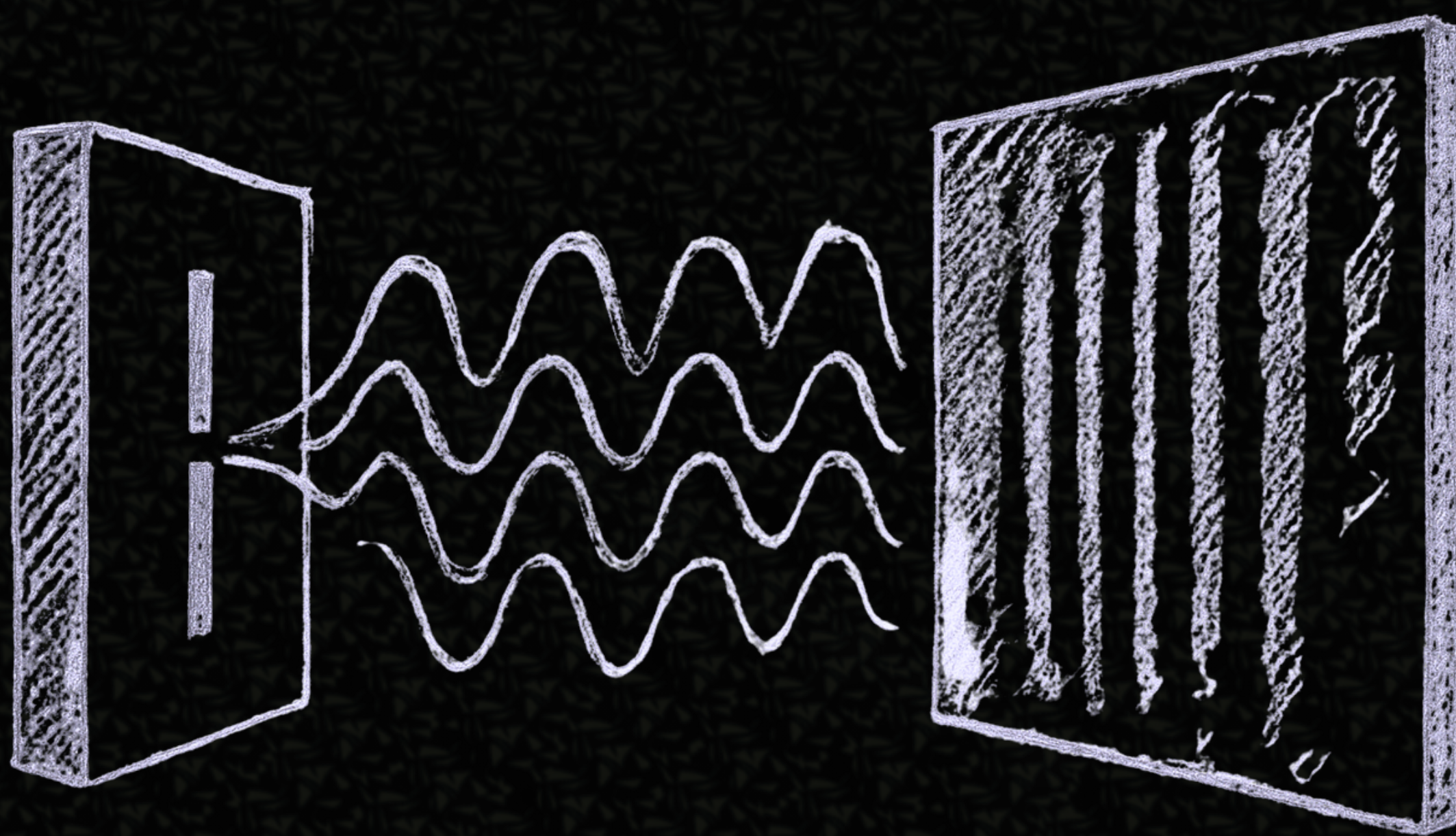


*Do mesmo escritor de
Na Busca do Mundo Quântico*

A RUPTURA FUNDAMENTAL

Afinal do que fala a Mecânica Quântica?



NATHAN LIMA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Lima, Nathan W.

A ruptura fundamental [livro eletrônico] :
afinal, do que fala a mecânica quântica? /
Nathan W. Lima. -- 1. ed. -- Lajeado, RS :
Libélula Editorial, 2023.

PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-981193-0-0

1. Divulgação científica 2. Física
3. Mecânica quântica 4. Pesquisa científica
I. Título.

23-170379

CDD-530.12

Índices para catálogo sistemático:

1. Mecânica quântica : Física 530.12

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

SUMÁRIO

Sumário

PREFÁCIO	5
1. O que é quântica?	9
1.1. Física Quântica, Mecânica Quântica ou Teoria Quântica?	15
2. Ondas e Partículas no mundo clássico.	18
2.1. Filosofia Clássica: realismo, causalidade e determinismo	19
2.2. Comportamento de Corpúsculos	21
2.3. Comportamento de Ondas	25
3. Um novo ator entra em cena: o elétron	31
3.1. O elétron é uma partícula!	32
3.2. O elétron é uma onda!?	33
3.3. A função de onda – um ente estranho	35
3.4. O que segura as estrelas “vivas”?	37
4. Dualidade onda-partícula: Experimento de Dupla Fenda com Elétrons	40
4.1. Detecção do elétron	41
4.2. Duas fendas e nenhum detector de caminho	42
4.3. Duas fendas e um detector de caminho	45
4.4. Dualidade Onda-Partícula	48
4.5. Fenômenos Intermediários	51
4.6. Uma virada metafísica na Física	52
5. O Princípio da Incerteza	55
5.1. O que o Princípio da Incerteza quer dizer?	58
5.2. O que segura estrelas “mortas”	58
6. O Problema da Medida	61
6.1. Como a onda virou partícula?	62
6.2. Onde estava o elétron quando ninguém estava medindo?	63
6.3. Será que descobrimos a consciência?	65
7. A ruptura fundamental	69
7.1. A Mecânica Quântica é não-determinista	70
7.2. A Mecânica Quântica é não-causal	71
7.3. A Mecânica Quântica é não-realista	72

8. Conclusão	76
SOBRE O AUTOR	78

PREFÁCIO

Mecânica Quântica é uma das teorias mais bem sucedidas da Física. Ela explica características e propriedades da matéria e da radiação com detalhe assustador. É essa capacidade de previsão tão poderosa que torna essa teoria tão sólida e reconhecida no meio acadêmico.

Apesar disso, é incontestável que, após quase um século de sua formalização, até hoje, existem muitas dúvidas sobre o que a Mecânica Quântica quer dizer sobre a realidade. Ou seja, um formalismo matemático muito robusto foi articulado, o qual é capaz de fazer previsões corretas sobre resultados experimentais de forma muito precisa. Mas se a gente pergunta para a teoria, “Ok, mas por que isso está acontecendo assim?” Aí os problemas começam a aparecer.

Essa dimensão da teoria, sua narrativa sobre a realidade e sobre o próprio conhecimento, é o que costumamos chamar de Interpretação da teoria. Então, podemos dizer que a Interpretação da Mecânica Quântica é um problema em aberto até hoje, sendo objeto de uma grande disputa. Isso acontece, sobretudo, porque a interpretação considerada ortodoxa¹ nos leva a um entendimento muito diferente de tudo que construímos na Física até final do século XIX. O objetivo principal desse livro é explicar por que a interpretação ortodoxa é tão exótica e polêmica. E vamos fazer isso mostrando quais são as suas rupturas fundamentais com os pressupostos filosóficos das teorias clássicas.

De antemão, vale um alerta. Não tem nada a ver com o que se encontra no Instagram, Youtube, Facebook, sobre espiritualidade e misticismo. É uma pena que a profundidade e complexidade filosófica da mecânica quântica tenha se reduzido a um grande discurso vazio.

¹ Para usar a terminologia presente em um livro muito comum de mecânica quântica (Griffiths 2005).

Por outro lado, é também uma pena que praticamente nenhum livro didático de Mecânica Quântica do ensino superior ou de Física da Educação Básica trate o tema de forma adequada, restringindo-se a apresentar equações, listas de exercícios e uma discussão conceitual usualmente muito rasa.

A minha história mais estreita com a Mecânica Quântica começou justamente com os livros didáticos. Quando estava na graduação, resolvi comparar um artigo do Einstein sobre a radiação com o que o livro apresentava. Fiquei consternado com a diferença que encontrei. Nenhum argumento de Einstein, absolutamente nenhum, era resgatado no livro. Eram físicas completamente diferentes, a de Einstein e a do livro.

Essa constatação e o espanto que ela gerou nunca mais me abandonaram. Durante o mestrado, quando estudei problemas de interação da radiação com a matéria, tive a oportunidade de olhar mais a fundo para outros episódios históricos, sempre com o mesmo reconhecimento – uma total pobreza conceitual e filosófica em nossos livros.

Por isso, tomei a difícil decisão de, no doutorado, ir para área de Ensino. Queria, primeiramente, entender mais a fundo o problema dos livros didáticos, e, principalmente, estudar história da Mecânica Quântica. De lá para cá, nunca mais parei.

Hoje, sou professor do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde leciono tanto na graduação quanto no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Recentemente, tive a felicidade de ministrar uma disciplina de pós-graduação que denominei “ História da Mecânica Quântica com fontes primárias”. A disciplina consistia em um curso de Mecânica Quântica, com tópicos semelhantes com o que temos em um curso tradicional, com a diferença de que não usamos nenhum livro didático, apenas os artigos originais e outros textos acadêmicos. O curso foi profundamente inspirado em uma disciplina ofertada anualmente na Universidade de Copenhague, berço da Mecânica Quântica.

Em 2020, tive a oportunidade de passar 3 meses na Universidade de Copenhague, como professor visitante, com uma bolsa da CAPES e assistir o

curso de História da Mecânica Quântica que estava sendo ofertado pelo Professor Christian Joas, diretor do arquivo Niels Bohr, e professor Ricardo Karam, docente do departamento de Educação em Ciências da Universidade de Copenhague.

Depois, ao voltar para o Brasil, fundamos o Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Física da UFRGS, e – desde então – publicamos diversos artigos sobre História, Filosofia e Ensino de Mecânica Quântica. A grande maioria desses artigos trata do ensino de quântica na graduação ou pós-graduação, visto que se vale do formalismo matemático que não se aprende usualmente no ensino médio.

O fato de manter essa discussão restrita a um grupo muito pequeno logo começou a me incomodar. Ano passado, decidi começar um projeto pessoal, despretensioso, em que compartilharia algumas reflexões no meu perfil do instagram. Chamei de “reflexões quânticas”. Para quem não conhece, fica o convite para visitar o perfil e passar a seguir (@nathan.w.lima). Meu perfil não tinha nem mil seguidores, somente alguns amigos e familiares. Hoje, temos uma comunidade com mais de 26 mil pessoas falando de Física. É uma realização da qual particularmente eu me orgulho.

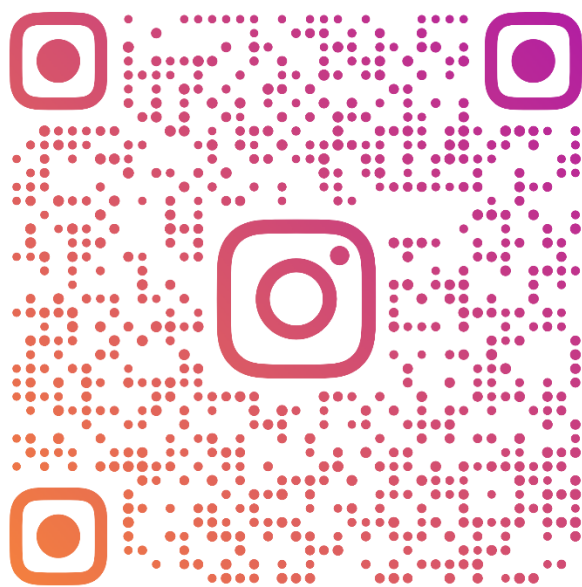
Mais do que a satisfação de todas as interações, esse projeto foi uma prova que queria submeter a mim mesmo: é possível falar de Física e de Mecânica Quântica, de forma séria, sem precisar recorrer ao formalismo matemático. É claro que um entendimento profundo e uso da teoria exige o formalismo. Mas existe um grande número de pessoas que quer saber mais sobre Mecânica Quântica. O sucesso do perfil e o engajamento com as postagens mostra que isso é possível sim.

Esse livro surge, então, como uma proposta de sistematizar essas discussões que propus no meu perfil, principalmente os aspectos conceituais. Não vou focar, nesse livro, nos aspectos históricos (embora tenha algumas pequenas discussões). Nesse livro, vamos fazer uma abordagem conceitual e trazer algumas implicações filosóficas. Espero, em breve, finalizar uma segunda narrativa, com caráter mais histórico-literário, para complementar as discussões que apresentamos aqui.

Enfim, esse é um livro que eu gostaria de ter lido anos atrás, quando comecei a graduação em Física, ou mesmo quando estava no Ensino Médio. É uma proposta organizada, partindo de arranjos experimentais concretos, e pensada para promover o aprendizado. Mais do que isso, essas apresentações e discussões, em alguma medida, foram testadas de outras formas no perfil do Instagram e, portanto, podemos afirmar que funcionam para o público geral.

Espero, de coração, que essa seja uma leitura prazerosa, interessante, e que ajude a explicar um pouco mais, os mistérios e belezas que a Mecânica Quântica traz, sem recair em visões falaciosas e enganosas. Se você quiser compartilhar suas impressões comigo pelo Instagram, será um prazer conversar por lá! Boa leitura!

Para seguir no instagram, acesse o QR Code:



NATHAN.W.LIMA