

sete

breves

lições

de

física



sete

breves

lições

de

física

**carlo
rovelli**

Tradução

Joana Angélica d'Avila Melo



Copyright © 2014 Adelphi Edizioni S.p.A, Milão
Publicado mediante acordo com Ute Körner Literary Agent, Barcelona
— www.uklitag.com
Todos os direitos reservados.

*Grafia atualizada segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa
de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 2009.*

Título original
Sette brevi lezioni di fisica

Capa
Margem + Mateus Acioli

Revisão técnica
Carlos Roberto Rabaça
Ph.D. em Astronomia pela The University of Alabama, Estados Unidos
Professor da UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Revisão
Tereza da Rocha
Ana Grillo
Cristhiane Ruiz

CIP-Brasil. Catalogação na fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

R776s

Rovelli, Carlo
Sete breves lições de física/ Carlo Rovelli; tradução
Joana Angélica d'Ávila Melo. – 1. ed. – Rio de Janeiro:
Objetiva, 2015.
91p.

Tradução de: *Sette brevi lezioni di fisica*
ISBN 978-85-390-0709-7

1. Ciência – Filosofia. 2. Física. 3. Teoria do
conhecimento. I. Título.

15-25082

CDD: 501
CDU: 501

[2015]
Todos os direitos desta edição reservados à
EDITORA OBJETIVA LTDA.
Rua Cosme Velho, 103
22241-090 — Rio de Janeiro — RJ
Telefone: (21) 2199-7824
Fax: (21) 2199-7825
www.objetiva.com.br

SUMÁRIO

Premissa	7
Primeira lição: A mais bela das teorias	9
Segunda lição: Os quanta	19
Terceira lição: A arquitetura do cosmo	29
Quarta lição: Partículas	39
Quinta lição: Grãos de espaço	47
Sexta lição: A probabilidade, o tempo e o calor dos buracos negros	59
Conclusão: Nós	73
Índice remissivo	89

PREMISSA

Estas lições foram escritas para quem não conhece ou conhece pouco a ciência moderna. Juntas, elas compõem um rápido panorama de alguns dos aspectos mais relevantes e fascinantes da grande revolução que ocorreu na física do século xx, e sobretudo das questões e dos mistérios que essa revolução apontou. Porque a ciência nos mostra como compreender melhor o mundo, mas também nos indica a vastidão daquilo que ainda não sabemos.

A primeira lição é dedicada à teoria da relatividade geral de Albert Einstein, “a mais bela das teorias”. A segunda, à mecânica quântica, na qual se encontram os aspectos mais desconcertantes da

física moderna. A terceira é dedicada ao cosmo: a arquitetura do universo que habitamos. A quarta, às partículas elementares. A quinta, à gravidade quântica: o esforço em andamento para construir uma síntese das grandes descobertas do século xx. A sexta, à probabilidade e ao calor dos buracos negros. A última seção do livro, em conclusão, retorna a nós mesmos e pergunta como conseguir pensar-nos no estranho mundo descrito por essa física.

As lições ampliam uma série de artigos publicados pelo autor no caderno “Domenica” do jornal *Il Sole 24 Ore*. O autor agradece especialmente a Armando Massarenti, que teve o mérito de abrir as páginas culturais daquele suplemento dominical à ciência, destacando o papel desta como parte integrante e vital da cultura.

PRIMEIRA LIÇÃO
A MAIS BELA DAS TEORIAS

Quando jovem, Albert Einstein passou um ano viajando. Quem não perde tempo não chega a lugar nenhum, coisa que, infelizmente, os pais dos adolescentes esquecem com frequência. Ele estava na cidade italiana de Pavia. Tinha ido ao encontro da família após abandonar os estudos na Alemanha, onde não suportava o rigor do liceu. Era o final do século XIX e, na Itália, o início da revolução industrial. O pai, engenheiro, instalava as primeiras centrais elétricas na planície do rio Pó. Albert lia Kant e, informalmente, assistia a aulas na Universidade de Pavia: como passatempo, sem estar matriculado nem fazer exames. É assim que se desenvolve um verdadeiro espírito de investigação.

Depois, se inscreveu na Universidade de Zurique e mergulhou na física. Poucos anos mais tarde, em 1905, enviou três artigos à principal revista científica da época, *Annalen der Physik*. Cada um dos três valia um Prêmio Nobel. O primeiro mostrava que os átomos existem de fato. O segundo abria a porta à mecânica quântica, da qual falarei na próxima lição. O terceiro apresentava sua primeira Teoria da Relatividade (hoje chamada “relatividade restrita”), a teoria que esclarece como o tempo não passa do mesmo jeito para todos: dois gêmeos que se reencontram constatam ter idades diferentes, se um dos dois tiver viajado velozmente.

Einstein se torna de repente um cientista renomado e recebe ofertas de trabalho de várias universidades. Mas algo o perturba: sua teoria da relatividade, por mais que tenha sido imediatamente celebrada, não se encaixa no que sabemos sobre a gravidade, isto é, sobre como as coisas caem. Ele se dá conta disso ao escrever uma resenha sobre sua teoria, e se pergunta se a antiga e pomposa “gravitação universal” do grande pai Newton não deve também ser revista, para tornar-se compatível com a nova relatividade. Mergulha no problema. Serão necessários dez anos para resolvê-lo. Dez anos de estudos enlouquecidos, tentativas, erros, confusão, artigos equivocados, ideias fulgurantes, ideias erra-

das. Finalmente, em novembro de 1915, ele publica um artigo com a solução completa: uma nova teoria da gravidade, à qual dá o nome de “teoria da relatividade geral”, sua obra-prima. A “mais bela das teorias científicas”, como a chamou o grande físico russo Lev Landau.

Existem obras-primas absolutas, que nos emocionam intensamente: o *Réquiem* de Mozart, a *Odisseia*, a Capela Sistina, *O rei Lear...* Captar-lhes o esplendor pode exigir um percurso de aprendizado. Mas o prêmio é a beleza pura. E não só: também se abre aos nossos olhos uma nova visão do mundo. A Relatividade Geral, a joia de Albert Einstein, é um desses prêmios.

Recordo minha emoção quando comecei a compreendê-la um pouco. Era verão. Eu estava numa praia da Calábria, em Condofuri, envolto pelo sol do helenismo mediterrâneo, na época do último ano de universidade. Os períodos de férias são aqueles nos quais estudamos melhor, porque não estamos distraídos pela escola. Eu estudava num livro de margens roídas por camundongos, porque o tinha usado para fechar as tocas desses pobres bichinhos, à noite, na casa avariada e um pouco hippie na colina úmbria aonde ia me refugiar do tédio das aulas universitárias de Bolonha. De vez em quando tirava os olhos do livro para observar a

cintilação do mar: parecia-me ver a curvatura do espaço e do tempo imaginada por Einstein.

Era como uma mágica: como se um amigo me sussurrasse ao ouvido uma extraordinária verdade oculta, e de repente afastasse da realidade um véu, para revelar nela uma ordem mais simples e mais profunda. Quando aprendemos que a Terra é redonda e gira como um pião enlouquecido, compreendemos que a realidade não é como nos parece: a cada vez que entrevemos um novo pedaço dela é uma emoção. Mais um véu que cai.

Mas, entre todos os numerosos avanços do nosso saber, ocorridos um após outro no curso da história, aquele realizado por Einstein talvez seja sem igual. Por quê? Em primeiro lugar, porque a teoria, depois que compreendemos como funciona, é de uma simplicidade arrebatadora. Resumindo a ideia:

Newton havia procurado explicar a razão pela qual as coisas caem e os planetas giram. Imaginara uma “força” que atrai todos os corpos, um em direção a outro, e a denominara “força da gravidade”. Como essa força conseguia atrair coisas que estão longe uma da outra, sem que houvesse nada no meio, não havia como saber, e o grande pai da ciência evitara cautelosamente arriscar hipóteses. Newton também havia imaginado que os corpos

se movem no espaço e que o espaço é um grande recipiente vazio, um caixote para o universo. Uma imensa estante na qual os objetos deslizam em linha reta, até que uma força os leva a fazer uma curva. De que é feito esse “espaço”, recipiente do mundo, inventado por Newton, isso tampouco havia como saber.

Mas, poucos anos antes do nascimento de Albert, dois grandes físicos britânicos, Faraday e Maxwell, tinham acrescentado um ingrediente ao frio mundo de Newton: o campo eletromagnético. O campo é uma entidade real difundida por toda parte, que transporta as ondas de rádio, preenche o espaço, pode vibrar e ondular como a superfície de um lago, e “leva consigo” a força elétrica. Einstein era fascinado desde jovem pelo campo eletromagnético, que fazia girarem os rotores das centrais elétricas construídas pelo pai, e logo compreendeu que também a gravidade, como a eletricidade, certamente é transportada por um campo: devia existir um “campo gravitacional”, análogo ao campo eletromagnético; ele procura então compreender em que consistia esse campo gravitacional e quais equações poderiam descrevê-lo.

Eis que surge a ideia extraordinária, o puro gênio: o campo gravitacional não seria *difundido*

no espaço; ele seria o próprio espaço. Essa é a ideia por trás da teoria da relatividade geral.

O “espaço” de Newton, no qual as coisas se movem, e o “campo gravitacional”, que transporta a força de gravidade, são a mesma coisa.

É um momento de eureka. Uma simplificação impressionante do mundo: o espaço já não é algo diferente da matéria; é um dos componentes “materiais” do mundo. Uma entidade que ondula, que se flexiona, se curva, se retorce. Não estamos contidos numa invisível estante rígida: estamos imersos num gigantesco molusco flexível. O Sol dobra o espaço ao seu redor, e a Terra não gira em torno dele porque é puxada por uma misteriosa força, mas porque está correndo em linha num espaço que se inclina. Como uma bolinha rolando em um funil: não existem misteriosas “forças” geradas pelo centro do funil; é a natureza curva das paredes que faz a bolinha rolar. Os planetas giram em torno do Sol e as coisas caem porque o espaço se curva.

Como descrever esse encurvamento do espaço? O maior matemático do século XIX, Carl Friedrich Gauss, o “príncipe dos matemáticos”, desenvolveu as equações para descrever as superfícies curvas bidimensionais, como a superfície das colinas. Depois pediu a um bom aluno seu que as