

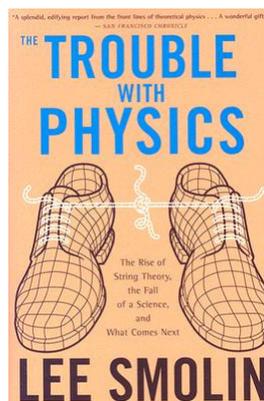


# A Controvérsia das Cordas\*

## Texto 1:

Trechos de  
*O Problema com a Física:  
A ascensão da teoria das cordas,  
a queda da ciência  
e o que vem a seguir,*

de Lee Smolin (2006)



[xii] Sou por natureza otimista, e por muito tempo combati a conclusão de que este período da física – o período de minha própria carreira – foi excepcionalmente improdutivo. Para eu e meus amigos, que entramos na ciência com a esperança de fazer contribuições importantes para o que era então um campo de rápidas mudanças, há um fato chocante com o qual temos que nos acostumar: ao contrário de qualquer geração anterior, [xiii] não realizamos nada que possamos estar confiantes que nos sobreviverá. Isso levou a algumas crises pessoais. Mas, mais importante, produziu uma crise na física.

O principal desafio para a física teórica de partículas, nas últimas três décadas, foi explicar o modelo padrão de maneira mais profunda. Nesta área houve muita atividade. Novas teorias foram propostas e exploradas, algumas em grande detalhe, mas nenhuma foi confirmada experimentalmente. E este é o ponto crucial da questão: na ciência, para que se possa acreditar em uma teoria, ela deve fazer uma previsão nova – diferente daquelas feitas por teorias anteriores – para um experimento ainda não realizado. Para que o experimento seja significativo, deve ser possível obter uma resposta que não concorde com a previsão. Neste caso, dizemos que a teoria é *falseável* – passível de ser mostrada falsa. A teoria também tem

---

\* A expressão “The String Wars” foi usada pelo jornalista George Johnson para se referir ao debate em torno do estatuto científico da teoria das cordas e de sua principal competidora, a gravidade quântica em laço. A controvérsia se iniciou com a publicação do livro de LEE SMOLIN (2006), *The Trouble with Physics*, Houghton Mifflin, Nova Iorque, de onde retiramos os trechos traduzidos, indicando a paginação [entre colchetes]. Em seguida, apresentamos a resposta dada por JOE POLCHINSKI (2007), “All strung out?”, *American Scientist* 95(1), p. 1. Esta resenha analisa também outro livro crítico à teoria das cordas, PETER WOIT (2006), *Not Even Wrong*, Basic Books, Nova Iorque. Para referências sobre a continuação do debate, ver <http://www.kitp.ucsb.edu/members/PM/joep/A%20dialog.html>. Essa discussão aparece no seriado *The Big Bang Theory*, entre os personagens Sheldon Cooper e Leslie Winkle (foto), no final do 2º episódio da 2ª temporada. Traduções de Osvaldo Pessoa Jr., para o curso de Filosofia da Física, USP, 2011.

que ser *confirmável*; deve ser possível verificar uma nova previsão que só é feita por esta teoria. Somente quando uma teoria foi testada e os resultados concordam com a teoria é que podemos elevar a teoria ao nível das teorias verdadeiras.

A atual crise na física de partículas surge do fato de que as teorias que foram além do modelo padrão nos últimos trinta anos caem em duas categorias. Algumas eram falseáveis, e foram falseadas. O restante não foram testadas – ou porque não fazem nenhuma previsão clara [*clean*] ou porque as previsões que elas fazem não são testáveis com a tecnologia atual.

Nas três últimas décadas, teóricos propuseram pelo menos uma dúzia de abordagens novas. Cada abordagem é motivada por uma hipótese persuasiva, mas nenhuma teve até aqui sucesso. No domínio da física de partículas, essas incluem Technicolor, modelos de préons e supersimetria. No domínio do espaço-tempo, elas incluem a teoria dos *twístores*, conjuntos causais, supergravidade, triangulações dinâmicas e a gravidade quântica em laço [*loop*]. Algumas dessas ideias são tão exóticas quanto parecem ser.

Uma teoria atraiu mais atenção do que a combinação de todas as outras: a teoria das cordas. Não é difícil entender as razões de sua popularidade. Ela pretende descrever corretamente o grande e o pequeno – tanto a gravidade quanto as partículas elementares –, e para isso ela propõe a hipótese mais audaciosa de todas as teorias: ela postula que o mundo contém dimensões ainda não vistas e muito mais partículas do que é conhecido atualmente. Ao mesmo tempo, ela propõe que todas as partículas elementares surgem das vibrações de uma única entidade – [xiv] uma corda – que segue leis simples e lindas. Ela afirma ser a única teoria que unifica *todas* as partículas e *todas* as forças da natureza. Dessa maneira, promete fazer previsões claras e não ambíguas sobre qualquer experimento já realizado ou que poderia ser realizado. Muito esforço foi despendido na teoria das cordas nos últimos vinte anos, mas ainda não sabemos se ela é verdadeira. Mesmo depois de todo esse trabalho, a teoria não faz nenhuma previsão nova que seja testável por experimentos atuais – ou mesmo atualmente concebíveis. As poucas previsões claras que ela faz já foram feitas por outras teorias bem aceitas.

Parte da razão pela qual a teoria das cordas não faz nenhuma previsão nova é que ela parece vir em um número infinito de versões. Mesmo se nos restringirmos a teorias que concordam com alguns fatos observados básicos a respeito do nosso universo, como seu tamanho imenso e a existência de energia escura, sobram em torno de  $10^{500}$  distintas teorias das cordas (ou seja, o dígito 1 seguido de 500 zeros), mais do que todos os átomos do universo conhecido. Com um número tão vasto de teorias, há pouca esperança de que possamos identificar o resultado de um experimento que não seria abarcada por uma delas. Assim, o que quer que os experimentos mostrem, a teoria das cordas não pode ser falseada. Mas o reverso também vale: nenhum experimento jamais poderá provar que ela é verdadeira.

Ao mesmo tempo, compreendemos muito pouco sobre a maioria dessas teorias das cordas. E do pequeno número que compreendemos com algum detalhe, cada uma está em desacordo com os atuais dados experimentais, geralmente de pelo menos duas maneiras.<sup>1</sup>

Assim, estamos diante de um paradoxo. As teorias das cordas que sabemos como estudar estão reconhecidamente erradas. E acredita-se que aquelas que não podemos estudar existem em números tão imensos que nenhum experimento concebível poderia estar em desacordo com todas elas.

Esses não são os únicos problemas. A teoria das cordas repousa em várias conjecturas centrais, para as quais há alguma evidência mas nenhuma prova. Pior ainda, após toda a labuta científica gasta em seu estudo, ainda não sabemos se há uma teoria completa e coerente

---

<sup>1</sup> A maioria delas tem supersimetria não-quebrada, o que não é observado no mundo real. As poucas que não têm supersimetria não-quebrada preveem que férmions e bósons possuam superparceiros de mesma massa, o que também não é observado, e preveem também a existência de forças de alcance infinito, além da gravidade e do eletromagnetismo, o que novamente não é observado [p. 180].

que possa até ser chamada de “teoria das cordas”. O que temos, de fato, não é uma teoria de maneira nenhuma, mas uma grande coleção de cálculos aproximados, junto com uma teia de conjeturas que, se verdadeiras, apontam para a existência de uma teoria. Não sabemos quais são seus princípios fundamentais. [xv] Não sabemos em qual linguagem matemática ela deve ser expressa – talvez uma nova tenha que ser inventada para descrevê-la. Na falta de princípios fundamentais e da formulação matemática, não podemos dizer nem que sabemos o que a teoria das cordas afirma. [...]

[xvii] Um resultado da ascensão da teoria das cordas é que há uma cisão na comunidade de pessoas que trabalha em física fundamental. Muitos cientistas continuam a trabalhar em teoria das cordas, e talvez até cinquenta novos doutorados sejam completados a cada ano para trabalho neste campo. Mas há alguns físicos que estão profundamente céticos – ou nunca concordaram ou a esta altura desistiram de esperar por um sinal de que a teoria terá uma formulação consistente ou fará uma previsão experimental real. A cisão nem sempre é amistosa. De ambos os lados, são expressas dúvidas sobre a competência profissional e os padrões éticos do outro, [xviii] e é realmente trabalhoso manter as amizades entre os dois lados.

De acordo com o retrato da ciência que todos nós aprendemos na escola, situações como essa não deveriam se desenvolver. Somos ensinados que o aspecto central da ciência moderna é que há um método que leva ao progresso de nossa compreensão da natureza. Está claro que desacordo e controvérsia são necessários para o progresso da ciência, mas deveria sempre haver um maneira de resolver uma disputa por meio de experimento ou matemática. No caso da teoria das cordas, porém, esse mecanismo parece ter quebrado. Muitos defensores e críticos da teoria das cordas estão tão seguros de suas posições que é difícil ter uma discussão cordial sobre o assunto, mesmo entre amigos. “Como é que você não consegue ver a beleza da teoria? Como é que uma teoria poderia fazer tudo isso e não ser verdadeira?”, dizem os teóricos das cordas. Isso provoca uma resposta igualmente acalorada dos céticos: “Você perdeu a cabeça? Como é que você pode acreditar em *qualquer* teoria na completa ausência de teste experimental? Você esqueceu como a ciência deveria funcionar? Como é que você pode estar tão seguro de que está certo, se nem sabe qual é a teoria?” [...]

[262] Nos capítulos anteriores, lancei a hipótese de que o que fracassou não foi tanto uma teoria em particular, mas um particular estilo de pesquisa. Se alguém passar um tempo em ambas as comunidades, na dos teóricos das cordas e na dos que trabalham em abordagens independentes do fundo<sup>2</sup>, ele não deixará de ficar impressionado pela grande diferença de estilo e dos valores expressos pelas duas comunidades. Essas diferenças refletem a cisão na física teórica que se iniciou há mais de meio século.

---

<sup>2</sup> Isso significa que as leis da natureza devem ser expressas em uma forma que não pressuponha que o espaço tenha qualquer geometria fixa. Este é o núcleo da lição de Einstein. Nós a encapsulamos num princípio que descrevemos anteriormente, que é a independência de fundo [*background independence*]. O princípio afirma que as leis da natureza podem ser completamente especificadas sem fazer qualquer suposição prévia sobre a geometria do espaço. [...] Espaço e tempo emergem das leis ao invés de fornecerem uma arena onde as coisas acontecem [p. 81-2]. Conforme salientei várias vezes, não basta ter uma teoria com grávitons feitos de cordas vibrando no espaço. Precisamos de uma teoria sobre *o que constitui o espaço*, uma teoria independente de fundo. [...] Em outras palavras, quer a teoria das cordas seja válida ou não, ainda sim precisamos descobrir uma teoria da gravidade quântica que seja independente de fundo [p. 239]. Gostaríamos de mostrar que o aspecto discreto do espaço e tempo é uma consequência de colocar juntos os princípios da teoria quântica e da teoria da relatividade. É isso que é conseguido pela *gravidade quântica em laço*. Ela conseguiu isso partindo da revolucionária reformulação de Ashtekar, em 1986, da teoria da relatividade geral de Einstein. [...] A ideia central da gravidade quântica em laço é a de uma descrição de um campo, como o campo eletromagnético, diretamente em termos de linhas de campo. A palavra “laço” vem do fato de que, na ausência de matéria, as linhas de campo podem se fechar sobre si mesmas, formando um laço [p. 249].

O estilo do mundo da gravidade quântica foi herdado do que [263] se costumava chamar de comunidade da relatividade. Esta era conduzida pelos alunos e colaboradores de Einstein, e pelos alunos desses – pessoas como Peter Bergmann, Joshua Goldberg e John Archibald Wheeler. Os valores nucleares desta comunidade eram o respeito pelas ideias individuais e programas de pesquisa, desconfiança de modas, uma dependência de argumentos matematicamente limpos, e uma convicção de que os problemas centrais estavam intimamente relacionados a questões de fundamento sobre a natureza do espaço, tempo e quantum.

O estilo da comunidade da teoria das cordas, por outro lado, é uma continuação da cultura da teoria de partículas elementares. Esta sempre teve uma atmosfera mais arrogante, agressiva e competitiva, na qual os teóricos competem para responder rapidamente aos novos desenvolvimentos (antes de 1980, estes eram geralmente experimentais) e desconfiam de questões filosóficas. Este estilo suplantou o estilo mais reflexivo e filosófico que caracterizou Einstein e os inventores da teoria quântica, e triunfou quando o centro da ciência se deslocou para os Estados Unidos, e o foco intelectual mudou da exploração de novas teorias fundamentais para suas aplicações.

A ciência necessita de diferentes estilos, para atacar diferentes tipos de problemas. Minha hipótese é que o que está errado com a teoria das cordas é o fato de que ela foi desenvolvida usando o estilo de pesquisa da física de partículas elementares, que não é apropriada para a descoberta de novos referenciais teóricos. O estilo que levou ao sucesso do modelo padrão é também difícil de sustentar quando está desconectado dos experimentos. Esse estilo competitivo e movido pela moda funcionava enquanto era alimentada por descobertas experimentais, mas passou a fracassar quando não havia mais nada alimentando a moda a não ser visões e gostos de alguns indivíduos proeminentes.

Quando iniciei meus estudos de física, em meados da década de 1970, esses dois estilos de pesquisa eram saudáveis. Havia muito mais físicos de partículas elementares do que relativistas, mas havia espaço para ambos. Não havia tantos lugares para pessoas que queriam desenvolver suas soluções próprias para as profundas questões de fundamento sobre espaço, tempo e quantum, mas havia suficiente apoio para os poucos que tinham boas ideias. Desde então, enquanto a necessidade do estilo dos relativistas aumentou, seu lugar na academia encolheu, devido ao domínio da teoria das cordas e de outros grandes programas de pesquisa. Com a exceção de um único grupo de pesquisa na Pennsylvania State University, [264] não há, desde em torno de 1990, em universidades de pesquisa dos Estados Unidos, professores assistentes trabalhando em uma abordagem à gravidade quântica que não seja baseada na teoria das cordas ou em dimensões mais altas.<sup>3</sup>

Por que o estilo menos apropriado para o problema em questão acabou dominando a física, tanto aqui como no exterior? Esta é uma questão sociológica, mas é uma que devemos responder se quisermos dar sugestões construtivas para restaurar nossa disciplina a sua anterior vitalidade.

---

<sup>3</sup> Após alguns anos de trabalho [em torno de 1970], descobriu-se que a teoria das cordas, enquanto teoria fundamental, poderia ser consistente com a relatividade restrita e a teoria quântica apenas se várias condições fossem satisfeitas. Primeiro, o mundo teria que ter vinte e seis dimensões. Segundo, teria que existir um *táquion* – uma partícula que vai mais rápido do que a luz. Terceiro, teria que existir partículas que não poderiam ser trazidas ao repouso – *partículas sem massa*. [...] Havia um quarto problema. A teoria das cordas continha partículas, mas não todas as partículas da natureza. Não havia férmions – e portanto não havia quarks. [...] Três desses quatro problemas foram tratados em uma única jogada. Em 1970, o teórico Pierre Ramond encontrou uma maneira de alterar as equações que descrevem a corda, de tal maneira que ela teria férmions. Ele descobriu que a teoria só seria consistente se ela tivesse uma nova simetria. Esta simetria misturaria bósons e férmions. [...] A nova teoria supersimétrica das cordas também tratou dois outros problemas. Ela não tinha táquions, de forma que o maior obstáculo para se levarem a sério as cordas foi eliminado. E não havia mais vinte e cinco dimensões do espaço, apenas nove. Nove não é três, mas está mais próximo. Com a adição do tempo, a nova corda supersimétrica (ou *supercorda*, para abreviar) vive em um mundo de dez dimensões [p. 105].



Lee Smolin (1955- )

X



Joe Polchinski (1954- )

## Texto 2:

### **“Com a corda quebrada?”: Resenha de *The Trouble with Physics*, de Lee Smolin, e de *Not Even Wrong*, de Peter Woit**

**por Joe Polchinski (2007)**

Os anos 1970 foram uma época de euforia para a física de partículas. Após décadas de esforço, os físicos de partículas vieram a entender as forças nucleares fraca e forte, e as combinaram com a força eletromagnética no chamado Modelo Padrão. Revigorados com esse sucesso, voltaram-se para o problema de encontrar uma teoria unificada, um princípio único que daria conta de todas essas três forças e das propriedades das várias partículas subatômicas. Alguns investigadores chegaram até a tentar unificar a gravidade com as outras três forças, e resolver os problemas que surgem quando a gravidade é combinada com a teoria quântica.

O Modelo Padrão é uma teoria quântica de campo, na qual partículas se comportam como pontos matemáticos, mas um pequeno grupo de teóricos explorou a possibilidade de que, sob suficiente magnificação, poder-se-ia mostrar que as partículas são laços oscilantes ou pedaços de “cordas”. Apesar de essa ideia aparentemente estranha de início atrair pouca atenção, em 1984 já era aparente que essa abordagem conseguia resolver alguns problemas centrais que, de outra maneira, pareciam intransponíveis. De forma bastante rápida, a atenção de muitos daqueles que trabalhavam na unificação se voltou para a teoria das cordas, e nela se manteve desde então.

Hoje, após mais de 20 anos de esforço concentrado, o que se alcançou? O que a teoria das cordas previu? Lee Smolin, em *The Trouble with Physics* [O problema com a física], e Peter Woit, em *Not Even Wrong* [Nem mesmo errado], argumentam que a teoria das cordas em larga medida fracassou. O que é pior, afirmam eles, teóricos demais continuam a focar seus esforços nessa ideia, monopolizando valiosos recursos científicos que poderiam ser transferidos para direções mais promissoras.

Smolin apresenta a ascensão e queda da teoria das cordas como uma peça moral [*morality play*]. Ele captura com precisão a excitação que os teóricos sentiram ao descobrirem esta inesperada e poderosa nova ideia. Mas esta história, por mais que seja contada de maneira absorvente, é mais um trabalho de arte dramática do que de história. Mesmo o ponto da virada, a primeira rachadura na fachada, é baseada num mito: Smolin afirma que os teóricos

das *cordas teriam previsto* que a energia do vácuo – algo geralmente chamado de energia escura – não poderia ser positiva, e que a surpreendente descoberta de 1998 de que o universo está se expandido de maneira acelerada (o que implica a existência de energia escura positiva) teria provocado um rápido recuo. Mas não houve, de fato, tal previsão. Apesar de seu *livro* ter, em grande parte, referências rigorosas, Smolin não cita qualquer fonte no tocante a este ponto. Ele cita Edward Witten, mas Witten teceu seus comentários em um contexto muito diferente – e três anos depois da descoberta da expansão acelerada. De fato, a citação está duplamente fora de contexto, porque no mesmo encontro em que Witten falou, sua antiga aluna Eva Silverstein forneceu uma solução para o problema a respeito do qual ele estava tão pessimista. Este episódio também mostra que, ao contrário de outro mito, os jovens teóricos das cordas não são tão intimidados por mais velhos.

Da maneira como Smolin registra a queda da teoria das cordas, ele apresenta outros equívocos. Por exemplo, ele afirma que uma certa ideia central da teoria das cordas – algo chamado de dualidade de Maldacena, a hipotética equivalência entre a teoria das cordas definida em um espaço e uma teoria quântica de campo definida na fronteira de tal espaço – não fornece nenhum enunciado matemático preciso. Ora, ela certamente fornece. Tais enunciados foram verificados por meio de uma variedade de métodos, incluindo simulações computacionais. Ele também afirma que a evidência apoia apenas uma forma fraca desta conjectura, sem a mecânica quântica. Mas, de fato, a teoria de Juan Maldacena é inteiramente quântica.

Um princípio crucial, de acordo com Smolin, é a independência de fundo – grosso modo, a consistência com a perspicaz ideia de Einstein de que a forma do espaço-tempo é dinâmica – e Smolin critica repetidamente a teoria das cordas por não possuir esta propriedade. Aqui ele está confundindo um aspecto da linguagem matemática sendo usada com a física que está sendo descrita. Novas teorias físicas são frequentemente descritas usando uma linguagem matemática que não é a mais adequada para elas. Este descompasso não é surpreendente, pois se está tentando exprimir algo que é diferente de qualquer coisa da experiência anterior. Por exemplo, Einstein originalmente formulou a relatividade restrita em uma linguagem que agora parece desajeitada, e foi a introdução dos quadrivetores e do espaço-tempo pelo matemático Hermann Minkowski que posterior progresso foi possível.

Na teoria das cordas, sempre esteve claro que a física é independente de fundo, mesmo que a linguagem usada não seja, e a busca por uma linguagem mais adequada continua. De fato, conforme Smolin notou tardiamente, a dualidade de Maldacena fornece uma solução para este problema, uma solução que é inesperada e poderosa. Esta solução ainda não está completa: deve-se pregar o espaço-tempo nas bordas, mas no meio ele está livre para se torcer e até rasgar à vontade, e buracos negros podem se formar e depois decair. Esta necessidade de impor uma restrição nas bordas está ligada a uma propriedade conhecida como princípio holográfico, que parece ser uma característica essencial da gravidade quântica. A extensão deste princípio para espaços com as bordas livres exigirá uma grande ideia inovadora. É possível que a solução para este problema já se encontre entre as abordagens alternativas preferidas por Smolin. Mas seu candidato principal (a gravidade quântica em loop) é ainda muito mais dependente de fundo do que a atual forma da teoria das cordas.

Boa parte da crítica de Smolin à teoria das cordas se refere a falta de rigor matemático desta teoria. Mas física não é matemática. Os físicos trabalham mais por meio de cálculos, raciocínio físico, modelagem e comparações do que por demonstrações, e o que eles conseguem entender é geralmente muito mais amplo do que pode ser rigorosamente demonstrado. Por exemplo, a teoria quântica de campo, que subjaz ao Modelo Padrão e a muito mais na física, é notoriamente difícil de colocar em um fundamento rigoroso. De fato, muito do interesse que os matemáticos têm na física, e na teoria das cordas em particular, surge não do rigor da física, mas do seu oposto: os físicos, através de seus métodos,

conseguem obter resultados novos cujas bases matemáticas não são óbvias. Os teóricos das cordas têm um forte sentimento de que estão descobrindo algo, não o inventando. O processo é às vezes desordenado, com idas, vindas e viradas inesperadas (como as próprias cordas!), e o rigor não é a ferramenta principal.

Woit cobre parte do mesmo terreno, apesar de seu interesse estar mais centrado na física de partículas e na ligação com a matemática, do que na natureza do espaço-tempo. Seu relato é mais direto, mas está cheio de detalhe e jargão, e suas críticas à teoria das cordas são mais simples e um tanto repetitivas.

Um ponto importante para Woit é que ninguém sabe exatamente o que é a teoria das cordas, pois ela está especificada apenas por uma série matemática infinita cuja soma não está bem definida. Esta afirmação é parcialmente correta: para novas teorias físicas, geralmente transcorre um longo período de tempo entre a primeira ideia e forma matemática final. Para a teoria quântica de campo, a situação descrita por Woit durou meio século. Na teoria das cordas, a situação é muito melhor do que ele sugere, pois já há 10 anos temos ferramentas – dualidades – que em muitos casos nos fornecem uma definição precisa da teoria. E essas, por seu turno, levaram a muitas novas aplicações da teoria das cordas, como a mecânica quântica de buracos negros, e há indícios de que uma compreensão mais completa será atingida.

Mas o que dizer sobre a falta de previsões? Esta é uma questão central, tanto para Woit quanto para Smolin e para a teoria das cordas. Por que os últimos 20 anos, inusitadamente, foram uma época de tão pouco contato entre a teoria e a experimentação? O problema está parcialmente no lado experimental: o Modelo Padrão funciona bem demais, e demora muito tempo, engenhosidade e recursos para tentar olhar para além dele, e geralmente o que se encontra continua sendo o Modelo Padrão.

Um segundo desafio foi lançado por Max Planck há mais de um século. Quando se combinam as constantes fundamentais da relatividade restrita, relatividade geral e mecânica quântica, encontra-se que elas determinam uma escala de distância na qual essas teorias parecem se juntar: o comprimento de Planck, de  $10^{-33}$  centímetros. Para ter noção deste número, teríamos que ampliar um átomo um bilhão de vezes para que ele tivesse o tamanho de uma xícara de chá, mas teríamos que ampliar o comprimento de Planck um trilhão de trilhão de vezes para torná-lo do tamanho de um átomo. Se pudéssemos sondar diretamente o comprimento de Planck, seríamos capazes de ver as cordas e as dimensões extras, ou o que quer que esteja espreitando por lá, e a questão estaria encerrada. Mas nunca conseguiremos fazer isso, então devemos procurar evidência indireta. E, como no caso da teoria atômica, não se pode prever quanto tempo demorará para se dar esse salto.

Smolin leva em conta o problema do comprimento de Planck (ele diz que “é uma mentira”). De fato, o cálculo de Planck se aplica para o cenário mais pessimista. Os teóricos das cordas identificaram pelo menos meia dúzia de maneiras pelas quais uma nova física pode surgir em escalas acessíveis, e Smolin aponta mais uma de acordo com sua teoria preferida, mas por enquanto essas são apenas possibilidades. Até onde os experimentos indicam, o desafio de Planck permanece.

Ou pode ser que a teoria das cordas já tenha feito uma ligação com a observação – uma de imensa significância. A energia escura positiva é a maior descoberta experimental dos últimos 30 anos, com relação às leis básicas da física. Sua existência veio como uma surpresa para quase todo mundo na física e astronomia, com exceção de poucos, incluindo, de forma particular, Steven Weinberg.

Nos anos 1980, Weinberg estava tentando resolver um velho enigma de porque a densidade da energia escura não é de fato maior. Ele argumentava que se a teoria subjacente tivesse múltiplos vácuos, que descreveriam um número enorme de universos em potencial, ela não só explicaria porque a densidade de energia escura não é alta, mas também faria a previsão de que ela não é nula. O raciocínio de Weinberg ia contra toda a sabedoria

convencional, mas surpreendentemente sua previsão foi confirmada pela observação, na década seguinte.

A ligação entre teoria das cordas e energia escura está ainda sujeita a muita controvérsia, e pode ser que Weinberg tenha obtido a resposta certa pelo motivo errado. Porém, pode ser que ele tenha obtido a resposta certa pelo motivo certo. Neste caso, terá sido uma das grandes ideias originais da história da física, e a propriedade de muitos vácuos da teoria das cordas, aparentemente um de seus grandes desafios, seria de fato justamente o que a natureza exige.

Uma segunda ligação inesperada veio dos estudos feitos usando o Colisor de Íons Pesados Relativísticos [*Relativistic Heavy Ion Collider*], um acelerador de partículas do Brookhaven National Laboratory. Esta máquina esmaga núcleos a altas energias, produzindo um plasma quente e fortemente interagente. Os físicos descobriram que algumas das propriedades desse plasma são modelados mais adequadamente (através da dualidade) como um minúsculo buraco negro em um espaço com dimensões extras, do que como o esperado aglomerado de partículas elementares no espaço-tempo usual de quatro dimensões.

Novamente, a previsão aqui não é exata, e os céticos a respeito da teoria das cordas poderiam adotar o ponto de vista de que se trata apenas de um resultado matemático. No entanto, uma das lições que se repetem na física é a unidade – a natureza usa um número pequeno de princípios em uma variedade de maneiras. Assim, a gravidade quântica que está sendo usada para entender os experimentos de Brookhaven é provavelmente a mesma que opera no resto do universo.

À medida que nossa compreensão vem se aprofundando, outro desenvolvimento dos últimos anos tem sido o extenso estudo das consequências experimentais de tipos específicos de vácuos de cordas. Muitas dessas fazem previsões explícitas para a física de partículas e cosmologia. A maioria ou todas elas podem ser falseadas por experimentos (o que é, afinal de contas, o destino da maioria dos novos modelos). O teste conclusivo da teoria das cordas pode ainda estar distante. Enquanto isso, a ciência progride através de muitos passos pequenos.

Uma questão central para Smolin e Woit é por que tantos cientistas muito bons continuam a trabalhar com uma ideia que pretensamente teria tido um fracasso tão retumbante. Ambos os livros dão explicações em termos da sociologia da ciência e da psicologia da ciência. Tais forças existem, e vale a pena refletir sobre seus possíveis efeitos negativos, mas tais influências não são tão fortes quanto sugeridas pelos autores. Dentre os teóricos das cordas incluem-se pensadores independentes e heréticos, indivíduos determinados que deram grandes contribuições – não apenas para a teoria das cordas, mas também para outras partes da física. As fronteiras entre a teoria das cordas e as outras áreas da física não são fechadas, e os teóricos migrariam se não acreditassem que já estavam pisando no terreno mais promissor.

De fato, o fluxo de talento intelectual vem ocorrendo em sentido oposto: nos últimos anos, cientistas preeminentes em fenomenologia de partículas, cosmologia inflacionária e outros campos consideraram ideias geradas pela teoria das cordas como úteis em suas disciplinas, assim como os matemáticos já vêm fazendo há tempos. Muitos começaram a trabalhar com teóricos das cordas, e contribuíram para este assunto com suas perspectivas próprias, ampliando a visão de como a teoria das cordas se relaciona com a natureza.

Esta convergência em relação a uma ideia não comprovada é notável. Novamente, vale a pena dar um passo para trás e refletir se o balanço dos resultados equivale à melhor maneira de fazer a ciência progredir, e se os jovens cientistas em particular estão sendo suficientemente encorajados a pensar de novas maneiras sobre as grandes questões da ciência. Essas são questões importantes – e não são nada simples. Porém, muito do que Smolin e Woit atribuem à sociologia é na verdade uma questão de julgamento científico.

No final, esses livros deixam de capturar boa parte do espírito e da lógica da teoria das cordas. Para tanto, outros livros fazem um melhor trabalho, como *O Universo Elegante* [*The Elegant Universe*], de Brian Greene (publicado originalmente em 1999), e *The Cosmic Landscape* [*A Paisagem Cósmica*] (2005), de Leonard Susskind. O leitor interessado pode também consultar o livro escrito pela fenomenóloga de partículas Lisa Randall, *Warped Passages* [*Passagens Retorcidas*] (2005), e escrito pelo cosmólogo Alexander Vilenkin, *Many Worlds in One* [*Muitos Mundos em Um*] (2006), para relatos de dois cientistas de outros campos que têm visto uma crescente proximidade entre a teoria das cordas e suas ideias sobre como o cosmos está montado.