

Supercordas sem nós

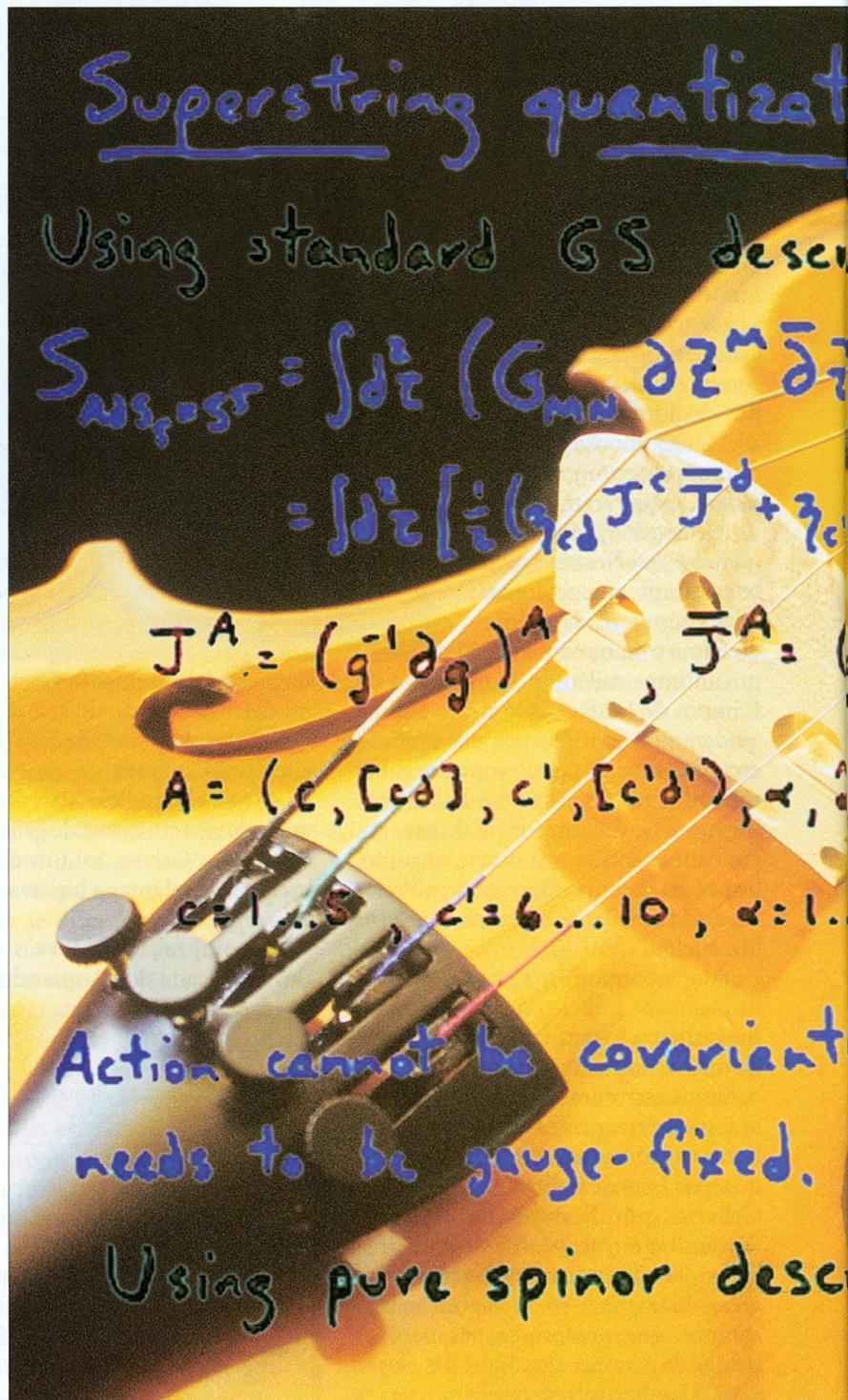
Enfoque criado por pesquisador da Unesp facilita os cálculos na teoria que busca a unificação das forças da natureza

ALESSANDRO GRECO

Um bebê emite os primeiros ruídos no primeiro mês de vida, com o tempo começa a dizer vogais e palavras que mais parecem uma língua estrangeira, até finalmente dizer mãe e papai. Nas últimas três décadas, a Teoria das Supercordas – uma das fronteiras da física, que perssegue a unificação de todas as forças conhecidas e procura explicar fenômenos extremos, do interior do átomo aos confins do universo – passou por uma evolução semelhante.

Um dos mais recentes avanços nesse campo foi produzido por um grupo de pesquisadores liderado pelo norte-americano naturalizado brasileiro Nathan Jacob Berkovits, no Instituto de Física Teórica (IFT) da Universidade Estadual Paulista (Unesp). Consiste de uma nova linguagem matemática, destinada a resolver um problema que atormenta os físicos há mais de 25 anos: a complexidade de cálculos dentro da Teoria das Supercordas.

Berkovits, um físico de 41 anos que mantém o ar jovial e despojado,



enxergou uma velha dificuldade com novos olhos e criou um atalho que permite manipular com mais facilidade a Teoria das Supercordas: pela primeira vez, conseguiu fazer cálculos que tratam de forma igual dois grupos de partículas subatômicas. Um deles é o dos bósons, transportadores de forças: é formado pelos fótons, que conduzem a luz, e os grávitons, portadores da força da

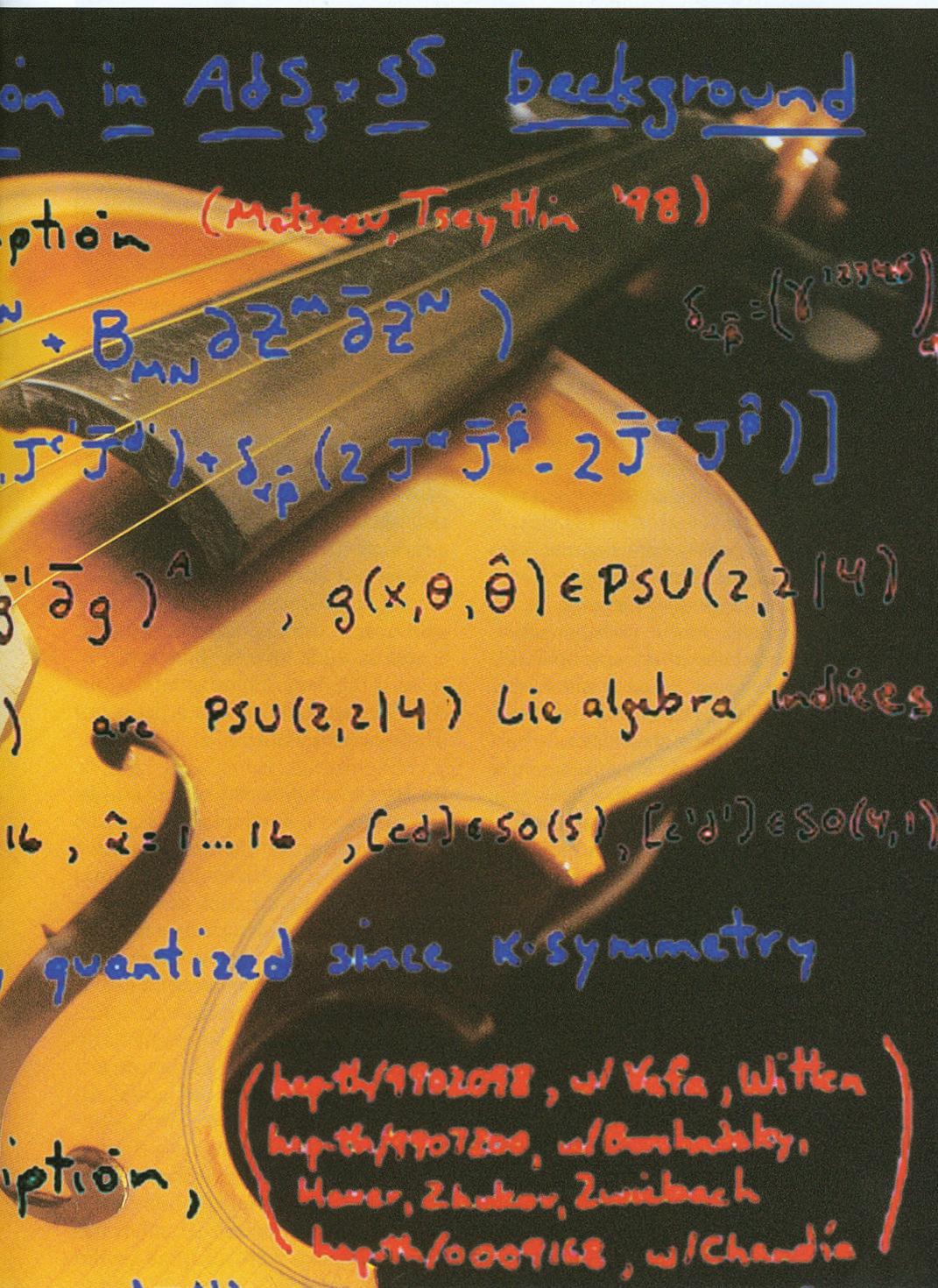
gravidade. O outro grupo é o dos férmions, partículas que constituem a matéria: são os elétrons e os quarks. Quando bósons e férmions eram vistos de forma diferente, era bem mais difícil desenvolver as equações que procuram prever o comportamento das partículas subatômicas. “Os cálculos envolvendo férmions eram extremamente trabalhosos”, diz o pesquisador da Unesp, que há 15

anos encara esses problemas. “Só mudei a forma de tratar as partículas.”

O novo enfoque pode ter implicações importantes. Inicialmente, por economizar tempo: em vez de semanas, pode-se gastar só alguns dias para desenvolver os raciocínios matemáticos; ou, em vez de dias, horas. O modelo simplifica, especificamente, os cálculos que envolvem a supersimetria – conceito do mundo subatômico relacionado à rotação das partículas em torno delas mesmas, como se fossem pequenos planetas – e por isso facilita a resolução de um dos problemas mais desafiadores da física: incluir a Teoria da Relatividade Geral no mundo quântico – o que é fundamental para unificar teoricamente todas as forças e interações da natureza. Além de simplificar os cálculos que envolvem supersimetria, o modelo permite formular na Teoria das Supercordas alguns cálculos que anteriormente eram impraticáveis. Segundo Berkovits, os novos cálculos podem ser usados, por exemplo, para testar uma conjectura recente de Juan Maldacena, talentoso físico argentino de 33 anos, que explica a interação entre os quarks – partículas que formam os prótons e os nêutrons do núcleo atômico.

Publicado em abril de 2000 no *Journal of High Energy Physics* e apresentado em julho do mesmo ano no *Strings 2000*, um congresso de especialistas em supercordas reunido na Universidade de Michigan, nos Estados Unidos – e desde então aprimorado numa dezena de artigos em revistas especializadas –, o modelo de Berkovits gerou admiração e surpresa. “É impressionante que um físico trabalhando quase sozinho tenha desen-

Publicado em abril de 2000 no *Journal of High Energy Physics* e apresentado em julho do mesmo ano no *Strings 2000*, um congresso de especialistas em supercordas reunido na Universidade de Michigan, nos Estados Unidos – e desde então aprimorado numa dezena de artigos em revistas especializadas –, o modelo de Berkovits gerou admiração e surpresa. “É impressionante que um físico trabalhando quase sozinho tenha desen-



MIGUEL BOYANAN

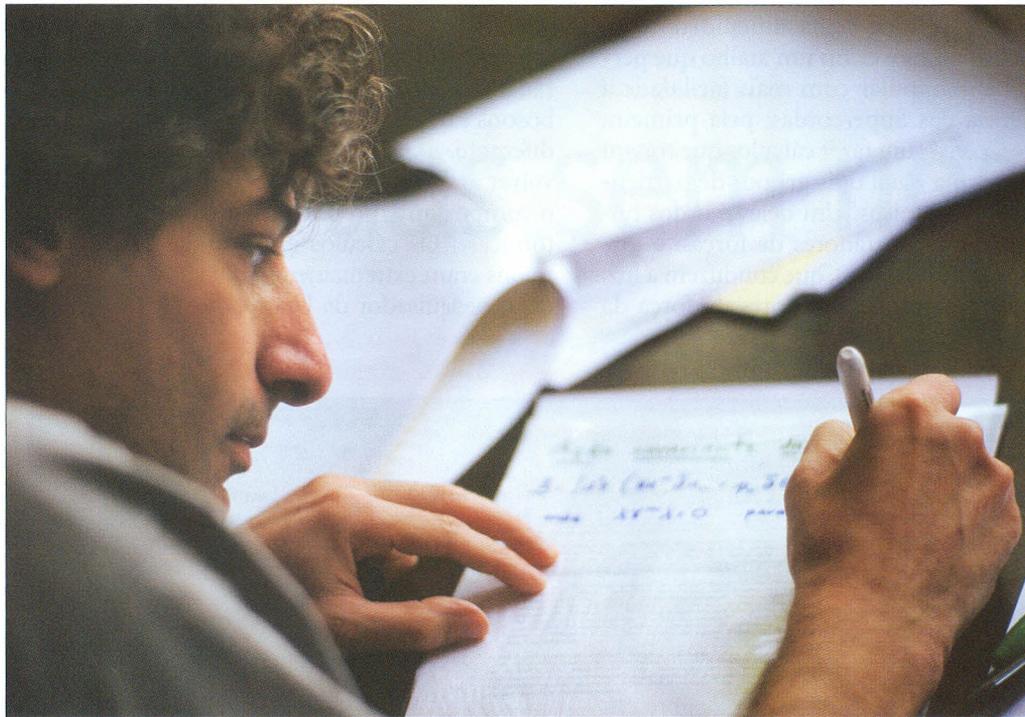
Nova concepção de átomo: não mais partículas, mas cordas que vibram como as de um violino

volvido esse modelo”, comenta um dos pioneiros da Teoria das Supercordas, o físico norte-americano John Schwarz, do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), nos Estados Unidos. “Esse trabalho mostra um grande talento e determinação.”

Não foi um trabalho tão solitário assim. Em 1994, Berkovits trocou o Kings College de Londres pelo IFT, um lugar com escassez de especialistas na área. O trabalho que resolveu o problema do tratamento dos bósons e dos férmions incluiu colaboradores como Cumrun Vafa, da Universidade de Harvard, Warren Siegel, da Universidade Estadual de Nova York em Stony Brook, ambos nos Estados Unidos, e alunos e pós-doutores do IFT como Brenno Carlini Vallilo, Carlos Tello Echevarria, Marcelo Leite, Osvaldo Chandía e Vladimir Pershin.

Berkovits continua a pesquisar seu modelo, denominado *Pure Spinor Formalism* (Formalismo com Spinores Puros – *spinor* é um recurso matemático usado para descrever a posição e o comportamento de partículas subatômicas). O pesquisador, que este ano já publicou quatro artigos sobre o assunto, desenvolve aplicações cada vez mais refinadas. “Fui convidado a apresentar os desdobramentos do modelo original no *Strings* deste ano, na Inglaterra”, diz.

A compreensão do modelo, em especial para não-especialistas, exige uma visão panorâmica da história, dos defeitos, das qualidades e das dificuldades da Teoria das Supercordas. Ela despertou sentimentos que foram do descrédito total, em vista das dificuldades que pareciam insuperáveis, à euforia, dado seu potencial de resolver problemas que de outro modo parecem insolúveis. Desde que foi criada, no final da década de 60, mostrou ser uma concepção revolucionária. Revolucionária porque mudou o conceito das partículas subatômicas: elas não seriam mais pontos, mas pequenas cordas, abertas ou fechadas, que vibrariam como as cordas de um violino, e teriam um ta-



MIGUEL BOYAVAN

Berkovits: abordagem permite que cálculos que tomavam semanas ocupem apenas alguns dias

manho calculado em 10^{-35} metro (o número 1 precedido de 35 zeros após a vírgula). As aproximadamente 200 partículas hoje conhecidas nada mais seriam que formas diferentes de vibração dessas microcordas, como as diferentes notas musicais.

A teoria, considerada elegante pelos próprios físicos, tem implicações intrigantes. Cordas podem vibrar de incontáveis maneiras, o que cria a possibilidade de existirem infinitas partículas no universo. O físico austríaco Isidor Isaac Rabi (1898-1988, Prêmio Nobel de 1944) se divertiria com a atualidade da pergunta que fez quando lhe contaram que mais uma partícula, o múon, havia sido descoberta: “Quem pediu essa partícula?” Detalhe: ele disse isso em 1936 e daí em diante dezenas de outras partículas foram descobertas.

A Teoria das Supercordas sustenta que tanto o comportamento quanto as características básicas das partículas, como massa e carga elétrica, são definidas pelo modo de vibração das cordas. Provavelmente, as cordas nunca serão vistas: os microscópios de tunelamento são capazes de enxergar átomos – em recente façanha, um grupo de pesquisadores da IBM escreveu o nome da empresa com 35 átomos de xenônio –, mas não há meio de visualizar as cordas, tão pequenas que, se um átomo fosse do tamanho da Terra, elas seriam

do tamanho de um átomo. O conceito é absoluto: tudo no universo – inclusive nós, seres humanos – nada mais seria do que cordas vibrando.

A Teoria das Supercordas foi usada para entender, por exemplo, um tipo de radiação emitida pelos buracos negros, a radiação de Hawking, nome que homenageia o físico inglês Stephen Hawking. A teoria é também um dos meios pelo qual os físicos procuram entender a explosão que teria originado o universo, o Big Bang, e mesmo a possibilidade de haver universos cíclicos, um dando origem a outros.

Do átomo aos planetas - O maior objetivo da Teoria das Supercordas, que o trabalho do grupo da Unesp ajuda a concretizar, é unificar nas mesmas equações – ou fazer com que conversem – as quatro forças da natureza: forte, fraca, eletromagnética e gravitacional. As duas primeiras agem essencialmente no interior do átomo: a força (ou interação) forte faz os quarks do núcleo permanecerem próximos e a fraca é responsável pela radioatividade. Já num plano mais observável, a eletromagnética permite o uso da eletricidade e faz os motores funcionarem, enquanto a gravitacional faz os corpos do universo se atraírem – é a mais fraca de todas, mas a que mantém os planetas em órbita. As cordas poderiam

atar o mundo microscópico da mecânica quântica – que integrou as três primeiras forças – com o mundo macroscópico da relatividade geral, sustentado pela gravidade. Não é fácil, por causa da própria definição da força gravitacional: ela é o resultado da multiplicação do valor de cada massa envolvida, dividido pela distância ao quadrado. No mundo subatômico, quando uma partícula está perto de outra, a distância é tão mínima, que, matematicamente, a gravidade tende ao infinito – um resultado que perturba o mundo quântico e inviabiliza a integração da gravidade com as outras forças.

A busca da unificação das forças derrotou o criador das duas Teorias da Relatividade, a Especial e a Geral, o judeu alemão Albert Einstein (1879-1955), e persiste como um desafio para as maiores inteligências da ciência. Desde seu nascimento, na década de 70, a Teoria das Supercordas procura explicar tudo o que ocorria com as forças e interações da natureza. Mas a primeira versão, elaborada por três físicos – John Schwarz, do Caltech, Pierre Ramond, da Universidade da Flórida, Estados Unidos, e André Neveu, da Universidade de Montpellier II, França –, tinha um problema: suas ferramentas matemáticas, seu vocabulário, enfim, era inadequado para descrever um conceito-chave da Teoria das Supercordas, a supersimetria.

A Teoria das Supercordas prediz que a natureza tenha uma outra simetria, além da mais conhecida, a simetria do espaço-tempo – segundo a qual as leis da física são as mesmas, estejamos na Terra, em Marte ou em qualquer outro ponto do universo. Essa nova forma de organização da natureza, chamada supersimetria, está relacionada à rotação das partículas em torno do próprio eixo, do mesmo modo que a Terra gira em torno de si mesma a cada 24 horas – é o chamado *spin*, uma característica tão importante das partículas subatômicas quanto a massa e a carga.

Mas, enquanto a Terra só consegue rodar em torno de si mesma de uma única forma, a natureza dividiu as partículas em dois grupos distintos, cada um rodando de forma diferente – os bósons e os férmions. A supersimetria implica que para cada bóson existe um

férmion correspondente. Por exemplo, o elétron, que é um férmion, teria um parceiro supersimétrico, o selétron (*s* de super), que é um bóson. Os próprios físicos têm dúvida da existência dessas partículas-gêmeas, chamadas superparceiros, pois nenhuma delas ainda foi encontrada.

Schwarz, que fazia parte do primeiro time de formuladores da teoria, não desistiu de achar um modo mais adequado de tratar a supersimetria. Em 1984, em conjunto com o físico inglês Michael Green, finalmente encontrou as ferramentas necessárias. Foi um momento de euforia, que ficou conhecido como Primeira Revolução da Teoria das Supercordas e atraiu centenas de físicos para a área. Mas o cobertor era curto. Ao cobrir a cabeça, criando um vocabulário para descrever a supersimetria, as simetrias que tratam do espaço e do tempo começaram a se comportar de forma estranha e não se encaixavam direito no novo modelo. Os pés haviam ficado de fora.

Contas possíveis - O modelo de Berkovits conserta esse problema, como um bebê que, depois de aprender algumas palavras, consegue vocabulário suficiente para montar uma frase – o vocabulário que Berkovits criou permite estudar supercordas de uma nova maneira, até então impossível com as descrições anteriores. Um grupo que inclui Berkovits, físicos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts e das universidades de Harvard e de Carolina do Norte, nos Estados Unidos, além de Witten, Vafa e pós-doutorandos do IFT, aplicou essa abordagem na análise das propriedades da conjectura de Maldacena, que abre caminho para entender, detalhadamente, o comportamento das

partículas no núcleo atômico – e o trabalho andou. “Antes, era impossível realizar alguns cálculos da conjectura de Maldacena”, comenta Berkovits.

Aos poucos, surgem evidências de que esse enfoque consegue harmonizar a supersimetria e a simetria do espaço-tempo dentro da Teoria das Supercordas, simplesmente por eliminar as diferenças de tratamento matemático entre bósons e férmions, antes vistos com fórmulas distintas e agora fazendo parte das mesmas equações.

Outra visão da Terra - Mas, para chegar a essa solução, foi preciso mudar o ponto de vista, como se o problema fosse encontrar uma pessoa na Terra. Para descrever a posição – latitude e longitude –, podemos usar dois tipos de coordenadas: a cartesiana ou a polar. A primeira tem três variáveis perpendiculares (altura, comprimento e profundidade) e trata a Terra como se fosse cúbica. A coordenada polar substitui a altura pela latitude, o comprimento pela longitude e a profundidade pelo raio da Terra, agora vista como esférica. Foi basicamente isso que Berkovits fez: usou uma forma mais adequada do que seus colegas para descrever a supersimetria, como se tivesse achado um atalho.

O significado de seu trabalho poderá ser ainda maior. O modelo talvez consiga uma descrição mais uniforme das cinco Teorias de Supercordas conhecidas. Sim, nada é simples nessa área, mas o físico norte-americano Edward Witten, um dos mais importantes nesse campo, deu um belo empurrão ao mostrar, em 1995, que essas teorias são apenas versões diferentes de uma outra por ele chamada de Teoria M – letra que lembra tanto *mother* (mãe), *membrane* (membrana) ou *matrix* (matriz). Até esse momento, a Teoria das Supercordas parecia um animal que só se observava parcialmente – ora a cabeça, ora o pé –, sem uma visão de conjunto. Witten conseguiu enxergar o mosaico formado por essas abordagens e gerou outro momento de euforia entre os físicos – foi a Segunda Revolução da Teoria das Supercordas. Witten acompanha o trabalho do grupo da Unesp há muitos anos. “O modelo de Berkovits é elegante e surpreendente”, comentou. Pode ser que estejamos perto da Terceira Revolução da Teoria das Supercordas. É esperar para ver.

O PROJETO

Pesquisa e Ensino em Teoria de Cordas

MODALIDADE

Projeto temático

COORDENADOR

NATHAN JACOB BERKOVITS – Instituto de Física Teórica da Unesp

INVESTIMENTO

R\$ 52.000,00