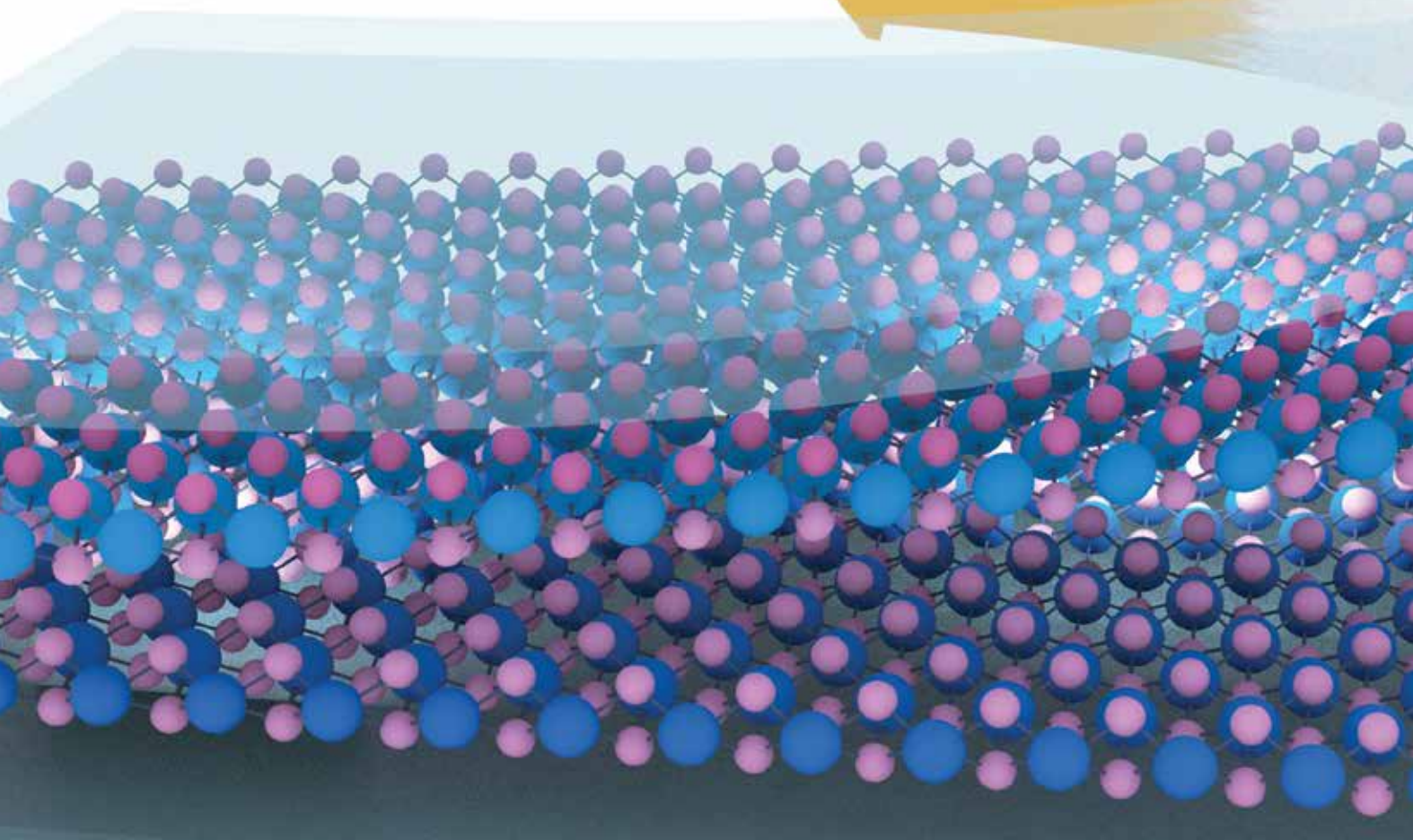


FÍSICA

# DE METAL A ISOLANTE

Giro de nanofolha de material  
bidimensional permite a passagem  
progressiva de corrente elétrica

Eduardo Geraque



**A**o desalinhar levemente duas nanofolhas sobrepostas de disseleneto de tungstênio ( $WSe_2$ ), um material de estrutura hexagonal similar ao grafeno, e controlar a quantidade de elétrons nessas lâminas, um grupo de físicos da Universidade Columbia, em Nova York, observou uma manifestação distinta de um fenômeno quântico esperado. Conforme essas variáveis eram manipuladas, o sistema deixava, de forma progressiva e suave, sem mudanças repentinas, a condição de metal, em que era capaz de transmitir corrente elétrica, para a de isolante. Não é surpresa o disseleneto de tungstênio apresentar essa transição de fase, de metal para isolante, visto que se trata sabidamente de um material semicondutor, como o silício empregado nos chips de computadores. Essa propriedade quântica é justamente a que caracteriza um semicondutor. A surpresa deriva da maneira gradativa e lenta em que se deu a mudança de estado.

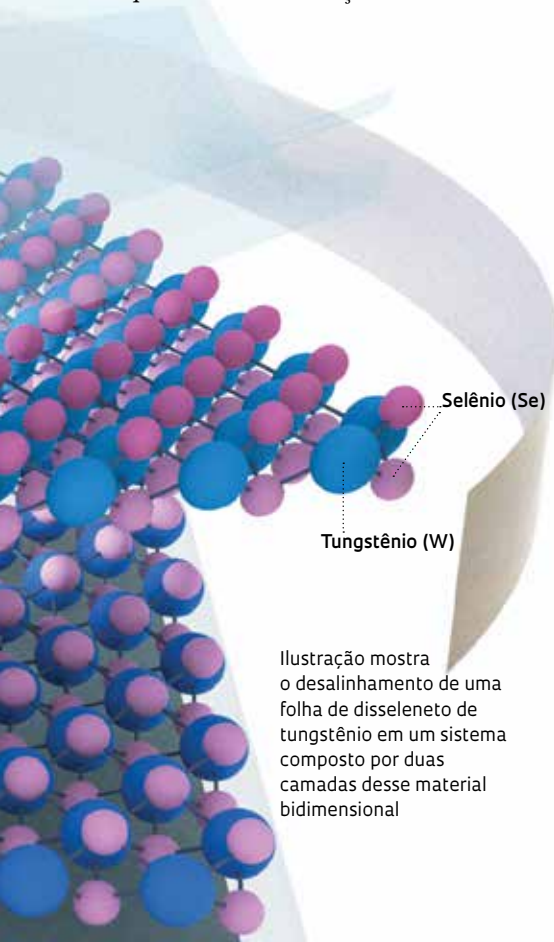


Ilustração mostra o desalinhamento de uma folha de disseleneto de tungstênio em um sistema composto por duas camadas desse material bidimensional

“Essa transição de fase geralmente ocorre de forma abrupta”, explica o físico brasileiro Augusto Ghiotto, primeiro autor de um artigo publicado em 15 de setembro na revista científica *Nature* em que relata experimento com as folhas giradas de disseleneto de tungstênio, conduzido a temperaturas extremamente baixas, da ordem de  $-260$  graus Celsius ( $^{\circ}C$ ). “Os nossos resultados indicam que o  $WSe_2$  torcido pode funcionar como uma nova plataforma para estudos da transição de fases quânticas.” Natural de Bauru, no interior paulista, Ghiotto está há nove anos nos Estados Unidos. Graduou-se em Columbia, onde hoje faz doutorado em física da matéria condensada e integra o grupo de pesquisa do físico Abhay Narayan Pasupathy.

O disseleneto de tungstênio é mais um dos chamados materiais cristalinos bidimensionais, um tipo de sólido composto por apenas uma camada de átomos ordenados de acordo com um certo padrão. Essa geometria particular seria a chave para explicar o surgimento, em certas condições, de propriedades especiais em materiais com duas dimensões, como a supercondutividade. Depois da descoberta em 2004 das folhas de grafeno, considerado o primeiro material conhecido em 2D, o interesse por esse campo de estudos é crescente. Mais recentemente, uma série de experimentos passou a indicar que sobrepor duas ou mais lâminas de materiais bidimensionais e desordenar levemente uma dessas folhas pode produzir efeitos especiais. Esse desalinhamento de uma das camadas levou ao surgimento de um subárea da ciência de materiais denominada *twistronica* (em inglês, *twist* significa girar).

Em alguns casos, basta desalinhar uma das folhas em consonância com um ângulo de  $1,1$  grau para obter algum efeito sobre as propriedades eletrônicas do material (ver Pesquisa FAPESP nº 302). Com o  $WSe_2$ , o ângulo de torção entre as duas camadas que fez o sistema mudar completamente suas características, de um estado metálico para isolante, varia de  $4$  a  $5,1$  graus. O disseleneto de tungstênio é classificado com um dicalcogeneto de metal de transição, uma classe de materiais formada por átomos de um metal de

transição (no caso, tungstênio) e um calcogênio (selênio). Os metais de transição apresentam elétrons que podem participar do processo de formação de certos tipos de ligação química. Os elementos que fazem parte do grupo 16 da tabela periódica são denominados calcogênios (os mais comumente usados em experimentos são o oxigênio, enxofre, selênio e telúrio). “Os experimentos com dicalcogenetos de metais de transição são fascinantes, pois tornam acessível uma região do diagrama de fase quântica que revela efeitos da física de sistemas fortemente correlacionados”, comenta o físico brasileiro Gabriel Schleder, que faz estágio de pós-doutorado na Escola de Engenharia e Física Aplicada da Universidade Harvard, Estados Unidos. “Esses efeitos são gerais, não valem apenas para um sistema específico, e ajudam na compreensão da teoria física fundamental por trás deles.”

Segundo Ghiotto, os resultados do experimento com as camadas giradas de  $WSe_2$  podem ser úteis no estudo de uma misteriosa fase (estado) da matéria condensada, denominada líquido quântico de spin. Proposta teoricamente no início dos anos 1970, essa fase da matéria, que, apesar do nome, é sólida, ainda não foi irrefutavelmente observada em nenhum material. Nela, o sentido dos spins – uma propriedade intrínseca de partículas subatômicas, como os elétrons, associada à interação com campos magnéticos – não apresenta uma ordenação estável ou regular. Normalmente, eles obedecem a um padrão: apontam todos para cima ou para baixo, ou alternadamente para cima e para baixo. Alguns trabalhos sugerem que a fase de líquido quântico de spin, que se manifestaria a temperaturas perto do zero absoluto, poderia estar por trás de fenômenos como a supercondutividade e ser útil para o emprego de tecnologias quânticas em computação. Como a mudança de fases quânticas nas folhas de  $WSe_2$  parece passível de uma modulação refinada, esse material 2D pode ser uma plataforma interessante para pesquisas sobre líquido quântico de spin. ■

#### Artigo científico

GHIOTTO, A. *et al.* Quantum criticality in twisted transition metal dichalcogenides. *Nature*. 15 set. 2021.