

Como flagrar uma partícula esquiva

Equipe brasileira propõe nova estratégia para verificar a existência de férmions previstos teoricamente

Reinaldo José Lopes

Um grupo de pesquisadores brasileiros acaba de planejar e propor alguns experimentos que, segundo eles, permitiriam confirmar de uma vez por todas a existência de uma das partículas mais esquivas previstas pelos físicos teóricos: os chamados férmions de Majorana, ou simplesmente majoranas, que já driblaram todas as tentativas de detecção experimental. Resultados publicados com alarde na revista *Science* em 2012 pareciam enfim ter mostrado a existência dessas partículas, mas os achados passaram a ser questionados. Agora uma equipe brasileira de físicos teóricos que estudam a matéria condensada criou uma nova “receita” para romper esse impasse e flagrar de vez os majoranas, o que pode ter implicações interessantes para o futuro da chamada computação quântica. Essa área de pesquisa, que busca utilizar as propriedades do mundo subatômico para realizar operações computacionais avançadas, pode se beneficiar do uso dessas partículas para o processamento de informações e a realização de cálculos, uma vez que os majoranas permitiriam criar sistemas mais estáveis do que os

que usam partículas eletricamente carregadas, como os elétrons.

As estratégias, publicadas neste ano no periódico *Physical Review B*, são de autoria de José Carlos Egues, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos, e sua equipe, formada por Edson Vernek, físico da Universidade Federal de Uberlândia atualmente em estágio de pós-doutorado com Egues, Poliana Penteado, da USP em São Carlos, e Antonio Carlos Seridonio, da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Ilha Solteira. “Fizemos uma proposta detalhada, com três formas diferentes de fazer esse sistema, nas quais se poderia verificar a presença desse chamado modo de Majorana”, afirma Egues, coordenador do trabalho, apresentado com destaque em uma seção da *Physical Review B* chamada Sugestão do editor, em que são recomendados os artigos mais interessantes de cada edição. Egues ressalta, no entanto, que seria preciso extrema habilidade técnica para colocar as propostas em prática.

De certa maneira, parece adequado que essas partículas tenham uma aura de mistério, já que levam o nome do cientista que

propôs sua existência, o siciliano Ettore Majorana. Nascido em 1906 e com uma carreira meteórica, ele desapareceu sem deixar vestígios em 1938, durante uma viagem marítima entre Palermo e Nápoles. Mensagens deixadas pelo físico insinuam que ele teria decidido cometer suicídio, mas seu corpo nunca foi encontrado, o que estimulou o surgimento de hipóteses rocambolescas, como uma fuga para a Argentina ou seu ingresso num monastério.

Seja como for, cerca de um ano antes de sua última viagem de barco, Majorana encontrou uma solução inovadora para a equação de Dirac, a qual, originalmente, descrevia o comportamento de partículas como os elétrons, com carga elétrica e spin (propriedade vagamente análoga à rotação de um planeta) equivalente a $1/2$. No caso dos elétrons, esse comportamento é descrito por uma função de onda dita complexa, que representa partículas eletricamente carregadas. Ao trabalhar em variações da equação de Dirac – formulação matemática proposta pelo físico britânico Paul Dirac para descrever os elétrons –, Majorana descobriu que outra classe de partículas poderia ser descrita por uma função de onda dita



real. Seriam partículas sem carga elétrica, hoje chamadas de majoranas.

“Há quem defenda que um dos tipos de neutrino poderia ser o majorana, mas as pesquisas física de partículas nunca chegaram a uma conclusão definitiva”, diz Egues. Diante disso, os físicos passaram a procurar a partícula na matéria condensada – por exemplo, circuitos eletrônicos ou outros materiais produzidos em laboratório –, e não nas colisões de alta energia dos aceleradores. Na realidade eles investigam se, na matéria condensada, um grupo de elétrons poderia se comportar como se fossem uma única partícula majorana.

FIO QUÂNTICO

Um dos principais caminhos para essa busca envolve a criação dos chamados fios quânticos, sistemas sobre os quais Egues e seus colegas publicaram outro artigo neste ano na *Physical Review B*, também destacado como Sugestão do editor. Do ponto de vista intuitivo, talvez a palavra “fio” não seja o melhor termo para descrever o aparato, porque o mais comum é que se trate de uma espécie de canal, com milésimos ou milionésimos de milímetro de calibre. Ele é criado a par-

tir de uma chapa metálica, sobre a qual os pesquisadores aplicam um conjunto delicado de campos elétricos, de maneira a “varrer” para os dois lados os elétrons que estão circulando pelo material. “Na região central surge um canal, que pode ser estreitado”, diz Egues. A partir daí, é possível injetar elétrons no fio.

O passo seguinte é acoplar ao fio quântico um supercondutor, ou seja, um material pelo qual elétrons podem fluir de maneira desimpedida, sem a resistência elétrica que caracteriza os metais comuns. No contexto fisicamente exótico dos supercondutores, esse movimento não se dá por meio de elétrons individuais, mas pelos chamados pares de Cooper – *grosso modo*, pares de elétrons que se “fundiram” a ponto de formar o que parece ser uma única entidade. “A ideia é que, uma vez que se tenha um supercondutor muito próximo do material do fio quântico, os elétrons do material normal passam a ser ‘contaminados’ pelos pares de Cooper”, explica Egues.

Foi com um desenho experimental semelhante que Leo Kouwenhoven e seus colegas da Universidade Delft de Tecnologia, na Holanda, afirmaram ter observado majoranas localizados nas extremidades do sistema – no começo e no fim do fio quântico. O “flagra” foi possível por meio da detecção de um pico de condutividade elétrica num nível de energia no qual isso não deveria acontecer. “Mas outras interpretações foram propostas, e o assunto nunca ficou resolvido”, conta o físico da USP.

No novo *design* experimental proposto por Egues e seus colegas, a dúvida poderia ser dissipada adicionando ao sistema um *quantum dot*, ou ponto quântico, que poderia ser descrito como o equivalente esférico do fio quântico, produzido pelo mesmo confinamento de elétrons. Os cálculos da equipe brasileira indicam que, com esse esquema, o majorana deixaria o fio, vazando para o ponto quântico. Dessa maneira, um novo nível de energia “que não estava presente no ponto quântico

passa a existir”, permanecendo sempre presente no sistema e, assim, excluindo, em princípio, todas as possibilidades de explicação – exceto a presença dos majoranas. “É importante ressaltar que os majoranas que aparecem nos experimentos de matéria condensada não são partículas elementares”, lembra Egues. “Nesses testes eles se manifestam como partículas confinadas que se comportam segundo equações semelhantes às deduzidas por Majorana e produzem efeitos mensuráveis.”

“Não acho que, ao menos por ora, seja possível fazer esse experimento no Brasil. Não é questão de dinheiro, mas de *know-how* e engenharia quântica”, afirma Egues. Segundo o físico, é preciso ter uma especialização muito grande em cada um dos componentes do sistema. “A própria equipe do Kouwenhoven, que faz isso desde os anos 1980, não entende direito como a coisa funciona”, ressalta.

Se a existência dessas partículas for confirmada, pode-se abrir um campo fértil de mais pesquisa básica e aplicações tecnológicas, segundo o físico. Por não terem carga, diferentemente dos elétrons, os majoranas ficariam mais protegidos de influências externas e poderiam, em tese, funcionar como plataformas mais estáveis para a manipulação de seus estados quânticos. Além disso, permitiriam certas operações computacionais complexas que não podem ser feitas com elétrons. “Mas é claro que, antes de tudo, é preciso achá-los”, brinca ele. ■

Projeto

Férmions de Majorana em fios e poços quânticos de supercondutores topológicos (nº 2012/20199-3); Modalidade Bolsa no País - Regular - Pós-doutorado; Pesquisador responsável José Carlos Egues (IFSC-USP); Bolsista Edson Vernek; Investimento R\$ 170.950,58 (FAPESP).

Artigos científicos

VERNEK, E. *et al.* Subtle leakage of a Majorana mode into a quantum dot. *Physical Review B*, v. 89, 165.340. 30 abr. 2014. HACHIYA, M. O.; USAJ, G.; e EGUES, J.C. Ballistic spin resonance in multisubband quantum wires. *Physical Review B*, v. 89, 125.510. 25 mar. 2014.