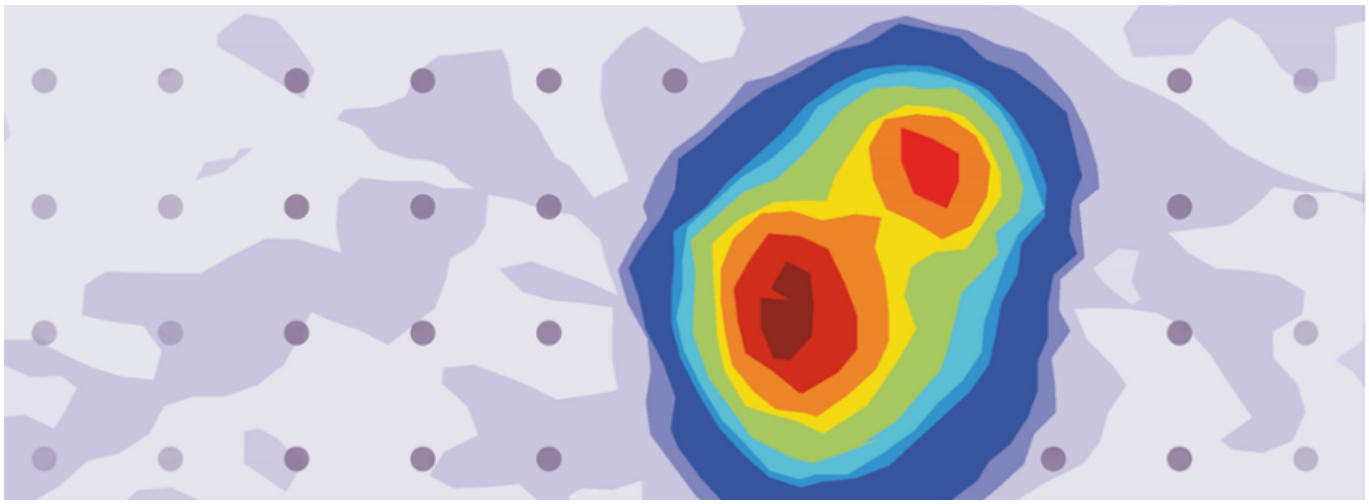
Een isolerende supergeleider?

Een groep natuurkundigen van de Universiteiten van Leiden en Amsterdam heeft een schijnbare paradox ontdekt in een materiaal dat geen enkele elektrische weerstand vertoont. De onderzoekers maten opgesloten ladingen, terwijl ladingen in theorie altijd blijven stromen in afwezigheid van weerstand. De ontdekking kan een ontbrekend puzzelstukje zijn in een van de grote mysteries in de hedendaagse natuurkunde: supergeleiding bij temperaturen ver boven het absolute nulpunt. De resultaten zijn deze week in Nature Physics gepubliceerd.



Afbeelding 1. Ruis in een supergeleider.Ruiscentra op atomaire schaal: binnen deze supergeleider lijken sommige atomen meer ruis te vertonen dan andere.

Bij lage temperaturen kan een materiaal ofwel isoleren, ofwel elektrische stroom geleiden. Het verschil is dat in een isolator extra elektronen, als die worden toegevoegd, opgesloten raken. Daardoor kan er geen stroom door het materiaal lopen. In een geleider zullen extra elektronen juist onmiddellijk wegstromen om het evenwicht te herstellen. Hoe hoger de geleiding van het materiaal is, hoe sneller dit gebeurt.

Geleider of isolator?

De onderzoeksgroep die geleid wordt door de Leidse natuurkundige Milan Allan, en waarbij ook UvA-natuurkundigen Mark Golden en Yingkai Huang betrokken zijn, was dan ook zeer verbaasd toen men ontdekte dat in de best mogelijke geleider – een supergeleider zonder enige weerstand – tóch elektrische ladingen opgesloten raakten.

Hoe kan het opsluiten van ladingen, een lakmoesproef voor het herkennen van isolatoren, in een supergeleider voorkomen? De groep ontdekte dat de sleutel tot deze schijnbare paradox ligt in het feit dat het materiaal is opgebouwd uit lagen van ladingsopsluitende isolatorzones die twee atomen dik zijn, en liggen tussen de metaalachtige lagen die ervoor zorgen dat het hele materiaal een toestand zonder weerstand bereikt – een effect dat plaatsvindt bij temperaturen minder dan 85 graden boven het absolute nulpunt.

Club sandwich

In samenwerking met de Leidse theoretisch fysicus Jan Zaanen, en door experimenteel losse kristallen te onderzoeken die de UvA-onderzoekers maakten, ontdekte de groep dat met behulp van dit ‘club sandwich’-model een langlopend raadsel opgelost kon worden rond het sterk richtingsafhankelijke elektrische transport in een familie van materialen die *cupraten* heten – materialen die hun weerstand verliezen bij relatief hoge temperaturen, en daarom bekend staan als hoge-temperatuursupergeleiders.

De ontdekking was het gevolg van een experimentele tour-de-force. De Leidse promovendi Koen Bastiaans en Tjerk Benschop besteedden samen met postdoc Doohee Cho twee jaar aan het bouwen van een nieuw soort tunnelingmicroscoop. Naast het meten van het gemiddelde signaal registreert die microscoop ook de tijdelijke fluctuaties in dat signaal – wat normaalgesproken ‘ruis’ wordt genoemd. Deze fluctuaties toonden het opsluiten van elektronen in de isolerende lagen. De microscoop registreert de ruis op atomaire schaal, wat van vitaal belang was voor de ontdekking. Volgens Koen Bastiaans: ‘De ruiscentra verschijnen alleen op een klein aantal gelokaliseerde gebieden, alsof sommige atomen meer ruis vertonen dan andere. Onze microscoop helpt ons niet alleen om het materiaal als geheel beter te begrijpen, maar werpt ook licht op die ruizige oneffenheden zelf.’

Referentie

Charge trapping and super-Poissonian noise centres in a cuprate superconductor, K. M. Bastiaans, D. Cho, T. Benschop, I. Battisti, Y. Huang, M.S. Golden, Q. Dong, Y. Jin, J. Zaanen en M. P. Allan, Nature Physics (2018).