

LK-99: supergeleiding bij kamertemperatuur?

In juli van dit jaar was er grote ophef nadat een groep onderzoekers uit Zuid-Korea had gepubliceerd dat ze een materiaal hadden gevonden dat supergeleiding vertoont bij kamertemperatuur. Die ontdekking zou niet alleen van groot belang zijn voor de technologische en wetenschappelijke wereld, maar zou ook een gegarandeerde Nobelprijs betekenen voor de onderzoekers. De werkelijkheid van de ontdekking bleek echter tegen te vallen... máár het was wel een mooi inkijkje in hoe de wetenschap in zijn werk gaat bij grote ontdekkingen, en leverde aandacht op voor dit superinteressante onderwerp.



Afbeelding 1. Een samengedrukt stukje LK-99 zweeft boven een magneet. Foto: Stilstaand beeld uit video van de Universiteit van Korea.

Laten we bij het begin beginnen. De meeste materialen die stroom geleiden hebben een weerstand, waardoor er een deel van de energie verloren gaat in de vorm van warmte. Supergeleiders hebben onder een bepaalde temperatuur (de zogenaamde kritische temperatuur) geen weerstand. Hierdoor wordt er geen warmte geproduceerd wanneer er een

stroom door het materiaal geleid wordt. Daarnaast hebben supergeleidende materialen de interessante magnetische eigenschap dat ze geen magneetvelden aan de binnenkant toelaten, waardoor ze magneten van buitenaf afstoten – het Meissner-effect. Deze beide eigenschappen maken supergeleiders geweldige materialen voor toepassingen. Zo wordt er gedacht aan supersnelle zwevende magneettreinen en telefoons die haast nooit opgeladen hoeven worden.

Er zit één vervelende beperking aan zulke plannen: alle supergeleiders die we tot nog toe hebben gevonden werken alleen bij heel lage temperaturen. De hoogste temperatuur waarbij supergeleiding is vastgesteld is -23°C in lanthaanhydride, en dat moest hiervoor onder een druk staan die wel 1,5 miljoen keer hoger is dan de luchtdruk die wij hier op aarde hebben. Het creëren van dit soort extreme omstandigheden kost zoveel energie en technologische expertise, dat het voorkómt dat supergeleiding ingezet kan worden in alledaagse toepassingen.

Heel even, in juli van dit jaar, leek er misschien een einde aan dit probleem te zijn gekomen. Een team van onderzoekers uit Zuid-Korea plaatste een artikel op het ArXiv (een website waar wetenschappers hun onderzoek kunnen voorpubliceren, voordat het werk gecontroleerd is door andere wetenschappers) waarin ze claimden dat ze een materiaal hadden ontwikkeld dat supergeleiding vertoonde bij kamertemperatuur en standaarddruk. Het artikel heette dan ook “The First Room-Temperature Ambient Pressure Superconductor”. Al snel werd naar aanleiding van de vele vragen die er kwamen nog een tweede artikel geüpload met meer informatie. Het materiaal dat ze in de artikelen omschreven is het keramische materiaal “kopergedoteerd loodapatiet”, te zien in afbeelding 1. Het is verassend eenvoudig te maken. Loodoxide en loodsulfaat werden gemengd en verwarmd tot 725°C , dit geheel werd gemengd met koperfosfide en voor 5-20 uur verwarmd tot 925°C . De onderzoekers noemden het materiaal LK-99 naar de eerste letters van hun namen, Lee en Kwon, en het jaar 1999 waarin ze begonnen het materiaal te onderzoeken.

Een nadeel van keramische materialen zoals LK-99 is dat ze, in tegenstelling tot metalen, niet heel makkelijk tot een draad te trekken of te vervormen zijn, en dat ze dus niet zo makkelijk toe te passen zijn. Desalniettemin zou het realiseren van supergeleiding bij kamertemperatuur een gigantische doorbraak zijn. Om de supergeleiding aan te tonen, lieten de onderzoekers zien dat bij temperaturen onder 400 K (127°C) de weerstand sterk omlaag

ging, en leverden ze om het eerder genoemde Meissner-effect aan te tonen beelden, zoals afbeelding 1, van vlokken van het materiaal die zweefden boven een magneet.

Supergeleiders zijn echter niet de enige materialen die magneten afstoten. Heel veel materialen stoten magneten af door zogenaamd “diamagnetisme”. Zo waren onderzoekers in Nijmegen in staat een kikker te laten zweven door hem te omringen met allemaal supersterke magneten die hem afstoten omdat het water in de kikker diamagnetisch is – zie afbeelding 2. Afstoting door diamagnetisme is echter zwakker dan de afstoting die verwacht wordt bij het Meissner-effect en de onderzoekers uit Korea konden het LK-99 boven een redelijk zwakke magneet al laten zweven. Daardoor dachten ze hier daadwerkelijk het Meissner-effect te zien.



Afbeelding 2. Een zwevende kikker. Een kikker die zweeft in een sterk magneetveld dankzij het diamagnetisme van het water in zijn lichaam. Foto: Radboud Universiteit Nijmegen.

Onderzoekers over de hele wereld waren echter sceptisch. Ten eerste was het onderzoek nog niet gecontroleerd door andere wetenschappers. Daarnaast konden de onderzoekers uit

Korea niet naar ieders tevredenheid verklaren waar de supergeleiding precies vandaan zou komen, en vonden experts de beelden die de onderzoekers deelden van zwevende vlokken LK-99 geen overtuigend voorbeeld van het Meissner-effect. De Koreaanse onderzoekers hebben als reactie daarop extra beeldmateriaal gedeeld van een vlok LK-99 die een magneet afstoot, maar deze vlok was volledig bedekt met koper, wat diamagnetisch is en dus zelf al magneten afstoot.

Door de grote twijfel gingen mensen meteen aan de slag met simulaties om te berekenen of het materiaal wel supergeleidend kon zijn. Deze simulaties gaven wisselende resultaten, maar veelal voorspelden ze dat vergelijkbare materialen wél supergeleidend zouden kunnen zijn, maar niet precies dít materiaal. Gelukkig is kopergedoteerde loodapatiet helemaal niet moeilijk te maken, en dus gingen er overal ter wereld ook mensen aan de slag om het resultaat te reproduceren. Van Duitsland tot China en van de beste experts tot amateurs op Twitter – iedereen deed een poging om LK-99 te maken.

Een paar onderzoeksgroepen vonden weliswaar een grote afname in weerstand bij het koelen van het materiaal, maar deze afname gebeurde niet in één keer, zoals je wel verwacht bij supergeleiders. Daarbovenop is het niemand gelukt om het Meissner-effect te observeren. Wel vonden sommige onderzoeksgroepen diamagnetisme. De doodslag voor het idee dat LK-99 een supergeleider kon zijn kwam uit Duitsland, waar onderzoekers konden aantonen dat ze zuiver kopergedoteerd loodapatiet hadden gemaakt en dat dit materiaal een grote weerstand had bij kamertemperatuur.

Er waren dus onderling vrij grote verschillen tussen wat onderzoeksgroepen vonden. De ene groep vond veel meer weerstand dan de andere. Daarom ging men nadenken over de vraag waarom er zulke verschillen waren tussen allemaal schijnbaar goede experimenten. Het meest voor de hand liggende antwoord werd gevonden toen een chemicus uit Illinois zag dat de afname in weerstand in het originele experiment plaatsvond bij de temperatuur waarbij *precies* zo'n verandering in weerstand ook plaatsvindt in kopersulfide. Hieruit volgde het idee dat het LK-99 dat de onderzoekers in Korea oorspronkelijk gemaakt hadden, waarschijnlijk verontreinigd was met kopersulfide. De suggestie dat het materiaal geen zuiver kopergedoteerd loodapatiet was, was al veel eerder geopperd, maar verontreiniging kan heel veel verschillende vormen aannemen, dus het was moeilijk dit idee te testen. Gelukkig kon dit na de ingeving dat de boosdoener waarschijnlijk kopersulfide was wél. Vlokken met 70%

kopersulfide zijn gemaakt en die gedroegen zich net als het originele monster LK-99.

Het heeft even geduurd, maar het mysterie is dus opgelost, al weet je iets in de wetenschap natuurlijk nooit helemáál zeker. Het is toch wel jammer dat we nog altijd geen kamertemperatuur-supergeleider hebben, maar onderzoekers over de hele wereld werken hard verder aan het idee. We weten in ieder geval zeker dat, voordat iedereen het eens is dat er écht een kamertemperatuur-supergeleider gevonden is, dat materiaal kritisch gecontroleerd zal zijn.