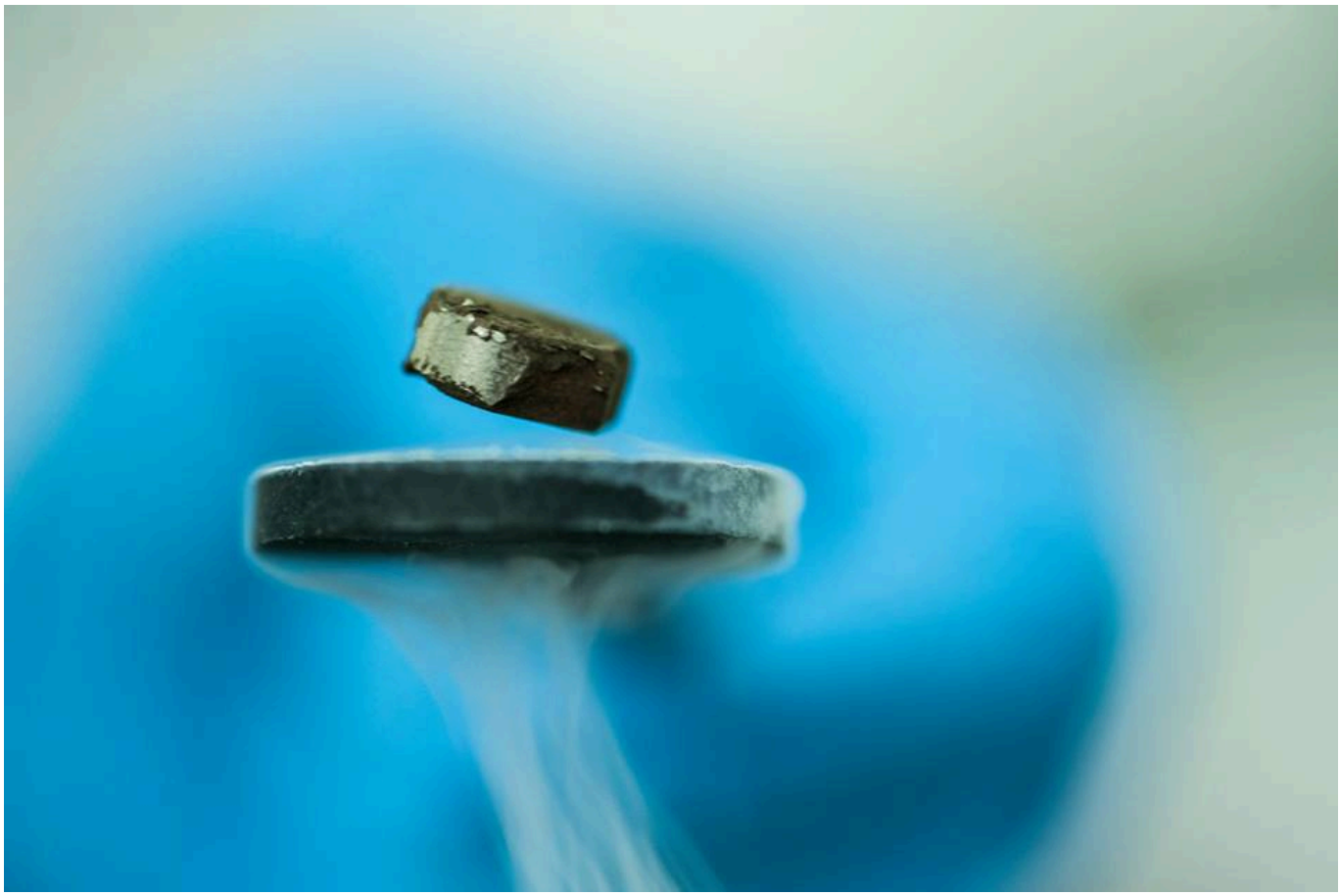
Supergeleiding bij kamertemperatuur?

Supergeleiding, het zonder enige weerstand geleiden van stroom, zou een uitkomst kunnen zijn voor allerlei problemen. Treinen zouden weerstandsloos kunnen zweven, stroom zou in de Sahara opgewekt kunnen worden met zonnepanelen en overal ter wereld zonder energieverlies gebruikt kunnen worden. Helaas bestaan er inderdaad supergeleidende materialen, maar werkten die tot voor kort alleen bij extreem lage temperaturen. Daar lijkt nu verandering in gekomen – maar juich niet te vroeg.



Afbeelding 1. Een supergeleider. Materialen die zonder weerstand stroom geleiden blijven moeiteloos zweven boven magneten – een effect dat bijvoorbeeld gebruikt kan worden in de ontwikkeling van efficiënte zweeftreinen. Afbeelding: Pongkaew.

Het idee van supergeleiding is al meer dan een eeuw oud. De Nederlandse natuurkundige Heike Kamerlingh Onnes bestudeerde in 1911 de stroomgeleidende eigenschappen van kwik bij heel lage temperaturen. Het feit dat die lage temperaturen bereikt konden worden – slechts een paar graden boven het absolute temperatuurnulpunt, zo'n 270 graden onder het vriespunt van water – was in die tijd nieuw. Sterker nog, het was dezelfde Kamerlingh Onnes die zo'n drie jaar eerder voor het eerst helium naar soortgelijke temperaturen had afgekoeld, zodat dat het vloeibaar werd. Dat vloeibare helium was weer erg nuttig om andere materialen te koelen, daarmee kon Kamerlingh Onnes zijn proeven met kwik doen.

Hij merkte op dat kwik bij zo'n 4,2 graden boven het absolute nulpunt opeens al zijn weerstand voor stroomgeleiding verloor: een eenmaal op gang gebrachte elektrische stroom kon vrijwel oneindig lang en zonder af te nemen door het materiaal blijven lopen. Het eerste supergeleidende materiaal was ontdekt – en er zouden er nog vele volgen.

…maar werkt het ook in theorie?

Overigens was het in de tijd van Kamerlingh Onnes nog verre van duidelijk *waarom* sommige materialen deze bijzondere eigenschap hadden. Daar werd pas in 1957 enig licht op geworpen door de natuurkundigen John Bardeen, Leon Cooper en John Schrieffer, die aantoonden dat elektronen bij lage temperaturen in staat zijn om paren te vormen die geheel andere eigenschappen hebben dan de losse elektronen waaruit ze zijn opgebouwd – eigenschappen waarvan het zich zonder weerstand kunnen verplaatsen er één is. Wil je meer weten achter de theorie van Bardeen, Cooper en Schrieffer, lees dan vooral dit artikel dat Jorrit Kruthoff in 2017 voor onze site schreef.

De 'BCS-theorie', zoals die is gaan heten, is nog niet het theoretische eindantwoord: er bestaan allerlei supergeleiders die ook met dit model nog niet goed begrepen kunnen worden, en de theorie van supergeleiding is tot op de dag van vandaag een actief onderzoeksgebied. Intussen gaat het experimentele onderzoek natuurlijk ook gewoon door, en daarbij is het doel vooral om supergeleidende materialen te vinden die hun werk bij zo hoog mogelijke temperaturen doen.

Naar alledaagse omstandigheden

De heilige graal is het vinden van een supergeleider die ook bij temperaturen rond of zelfs

boven het vriespunt van water werkt: zulke supergeleiders zouden geen geavanceerde technieken nodig hebben om ze te koelen, en zouden daarom ook op grote schaal in de techniek kunnen worden ingezet. Zo zou je magnetische zweeftreinen kunnen maken die extreem energiezuinig bewegen, en zou je in de Sahara grote velden van zonnepanelen kunnen opstellen waarvan de stroom vervolgens zonder enige weerstand – en dus zonder energieverlies – naar alle delen van de wereld getransporteerd zou kunnen worden.

Helaas is dat punt nog lang niet bereikt: de beste supergeleiders die in laboratoria zijn gemaakt, werken tot ongeveer halverwege het absolute temperatuurnulpunt en het vriespunt van water. Nog een flink stuk te gaan, dus. Hoewel… enkele weken geleden verschenen er in het nieuws berichten over een experiment waarbij supergeleiding was geconstateerd bij een temperatuur van maar liefst 15 graden *boven* het vriespunt! Mogelijk een enorme doorbraak – maar nog niet een waarmee de deur naar technologische toepassingen direct werd opengezet. Het nieuwe supergeleidende materiaal werkt volgens de publicatie namelijk wel bij alledaagse temperaturen, maar alleen als de atomen waaruit het bestaat onder gigantische druk op elkaar geperst worden – een druk die zo'n 2,5 miljoen keer groter is dan de luchtdruk op aarde.

Onderzoek onder druk

Dat neemt natuurlijk niet weg dat het nieuwe materiaal bijzonder interessant kan zijn: wellicht kunnen we in plaats van over 'temperatuur verhogen' nu na gaan denken over 'druk verlagen', en zo een praktisch toepasbaar supergeleidend materiaal maken. De discussie over het nieuwe materiaal is dan ook volop losgebarsten. Daarbij waren er ook twijfels over de juistheid van het nieuwe experiment. Die waren deels gebaseerd op het feit dat het artikel waarin de wetenschappers hun resultaat aankondigden al na slechts 8 dagen door het tijdschrift Nature geaccepteerd leek te zijn – bij lange na niet genoeg tijd om een grondige 'peer review' te doen en te zien of de resultaten ook echt juist waren. Nature heeft inmiddels echter laten weten dat daar domweg een foutje is gemaakt in het publiceren van de data – de auteurs lijken hun artikel veel eerder opgestuurd te hebben dan in het bovenschrift van het artikel vermeld staat, wat dus doet vermoeden dat de resultaten wel degelijk een fatsoenlijke review gehad hebben. Dat neemt niet weg dat er ook inhoudelijke kritiek is: zo wordt er in een recente preprint beargumenteerd dat het door de onderzoekers waargenomen fenomeen helemaal geen supergeleiding kan zijn.

We wachten af wat de status van het onderzoek zal blijken te zijn, en of het hier daadwerkelijk gaat om een interessante stap voorwaarts in de zoektocht naar energiezuinige supergeleiding onder alledaagse omstandigheden.

Wil je meer weten over het nieuwe materiaal, dan is dit artikel in Quanta Magazine een uitstekend beginpunt.