



INTERVIEW CHARLES KANE | NATUURKUNDIGE

# 'Geweldig om elegante ideeën in werking te zien in de echte wereld'

Het werk van Charles Kane is belangrijk voor quantumcomputers. In Leiden kreeg hij daarom de Lorentzmedaille.

Dorine Schenk

LEIDEN

**H**et was een feestelijke dag voor de Universiteit Leiden. In het eeuwenoude Academiegebouw waren op 11 december twee jubilea. Twee jonge Leidse fysici ontdekten honderd jaar geleden het verschijnsel 'spin' - een cruciaal ingrediënt van de quantummechanica. En exact 150 jaar geleden promoveerde de Nederlandse natuurkundige en Nobelprijswinnaar Hendrik Antoon Lorentz in Leiden. Ter ere daarvan reikte de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW) de vierentwintigste Lorentzmedaille uit aan Charles Kane, hoogleraar natuurkunde aan de University of Pennsylvania.

Kane's werk past bij het quantumjubileum én bij dat van theoreticus Lorentz. De medaille ontving hij voor zijn visionaire theoretische onderzoek naar materiaaleigenschappen op quantumniveau dat het begrip van quantummaterialen ingrijpend veranderd heeft. Kane is een van de grondleggers van zogeheten topologische isolatoren - materialen met de bijzondere eigenschap dat ze van binnen elektrisch isolerend zijn maar aan hun oppervlak wel geleiden. Een mogelijke toepassing is spintronica, een energie-efficiënter alternatief voor elektronica. Het idee voor 'topologische supergeleiders' dat eruit volgde, biedt mogelijkheden voor quantumcomputers.

„Wat ik mooi vind aan mijn vakgebied is dat het zeer elegante theoretische concepten omvat - waar ik als wiskundeliefhebber dol op ben - die bovendien bestudeerd kunnen worden met experimenten”, vertelt Kane voorafgaand aan de uitreiking in een kamer in het Academiegebouw. „Ik vind het geweldig om elegante ideeën in werking te zien in de echte wereld.”

**U voert die experimenten niet zelf uit?**

Lacht. „Nee, ik ben een theoretisch natuurkundige. Ik houd van de wiskunde die echte, natuurkundige fenomenen beschrijft.”

**Uw vakgebied is de fysica van gecondenseerde materie. Wat houdt dat in?**

„Op een praktisch niveau begrijpen we de bouwstenen van materie - elektronen en atoomkerndeeltjes - en de wetten van elektromagnetisme en quantummechanica die daar een rol spelen. Maar wat die kennis je niet vertelt, is wat er gebeurt als je veel van die bouwstenen bij elkaar hebt. Je hebt een nieuwe manier nodig om na te denken over de fenomenen die dan ontstaan door



Natuurkundige Charles Kane. FOTO MERLIJN DOOMERNIK

collectief gedrag. Philip Anderson, een van de grondleggers van het gecondenseerde-materieonderzoek, vat dit samen als: 'meer is anders'.”

**In 2005 voorspelde u met Eugene Mele het bestaan van topologische isolatoren. Hoe kwam u op dat idee?**

„Het was een toevallige ontdekking. In die tijd deden Mele en ik onderzoek naar grafeen: een tweedimensionaal laagje koolstof van één atoom dik. Rond 2004 lukte het fysici om losse grafeenvelletjes te maken. Dat interesseerde ons, omdat we al ervaring hadden met onderzoek aan koolstof nanobuis-

jes - een soort rietjes van opgerolde grafeenvelletjes.

„Grafeen is bijzonder omdat het precies op de grens zit tussen een elektrische geleider, waarin elektronen vrij kunnen bewegen, en een isolator, waarin elektronen vastzitten. Ik vroeg me af hoe dat kan. Daarom werkte ik aan een theoretische beschrijving. Toen ik daaraan de quantumeigenschap spin van de elektronen toevoegde, bleek dat grafeen een isolator zou moeten zijn. In de praktijk is dat niet zo, omdat het spineffect dat daarvoor zorgt in grafeen minuscule is en dus geen rol speelt. Toch fascineerde het me.

„Vervolgens had ik wat geluk of

serendipiteit. Ik was namelijk toevallig bekend met het zogeheten quantum-hall-effect, dat in de jaren tachtig ontdekt is. Dat beschrijft het quantumgedrag van elektronen in een tweedimensionaal systeem bij een sterk magnetisch veld. Ik ontdekte een verband tussen het quantum-hall-effect en mijn theoretische beschrijving van isolerend grafeen.

„Ik vond dat zo interessant dat ik er obsessief mee bezig ging. Dit bracht ons op het idee van topologische isolatoren, waarbij quantumgedrag van elektronen zorgt voor elektrische isolatie binnen in een materiaal en geleiding op het oppervlak.”

**Een paar jaar later werden topologische isolatoren experimenteel aangetoond in verschillende materialen. Is dat uitzonderlijk?**

„Binnen ons vakgebied is dat zeldzaam. Meestal is er eerst een experimentele ontdekking waarna er een verklarend theoretisch model komt. En theoretisch natuurkundigen hebben twee opties: je kunt interessante natuurkunde onderzoeken, of natuurkunde die relevant is voor experimenten. Die twee overlappen meestal niet. Ik wilde het liefst beide doen en interessante theorieën ontwikkelen die belangrijk zijn voor de echte wereld. Ik heb het geluk gehad dat ik de kans kreeg om dat te doen.”

**In 2007 stelde u een manier voor om topologische supergeleiders te maken. Wat zijn dat?**

„Een van de grote uitdagingen op dit moment is het bouwen van een quantumcomputer. Waar gewone computers bestaan uit bits, die een of nul zijn, bestaan quantumcomputers uit quantumbits of qubits die tegelijkertijd één en nul kunnen zijn. Dat maakt bepaalde berekeningen mogelijk die gewone computers niet kunnen. Maar qubits zijn kwetsbaar. Als je ernaar

”

Ik houd van de wiskunde die echte, natuurkundige fenomenen beschrijft

kijkt, maak je ze kapot. Natuurkundige Alexei Kitaev heeft het ingenieuze idee bedacht om qubits te beschermen door ze als het ware in tweeën op te splitsen. Dat is mogelijk met een zogeheten topologische supergeleider waarin je twee uiteinden hebt die samen één qubit vormen. Die uiteinden heten majoranadeeltjes of majoranadeeltjes. Mijn bijdrage is dat ik een praktische manier bedacht heb waarmee je een dergelijke topologische supergeleider kunt maken door een gewone supergeleider en een topologische isolator te combineren.”

**Wetenschappers en bedrijven, zoals Microsoft, proberen al jaren die majoranadeeltjes te maken met quantumcomputers als doel. Tot nu toe lijkt dat nog niet gelukt. Denkt u dat het mogelijk is?**

„Het is misschien al gelukt, maar er is nog geen sluitend, overtuigend bewijs. Toch heb ik er nog steeds vertrouwen in dat het mogelijk is om deze majoranadeeltjes te maken. Of dat ook de beste techniek is voor quantumcomputers, zal moeten blijken. Maar dat is een ingenieursvraagstuk en dat is niet mijn expertise. Ik denk graag op een fundamentele manier na over wat er in theorie mogelijk is. Daar vervolgens iets praktisch bruikbaar van maken, is een andere tak van sport.”