TEKST JOHAN DÉMOED

NOBELPRIJSWINNAAR DAN SHECHTMAN: „VECHT VOOR DE WAARHEID”

VAN QUASIKRISTAL TOT QUASIWETENSCHAPPER?

De aanhouder wint. Dat spreekwoord is van toepassing als je hoort hoe Dan Shechtman aan zijn Nobelprijs kwam. Jarenlang werd hij verguisd en verketterd. En waarom? Omdat hij iets ontdekte wat niet paste in het paradigma, het gangbare theoretisch-wetenschappelijke raamwerk, dat tot dan toe gold. Hoe Shechtman zich er doorheen sloeg? Hij vertelde het onlangs aan studenten op de Universiteit Leiden. „Vecht voor de waarheid!”

8 april 1982. Het was op een donderdagochtend. Dan Shechtman, een Israëlische hoogleraar materiaalkunde, tuurde door zijn elektronenmicroscoop naar een kristal; gevormd uit een gesmolten mengsel van aluminium en mangaan dat extreem snel was afgekoeld. Shechtman herinnert het zich nog als de dag van gisteren. Hij vond het materiaal er vreemd uit zien en dus deed hij een diffractie-experiment. Dat is een techniek waarbij het kristal met een nauwe röntgenbundel wordt bestraald. Het kristal verstrooit de straling in een groot aantal richtingen en dit levert een plaatje op –een zogenaamd diffractiespectrum– dat de atoomstructuur van het kristal laat zien. Op een donkere achtergrond verschijnen dan scherpe, heldere stippen (zie afbeelding 1 op de volgende pagina). Shechtman zag dit keer geen 2, 4, 6, 8 of 12 stippen, wat bij kristallen tot dan toe gebruikelijk was. Hij telde er 10...

MERKWAARDIG

Van deze ontdekking sloeg Shechtman steil achterover; figuurlijk gesproken uiteraard. „Nee, dit kan niet waar zijn”, mompelde hij. Op basis van eerdere waarnemingen hadden wetenschappers namelijk het paradigma opgesteld dat het volslagen onmogelijk is dat hij 10 stippen kon tellen. Dat zou immers



Dan Shechtman

NATUURKRISTAL

De meeste kristallen die je in de natuur vindt, bevatten atomen die in een strikt symmetrisch patroon passen. Toch komen er ook quasikristallen in de natuur voor. Luca Bindi, een kristallograaf van de universiteit van Florence (Italië), vond er zo een in Rusland. Het zou een restant kunnen zijn van een meteorietinslag.

Luca Bindi ging enthousiast op zoek naar quasikristallen in het ruige Korjakengebergte, diep in Rusland, tegen de Beringzee aan. Het is een vulkanisch mijnbouwgebied waar metalen als koper en aluminium worden gewonnen. Zijn zoektocht was niet zonder succes: in de Khatyrka-rivier vond hij een mineraal dat bestaat uit koper, ijzer en aluminium. De patronen van dit mineraal voldoen precies aan de eigenschappen van quasikristallen die in laboratoria worden gemaakt.

WEET MEER:
- www.tiny.cc/natuurkristal

betekenen dat het kristal een regelmatig twintigvlak was – een icosaëder. Dat is een ruimtelijk figuur met twintig gelijkzijdige, driehoekige vlakken (afbeelding 2). Als je zo'n figuur frontaal bekijkt, zie je een vijfkantige vorm (rode lijn), en met zo'n vorm kun je nooit een vlak bedekken zonder ruimtes open te laten.

Een voorbeeld ter verduidelijking: stel dat je met vijfkantige tegels een badkamervloer moet betegelen zonder ruimtes achter te laten. Dat lukt niet. En juist dàt is het verrassende van Shechtmans ontdekking. Om de kristallen naadloos op elkaar aan te laten sluiten, móéten er verschillen zijn in de afstand tussen verschillende atomen. Daarin week Shechtsmans kristal af van de kristallen die tot dan toe bekend waren. Die bestonden gewoon uit één vorm (bijvoorbeeld kubusjes) met telkens dezelfde afstand tussen de atomen. Zulke vormen kun je mooi op elkaar laten passen, zonder dat er ruimtes optreden.

QUASIKRISTALLEN

Nadat Shechtman herhaaldelijk door de microscoop had gekeken, staarde hij voor zich uit. „Ik moet dit met iemand anders delen", stamelde hij. Shechtman werkte toen op het National Bureau of Standards (NBS) in Washington, en rende de gang op. „Ik keek links en rechts, maar zag niemand. Niemand om dit mee te delen! Dus ging ik terug naar mijn microscoop en wijdde de verdere dag aan het doen van experimenten."

Het kostte Shechtman uiteindelijk twee jaar om te ontcijferen wat hij zag. Hij noemde zijn vondst quasikristallen. De merkwaardige structuur van die kristallen kun je in een tweedimensionaal vlak het best vergelijken met een Penrose-betegeling (zie afbeelding 3). Zo'n vlakvulling heeft een speciale eigenschap: je kunt de betegeling niet zodanig verschuiven dat hij weer op zichzelf terechtkomt. Dit heet a-periodiek.

De 'betegeling' die wetenschappers vóór Shechtmans vondst beschreven, waren altijd periodiek. Denk daarbij aan een vloer met rechthoekige of vierkanten tegels. Na een draaiing van een kwartslag, halve slag of driekwart slag ligt alles weer precies zoals eerst (zie afbeelding 4).

WEERSTAND

Met zijn vondst ging Shechtman regelrecht in tegen de zienswijze van de gevestigde orde. De atomen die hij ontdekte bleken niet op een periodiek rooster te liggen, maar ze vormden wél een geordende structuur. Volgens het paradigma kon dat niet, en daar was geen uitzondering op. Shechtsmans vondst kon en mocht niet bestaan, zo bleek uit de reacties van vrienden en collega's.



Schechtman: „Een paar jaar stond ik helemaal alleen. Ik werd belachelijk gemaakt. Ze noemden me quasiwetenschapper en ik werd slecht behandeld. Het hoofd van het laboratorium –een goede vriend– kwam naar me toe. Schaapachtig lachend legde hij een boek op mijn bureau en zei: 'Dan, waarom lees je dit niet. Je zult zien dat het onmogelijk is wat je zegt?' Ik zei: 'Weet je, ik geef les uit dat boek. Ik hoef het niet te lezen. Ik weet dat het onmogelijk is wat ik heb ontdekt, maar... hier is het! Dit is iets nieuws!' Daarna zette hij me uit de onderzoeksgroep. Hij zei dat ik een schande was voor de groep. 'Ik kan die schande niet dragen,' zei hij."

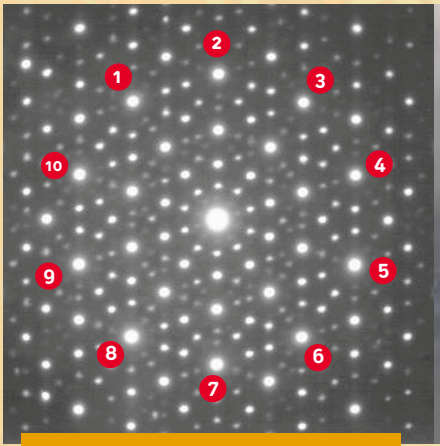
Dat was de atmosfeer waarin Shechtman zijn werk moest doen. Mensen geloofden niet in wat hij zei. Ze waren zelfs vijandig.

DE GEMEENSCHAP VAN GELOVIGEN GROEIDE LANGZAAM MAAR ZEKER

„De gemeenschap van niet-gelovigen was erg groot in het begin. Professor Linus Pauling, winnaar van twee Nobelprijzen, was hun aanvoerder. Hij was het idool van de Amerikaanse scheikundewereld toentertijd. Hij stond op podia en publiceerde papers waarin hij zei dat Dan Schechtman onzin vertelde..."

KEREND TIJ

Twee jaar later verliet Shechtman Washington. Hij keerde terug naar Israël, naar het Technion Israel Institute



Afbeelding 1. Schechtman telde 10 heldere stippen.



Afbeelding 2. Een icosaëder heeft een vijfkantige vorm.



Afbeelding 3. Een niet-periodieke Penrose-betegeling.



Afbeelding 4. De periodieke betegeling, die men vóór Schechtmans vondst altijd beschreef.

of Technology in Haifa. Hier ontmoette hij professor Ilan Blech. „Hij was de eerste die in mijn observaties geloofde. We bundelden krachten. Hij bedacht een nieuw model dat uitlegt hoe quasikristallen zich kunnen vormen. We stuurden samen een paper in voor publicatie in het 'Journal of Applied Physics'. Deze werd afgewezen omdat het onderwerp volgens de redactie niet interessant genoeg zou zijn voor de lezers. In de zomer van 1984 ging ik terug naar NBS in Washington. Daar ontmoette ik een collega, John Cahn, die daar een leidinggevende functie had. Hij nodigde een andere wetenschapper uit, Denis Gratias, en met z'n vieren schreven we een nieuwe paper. Die werd meteen gepubliceerd."

Toen liep het snel uit de hand. Natuurkundigen bleken wel degelijk in het onderwerp geïnteresseerd te zijn. Ze begonnen met het materiaal te experimenteren. Van over de hele wereld belden ze Shechtman. „Ze zeiden: 'Ik heb het, ik heb het ook!' Zo groeide de gemeenschap van gelovigen langzaam." Het kwam onomstotelijk vast te staan dat Shechtmans ontdekking klopte. Erkenning volgde. In 2011 werd zijn werk bekroond door de toekenning van de Nobelprijs voor de Chemie.

De nieuwe materiaalvorm is inmiddels helemaal geaccepteerd. Er zijn zelfs ook natuurlijke quasikristallen gevonden.

Quasikristallen hebben hele handige eigenschappen. Ze worden gebruikt om staal sterker te maken, bijvoorbeeld staal in apparaten die in contact komen met het lichaam, zoals scheerapparaten en chirurgisch gereedschap. „Het is het beste roestvrije staal dat je je maar kunt voorstellen."

LEVENSLES

De levensles die Shechtman leerde vat hij krachtig samen: „Als je wetenschapper bent en je gelooft in je resultaten, luister dan naar anderen, maar vecht vooral voor datgene waar je in gelooft." Dat was weleens moeilijk. Toen hij zich voor de zoveelste keer moest verdedigen tegenover andere wetenschappers, moest Shechtman denken aan een tekst uit Psalm 23: 'Al ging ik ook in een dal van de schaduw van de dood, ik zou geen kwaad vrezen.' „Dat is hoe ik me voelde toen anderen me bevroegen." Shechtman laat een foto zien van een eenzame kat die gedwongen wordt om een groep grommende Duitse herders te passeren. „Vecht voor de waarheid. En gevochten heb ik. Het resultaat was ontzettend goed. Voor velen, waaronder ikzelf."

HOE WISTEN ZE DAT!?

Opmerkelijk is dat Penrose-betegelingen ook te zien zijn in oude gebouwen. Peter Lu, natuurkundige van Harvard University, ontdekte zulke betegelingen in het Darb-i Imam mausoleum in Iran (zie hieronder). Deze is gebouwd in 1453 na Christus, vijfhonderd jaar vóórdat de Britse wis- en natuurkundige Roger Penrose de mathematiek achter de betegelingen ontdekte! Vergelijkbare betegelingen zijn ook gevonden in het Alhambra-fort in Zuid-Spanje, dat moslims bouwden toen ze dit gebied in de middeleeuwen innamen. Vroeger was men kennelijk zo dom nog niet...



ARROGANTIE WERKT BELEMMEREND

Dan Shechtman pleit voor nederigheid in de wetenschap. Arrogantie werkt volgens hem alleen maar belemmerend, en hij is niet de enige die dit constateert. Dit jaar verscheen het boek 'Arrogant' van Ronald Meester, hoofd van de afdeling Wiskunde van de Vrije Universiteit. Hij wendt zich met name tot collega-wetenschappers die ervan uitgaan dat de evolutietheorie alles kan verklaren, van intelligentie tot homoseksualiteit. Meester schrijft:



'Geeft wetenschap echt overal een antwoord op? Natuurlijk kun je dat geloven, al vind ik dat zelf een moeilijk verdedigbare positie. Ik gun iedereen zijn of haar positie als atheïst, agnost, niet-ongelovige, theïst, humanist, ietsist of als wat dan ook. Het maakt me echter wel ongerust als mensen zeker menen te weten dat hun geloof het enig ware in de wereld is, en geen mogelijkheid onbenut laten om de publieke opinie met valse argumenten voor hun zaak te winnen. Er lopen in het wetenschappelijk establishment heel wat dogmatici rond, en sommige pretenties van dit establishment vind ik ongeloofwaardig en getuigen van arrogantie.' (...)

'Niemand weet hoe de wereld in elkaar zit, en de torenhoge status die wetenschappelijke ontdekkingen hebben mag wat mij betreft best een beetje worden genuanceerd. Geloof in een wetenschappelijke verklaring voor alles vind ik persoonlijk een grotere geloofsdaad dan geloven in God.'