

Danny Shechtman over tegenwerking en de kracht van de Nobelprijs

Nobelprijswinnaar Chemie 2011 Danny Shechtman (1941) zal op 30 mei Fysica-Chemie 2012 afsluiten met een lezing over zijn ontdekking van quasikristallen, ofwel quasiperiodieke materialen, zoals hij zelf liever zegt. Het wordt een bijzonder verhaal, want het heeft twaalf jaar geduurd voordat de ontdekking door de hele wetenschappelijke gemeenschap werd geaccepteerd. Claud Biemans

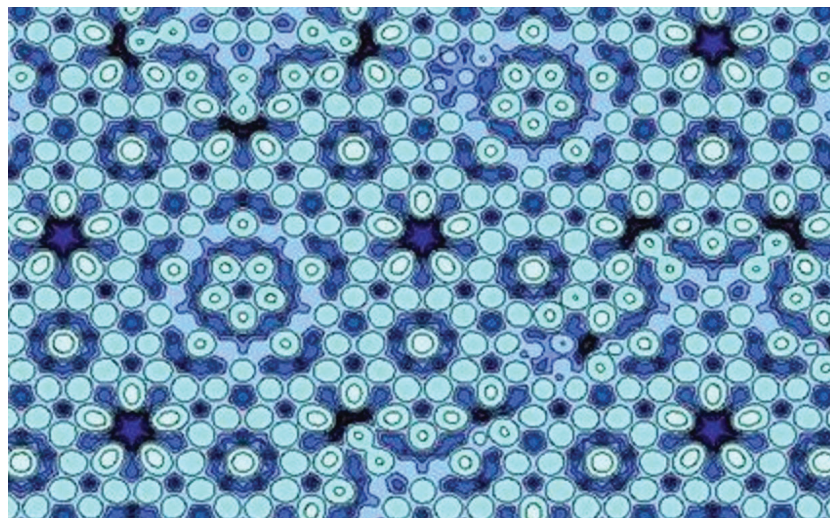
180

Ik spreek Danny Shechtman via skype op zijn kantoor in het Technion in Haifa, Israël. Het was een hele onderneming om een afspraak voor het interview te maken, want de kersverse Nobelprijswinnaar is net terug van een rondreis langs Japanse universiteiten. Ted Janssen, expert in Nederland op het gebied van quasikristallen, schreef in het decembernummer van het NTvN [1] een uitgebreid artikel over wat quasiperiodieke materialen zijn. Hij ging al kort in op de aanvankelijk sterke afwijzing van Shechtmans ontdekking. Janssen vroeg zich af hoe dat mogelijk was in een tijd dat er al niet-periodieke, maar wel perfect geordende systemen bekend waren, incommensurabel gemoduleerde fasen en composieten. Ik leg deze vraag voor aan Shechtman.

Shechtman: "Incommensurabele materialen zijn kristalstructuren met een dubbele periodiciteit. In quasiperiodieke materialen ontbreken de periodieke structuren, dat is het verschil. Mijn resultaten werden bijna vanaf het begin wel geaccepteerd door de uitstekende wetenschappers die bezig waren met het onderzoek naar incommensurable materialen, zij behoorden niet tot de tegenstanders. Want

toen ik in 1982 quasiperiodieke materialen ontdekte, stond ik alleen. Ik probeerde tevergeefs collega's ervan te overtuigen dat wat ik gevonden had echt was en anders dan de gebruikelijke kristallografie toestond. Ik was voor een sabbatical bij het National Bureau of Standards in Maryland, Washington DC. In 1984 ging ik terug naar het Technion in Haifa. Hier vond ik de eerste persoon die met me wilde

samenwerken, Ilan Blech. Hij ontwikkelde een model dat mijn ontdekking kon beschrijven. In de zomer van 1984 schreven we samen een artikel en stuurden het naar het *Journal of Applied Physics*, maar dat werd afgewezen, omdat het niet interessant zou zijn voor fysici. Het tijdschrift stelde voor dat ik het zou sturen naar een metallurgisch tijdschrift. Ik stuurde het naar *Metallurgical Transactions*, waar het ar-



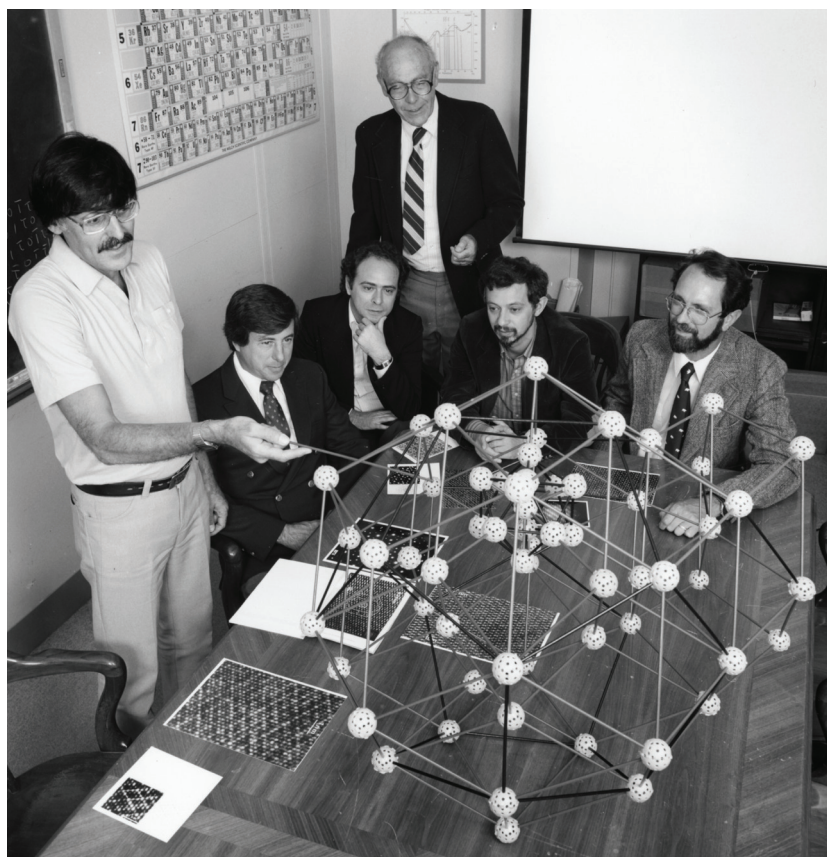
Atoommodel van een oppervlak van een Al-Pd-Mn-quasikristal. Hierin is te zien dat er wel deelpatronen zijn met vijfvoudige symmetrie, maar deze herhalen zich niet periodiek, het kenmerk van een quasiperiodiek materiaal. (J.W. Evans, The Ames Laboratory, US Department of Energy).

tikel geaccepteerd werd, maar omdat het publicatieproces zeer traag was, zou het pas na meer dan een half jaar verschijnen. In de tussentijd was ik teruggegaan naar het National Bureau of Standards, waar ik in die tijd mijn zomers doorbracht. En ik liet mijn gastheer, John Cahn, mijn resultaten zien. Hij werd meteen erg enthousiast en stelde voor om een ander kort artikel te schrijven, dat snel geplaatst kon worden. Ik stemde toe en dat artikel werd geaccepteerd en onmiddellijk gepubliceerd door *Physical Review Letters* in november 1984 [2].”

Wachten op röntgendiffractie

Onmiddellijk na de aankondiging van de ontdekking van quasiperiodieke materialen begonnen onderzoekers over de hele wereld aan dit onderwerp te werken. Shechtman: “Binnen een week kreeg ik telefoontjes van mensen die zeiden: ‘Danny, dit is fantastisch!’ Zij hadden dezelfde resultaten. Er ontstond een avant-garde groep van jonge onderzoekers, voornamelijk fysici, met enkele chemici, materiaalwetenschappers en wiskundigen die met quasiperiodieke materialen aan de slag gingen.”

De groep supporters groeide snel, maar nog steeds was er weerstand van twee kanten. De belangrijkste opponent was de International Union of Crystallography (IUCr). Deze organisatie beslist wereldwijd over wat goed en wat fout is in de kristallografie en zij gaat over definities. Shechtman: “Zij accepteerden mijn resultaten en die van mijn collega’s niet. Ons kristallografische bewijs was gemaakt met behulp van elektronenmicroscopie en elektronendiffractie. De IUCr geloofde niet in die techniek, ze wilden bewijs zien dat gemaakt was met röntgendiffractie. Drie jaar lang, tot 1987, kon niemand dat bewijs leveren, omdat je daarvoor een enkel kristal nodig hebt dat zo groot is als een zandkorrel. Onze kristallen waren 1 of 2 micron. Pas tegen het einde van 1987 produceerden onderzoekers in Frankrijk en Japan zulke beelden. Ze stuurden de resultaten naar mij en ik presenteerde ze tijdens een bijeenkomst van de IUCr in Perth, Australië. Toen zeiden ze: ‘ok Danny, nu geloven we wat je zegt, we accepteren je resultaten.’ Ze installeerden een comité dat het begrip kristal moest herdefiniëren, zodat quasiperiodieke kristallen



Bijeenkomst op het National Bureau of Standards in 1985 enkele maanden na de eerste publicatie over de ontdekking van quasikristallen. Danny Shechtman (links) discussieert met collega's over de verrassende atoomstructuur.

er ook onder zouden vallen. Dat betekende een paradigmaverschuiving in de kristallografie. De grondslagen van de kristallografie werden aangepast.”

Linus Pauling

Toch was er nog steeds tegenstand. Tot 1994 kwam die met name van één persoon, tweevoudig Nobelprijswinnaar Linus Pauling. Hij zei: “Danny Shechtman verkoopt onzin. Quasiperiodieke materialen bestaan niet, er bestaan alleen quasiwetenschappers.” Pauling claimde dat de resultaten werden veroorzaakt door periodieke kristallen die *twinning* vertonen, dat wil zeggen dat ze domeinen bevatten met dezelfde structuur, maar een onderling verschillende oriëntatie. Shechtman: “Ik wist vanaf dag één, in april 1982, dat dat niet het geval kon zijn. Op de dag dat ik het ontdekte heb ik die optie getest, maar ik kon daar geen aanwijzing voor vinden. Pauling geloofde me niet en hij stond niet alleen, want hij was de *godfather* en het idool van de American Chemical Society. Dat is een machtige organisatie met honderdduizenden leden. Pauling was een eminente wetenschapper en een van de belangrijkste chemici

van de twintigste eeuw. Maar toen hij stierf in 1994, viel de tegenstand helemaal weg.”

Het gebeurt vaker dat er een lange tijd zit tussen een ontdekking en een toekenning van de Nobelprijs. Soms wacht het Nobelcomité op een bevestiging van een theorie door experimenten, zoals in het geval van Gerard 't Hooft en Tini Veltman. Het is enigszins vreemd dat Shechtman de prijs pas kreeg zeventien jaar nadat alle tegenstand verdween.

Shechtman: “In de tussentijd heb ik vele andere grote prijzen gekregen en iedereen vroeg me steeds waarom ik de Nobelprijs nog niet had. Ik zei altijd: ‘die wordt gegeven aan wetenschappers die het waard zijn. Maar niet alle wetenschappers die het waard zijn krijgen de Nobelprijs’. Ik vel geen oordeel over degenen die beslissen wie de Nobelprijs krijgt. Niemand heeft me verteld waarom ik in 2011 ben uitgekozen en ik heb er ook niet naar gevraagd. Ik respecteer de beslissing en ik waardeer het dat men nu besloten heeft dat de ontdekking van quasiperiodieke materialen de Nobelprijs verdient.”

Het belang van de ontdekking

Op het moment is er veel aandacht voor nieuwe elektronische en magnetische fasen in de vaste stof, zoals Majoranadeeltjes in topologische isolatoren. Is er een kans dat er nieuwe fasen worden aangetroffen in quasi-periodieke materialen?

Shechtman: “De magnetische en elektronische eigenschappen van quasi-periodieke materialen zijn door velen bestudeerd en sommige materialen hebben interessante eigenschappen. Voorzover ik weet is er echter niet iets dergelijks gevonden. Voor quasiperiodieke materialen zijn er op dit moment niet veel toepassingen. Het belang van de ontdekking was met name de paradigmaverandering in de kristallografie. De nieuwe definitie van een kristal door de unie is prachtig want die is eenvoudig en open. Dat geldt ook voor wetenschappers: een goede wetenschapper is bescheiden, bereid om te luisteren en staat open voor nieuwe ontdekkingen.”

De ontdekking van quasiperiodieke materialen had ook een grote uitwerking op de wiskunde. Shechtman: “Wiskunde loopt gewoonlijk lang, soms honderden jaren, voor op natuurwetenschappelijk onderzoek. Een goed voorbeeld zijn de Fibonaccigetallen, die nu zo belangrijk zijn voor quasiperiodieke materialen. Die werden gepubliceerd in de dertiende eeuw door Leonardo van Pisa, ofwel Fibonacci. Maar toen quasiperiodieke materialen ontdekt werden, bleek dat de wiskunde nog veel kon toevoegen op het gebied van quasiperiodiciteit. Wiskundigen waren in vervoering, omdat er iets te vinden was dat onmiddellijk toegepast kon worden. Ze begonnen er meteen aan te werken en ontwikkelden het onderzoeksgebied zeer snel.”

Het is tegenwoordig moeilijk om een scherpe grens te trekken tussen de verschillende disciplines van scheikunde en natuurkunde. Shechtman vindt dat quasiperiodieke materialen daaraan zonder twijfel hebben bijgedragen. “Toen het onderzoeksgebied startte hadden de wiskundigen, natuurkundigen, scheikundigen en materiaalkundigen ieder hun eigen taal. In 1986 kwamen zestig vooraanstaande wetenschappers van quasiperiodieke materialen samen in de internationale school in Les Houches, in de Franse Alpen. Aan het eind van



Danny Shechtman. Foto: Holger Motzkau, Wikipedia/Wikimedia Commons.

die conferentie van een week hadden we geleerd elkaars taal te begrijpen en hadden we een gezamenlijke taal voor quasiperiodieke materialen ontwikkeld. Dat was een prachtige gebeurtenis.”

Faseovergang

Shechtman is nog steeds actief als onderzoeker, maar hij werkt nog maar zelden aan quasiperiodieke materialen. Op dit moment ontwikkelt hij magnesiumlegeringen voor verschillende toepassingen. Hij doceert nog steeds met veel plezier aan het Technion, waar hij een prijs kreeg en werd verkozen tot ‘permanent beste docent’, nadat hij in tien opeenvolgende jaren gekozen was als beste docent van zijn afdeling, Shechtman: “Ik ben een van de negen personen aan het Technion die zich zo mogen noemen. Ik gebruik nu ook de kracht en de mogelijkheden van de Nobelprijs om belangrijke kwesties onder de aandacht te brengen zoals goed onderwijs voor iedereen en tolerantie. Na het winnen van de Nobelprijs vond er een faseovergang plaats in mijn leven. Ik heb

nu een missie en de macht om over de hele wereld mijn boodschappen te verkondigen. Ik probeer technologisch ondernemerschap te promoten, want ik denk dat dat de enige manier is om oplossingen te bieden voor het welzijn van de wereld, of het nu Europa, de Verenigde Staten of ontwikkelende landen in Centraal Azië of Afrika betreft. Ik doceer al 26 jaar technologisch ondernemerschap aan het Technion, omdat ik geloof dat het enorm belangrijk is. In die tijd is Israël een echte startup-natie geworden. Aan de lopende band beginnen we hier met nieuwe startups, maar liefst een kwart van onze afgestudeerden begint een eigen bedrijf. Tienduizend ingenieurs hebben tot nu toe mijn college gevolgd en ze zijn allemaal geïnfecteerd met het virus van ondernemerschap.”

Referenties

- 1 Ted Janssen, *De ontdekking van quasikristallen*, NTVN 77-12, december 2011, 454-456.
- 2 D. Shechtman et al., *Phys. Rev. Lett.* 53, 1951 (1984).