

Nano: een kleine wereld, een groot vakgebied



Florine Meijer

Nano is hot: nanorobots, nanotubes, nanocomputers, nano... In dit jonge vakgebied volgen de ontwikkelingen elkaar razendsnel op. Maar wat is nu precies nano, wat kun je ermee, hoe kun je het bestuderen? Binnenkort verschijnt een nieuwe NLT-module die op deze vragen ingaat. Naast veel natuur- en scheikunde is in de module ook de nodige wiskunde verwerkt.

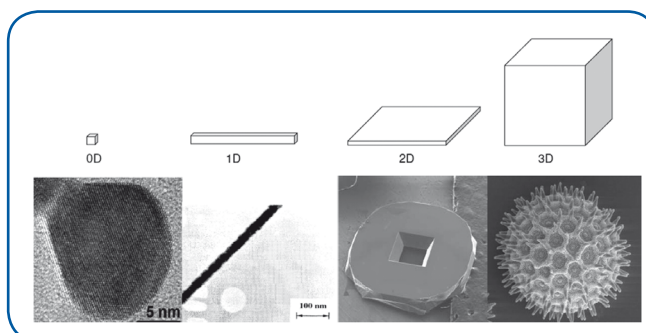
Het Junior College in Utrecht grossiert in NLT-modules. Het is een logisch gevolg van de modulaire aanpak van hun bètaplusprogramma's. Het materiaal dat zij hiervoor ontwikkeld hebben, is een mooie basis voor NLT-materiaal. In de gang hangt een grote kaart van Nederland, die bezaaid is met gekleurde punaises. Elke punaise staat voor de aanvraag van een docentenhandleiding. Het zijn er heel wat bij elkaar. Hun nieuwste NLT-module gaat over de wereld van nanotechnologie. Florine Meijer, onderwijsontwikkelaar bij het JCU, coördineert het ontwikkeltraject. Zij kijkt met ons door een wiskundebril naar het lesmateriaal.

Afmetingen en dimensies

"Wiskunde is niet het eerste waar je bij de module aan denkt", vertelt Meijer, "maar je komt het wel op allerlei plaatsen tegen. Vooral meetkundige principes en logaritmische schalen keren regelmatig terug. Rekenen met grote getallen, het oplossen van een stelsel vergelijkingen, het zit er allemaal in."

De module gaat over nanomaterialen: hoe ze worden gemaakt, hoe ze worden gebruikt en hoe je ze kunt onderzoeken. Om iets van de grootte van nanomateriaal te begrijpen heb je wiskunde nodig. Hoe verhouden de afmetingen van nanodeeltjes zich met de gewone wereld om ons heen? Je hebt een logaritmische schaal nodig om dit in beeld te brengen.

Een structuur is 'nano' als die in één richting een afmeting heeft tussen 1 en 1000 nm. De afmetingen in de andere richtingen kunnen veel groter zijn. De nanowetenschap gebruikt een eigen definitie voor de dimensie van een nanostructuur. De structuur van een deeltje dat in alle richting 'nano' is, wordt OD genoemd en mag je opvatten als een punt. Een nanodraad of nanobuis – in twee richtingen klein en in één richting groot – wordt 1D genoemd. Een nanofilm noem je 2D en voorwerpen die in alle richtingen groter zijn dan 'nano' noem je 3D.



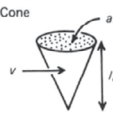
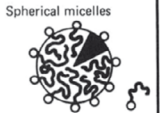



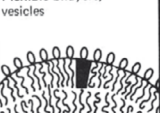
Enkele voorbeelden van nanostructuren en hun dimensionaliteit. Van links naar rechts: OD nanodeeltje van goud (www.chem.umn.edu), 1D nanowire Co/Cu, dikte 30 nm (Liu et al., *Phys. Rev. B*, 1995), 2D nanomembraan van Si₃N₄ (dikte 100 nm, www.2spi.com), 3D stuifmeelkorrel van *Ipomoea Purpurea*, (diameter ca. $1 \cdot 10^5$ nm)

Slimme bouwstenen

De nanowereld komt tot leven als je naar toepassingen kijkt. Bijvoorbeeld voor de opslag van brandstof in waterstofauto's. "Je kunt waterstof veilig meenemen als het zich kan binden aan een metaal zoals magnesium", legt Meijer uit. "Bij het rijden warmt het materiaal wat op en komt het waterstof weer vrij. Om genoeg brandstof te kunnen binden, heb je veel reagerend oppervlak nodig. Als je gewoon een blok magnesium in je tank stopt, is dat oppervlak veel te klein. Met nanodeeltjes kun je een veel groter oppervlak realiseren, zodat er genoeg plaats is waar waterstof en magnesium met elkaar kunnen reageren." De module laat zien hoe inhoud en oppervlakte zich tot elkaar verhouden en wat er met dat oppervlak gebeurt als je bijvoorbeeld een kubus in een aantal kleinere kubussen verdeelt. Je kunt zo uitrekenen hoe fijn je een materiaal moet malen om een bepaald oppervlak per kubieke meter te krijgen. Om dit op nanoschaal te onderzoeken, moet je met grote getallen rekenen. Een oppervlakte van 10 m²/g is heel normaal.

Een bijzonder voorbeeld van de toepassing van nano is het 'vervoer' van medicijnen binnen het lichaam waarbij de werkzame stof 'afgeleverd' wordt bij de te behandelen plaats. Onderzoekers zijn volop bezig met de ontwikkeling van een soort nanomijnen die via de bloedbanen door het lichaam reizen. Zo'n mijn is zo ontworpen dat hij alleen aan specifieke cellen blijft plakken, bijvoorbeeld de cellen van een tumor. Als de mijn daar aankomt, 'ontploft' hij en komt het medicijn dat erin zit vrij. "Door slim gebruik te maken van de bindingen binnen en tussen moleculen bouwen deze nanomijnen zichzelf", licht Meijer toe.

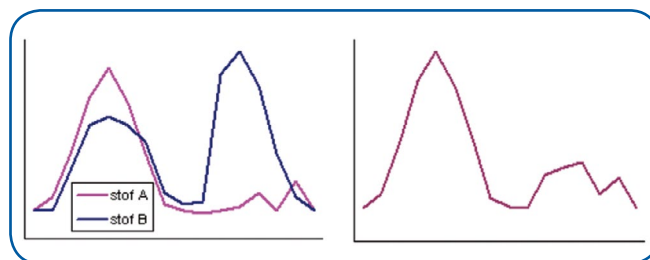
"De vorm van de bouwstenen speelt daarbij een belangrijke rol. Met kegelvormige bouwstenen bouw je een bol, met een afgeplatte kegel kun je een bol maken met een holte waarin je iets kunt vervoeren. Afhankelijk van de vorm van de bouwstenen en de relatieve grootte van de moleculen, krijg je verschillende soorten structuren." Met wiskunde onderzoek je eerst welke vormen bouwstenen je nodig hebt en hoe groot die basisvormen mogen zijn. Voor een nanomijn met een maximale grootte, moeten de bouwstenen een bijpassende maat hebben. Dit is het begin van de speurtocht naar stoffen die als bouw materiaal dienst kunnen doen. De figuur hieronder geeft een aantal voorbeelden.

Lipid	Critical packing parameter $v/a_0 l_c$	Critical packing shape	Structures formed
Single-chained lipids (surfactants) with large head-group areas: <i>SDS in low salt</i>	$< 1/3$	Cone 	Spherical micelles 
Single-chained lipids with small head-group areas: <i>SDS and CTAB in high salt, nonionic lipids</i>	$1/3-1/2$	Truncated cone 	Cylindrical micelles 
Double-chained lipids with large head-group areas, fluid chains: <i>Phosphatidyl choline (lecithin), phosphatidyl serine, phosphatidyl glycerol, phosphatidyl inositol, phosphatidic acid, sphingomyelin, DGDG+, dihexadecyl phosphate, dialkyl dimethyl ammonium salts</i>	$1/2-1$	Truncated cone 	Flexible bilayers, vesicles 

Een aantal scheikundige bouwstenen met hun meetkundige vormen en structuren die ermee worden gebouwd (uit *Intermolecular & Surface Forces*, J.N. Israelachvili, 1992)

Details tot 10^{-10} meter

Hoe bestudeer je wat er op nanoschaal gebeurt? Dat lukt niet met een gewone microscoop. Het kleinste detail dat je daarmee kunt zien is ongeveer 250 nm. Met de ontwikkeling van onderzoekstechnieken zoals elektronenmicroscopie en röntgenmicroscopie werd het mogelijk om nanomaterialen in beeld te brengen. In de module komen beide methoden aan bod. De resolutie van deze technieken gaat tot wel 0,1 nm. Met behulp van röntgenmicroscopie kun je bovendien chemische processen bestuderen terwijl ze plaatsvinden. Met behulp van het röntgenabsorptiespectrum stel je vast welke materialen je ziet.



De absorptiespectra van stof A en B en een mengsel van A en B (uit NLT-module 'Blik op de nanowereld')

"In de module is een matrix opgenomen met daarin de absorptie van een aantal fictieve stoffen en mengsels", vertelt Meijer. "Door een stelsel van vergelijkingen op te lossen kunnen de leerlingen bepalen welke stoffen er in die mengsels aanwezig zijn en in welke concentratie. Deze opdracht kunnen ze ook uitwerken met behulp van Excel."

"Het behandelt een onderwerp dat hot is en actueel."

Scholieren die al met de module werken, vinden het een boeiend onderwerp. "Het behandelt een onderwerp dat hot is en actueel, maar ook buiten de gewone stof om is en een verrijking van je kennis op een schaalgrootte waar je niet vanaf wist wat er gebeurde en hoe het gebeurde", aldus een JCU-leerling. Het lesmateriaal belicht de nanowereld vanuit een aantal verschillende hoeken. Wat bij het doorlopen van de module opvalt, is hoezeer wiskunde verweven is met de onderwerpen die daarbij aan bod komen.

De NLT-module 'Blik op de nanowereld' wordt op dit moment op een aantal scholen getest. Naar verwachting komt de gecertificeerde module in september ter beschikking. Wilt u al eerder informatie over de module dan kunt u daarvoor terecht bij het Junior College in Utrecht: jcu@uu.nl.