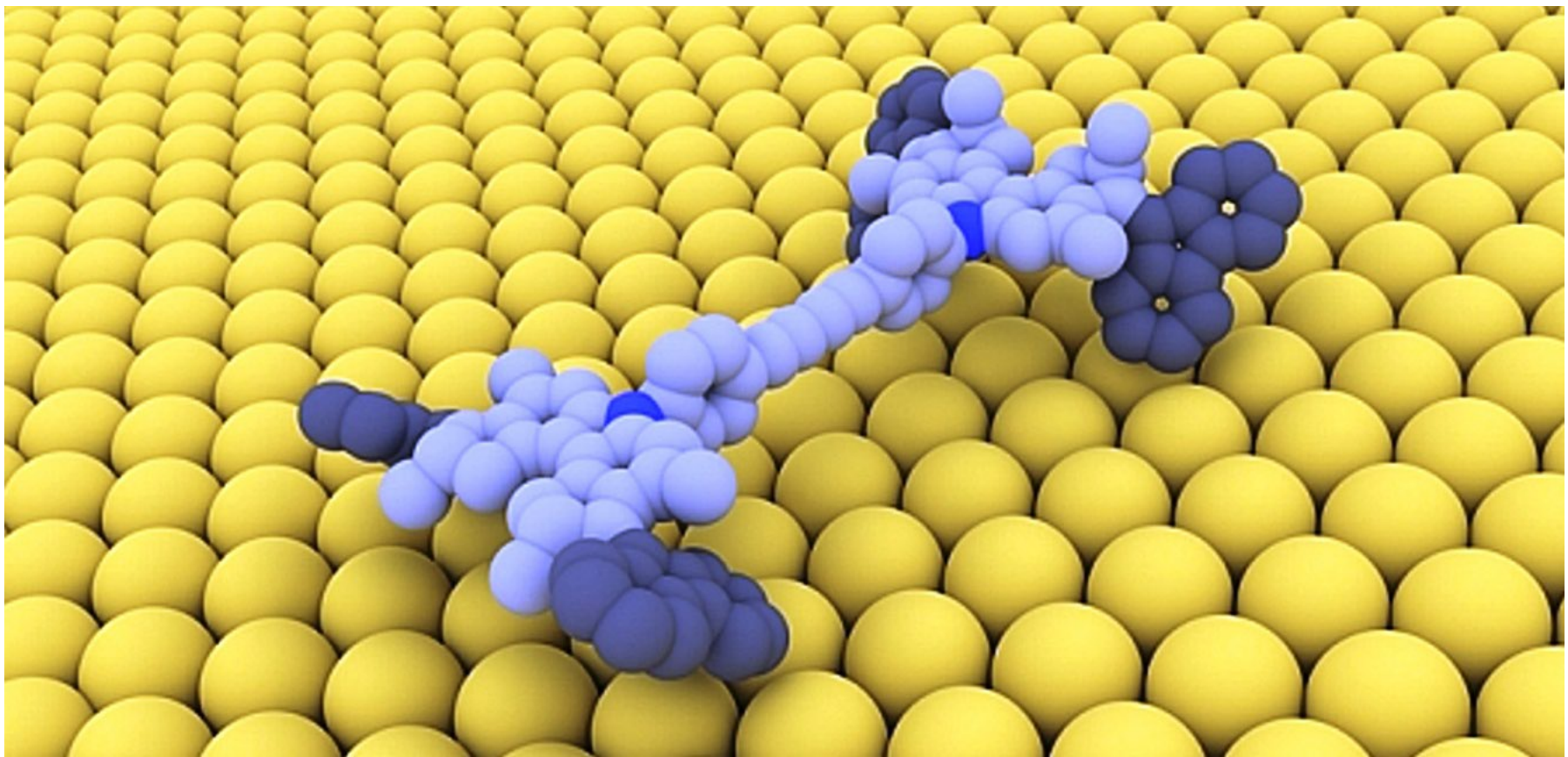


De toekomst begint pas

# Nobelprijs chemie voor vaders van de nanorobot



De nano-auto: voorlopig nog een cabrio. Maar dit blijft geen speelgoed, denkt de Nobelprijsjury: straks rijdt hij door uw aderen. © rr

Als er straks robotjes door uw aderen zoeven en daar cholesterol-aanslag en kankercellen wegzappen, dan is dat dankzij de winnaars van de Nobelprijs scheikunde 2016. **PIETER VAN DOOREN**

‘**W**e zitten nog steeds op het niveau van de gebroeders Wright en hun eerste vliegtuig: dat vloog minder ver dan de vleugel van een jumbo lang is’, zei de Nederlandse chemicus Ben Feringa toen hij vorig jaar de Solvayprijs kreeg uit handen van koningin Mathilde. ‘Maar het terrein ligt nu open, en de perspectieven zijn fantastisch.’

Ware woorden. In december mag hij, deze keer uit handen van de Zweedse koning Karl Gustaf, de Nobelprijs aannemen. Ben Feringa (65) deelt hem met de Fransman Jean-Pierre Sauvage (72) en de Schot Sir Fraser Stoddart (74). Samen legden ze de basis voor machines die duizend keer kleiner zijn dan de dikte van een haar.

De biologie heeft er een paar miljard jaar tijd voor gehad, maar zij kwam met motortjes die de zweepstaart van bacteriën doen draaien, karretjes die op rails in cellen rondrijden, machientjes die schakelaars omleggen of assemblagewerk doen met moleculen, maanlandertjes die op cellen landen, door hun poten zakken en een injectiespuit doorheen de celwand rammen. Om elke scheikundige razend jaloers te maken.

Toen de drie hun eerste stappen naar ‘moleculaire machines’ zetten, kon de scheikunde niet veel meer dan miljarden moleculen tegelijk tegen elkaar op laten knallen, met oncontroleerbare snelheden

en onder willekeurige hoeken, en hopen dat de brokstukken zich af en toe herschikten tot een nieuwe molecule met nieuwe eigenschappen.

## Nanomotor

Feringa begon met een molecule met een dubbele binding, die eventjes openbrak als je er met licht op scheen. De overschietende enkele binding gedroeg zich dan als een as waarrond de atomen aan beide einden konden draaien. Nu nog een van beide helften vastzetten op een ondergrond, en hij had een aanstuurbaar molentje. In 1999 kon hij dat altijd in dezelfde richting laten draaien. ‘Eén keer per uur, nu zitten we aan twaalf miljoen keer per seconde.’

Vier zulke molentjes aan een onderstel, afstellen zodat de wielen niet doorslipten maar evenmin bleven plakken, en hij had een nano-autootje. Het reed voor het eerst in 2011, zes miljardste meter ver. Speelgoed, geeft Feringa zelf toe, maar beloftevol speelgoed. Intussen haalt een duikbootje van 244 atomen, met een Feringa-propeller, twee centimeter per seconde. Dat begint al aardig op die zaprobot te lijken.

Feringa kon voortbouwen op het werk van Sauvage, die er in 1983 in slaagde om twee moleculen, allebei ringen, niet aaneen te lassen met een klassieke chemische binding, maar ze te verbinden als schakels van een ketting. Het eerste catenaan was geboren (*catena* is Latijn voor ketting). De doorbraak van Sauvage was dat hij lichtenergie inzette om zijn moleculen te laten doen wat hij wilde. Al snel volgden steeds ingewikkelder ketens en knopen. In 1994 maakte Fraser Stoddart ‘olympiadaan’, vijf in elkaar hangende ringen. Samen met Sauvage legde hij ook een salomonsknoop, twee ringen die twee keer door elkaar heen passeren.

In 1991 produceerde Fraser Stoddart een neefje van de catenananen, een rotaxaan. Dat was een ring die los omheen een as lag. Waarna Feringa ring en as rond elkaar liet

**De scheikundigen van de Academie hebben een avontuurlijker keuze gemaakt dan hun natuurkundige collega's de dag voordien**

wentelen: de eerste nanomotor. Met een reeks van die motortjes liet hij een glastafje – tienduizend keer zo groot als de motortjes – ronddraaien.

Volgens de Nobelprijsjury zitten die moleculaire motortjes vandaag op het niveau waar de elektrische motor in 1830 zat: een ding dat draaide en verder niets kon. ‘Maar dat heeft intussen geleid tot elektrische treinen, wasmachines, ventilators en keukenrobots.’

## Avontuurlijk

De scheikundigen van de Zweedse Koninklijke Academie voor Wetenschappen hebben een avontuurlijker keuze gemaakt dan hun natuurkundige collega's de dag voordien. Ze bekroonden dan wel werk uit de jaren tachtig en negentig, maar in een gistend terrein dat nog volop in beweging is, en waarin de winnaars nog elk een – naar hen genoemde – onderzoeksgroep leiden. Fraser Stoddart bijvoorbeeld heeft intussen ook een moleculaire lift gebouwd, en een nanospier die op commando krimpt en rekt. Hij heeft ook een moleculair telraam op zijn palmars, voorlopig met een geheugen van 20k.

In 2013 kwam er een machine die aminozuren kan vastgrijpen en aan elkaar klikken tot (minuscule) eiwitten. Dat begint al nuttig te lijken. Net als een antikankermiddel met ingebouwde aan-uit-schakelaar die reageert op blauw licht, centimeters diep in het lichaam. Het kan niet anders of er gaat nog veel meer volgen.

En die zaprobot? Feringa: ‘Geef ons nog dertig-veertig jaar. Je moet hem bestuurbaar maken, er werktuigen, wapens en doelzoekers aanhangen, hem intelligentie en communicatie meegeven. Je moet hem beschermen tegen de aanvallen van het immuunsysteem, en zorgen dat hij zichzelf na gedane arbeid ontmantelt of naar de uitgang begeeft. We komen er wel. En ondertussen is het boeiend.’



Ben Feringa. © rr