

Nanotechnologie: Mag wat kan?

Module voor het middelbaar onderwijs

Docentenhandleiding

M.J. de Vries
Met bijdragen van Wim Sonneveld en Aonne Kerkstra



● Nanotechnologie: Mag wat kan?

Docentenhandleiding

Inhoudsopgave

1. Het doel van de module
2. Toelichting op de inhoud van de hoofdstukken
3. Tijdsplanning
4. Handleiding bij de experimenten van hoofdstuk 2
5. Powerpointpresentatie
6. Achtergrondartikel

● Hoofdstuk 1. Het doel van de module

De maatschappelijke discussie over nanotechnologie

Deze module over nanotechnologie is geschreven in het kader van de maatschappelijke discussie over nanotechnologie. Het Nanopodium speelt daarin een belangrijke rol. Het Nanopodium is een podium voor het uitwisselen van gedachten, meningen, ideeën en suggesties om met elkaar in gesprek te komen over kansen en bedreigingen van nanotechnologie voor individu en samenleving. Nanopodium is een initiatief van de onafhankelijke Commissie Maatschappelijke Dialoog Nanotechnologie. De Commissie Maatschappelijke Dialoog Nanotechnologie is op 31 maart 2009 ingesteld om de maatschappelijke meningsvorming over nanotechnologie te stimuleren. Het debat over nanotechnologie wordt al een aantal jaren gevoerd, maar vooral in kleine kring. De beoogde maatschappelijke dialoog moet antwoord geven op de vraag hoe de samenleving staat ten opzichte van de kansen en risico's van deze technologie en hoe we om moeten gaan met de maatschappelijke en ethische gevolgen van de verschillende toepassingen.

Deze module is bedoeld als een inleiding in de nanotechnologie en de ethische vragen die deze nieuwe technologie oproept. De module is geschreven vanuit een begrippenkader dat ontwikkeld is door de Nederlandse filosoof Herman Dooyeweerd. Dit begrippenkader is later verder uitgewerkt door andere filosofen in de reformatorische wijsbegeerte, zoals Hendrik van Riessen en Egbert Schuurman. De huidige hoogleraren en lectoren Jan Hoogland, Jan van der Stoep, Maarten Verkerk en Marc de Vries (auteur van deze nanomodule) schreven een inleiding in de techniekfilosofie vanuit deze zelfde benadering in het boek *Denken, Ontwerpen, Maken*, dat in 2007 verscheen bij uitgeverij Boom in Amsterdam.

Het is de bedoeling dat de leerlingen kennismaken met nanotechnologie en leren zelf een standpunt te bepalen in de waardering daarvan. Daarvoor worden ook begrippen vanuit de ethiek en het vakgebied van de Technology Assessment aangereikt.

Gebruik van de module

De module is primair bedoeld voor het vak Algemene Natuurwetenschappen (ANW) in die zin dat er geen zwaar beroep gedaan wordt op kennis van de natuurkunde. Er zijn wel enkele betrekkelijk eenvoudige experimenten opgenomen, maar deze kunnen eventueel worden weggelaten. In principe zou de module ook bruikbaar zijn als (niet-gecertificeerde) module voor Natuur, Leven en Technologie (NLT), maar de natuur- en scheikunde is dan wel wat minder nadrukkelijk aanwezig dan in de meeste NLT-modulen. Eventueel is de module ook als keuzemodule te gebruiken bij het vak Filosofie, omdat dit vakgebied nadrukkelijk vertegenwoordigd is in de inhoud.

● Hoofdstuk 2. Toelichting op de inhoud van de hoofdstukken

Hoofdstuk 1

Dit hoofdstuk is een inleiding op het onderwerp. Het bevat tevens de leerdoelen voor de hele module.

Voor de planning is het belangrijk ruim tevoren de (gratis) dvd voor de opdracht van 1.6 aan te vragen bij de Europese Commissie. Het zou aardig zijn enkele nanoprodukten, zoals genoemd in 1.1, aanwezig te hebben. De film staat ook op YouTube (zoeken met trefwoord 'nanotechnology'; het is meestal een van de eerste links die gegeven wordt). Een alternatief is het 15 minuten durende fragment over nanotechnologie in de NOT-serie *Scheikunde voor de 2^e fase*, die op dvd te koop is. Er is ook een programma over nanotechnologie in de serie *Technobits* van de NOT.

De juiste volgorde bij vraag 2 van paragraaf 1.6 is (van klein naar groot): waterstofatoom (3j) – watermolecuul (3d) – DNA-molecuul (3h) – verkoudheidsvirus (3l) – griepvirus (3b) – bacterie (3g) – rood bloedlichaampje (3e) – breedte van menselijke haar (3k) – vlo (3a) – muntstuk (3m) – honkbal (3f) – kind (3c) – vrachtwagen (3i).

Hoofdstuk 2

In dit hoofdstuk zit vooral de natuurkunde van deze module. Het beroep op natuurkundekennis is minimaal gehouden om de module bruikbaar te laten zijn voor het vak Algemene Natuurwetenschappen (ANW). Het is goed alert te zijn op de bekendheid van de begrippen atoom en molecuul bij de leerlingen, omdat die wel een essentiële rol in het verhaal spelen. De beschrijvingen van de experimenten staan in de Bijlage achter in de module.

Bij figuur 4 hoort een grapje. Het bijschrift luidt: "Zoek de zevende dwerg". Met 'zevende' is dan niet bedoeld '7^e', maar 'een zeef hanterende', en dan is het antwoord de dwerg linksboven.

Bij vraag 1 in 2.12: door veel machientjes parallel te laten bouwen is het mogelijk (hoopt men) dat binnen redelijke tijd zeer veel moleculen zijn aaneengezet tot een laptop.

Bij vraag 2 in 2.12: als toepassing van titaniumdioxide wordt wel gedacht aan coatings voor hygiënische verpakkingen van bv. voedsel.

Bij vraag 3 in 2.12: Democritos gebruikte het woord 'atomos' (= ondeelbaar) voor wat hij zich voorstelde als de deeltje waaruit alle materie opgebouwd is. Voor hem was het één soort deeltje; wij weten inmiddels dat er allerlei verschillende atomen bestaan.

Bij vraag 4 in 2.12: a. twee zuurstofatomen; b. drie zuurstofatomen; c. twee waterstofatomen en één zuurstofatoom; d. twee koolstofatomen, vijf waterstofatomen en één zuurstofatoom; e. één zwavelatoom, twee waterstofatomen en vier zuurstofatomen.

Bij opdracht 2.13 horen de volgende antwoordtabellen:

Table 1 Bulk properties of selected elements

name	symbol	atomic number	state at room temperature	colour	melting temp °C	boiling temp °C	classification	other
iron	Fe	26	solid	silver gray	1536	2861	Transition metal	http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Fe-en.htm
gold	Au	79	solid	yellow	1062	2000	Transition metal	http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Au-en.htm
zinc	Zn	30	solid	lustrous bluish-white	420	907	Transition metal	http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Zn-en.htm
carbon	C	12	solid	Depends on which allotrope – diamond, graphite, coal, nanotubes			Non metal	Elemental carbon exists in two well-defined allotropic crystalline forms: diamond and graphite. Other forms with little crystallinity are vegetal carbon and black fume.
	diamond			Reflective	3652	4825	Non metal	http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/C-en.htm
silicon	Si	14	solid	metallic cluster and very brittle.	1410	3265	metalloid	http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Si-en.htm

Table 2 Nanomaterials and their nanoscale properties

Nano Material	Elements in Nano Material	Application	Nanoscale property
Gold nanoparticles	Gold atoms	<p><i>Current</i> Found in products such as paint, inkjet paper, textiles, and cosmetics</p> <p><i>Future</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • For sensitive diagnostic tests and novel treatments such as in the detection of Alzheimer's disease • Nanobullets that heat up and kill cancer cells • In computing/electronics/printing data storage, where gold nanoparticles can be used to increase the speed at which data can be written • Nanogold conductive inks 	<ul style="list-style-type: none"> • Different colours depending size red, blue, green • Semiconductors • More reactive
Ferrofluids-liquid magnets	Iron	<p><i>Current</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Damping speakers, graphic plotters instrument gauges • Inks and money • Seals- gas lasers, motors, blowers, hard drives <p><i>Future</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Biomedical through attaching drugs to magnetic particles • Proposed artificial heart • Retinal repair in place of eye surgery 	<ul style="list-style-type: none"> • Sticks to magnets • Takes on 3-Dimensional shape of a magnetic field • Changes density in proportion to magnetic field strength
Carbon nanotubes	carbon	<p><i>Current</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Extreme strength allows many applications: <ul style="list-style-type: none"> – Reinforcement – Sporting equipment – Electronic nano-circuits <p><i>Future</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tear resistant clothing • Flexible computer displays • Space elevator • Combat armor 	<ul style="list-style-type: none"> • Strength • Enhanced conductivity • Very good thermal conductors, important for electronic nano circuits

Hoofdstuk 3

Hoofdstuk 3 is het eerste filosofiehoofdstuk. Er is gebruik gemaakt van het begrippenkader van de reformatorische wijsbegeerte. De verwijzing naar de christelijke achtergrond van dit kader is beperkt gehouden om de module ook voor niet-christelijke scholen bruikbaar te houden. Het gaat in de module ook vooral om de toepassing van het kader en daarbij is die achtergrond niet essentieel (althans niet voor deze stof). In de powerpointpresentatie is de stof van dit hoofdstuk op een iets andere manier weergegeven zodat die als alternatieve uitleg kan dienen. Het gaat er vooral om dat duidelijk wordt dat de werkelijkheid zowel complex als geordend is.

De opdracht in 3.9 verwijst naar vijf korte filmpjes op internet. Het is goed tevoren te weten dat dit slechts eenvoudige animaties zijn, waarin geen technische of wetenschappelijke inhoud gepresenteerd wordt, maar alleen de vraag op een wat 'grappige' manier wordt geïntroduceerd.

Antwoorden op de vragen van 3.8:

Vraag 1: a. esthetisch effect (mooie huid), b. levensaspect (het heeft een uitwerking op het organisme), c. sociaal aspect (dingen te weten komen over anderen in de samenleving), d. fysisch aspect (energie opwekken).

Vraag 2: ruimtelijk aspect: het is zo klein dat het in je aderen past; levensaspect: het heeft een effect op het organisme waarin het wordt ingebracht; economisch aspect: het zal een dure behandeling zijn; juridisch aspect: er zal wetgeving moeten zijn om te bepalen wat is toegestaan en wat niet; geloofsaspect: het is mogelijk dat mensen sterk zullen geloven in de positieve uitwerking van zo'n behandeling omdat het een vorm van nanotechnologie is.

Vraag 3: a. sociologie; b. natuurkunde/scheikunde; c. biologie; d. wiskunde; e. theologie.

Vraag 4: a. economisch aspect; b. fysisch aspect; c. juridisch aspect; d. logisch aspect; e. ruimtelijk aspect.

Hoofdstuk 4

In hoofdstuk 4 wordt de ethiek (formeel een onderdeel van de filosofie) behandeld. In combinatie met het begrippenkader van hoofdstuk 3 worden de drie hoofdrichtingen in de ethiek (deugden, plichten, gevolgen) kort uitgelegd.

Antwoorden op de vragen van 4.8:

Vraag 1: een gevolgenethisch standpunt.

Vraag 2: een deugdenethisch standpunt.

Vraag 3: een plichtenethisch standpunt.

Vraag 4: deugden: je kunt denken aan de waardigheid van de mens, die je zomaar niet als proefkonijn kunt gebruiken. Plichten: volgens de eed van Hippocrates mag een arts geen handelingen verrichten die schadelijk zijn voor de patiënt. Bij deze experimentele medicijnen kan dat een probleem zijn. Gevolgen: de gevolgen kunnen wel positief zijn maar niet negatief. Vanuit dit standpunt zul je dus al snel instemmen met het experiment. Morele dilemma's: tussen de verschillende overwegingen hierboven, maar ook tussen bijvoorbeeld deugden onderling: waardigheid van de patiënt tegenover het beste met hem/haar voor hebben en dus alles willen doen wat overleven kan bevorderen.

Vraag 5: die speelt in de medische praktijk. Daar gelden allerlei spelregels. Artsen zijn gebonden aan allerlei regels voor wat wel of niet geoorloofd is in de medische praktijk. Bekend is de al genoemde eed van Hippocrates. Dat zijn vooral de regels die bepalen wat een arts wel of niet mag en kan. De tweede soort regels (wat verstandig is en wat niet) bestaat uit allerlei vuistregels die een arts in de loop van zijn praktijk leert. Dat kunnen bijvoorbeeld regels zijn die met voorzichtigheid te maken hebben (hoelang houd ik de behandeling in eigen hand en wanneer stuur ik door naar een ander die meer gespecialiseerd is).

Antwoord bij de opdracht van 4.9: Charles Singer let vooral op de winst van het bedrijf en dat is een gevolgenethiek; Jessica Burton-Peeler zit in een dilemma tussen een deugd (loyaliteit aan echtgenoot en bedrijf) en een gevolg (mogelijke schadelijke gevolgen van nanomachines); Kalpit Patel ziet helemaal geen ethisch probleem (dat noemen we: ethisch nihilisme); Masao Koyanagi zit in een dilemma tussen een gevolg (mogelijke schadelijke gevolgen van nanomachines) en een deugd (oneerlijk gedrag willen voorkomen); en John Royce ten slotte gaat het om het voordeel voor de regering (gevolg). Als Masao consequent redeneert vanuit een gevolgenethisch standpunt (ingegeven door de dood van zijn ouders) zal hij ervoor kiezen om de handel tussen John en Charles aan de grote klok te hangen. Als Jessica redeneert vanuit een deugdenethisch standpunt zal ze de ontwikkeling van de nanomachines niet tegenhouden. Als ze redeneert vanuit een gevolgenethisch standpunt zal ze die wel tegenhouden vanwege de gevaren.

Hoofdstuk 5

Hoofdstuk 5 is waar het in de module uiteindelijk om gaat: het zelf kunnen formuleren van standpunten ten aanzien van nanotechnologie, of onderwerpen daarbinnen. Er wordt gebruik gemaakt van inzichten uit de Technology Assessment (als Nederlandse term wordt wel Technologisch Aspectenonderzoek gebruikt). Dat is een wetenschappelijke discipline die zich bezighoudt met het inschatten van mogelijke gevolgen van nieuwe technologieën, niet alleen technische gevolgen, maar ook economische, sociale en milieugevolgen.

Het slot van het hoofdstuk is het spelen van een spel waarin de deelnemers gezamenlijk standpunten ten aanzien van nanotechnologie afwegen en hun eigen standpunten bepalen. Dit spel vraagt enige voorbereiding omdat de kaarten tevoren afgedrukt moeten zijn. De aanwijzingen hiervoor staan in de moduletekst zelf.

Vraag 2 van 5.6 is een vrij uitgebreide opdracht. Het is in zekere zin de aanloop naar het Decide-spel en kan eventueel worden weggelaten. Als er tijd beschikbaar is, is het wel heel nuttig voor leerlingen om deze benadering te zien.

De scenario-opdracht in 5.6 komt vaak het best tot zijn recht wanneer dit gedaan wordt in samenwerking met het vak Nederlands.

● Hoofdstuk 3. Tijdsplanning

Planning per hoofdstuk

Hoofdstuk 1 kan in 1 les worden afgewerkt, inclusief het bekijken van de dvd in 1.6.

Hoofdstuk 2 bevat enkele experimenten, waarvoor in totaal ongeveer 2 lessen of 1 blokkuur moeten worden gereserveerd. Als de module in zelfstudie gedaan wordt, kunnen deze experimenten achterwege worden gelaten en dan is nog slechts 1 lesuur nodig voor het doornemen van de inhoud en het maken van de opgaven.

Hoofdstuk 3 en 4 samen kunnen in ongeveer 2 à 3 lessen worden gedaan, inclusief de vragen en opdrachten.

Hoofdstuk 5 neemt ongeveer 2 lessen of 1 blokkuur in beslag. Een blokkuur heeft de voorkeur, omdat in de aanwijzingen voor het spel Decide (de opdracht in 5.7) ongeveer 80 minuten als duur staat aanbevolen. Dit spel kan waarschijnlijk wat worden ingekort, als geen blokkuur beschikbaar is. Het is dan wel zaak de tijd goed te bewaken omdat anders de laatste ronde van het spel in de knel komt, en die is belangrijk voor het spel als geheel. Het is lastig het spel over twee losse uren te verdelen.

In deze schatting duurt de gehele module dus ongeveer 7 à 8 lessen.

Onderstaand een planning die gebruikt is bij het gebruik van de proefversie van de module. Hierin wordt gewerkt met portfolio's. Daardoor duurt de module 9 lessen.

Nanotechnologie Titel (hoofdstuknr.)	Les Nr.	Huiswerk voorafgaand aan deze les	Activiteiten in deze les
Inleiding (1)	1		Inleiding m.b.v. dvd Nanotechnologie
Wat is nanotechnologie (2)	2	Bestuderen hoofdstuk 2 Maken opdracht 2.12 en 2.13 (1 en 2)	Opdr. 2.13 Experiment: Goudnanodeeltjes
Aspecten van de nanot. (3)	3	Bestuderen hoofdstuk 3 Maken vragen 3.8	Opdr. 3.9 (als drietal één filmpje analyseren)
De ethiek van de nanot. (4)	4	Bestuderen hoofdstuk 4 Maken vragen 4.8 en opdracht 4.9	Opdrachten bespreken
Jij en de maatschappelijke discussie over nanot. (5)	5	Bestuderen hoofdstuk 5	Uitleg bij aanpassing en bedoeling van vraag 2 uit 5.6. Daarna vragen uitwerken
	6		Scenarioverhaal typen
	7	Vragen uit 5.6 afmaken	Verhalen toekomstscenario voordragen Stemmen op beste scenarioverhaal Introduceren opdracht 5.7
	8		Opdracht 5.7 spelen
	9		Portfolio afronden en inleveren

● Hoofdstuk 4. Handleiding bij de experimenten van hoofdstuk 2

Bron

De onderstaande beschrijvingen zijn overgenomen van het Acces Nano project van de Australische overheid (www.accessnano.org).

Het experiment over de ferrovloeistof

3A: Making Ferrofluid

Introduction

In this activity students will investigate the properties of a magnetic "ferrofluid" which is a colloidal suspensions of magnetic nanoparticles. Ferrofluids are a smart material because they have the capability to sense changes in their environment and respond to the changes in a pre-determined way. Ferrofluids respond to an external magnetic field enabling the solution's location to be controlled through the application of a magnetic field.

Students will synthesise an aqueous ferrofluid (Fe₃O₄ magnetite nanoparticles) by reduction of ferrous and ferric chlorides. In order for the ferrofluid particles to remain small and separated from one another a surfactant (tetramethylammonium hydroxide) is used. Once prepared, ferrofluids have the captivating property of exhibiting "spikes" when placed in the proximity of a strong magnet.

Students then investigate the magnetic properties of the ferrofluid produced by observing its response to a strong magnetic field.

Overall reaction: Magnetite is produced from the reaction of ferrous and ferric chlorides with ammonia as follows;



Safety Precautions: This experiment involves ammonia solution and should be conducted in a fume cupboard.

Source: This experiment was adapted from Breitzer, J and Lisensky, G. [J. Chem. Educ.](https://doi.org/10.1021/ed076p0943), **76**, 943-948 (1999) and <http://mrsec.wisc.edu/Edetc/nanolab/ffexp/index.html>

Aim

To make magnetic nanoparticles (ferrofluid) and to test their properties

Materials and Equipment

- 4 mL of 1M ferric chloride (FeCl₃·6H₂O) in 2M HC
- 1mL of 2M ferrous chloride (FeCl₂·4H₂O) in 2M HCl
- 50mL of 1M aqueous ammonia
- 2mL of aqueous tetramethylammonium hydroxide ((CH₃)₄NOH), TMAH
- Distilled/deionised water
- 2x250mL beaker

- 2x10mL measuring cylinders
- 50mL burette or 50mL separating funnel
- Retort stand and clamp
- Magnetic stirrer and stirrer bar
- Plastic weigh boat
- Stirring rod (glass or disposable)
- Small pipette
- Strong magnet

Method

1. Add 4.0 mL of 1M FeCl_3 and 1.0 mL of 2M FeCl_2 solution to a 100 mL beaker. Add a magnetic stirring bar and begin stirring.
2. Continue stirring throughout the slow addition over a period of 5 minutes of 50 mL of 1.0 M aqueous NH_3 solution. After an initial brown precipitate, a black precipitate will form (magnetite). One way to accomplish a slow addition is to drip the ammonia solution from a buret or separatory funnel or by using a dropper to transfer the solution. CAUTION: Although 1 M NH_3 is fairly dilute, NH_3 is a strong base.
3. Turn off the stirrer and immediately use a strong magnet to work the stir bar up the walls of the beaker. Remove the stir bar with tongs or a gloved hand before it touches the magnet.
4. Let the magnetite settle, then decant (pour off) and discard the clear liquid without losing a substantial amount of solid. You can speed the settling process by putting a magnet under the container.
5. Transfer the solid to a weighing boat with the aid of a few squirts from a wash bottle.
6. Use a strong magnet to attract the ferrofluid to the bottom of the weighing boat. Pour off and discard as much clear liquid as possible. Rinse again with water from a wash bottle and discard the rinse as before. Repeat the rinsing a third time.
7. Add 1-2 mL of 25% tetramethylammonium hydroxide. Gently stir with a glass rod for at least a minute to suspend the solid in the liquid. Use a strong magnet to attract the ferrofluid to the bottom of the weighing boat. Pour off and discard the dark liquid. Move the strong magnet around and again pour off any liquid. If the ferrofluid does not spike, continue to move the strong magnet around, pouring off any liquid

Stock solutions for 50 preparations:

- 2 M HCl (21 mL conc HCl in 250 mL water) for making iron solutions.
- 2.0 M $\text{FeCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4$ in 2 M HCl. (Each student needs 1 mL. Dissolve 19.9 g in 50 mL 2 M HCl. This material dissolves readily but the solution reacts with oxygen and should be freshly prepared.)
- M $\text{FeCl}_3(\text{H}_2\text{O})_6$ in 2 M HCl (Each student needs 4 mL. Dissolve 54.1 g in 200 mL 2 M HCl. This material often dissolves slowly.)
- M NH_3 in water. (Each student needs 50 mL. Dilute at least 200 mL of concentrated ammonium hydroxide with water to 3.0 L.) Open containers of ammonia will smell bad and their concentration will decrease leading to poor results.
- 25% tetramethylammonium hydroxide in water (commercially available from Aldrich, Fisher, etc.). A strong, fishy, amine odour indicates hydrolysis products, which may interfere with the synthesis.
- Plastic weighing boats. Disposable gloves. Stir bars. Strong craft magnets. Cow magnets.
- The iron solutions need to be completely dissolved, well sealed and free of any particles.
- Colour is important! Fe(II) is air sensitive.
- 1 M FeCl_3 in 2 M HCl
- 2 M FeCl_2 in 2 M HCl

Results

Complete a labelled diagram to explain how ferrofluid was made

Refer to <http://mrsec.wisc.edu/Edetc/nanolab/ffexp/index.html> where you will find images and videos of the procedure.

Describe the colour changes you observed when adding the ammonia
It gradually changes from light brown to dark brown to a black precipitate, which is Magnetite.

Discussion

1. Why must the ammonia solution be added slowly?
Drop wise addition allows small nanosized particles of magnetite to form and consequently remain suspended. If the ammonia is added too fast the particles of magnetite formed are large and will precipitate out as big clumps.
2. What is a ferrofluid?
It is a colloidal suspension of magnetic nanoparticles that respond to an external magnetic field. The solution's location is controlled through the application of a magnetic field. Refer to the video on PowerPoint
3. What is a surfactant?
A molecule that has a polar end and a non-polar end.
4. What is the purpose of adding a surfactant to ferrofluids?
To prevent the nanoparticles from approaching one another too closely.

Conclusion

Briefly summarise your findings

Ferro fluid (liquid magnet) was produced by mixing Fe(II) and Fe(III) salts together in a basic solution. A surfactant was used to prevent the nanoparticles from approaching one another too closely. When a strong magnet is placed near the ferrofluid it exhibits the captivating property of "spiking".

Het experiment over de goudnanodeeltjes

3B: Making Gold Nanoparticles

Part 1 – Making Gold Nanoparticles

Introduction

This experiment illustrates the principle idea that properties change at the nanoscale.

Materials and Equipment

- 50 mL of gold hydrogen tetrachloride ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) solution ($2.5 \times 10^{-4}\text{M}$)
- 1mL of 5% sodium citrate solution (needs to be prepared fresh on the same day).
- distilled water
- 1mL pipette

- hot plate and magnetic stirrer
 - conical flask (150mL) and watch glass
 - laser pen
- (Make sure all glassware is clean)**

Method

1. Pour 50 mL of gold hydrogen tetrachloride ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) solution in a 150mL flask
2. Place a magnetic stirrer in the flask and place a watch glass on top of the flask (to ensure that no evaporation occurs – the concentration of the solution must remain constant)
3. Place the flask with the gold solution on the hot plate, adjust the dials to allow the solution to heat (not vigorously)
4. Heat until boiling, turn heat off, and leave the stirrer on.
5. Immediately add 1mL of sodium citrate (continue to stir) leave on hot plate and let cool
6. Observe colour change
From pale yellow to blue/black to red

Results

Observations

Colour of HAuCl_4 solution	Colour of sodium citrate solution	Colour changes during heating	Colour of final solution
pale yellow (very faint)	clear	pale yellow to dark blue to red	red

Discussion

What colour is gold?

- a) in solid form (pure gold) - yellow
- b) in solution ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) - pale yellow
- c) in colloidal form nano gold particles - red

Part 2 – Testing for the presence of gold nanoparticles

Materials and Equipment

- Gold solution ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- red solution of gold nanoparticles
- water
- Laser pen

Method

Shine a laser beam through each of the solutions. The presence of a colloidal suspension can be detected by the reflection of a laser beam from the particles.

Record your observations in the table provided

Results

solution	observation	colloid/solution
Water	No scattering of light	solution
(HAuCl_4) yellow solution	No scattering of light	solution
Gold nanoparticles (red)	Light is scattered , beam of light is observed	Colloid – solid particles are suspended in the solution, these are responsible for scattering the light

Discussion

Which solutions scatter light?

Colloids

Why? (hint explain in terms of particle size)

Colloids are solutions. They can be described as a substance trapped inside another substance. They can be identified by their characteristic scattering of light are unusually nano sized

Research: <http://web.rollins.edu/~tclairson/tech/nano17.html>

- Name two precious metals which are used in stained glass windows
gold and silver
- What colour are they?
Gold is yellow and silver is white
- What size are their nanoparticles?
10 to 100nm
- What is a nanoparticle?
A cluster of atoms between 10 and 100nm in diameter.

Chemical Supplies:

Chloroauric acid ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) –CAS # 27988-77-8 Sigma-Aldrich: prod # 50778- \$80/250mg , allows 50 experiments

Sodium Citrate ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)- Cas# 6132-04-3 Sigma-Aldrich: prod #S1804- \$7/50g, allows 1000 experiments.

Opmerking van een scheikundecollega:

Volgens mij kun je HAuCl_4 (dus de gevraagde stof) ook maken door goud(III)chloride AuCl_3 te mengen met zoutzuur (HCl-oplossing) in de molverhouding 1:1.

In de *Aldrich-catalogus* staat echter onder de naam 'goud(III)chloridetrihydraat' zelfs 'tetrachloorgoud(III)zuur' en dat is precies de stof die je nodig hebt.

AuCl_3 kost volgens de *Aldrich-catalogus* 2009-2010:

99,9% zuiver (trace metals basis) - 1 g 170 euro - 5 g 664 euro

99,99+% (trace metals basis) - 250 mg 60,60 euro - 1 g 173,50 euro

99% (trace metals basis) - 0,5 g 99,90 euro - 5 g 588 euro

Goud(III)chloridetrihydraat:

>99,9% (trace metals basis) - 1 g 89,40 euro - 5 g 357,50 euro

>49,0% Au-basis (ACS reagent) - 1 g 131,50 euro - 5 g 308 euro

Goud(III)hydraat (dus zonder de vermelding tri):

99,999% trace metals basis - 0,5 g 91,40 euro - 5 g 531 euro

ca. 52% Au basis - 1 g 130 euro - 5 g 517 euro

ca. 50% Au basis - 0,25 g 36,70 euro - 1 g - 121 euro - 5 g 499 euro

> 48% Au basis (gekristalliseerd) - 1 g 121 euro - 5 g 484 euro

Goud(III)chlorideoplossing (daar staat echt de formule HAuCl_4 achter!), 30 massaprocent in verdund zoutzuur:

(voorbereiding goudnanodeeltjes):

10 g 133 euro - 50 g 519 euro.

KAuCl_4 (dus het kaliumzout van de bedoelde stof) kost volgens de *Aldrich-catalogus* 2009-2010:

99,95% zuiver - 0,25 g 53,10 euro - 1 g 139 euro

98% zuiver - 1 g 102 euro - 5 g 397 euro

Het lijkt me dat je ionen H^+ (als die nodig zijn) gewoon toe kunt voegen in de vorm van bijvoorbeeld verdund zoutzuur (= HCl-oplossing; de chloride-ionen uit zoutzuur zitten ook al in de kaliumgoudchloride-oplossing). Er zitten al natriumionen in (natriumcitraatoplossing nodig) en dus zullen kaliumionen niet storen, lijkt me.

Je hebt 50 mL 0,00025 M oplossing per proefje nodig, dus 0,0125 mmol, dus 4,72 mg (dat is heel weinig!). Je maakt in de praktijk natuurlijk een oplossing voor een groter aantal groepjes en er blijft altijd oplossing over.

Natriumcitraatdihydraat (dus met 2 kristalwatermoleculen per 'deeltje' natriumcitraat) kost volgens de *Aldrich-catalogus* 2009-2010:

>99,0% zuiver (ACS reagent) - 25 g 21,80 euro - 500 g 31,70 euro

ca. 99% zuiver (moleculaire biologie, capillaire GC) - 100 g 22,70 euro - 500 g 35,30 euro

Je hebt per proef 1 mL 5 massa% nodig, dus 0,05 gram.

Dan de veiligheid:

De kaliumgoudverbinding is 'irritant'.

Goudchloride is corrosief/etsend.

Het experiment over het lotuseffect

3C The lotus effect

Observations

1. The hydrophilic pulp fibres of some of the leaf surfaces exercise adhesive forces on the water, which increase the greater their surface (or the rougher the surface of the paper). For this reason, the drop of water spreads out over the surface to a greater or lesser degree.

In nature, this lotus effect is responsible for the surface of the leaf remaining for the most part clean (even if there are distinct differences in 'cleaning behaviour', which are the result of the different levels of water repellent properties of the surfaces). In this way, the plant preserves its full functional properties for photosynthesis and gas exchange.

2. The hydrophilic clay particles are absorbed by the drop because their adhesion to the leaf surface is lower than the adhesion to the water. Not until the drop is saturated with clay is it no longer able to exercise its cleaning effect. This means that the remaining clay particles will be left on the leaf surface.

3. The water repellent property has been neutralised on the damaged leaves. The drops stick to the leaf surface although their chemical characteristic has not changed. The leaf surfaces are now easily wetted. The micro or nanostructures which are otherwise responsible for the water-repellent effect of the surface in undamaged leaves have been destroyed.

By the way: In the case of living plants, after a while the lotus effect is re-established, i.e. the plant regenerates and repairs the structure of the surface. This is known as self-structuring.

Observations Part 2

Most liquids drip off the surface and are not absorbed into the piece of fabric. Its breathing is not affected as the coating settles on the yarn in the same way as a second skin.

● Hoofdstuk 5. Powerpointpresentatie

Een powerpointpresentatie voor klassikale uitleg

Slide 1



Slide 2



Slide 3



Allemaal 'nano' Nanopodium

- Allemaal 'nano', maar wat is dat?
- Nanoproducten bevatten heel kleine deeltjes: nanodeeltjes
- De techniek waarmee je die producten maakt heet: nanotechnologie
- Niet alleen in de boodschappentas van Tessa, maar ook in het nieuws
- Nanotechnologie roept vragen op in de maatschappij: is het allemaal verantwoord?

Slide 4



Leerdoelen (1) Nanopodium

- Aan het eind van deze module kun je uitleggen:
 - Wat nanotechnologie is
 - Welke toepassingsgebieden er zijn voor nanotechnologie
 - Welke aspecten een rol spelen in de ontwikkeling van nanotechnologie
 - Wat voor soorten ethische vragen er gesteld worden bij nanotechnologie
 - Welke ethische zoekrichtingen naar antwoorden op die vragen er zijn
 - Welke actoren in de maatschappelijke discussie meedoen en wat hun rol is
 - Hoe je met behulp van scenario's de discussie kunt ondersteunen

Slide 5



Leerdoelen (2) Nanopodium

- Aan het eind van deze module kun je:
 - een eenvoudig experiment met nanodeeltjes uitvoeren
 - voor een voorbeeld van nanotechnologie een analyse maken van de aspecten die een rol spelen bij dat voorbeeld
 - een ethische redenering opstellen voor een ethisch probleem met betrekking tot nanotechnologie
 - een eenvoudig scenario opstellen voor mogelijke gevolgen van nanotechnologie
 - jezelf een mening vormen over de wenselijke richting van de ontwikkeling van een bepaalde nanotechnologie

Slide 6



2. Wat is nano-technologie? Nanopodium

- Het Griekse woord 'nanos' betekent: dwerg
- 1 nanometer = 0,000.000.001 meter = een miljardste meter = de afmeting van atomen
- Atomen zijn de bouwstenen van de materie
- Nanotechnologie is de technologie van kleine deeltjes en structuren

Slide 7



Oud nieuws?

Nanopodium

- De middeleeuwers gebruikten al nanodeeltjes (goud) in hun glas-in-loodramen
 - Verschil met nu: zij kenden nog geen atomen, wij wel



Slide 8



Atomen zien

Nanopodium

- Maar hoe kun je iets van atomen bouwen als je ze niet kunt zien?
- Dus: eerst zorgen dat je ze kunt zien
- Oplossing: de Scanning Tunneling Microscoop



Slide 9



Atomen verplaatsen Nanopodium

- Met hetzelfde apparaat kun je ook atomen verplaatsen: oppakken en neerleggen waar je wilt



Slide 10



Nieuwe samenwerking Nanopodium

- Nanotechnologie is een samenwerking van:
 - Natuurkundigen (atomen en kleine moleculen)
 - Scheikundigen (anorganische en organische moleculen)
 - Biologen (grote organische moleculen zoals DNA)
 - Ingenieurs (maken van nanostructuren)

Slide 11

 Toepassings- **Nanopodium**
gebieden (1)

- Materialen
 - Nanodeeltjes en nanobuisjes zorgen voor speciale eigenschappen zoals
 - Water- en vuilafstotend
 - Sterk en licht
 - Slijtvrij
 - Elektronica
 - Kleinere en snellere IC's
 - IC = Integrated Circuit = 'chip' (zoals in je mobieltje)
 - Displays met speciale eigenschappen
 - Buigbaar, aanpasbaar

Slide 12

 Toepassings- **Nanopodium**
gebieden (2)

- Geneeskunde en voeding
 - Kleine machines ('nanobots') die in je lichaam reparaties kunnen uitvoeren
 - Medicijnen met een nanolaagje dat alleen daar uit elkaar valt waar de zieke cellen zijn
 - Een chip waarmee je bloedanalyses kunt uitvoeren met zeer kleine hoeveelheden bloed ('lab-on-chip')
 - Aansluiten van zenuwen op computers en andere apparaten

Slide 13



Eigenschappen Nanopodium verklaren

- Eigenschappen van nanoproducten kun je verklaren door te kijken naar wat de nanodeeltjes doen
 - Voorbeeld: het lotuseffect kun je verklaren door te bedenken dat de nanolaag van atomen op het oppervlak net zo werkt als de haartjes op een plantenblad





Slide 14



Twee voorbeelden Nanopodium

- Platte bacteriën: bacteriën kunnen door heel kleine poriën kruipen en worden dan heel plat
- Onverwachte verschijnselen in nanostructuren
 - Toepassing: quantum cascade lasers voor onderzoek op de Zuidpool




Slide 15



3. Aspecten van Nanopodium nanotechnologie

- Een beetje filosofie
 - Je kunt de dingen om je heen op verschillende manieren bekijken
 - Elk van die manieren heeft geleid tot een bepaalde wetenschap
 - Je kunt niet de ene wetenschap herleiden tot de andere
 - Bijvoorbeeld: het denken van mensen wordt alleen bepaald door de moleculen in hun hersenen en dus is psychologie uiteindelijk te herleiden tot natuurkunde

Slide 16



Aspecten en Nanopodium wetenschappen

- Dingen zijn telbaar -> algebra
- Dingen nemen ruimte in -> meetkunde
- Dingen bewegen en reageren -> natuurkunde
- Dingen leven of komen in aanraking met leven -> biologie
- Dieren en mensen nemen waar -> psychologie
- Mensen redeneren -> logica
- Mensen ontwikkelen dingen -> geschiedwetenschappen
- Mensen leven en werken samen -> sociologie
- Mensen kennen waarde aan dingen toe -> economie
- Mensen maken wetten en regels -> rechtswetenschappen
- Mensen vinden dingen mooi of lelijk -> esthetica
- Mensen vinden iets goed of slecht -> ethiek
- Mensen geloven in iets of iemand of iemand -> theologie

Slide 17

 **De functies van Nanopodium nanoprodukten**

- Functie: waar het voor bedoeld is
- Nanotandpasta
 - Heeft een chemische werking -> chemische functie
 - Bescherm je tanden -> biologische functie
 - Kost geld en levert geld op -> economische functie
 - Maakt tanden mooi -> esthetische functie
 - Voldoet aan bepaalde wetgeving -> juridische functie
 - Wekt vertrouwen -> geloofsfunctie

Slide 18

 **Vragen bij nano- Nanopodium technologie (1)**

- Getalsaspect:
 - Veel nanodeeltjes nodig om iets te bouwen
- Ruimtelijk aspect
 - Nanodeeltjes zijn erg klein
- Fysisch/chemisch aspect
 - Nanodeeltjes gedragen zich soms vreemd
- Levensaspect
 - Nanodeeltjes kunnen in levende organismen komen
- Waarnemingsaspect
 - Nanodeeltjes zijn niet met het oog te zien
- Logisch aspect
 - Nanodeeltjes zorgen voor redeneerproblemen
 - Weefsels bouwen: wanneer levend of niet-levend?
 - Mens of machine: waar is de grens

Slide 19

 Vragen bij nano- 
technologie (2)

- Ontwikkelingsaspect
 - Ontwikkeling vraagt samenwerking van wetenschappen
- Sociale aspect
 - Wie heeft er toegang tot nanotechnologie en wie niet?
- Economische aspect
 - Onderzoek is erg duur (en verdienen we dat weer terug?)
- Juridische aspect
 - Het is lastig wetten te maken voor een techniek die nog zo in ontwikkeling is
- Ethische aspect
 - Nanotechnologie roept nu al morele vragen op
- Geloofsaspect
 - Veel mensen geloven in grote gevolgen van nanotechnologie

Slide 20

 Orde en 
regelmaat

- Er is niet alleen verscheidenheid van aspecten maar binnen elk aspect ook orde en regelmaat
 - natuurwetten
 - maar ook economische wetten, sociale wetten, juridische wetten, enz.

Slide 21

 **Lastig en handig** Nanopodium

- De vele aspecten zijn
 - Lastig: je moet als ontwikkelaar en als gebruiker aan veel dingen denken
 - Handig: je hebt veel mogelijkheden om het goed te krijgen

Slide 22

 **4. Ethiek van** Nanopodium nanotechnologie

- Ethiek: de wetenschap van de morele vragen: wat is goed en wat is slecht/kwaad
- Elk aspect roept morele vragen op bij nanotechnologie

Slide 23



Vragen bij nano- **Nanopodium** technologie (1)

- **Getalsaspect**
 - Weet je of je al die nanomachientjes in de hand kunt houden?
- **Ruimtelijk aspect**
 - Mag je nanomachientjes verstoppen (spionage)?
- **Fysisch/chemisch aspect**
 - Is het verantwoord nanoprodukten te maken als je hun gedrag nog niet eens helemaal begrijpt?
- **Levensaspect**
 - Kunnen nanodeeltjes levende wezens kwaad doen?
- **Waarnemingsaspect**
 - Zijn de plaatjes van nanodeeltjes misleidend?
- **Logische aspect**
 - Mag je de grens tussen levend en niet-levend uitwissen?
 - Mag je de grens tussen mens en machine uitwissen?

Slide 24



Vragen bij nano- **Nanopodium** technologie (2)

- **Ontwikkelingsaspect**
 - Is nanotechnologie zo nieuw dat er een nieuwe ethiek moet komen of is het meer van hetzelfde?
- **Sociale aspect**
 - Is een sociale scheiding toelaatbaar?
- **Economische aspect**
 - Zet geld niet een te hoge druk op nanotechnologie?
- **Juridische aspect**
 - Kun je met wetgeving alle misbruik voorkomen?
- **Ethische aspect**
 - Mag wat kan?
- **Geloofsaspect**
 - Is er niet te veel en te blind vertrouwen in nanotechnologie?

Slide 25



Ethische richtingen Nanopodium

- Deugden
 - Focus op de (goede) mens die handelt: wat zou die doen?
- Plichten
 - Focus op de handeling zelf: wat je moet doen, moet je doen
- Gevolgen
 - Focus op de gevolgen van de handeling: wat levert de gunstigste gevolgen op voor zo veel mogelijk mensen en de minste nadelen voor zo weinig mogelijk mensen?

Slide 26



Ver-antwoord-elijk Nanopodium

- Verantwoordelijkheid
 - Verantwoording kunnen afleggen = antwoord kunnen geven (aan God, aan mensen)
 - Letten op deugden, plichten en gevolgen

Slide 27



Morele dilemma's Nanopodium

- Conflict tussen
 - De ene deugd en de andere
 - Een deugd en een plicht
 - Een plicht en de gevolgen
 - Een positief gevolg en een negatief gevolg
 - Enzovoorts, enzovoorts, enzovoorts

- Je morele richting bepaalt hoe je uit het dilemma komt

Slide 28



Praktijken Nanopodium

- Een praktijk is een geheel van activiteiten die door een groep mensen worden verricht
- Er zijn verschillende praktijken
 - De medische praktijk (artsen, verpleegsters)
 - De technische praktijk (ingenieurs, bedrijven)
 - De sportpraktijk (voetballers, trainers)
 - Enzovoorts
- Elke praktijk heeft zijn eigen 'spelregels'
- Voor elke praktijk is een eigen ethiek nodig

Slide 29



Voorbeeld uit de Nanopodium nanotechnologie

- Met nanotechnologie is het mogelijk om bloed heel uitgebreid te analyseren met heel kleine hoeveelheden. Er zijn chips waar als het ware een compleet laboratorium op zit. Dat heet dan ook: lab-on-chip. Daarmee kun je op grote schaal bij mensen onderzoek doen naar alle mogelijke risico's op toekomstige ziekten. Je kunt nagaan wat de kans is dat iemand kanker krijgt, of hart- en vaatziekten. Dat klinkt heel mooi, maar de gevolgen zijn wel dat je al patiënt bent voordat zich een ziekte geopenbaard heeft. Het lijkt wel weer zo'n grensoverschrijding. Je bent niet meer of ziek, of gezond, maar altijd potentieel ziek (dat wil zeggen: je kunt ziek worden). Stel dat er uit komt dat je een groot risico loopt om kanker te krijgen, wat moet je dan met die kennis? Kun je daar verder mee leven? Een andere vraag is of die kennis niet misbruikt kan worden. Stel dat het ziekenhuis aan jouw verzekering gaat doorgeven welke kansen op ziekten jij loopt en de verzekering gaat je meer laten betalen omdat je een grote kans op kanker loopt, is dat dan eerlijk? Misschien zal die ziekte zich wel nooit openbaren en dan heb jij toch altijd meer premie betaald. Is dat terecht? Maar de verzekering zal zeggen dat zij toch het risico droeg dat jij inderdaad ziek zou worden. Hoe moet je met dat dilemma omgaan?


Slide 30



5. De discussie Nanopodium

- In de maatschappelijke discussie over nanotechnologie doen veel actoren mee
 - Onderzoekers
 - Bedrijven
 - Overheden
 - Belangengroepen
 - Overigen, jij bijvoorbeeld



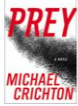
Slide 31




Science fiction

Nanopodium

- In science fiction films en boeken worden ethische problemen wat 'uitvergroot' om ze bespreekbaar te maken
 - Michael Flynn: boek Nanochronicles
 - Michael Crichton: boek Prooi (Prey)
 - Film Fantastic Voyage

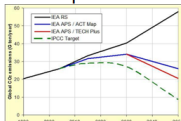
Slide 32



Scenario's

Nanopodium

- Scenario's zijn uitgebreide schetsen van mogelijke toekomsten
- Doel: betere keuzen maken (welke toekomst is wenselijk?)
- Hulpmiddel: computermodellen



● Hoofdstuk 6. Achtergrondartikel

Artikel over nanotechnologie in het blad *Filosofie*

Nanotechnologie als casus voor een reformatorische techniekfilosofie

Marc J. de Vries

Technische Universiteit Delft

Als er één ding is dat ingenieurs in de afgelopen decennia geleerd hebben, dan is het wel dat de ontwikkeling van techniek een complexe aangelegenheid is. Er zijn tijden geweest waarin dat niet zo opviel. In de 60'er en 70'er jaren van de vorige eeuw hoefden ingenieurs zich bij de ontwikkeling van producten niet zo te bekommeren om klantwensen, wetgeving, politiek beleid, ethische kwesties en dergelijke niet-technische zaken. De markt absorbeerde immers alles, maatschappelijke discussie over de plaats van techniek in de samenleving was er nog nauwelijks, en economisch groeiden de bomen tot in de hemel. Dat is allemaal anders geworden. Ingenieurs hebben te maken met een verscheidenheid van randvoorwaarden, waarvan een deel technisch van aard is en een deel maatschappelijk. Het vinden van één ontwerp dat aan al die randvoorwaarden voldoet, is voorwaar geen gemakkelijke taak. Sterker nog, het identificeren van de randvoorwaarden alleen al is een uitdaging op zichzelf. Het in kaart brengen van de volle complexiteit van technologische ontwikkelingen is een essentiële stap in het ingenieurswerk geworden. Dat in kaart brengen is des te moeilijker naarmate er meer onbekendheden en onzekerheden aan de te ontwikkelen technologie vastzitten.

Nanotechnologie is bij uitstek een technologie-in-ontwikkeling, waarbij nog zeer veel onbekend en onzeker is. Het is te begrijpen dat deze technologie de aandacht van enkele techniekfilosofiegroepen heeft getrokken (onder meer die van de universiteit van South Carolina¹, maar ook van de technische universiteiten in Delft en Eindhoven). Voor een deel is nanotechnologie al realiteit. Nanotechnologie is het werken met materie op nanoschaal, d.w.z. op de schaal van individuele atomen en moleculen. In zekere zin gebeurt dat als er op een oppervlak een coating wordt aangebracht met een dikte van slechts enkele atomen. Daarom wordt aan zo'n technologie vaak de term 'nanotechnologie' verbonden. Een voorbeeld is het aanbrengen van zeer dunne coatings op zonnebrillen. Er zijn ook vormen van nanotechnologie in laboratoriumfase, waarbij zich al redelijk helder aftekent hoe de toepassingen eruit zullen zien. Zo is men in staat op laboratoriumschaal textiel te maken waar vlekken niet op blijven zitten vanwege de eigenschappen van het oppervlak. Bij de ontwikkeling van deze technieken spelen weliswaar al heel wat randvoorwaarden, technische en maatschappelijke, maar met de onzekerheden valt het relatief nog mee. Er zijn echter nanotechnologie-experts die zeer grote verwachtingen uitspreken over nanotechnologie. Het gaat dan meestal om de moleculaire nanotechnologie, waarbij individuele atomen naar believen aan elkaar gezet worden zodat de op die wijze opgebouwde structuur precies de gewenste eigenschappen krijgt. Omdat het erg lang zou duren voordat het atoom voor atoom opbouwen een macroscopische structuur oplevert, denkt men dat deze moleculaire technologie alleen mogelijk is wanneer men gebruik maakt van een tussenstap: zogenoemde 'replicators' die zichzelf kunnen vermenigvuldigen én bouwen aan de macrostructuur. Dat kunstje is van de

natuur afgekeken: ribosomen doen in wezen hetzelfde. Rondom deze vorm van nanotechnologie is veel onzekerheid. Sommigen doen het af als onrealistisch. Anderen nemen het serieus en wijzen erop dat deze technologie enorme gevolgen zou kunnen hebben. Niet alleen zouden er zeer veel problemen mee opgelost kunnen worden, waarbij men vooral denkt aan toepassingen in de geneeskunde, maar ook is nog volstrekt onduidelijk wat de neveneffecten zouden kunnen zijn. De auteur van het bekende en verfilmde boek *Jurassic Park*, Michael Crichton, schreef al een roman, *Prey*ⁱⁱ, waarin een wolk van nanodeeltjes ontsnapt en buiten het laboratorium leert om prooien te vangen. Natuurlijk, het is maar een roman, maar de serieuze ondertoon is duidelijk aanwezig. Vanwege de vele vragen rondom de moleculaire nanotechnologie is het vervolg van dit artikel op die vorm van nanotechnologie toegespitst.

Het in kaart brengen van de complexiteit van technologie is dus bij nanotechnologie zeer relevant. Een analytisch instrumentarium om dit te bewerken kan hierbij behulpzaam zijn. Bij voorkeur zou zo'n analyse moeten plaatsvinden in een fase waarin er nog wezenlijke beslissingen ten aanzien van die technologie kunnen plaatsvinden. In de afgelopen decennia zijn zulke analyses wel gemaakt, maar vaak in een fase waarin de bewegingsruimte om de technologie aan te passen nog maar gering waren. In de filosofie van de Nederlander Herman Dooyeweerd vinden we zo'n analytisch instrumentarium. Dooyeweerd is een van de grondleggers van de zogenoemde reformatoische wijsbegeerte. Dat is een vorm van wijsbegeerte die geïnspireerd wordt door de Bijbel en door de traditie die voortgekomen is uit de kerkhervorming in de 16^e eeuw, met voormannen als Maarten Luther en Johannes Calvijn. Dooyeweerds visie op de werkelijkheid is dat deze bestaat uit een verscheidenheid van aspecten, die niet tot elkaar te reduceren zijnⁱⁱⁱ. Zulke reductiepogingen zijn er in de loop van de tijd vele geweest. Fysicalisme en materialisme hebben de werkelijkheid willen terugbrengen tot het fysische aspect. Anderen hebben de werkelijkheid willen reduceren tot het psychische aspect, wanneer ze beweerden dat de werkelijkheid slechts in onze geest bestaat. Dooyeweerd meende echter dat zulke reducties geen recht doen aan de werkelijkheid die door God is geschapen als een intrinsiek complexe werkelijkheid. In zijn sporen hebben de reformatoische techniekfilosofen Van Riessen^{iv} en Schuurman laten zien welke ontsprongen het gevolg kunnen zijn van reductiepogingen, die geen recht doen aan de complexiteit van de werkelijkheid. In de techniek wordt bijvoorbeeld nogal eens gereduceerd tot het economische aspect, alsof alles uiteindelijk een kwestie van geld is. Dooyeweerd heeft de complexiteit van de werkelijkheid uiteengelegd in termen van vijftien aspecten of zijnswijzen (zie de Tabel). Er is volgens Dooyeweerd een volgorde in deze aspecten. In de reeks veronderstelt elk volgend aspect het bestaan van het vorige. Zo kunnen we bijvoorbeeld niet spreken over het ruimtelijke aspect zonder het getalsaspect (immers zonder 1, 2, 3 enzovoorts geen 1-dimensionaal, 2-dimensionaal, 3-dimensionaal enzovoorts). Voor de hogere aspecten is die volgordelijkheid minder gemakkelijk in te zien dan bij de lagere, en er is over de precieze volgorde dan ook al heel wat discussie geweest. In dit artikel blijft die discussie buiten beschouwing, omdat die volgorde in onze beschouwing van de complexiteit van nanotechnologie ook buiten beschouwing blijft. Elk ding, ook een nanoartefact (d.w.z. een door nanotechnologie voortgebracht artefact), heeft een bestaanswijze in al die vijftien aspecten, hetzij als subject (zelf handelend), hetzij als object. Een tweede onderdeel van Dooyeweerds visie op de werkelijkheid is dat zij geordend is. Dat weerspiegelt zich in wetmatigheden, die per aspect verschillen (hoewel er ook overeenkomsten kunnen zijn: in veel aspecten vinden we bijvoorbeeld wel een vorm van een behoudswet). De randvoorwaarden die voortvloeien uit de verscheidenheid van werkelijkheidsaspecten zijn af te leiden uit die wetmatigheden.

De benadering van Dooyeweerd vertoont gelijkenis met enkele andere benaderingen. Zo kan men de vijftien bestaanswijzen, toegepast op het bestaan van artefacten, zien als een nadere uitwerking van de twee bestaanswijzen (de fysieke en de functionele) die worden onderscheiden in het "Dual Nature of Technical Artefacts" onderzoeksprogramma, dat onlangs aan de Technische Universiteit in Delft werd afgerond. Immers, ook in Dooyeweerds aspecten is een onderscheid tussen intentionele en niet-intentionele aspecten waar te nemen. Om als subject in de lagere aspecten te kunnen fungeren (bijvoorbeeld: om een aantal onderdelen te hebben, of om energie om te zetten) is geen intentionaliteit nodig. Om als subject in de hogere aspecten te fungeren is wel intentionaliteit nodig (bijvoorbeeld: om te kunnen kopen of verkopen, of om ethisch te kunnen oordelen). Op eenzelfde manier zou men Dooyeweerds benadering kunnen zien als een uitwerking van Andries Sarlemijns STeMPJE benadering, waarin deze onderscheidt in natuurwetenschappelijke, technische, markt-, politieke, juridische en esthetische factoren^V. De lagere aspecten zijn dan de uitwerkingen van de natuurwetenschappelijke en technische factoren. Bij de hogere aspecten herkennen we direct de namen van enkele van Sarlemijns factoren.

Nu naar de nanotechnologie. Door één voor één de aspecten langs te lopen, zien we de volle complexiteit van die technologie zich onvouwen. Elk van de aspecten blijkt namelijk voor bepaalde problemen te stellen. Het eerste aspect is het getsaspect. Dit aspect is problematisch wanneer we bedenken welke enorme aantallen atomen aan elkaar verbonden moeten worden om macrostructuren te krijgen. Het ruimtelijke aspect heeft aan de nanotechnologie zijn naam verleend. Het manipuleren met atomen op nanoschaal is niet eenvoudig, niet het minst omdat we op die schaal met kwantumeffecten te maken hebben. Zo zijn plaats en snelheid van de deeltjes niet tegelijk nauwkeurig vast te stellen. Zowel het ruimtelijke als het kinematische aspect zijn in dat opzicht problematisch. Dat geldt ook voor het fysische aspect. Wat het biotische aspect betreft, moeten we bedenken dat nanodeeltjes en nanostructuren in aanraking kunnen komen met levende wezens. Het is nog maar de vraag welke gevolgen dat kan hebben. Nu al wordt in diverse publicaties gewezen op het gevaar van een asbestachtig effect van nanodeeltjes.

Nu het analytische aspect. Dat betreft het onderscheiden. Er zijn rondom nanotechnologie ten minste twee interessante filosofische problemen ten aanzien van onderscheiden. Het eerste speelt zich af op het grensvlak van het fysische en het biotische aspect. Volgens sommigen zou nanotechnologie weleens een grensvervaging tussen levende en dode materie kunnen betekenen. Immers, men verwacht levend weefsel helemaal 'bottom up', atoom voor atoom, te kunnen opbouwen, en dan zal mogelijk op een gegeven moment niet meer duidelijk zijn of er al sprake is van leven of nog niet. Het volgende aspect is het psychische, en dat betreft (bewuste) waarneming. Directe waarneming van atomen is uitgesloten en daarom worden de atomen altijd op een bepaalde manier gerepresenteerd op basis van meetgegevens. Het is filosofisch interessant om te zien welke beelden van atomen daarmee opgeroepen worden. Aan de Universiteit van South Carolina in de Verenigde Staten is een filosofiegroep die zich onder meer met die vraag bezighoudt. Een tweede geval van grensvervaging tussen twee aspecten vinden we bij het historische en het symbolische aspect. Het symbolische aspect betreft hier de wetenschappelijke analyse van nanoartefacten; het historische aspect betreft de ontwikkelingsgang ervan. Anders gezegd: het ene betreft 'nanoscience', het andere 'nanotechnology'. De grens tussen die twee is bij nanotechnologie moeilijk te trekken. Wanneer en hoe vindt precies functietoeschrijving aan een nanoartefact plaats wanneer het

onderzoek naar de eigenschappen van dat artefact nog volop gaande is? Filosofisch is dat interessant. Er zijn in het verleden allerlei discussies gevoerd over de verschillende aard van wetenschap en techniek. Nanotechnologie kon weleens een nieuwe input voor die discussie geven. Het is immers niet zo duidelijk waar nanoscience ophoudt en nanotechnology begint. Bij het historische of ontwikkelingsaspect is een interessant onderwerp voor filosofische reflectie hoe nanotechnologische ontwikkelingen plaatsvinden terwijl er nog allerlei kennis over nanoverschijnselen en over mogelijke eigenschappen van nanoartefacten ontbreekt.

Bij de volgende vijf aspecten hebben de problemen vooral te maken met de onzekerheden over mogelijke gevolgen van nanotechnologie. Bij het sociale aspect zijn dat de nog onbekende gevolgen van nanotechnologie. Mogelijk zal er een kloof ontstaan tussen hen die wel en hen die geen toegang hebben tot nanotechnologische producten^{vi}. Bij het economische aspect is er het probleem voor bedrijven dat de onzekerheid ten aanzien van het succes van nanotechnologie een barrière voor investeringen kan betekenen, maar evenzeer kan niet investeren een gemiste kans betekenen. Bij het esthetische aspect is het kernwoord: harmonie. De onzekerheid is hier of nanotechnologisch vervaardigde producten harmonisch zullen samengaan met op traditionele wijze vervaardigde producten. Dit probleem werd door Langdon Winner naar voren gebracht in zijn getuigenis voor het 'House of representatives' in de Verenigde Staten^{vii}. Juridisch is er het probleem dat het moeilijk is om wetgeving te ontwerpen ten aanzien van een nog grotendeels onbekende technologie, terwijl wetgeving weinig effect meer zal sorteren als die pas uitgevaardigd wordt wanneer de technologie zijn plaats in de maatschappij al heeft ingenomen. Beschouwing van het ethische aspect laat zien dat ook hier problemen liggen, omdat een ethisch oordeel over nanotechnologie in dit vroege stadium niet goed mogelijk is. Duidelijk is wel dat hier ethische dilemma's zullen komen. Tegenover de voordelen van zeer kleine apparaatjes zullen vragen rond privacy komen te staan: hoever mogen we gaan in het laten binnendringen van zulke kleine apparaatjes (bijvoorbeeld zeer kleine camera's) in het lichaam en leven van mensen? Ten slotte is er het pistische aspect. Dat betreft het geloof in nanotechnologie. In publicaties van o.m. Eric Drexler wordt een sterk geloof in deze technologie uitgesproken^{viii}. Dikwijls fungeert zo'n geloof als een drijvende kracht achter de ontwikkelingen. Welke bezwaren vanuit de andere aspecten ook worden aangedragen, het sterke geloof in een technologie heeft al vaak mensen ertoe gebracht om toch door te gaan. Hier spelen ook vragen naar de motieven achter deze ontwikkelingen. Worden mensen gedreven door motieven van macht en beheersing (ook daar kunnen we in geloven) of door motieven van dienstbaarheid en liefde (bijvoorbeeld vanuit het geloof in God).

Het zal duidelijk zijn dat de bovenstaande analyse meer vragen oproept dan ze beantwoordt. Dat is echter ook een functie van filosofische reflecties: helpen om de relevante vragen te stellen. Het analytische instrumentarium van Dooyeweerd biedt ook middelen om in de complexiteit vervolgens orde te scheppen. Zo kent hij bijvoorbeeld het begrip 'kwalificerende functie', waarin uitgedrukt wordt wat de primaire functie van een artefact is. Voor een munt is die gelegen in het economische aspect, voor een kerk in het pistische. Ook bij de ontwikkeling van nanoartefacten kan de vraag naar de kwalificerende functie richting geven aan de ontwikkeling en helpen om prioriteiten te stellen in het complexe geheel van vragen die voortvloeien uit de verschillende aspecten. In ieder geval wijst Dooyeweerd de weg van reductionisme, in welke vorm ook, af als oplossing om met de complexiteit van de werkelijkheid om te gaan. Wij moeten recht doen aan die complexiteit en haar niet wegdreneren. Dooyeweerd zegt dat op grond van zijn overtuiging dat God de

werkelijkheid zo gewild heeft en dat wij dat hebben te eerbiedigen. Anderen zullen tot dezelfde afwijzing van reductionisme komen op basis van andere metafysische overtuigingen. Hier opent zich een mogelijkheid tot dialoog tussen de reformatorische wijsbegeerte en andere filosofische benaderingen. Dat geldt ook voor Dooyeweerds overtuiging dat de werkelijkheid een geordend karakter draagt. Voor hem heeft dat alles te maken met de betrouwbaarheid van de Schepper van deze werkelijkheid, die Zelf ook niet de ene keer zus en de andere keer zo is. Het zal duidelijk zijn dat ook hier de mogelijkheid bestaat dat men vanuit een ander metafysisch vertrekpunt op dezelfde overtuiging over de wetmatigheid van de werkelijkheid uitkomt.

Het voert te ver om in dit kader alle begrippen uit de filosofie van Dooyeweerd te bespreken in hun potentie om in de filosofische beschouwing van nanotechnologie nieuwe inzichten te openen. Dit artikel laat zien dat de toepassing van Dooyeweerds aspectenleer een rijke agenda voor verder filosofisch onderzoek naar nanotechnologie oplevert. Er is in de toekomst voor techniekfilosofen, ook reformatorische, nog volop werk te doen.

Dit artikel is een schriftelijke weergave van een inleiding, gehouden in mei 2004 op de jaarlijkse ledenvergadering van de Stichting voor Reformatorische Wijsbegeerte.

De auteur is bijzonder hoogleraar Reformatorische Wijsbegeerte aan de Technische Universiteit Delft en universitair docent aan de Technische Universiteit Eindhoven.

Tabel. De werkelijkheidsaspecten volgens Dooyeweerd

Aspect	Zin-kern	Voorbeeld van toepassing op (nano)artefacten
1. Aritmetische	discrete kwantiteit	Artefact heeft aantal onderdelen
2. Ruimtelijke	continue uitgebreidheid	Artefact neemt bepaalde ruimte in
3. Kinematische	beweging	Artefact kan (voort)bewegen
4. Fysische	oorzaak-gevolg	Artefact kan energie omzetten
5. Biotische	leven	Artefact is deel van leefwereld
6. Psychische	bewustzijn	Artefact kan worden waargenomen
7. Analytische	onderscheiding	Artefact kan worden onderscheiden
8. Historische	ontwikkelingsvermogen	Artefact is ontwikkeld
9. Linguïstische	symbolische betekenis	Artefact kan naam gegeven worden
10. Sociale	omgang	Artefact fungeert in samenleving
11. Economische	waardenafwegend beheer	Artefact kan gekocht worden
12. Esthetische	harmonie	Artefact kan mooi gevonden worden
13. Juridische	verging	Artefact kan object van wetgeving zijn
14. Ethische	liefde	Artefact kan ethisch beoordeeld worden
15. Pistische	geloof	Artefact kan object van geloof zijn

^{i.} Zie www.cla.sc.edu/cpes/nirt/nirt200112/nirt.html.

^{ii.} Michael Crichton, *Prey*, London, HarperCollins, 2002.

^{iii.} Een goede inleiding in zijn denken is te vinden in René van Woudenberg, *Gelovend denken*, Amsterdam: Buijten & Schipperheijn, 2004².

^{iv.} Zie Hans Haaksma (m.m.v. Ad Vlot en Paul Cliteur), *Van Riessen, filosoof van de techniek*, Budel: Damon, 1999.

^{v.} Sarlemijn, A., "Designs are cultural alloys. STeMPJE in design methodology", in: Vries, M.J. de, Cross, N. and Grant, D.P. (red.), *Design Methodology and Relationships with Science*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 1993.

^{vi.} Roco, M.C. and Bainbridge (red.), *Societal implications of nanoscience and nanotechnology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002.

^{vii.} Zie www.rpi.edu/~winner/testimony.htm.

^{viii.} Zie in het bijzonder zijn boek *Engines of Creation*, te vinden op internet: http://e-drexler.com/p/06/00/EOC_Cover.html.