



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Assembling anisotropic colloidal building blocks

Meester, V.

Citation

Meester, V. (2018, June 7). *Assembling anisotropic colloidal building blocks*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/62808>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/62808>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/62808> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Meester, V.

Title: Assembling anisotropic colloidal building blocks

Issue Date: 2018-06-07

Samenvatting

In de *Samenvatting voor Iedereen* leg ik aan een breed publiek uit wat ik heb onderzocht in de afgelopen vier jaar, hoe ik dat gedaan heb en waarom het belangrijk is. Wetenschap doe je nooit alleen dus met 'ik' refereer ik ook aan mijn begeleider, collega's en de studenten die hebben bijgedragen aan het werk gepresenteerd in deze thesis. Eerst zal ik een korte introductie geven van het vakgebied gevolgd door een specifieke uitleg van het onderzoek dat ik heb verricht. Als laatste vat ik deze thesis op creatieve manier samen in een enkele illustratie.

Mijn promotie-onderzoek was gericht op het bestuderen van het 'gedrag' van micron-grootte deeltjes, zogenaamde colloïden. Ter vergelijking: colloïden zijn 100-10000 keer kleiner dan de dikte van een haar, waardoor ze niet met het blote oog te zien zijn. Om colloïden zichtbaar te maken gebruiken wij apparaten zoals een lichtmicroscop of een elektronenmicroscop. Andere eigenschappen van deze deeltjes zoals de elektrische lading en de visco-elasticiteit (bijvoorbeeld de gel-achtigheid) van een vloeistof met colloïden, kunnen we meten met analytische meetmethoden zoals dynamische lichtverstrooiing en rheometrie.

Als wetenschappers kijken naar het 'gedrag' van materialen of deeltjes dan bestuderen ze de chemische en fysische eigenschappen van een stof. Wat voor vorm heeft het deeltje? Wat voor dichtheid? Grootte? Wat voor moleculen zitten er aan de buitenkant van het deeltje? En hoe reageert het deeltje op zijn omgeving? Welke interactie hebben zij met elkaar en kunnen we dit gebruiken om andere structuren te bouwen? Al deze antwoorden zijn nodig om te begrijpen waarom een systeem zich op een bepaalde manier 'gedraagt'.

En waarom doen we onderzoek naar colloïden? Zonder dat u het wellicht weet komt u colloïden overal in uw dagelijks leven tegen. U eet of drinkt ze op, smeert ze op uw gezicht of haar in cremes, of smeert ze op de muur als verf. De colloïden bepalen voor een groot deel de eigenschappen van een product. Het zijn de vet-colloïden in melk die de melk wit maken, de colloïden in je dagcreme die de creme smearbaar maken en de colloïden in je tandpasta die zorgen dat je tandpasta pas uit de tube loopt als je er druk op uitoefent. Colloïden zijn dus cruciale componenten in zogenoemde 'zachte materialen'.

Inzicht in en het begrijpen van de eigenschappen van colloïden is nodig om nieuwe materialen te ontwikkelen die bijvoorbeeld veel druk aankunnen of juist erg zacht zijn. Ook wordt er binnen de wetenschap gezocht naar 'slimme' materialen; materialen die reageren en anticiperen op hun omgeving. Een voorbeeld is een materiaal dat uitzet bij temperatuursverhoging. Een capsule van dit materiaal zou dan op commando open en dicht kunnen gaan, waardoor het een medicijn lokaal zou kunnen toedienen in het lichaam. Om deze materialen te kunnen maken is allereerst fundamentele kennis nodig over mogelijke bouwstenen. Met mijn promotie-onderzoek heb ik een klein steentje bijgedragen aan het wetenschappelijke bouwwerk van deze fundamentele kennis.

De titel van mijn thesis '**Assembling Anisotropic Colloidal Building Blocks**' verraaft al een beetje hoe ik mijn steentje heb bijgedragen. Zoals uitgelegd kunnen colloïden bouwstenen zijn voor grotere materialen en structuren, dit zijn dus de '**Colloidal Building Blocks**'. Deze bouwstenen kunnen verschillende vormen hebben en alles wat niet bolvorming, isotroop, is noemen we '**Anisotropic**'. De colloïdale bouwstenen kunnen we samenvoegen, assembleren, tot ze gezamenlijk grotere structuren vormen. Daar komt de term '**Assembling**' vandaan.

In **Hoofdstuk 2** heb ik colloïdale bouwstenen gemaakt van verschillende vormen en met verschillende type ruwheid op de buitenkant van de deeltjes. Het maken van moleculen of colloïden wordt in de wetenschap *synthese* genoemd. De vorm van de deeltjes kon veranderd worden door het volume in bollen te veranderen tijdens de synthese. Door bollen eerst groter te maken, te zwellen, en vervolgens de inhoud van de bol te verkleinen klapte de schil naar binnen waardoor er 1 of meerdere deuken zichtbaar werden. Dit is te vergelijken met een lekke voetbal. De ruwheid van de deeltjes werd gecontroleerd door een extra chemische stof, hydroquinone, toe te voegen tijdens de synthese. Zonder hydroquinone ontstaan er nanodeeltjes die op de grote bollen gaan zitten en de bollen een ruw uiterlijk geven. Met hydroquinone wordt de vorming van deze kleine deeltjes voorkomen en krijg je dus gladde bollen. Deze ruwheid kunnen we gebruiken om andere eigenschappen te geven aan zachte materialen. Een creme met gladde deeltjes is bijvoorbeeld beter smeerbaar dan een creme met ruwe deeltjes.

In **Hoofdstuk 3** presenteer ik een nieuwe methode, de *Colloidal Recycling method*, om simpele bollen te assembleren tot clusters met complexe vormen. De clusters zijn anisotroop in vorm en de exacte vorm hangt af van de hoeveelheid bollen in het cluster. Deze complexe clusters worden gemaakt in twee stappen. In de eerste stap worden losse bollen attractief, plakkerig, gemaakt waardoor ze aan elkaar plakken als ze tegen elkaar aan botsen. De bollen vormden zo willekeurige clusterstructuren. In een tweede stap wordt een extra vloeistof toegevoegd die als druppeltjes tussen de bollen gaat zitten en als een smeerolie fungeert. De bollen

in een cluster kunnen nu over elkaar heen bewegen en herschikken wat leidde tot compacte clustervormen omdat de kleine druppeltjes samenvoegden tot 1 grote druppel. Een deel van de oorspronkelijke bollen steekt uit deze druppel naar buiten wat patches worden genoemd: Delen van een deeltje die attractief kunnen worden gemaakt. Deze structuren worden daarom *patchy particles* genoemd. De Colloidal Recycling method onderscheidt zich van andere methodes, doordat grote hoeveelheden deeltjes kunnen worden gemaakt en het type colloïden en type druppeltjes sterk varieerbaar is. Hierdoor kan een grote diversiteit aan complexe patchy particles worden gerealiseerd. De patchy particles zijn op hun buurt ook weer interessant als bouwstenen voor nog grotere structuren.

In **Hoofdstuk 4** ga ik dieper in op de *Colloidal Recycling method* en onderzoek ik wat voor effect de kleine druppeltjes tussen de bollen hebben op de vorm van de bollen en hoe de bollen herschikken. Druppels willen het liefste bolvormig zijn, omdat dan het contact-oppervlak van de druppel met de buitenwereld zo klein mogelijk is. Aan de andere kant hebben de bollen een voorkeur voor een andere vorm van het druppeltje omdat de colloïden de druppel willen verspreiden over hun oppervlak. Om een balans te vinden zien we dat de krachten van de druppel, de capillaire krachten, zo sterk zijn dat ze bepaalde bollen kunnen vervormen. Hele zachte bollen worden zo sterk vervormd dat de bollen in de clusters samenvloeien tot 1 grotere bol. Hardere bollen vervormen minder waardoor de originele bollen een cluster blijven vormen. We kunnen dus de zachtheid van de bollen gebruiken om de vorm van het uiteindelijke cluster aan te passen.

In **Hoofdstuk 5** gebruik ik de kennis uit hoofdstuk 3 en 4 om nog complexere patchy particles te vormen. Dit werd bereikt door de Colloidal Recycling method toe te passen op mengsels van bollen met verschillende grootte en zachtheid. Het combineren van zachte en harde bollen leverde unieke clustervormen op. De zachte bollen vervormden door de capillaire krachten die de druppeltjes op de bollen uitoefenden, terwijl de harde bollen niet vervormden. De clustervormen die ontstaan door het combineren van deeltjes van verschillende grootte hangt af van de ratio tussen de bollen. Bollen van 1.06 micrometer en 0.23 micrometer, een grootte ratio van 4.6, vormen structuren waarbij de grote bollen de geometrie bepalen en de kleine bollen gezamenlijk een soort jasje vormen over de grotere bollen. Dit jasje introduceert ruwheid aan het cluster wat extra mogelijkheden biedt voor de assemblage van deze deeltjes.

In **Hoofdstuk 6** heb ik bestudeerd hoe sterk repulsieve colloïden ordenen aan een grensvlak tussen water en olie. Vergelijkbaar met zeepmoleculen binden colloïden aan olie-water grensvlakken. Hier vormen de deeltjes geordende patronen, zogenoemde *colloïdale kristallen*. Bollen worden vaak omringd door 6 andere bollen en vormen zo een hexagonaal patroon. Dit hexagonale patroon hebben wij

met opzet verstoord door langwerpige anisotrope deeltjes, dumbbells, toe te voegen aan het kristal. De *kristaldefecten* die ontstonden uit deze verstoring waren afhankelijk van de lengte van de dumbbells. Als de concentratie deeltjes aan het grensvlak hoog was konden de dumbbells niet meer bewegen, de translationele en rotationele beweging was beperkt, en dit gaf ons de mogelijkheid om ook de orientatie van de dumbbells te bestuderen welke af bleek te hangen van de lengte van de dumbbell. De dumbbells kunnen gebruikt worden om de eigenschappen van colloïdale kristallen, zoals de mechanische sterkte, aan te passen aangezien deze beïnvloedt worden door kristal defecten. De resultaten geven ook meer inzicht in defectvorming door anisotrope deeltjes, wat ook voorkomt in biologische systemen zoals virus capsides.

Als laatste, een creatieve eetbare illustratie van mijn promotie onderzoek:

PhD-onderzoek geïllustreerd met taart
door Vera Meester

Colloidal Recycling method
- De make-over van clusters in patchy particles

Wetenschappelijke data
Colloïdale clusters + organische druppeltjes → Patchy particles

Wetenschappelijke data
Hydroquinone als anti-puist creme
- Controleerbare oppervlakte ruwheid en vorm

Wetenschappelijke data
Concentratie hydroquinone

Kneedbare bollen
- Zachte bollen vervormd door capillary krachten

Wetenschappelijke data
Hardheid bollen
Vervormbaarheid door capillaire krachten

Wetenschappelijke data
Lachende colloïden :-)
omdat wetenschap leuk is!
- Inklappen van schillen onder druk

Wetenschappelijke data
Langwerpige indringers!
- Hoe verstoren anisotrope deeltjes een crystal aan een vloeibaar grensvlak?

Wetenschappelijke data
Colloïden aan een olie-water grensvlak

Gebaseerd op wetenschappelijke resultaten verkregen tijdens mijn PhD-onderzoek in de Soft Matter Physics groep van Dr. Daniela Kraft