



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Swimming modes & interactions of anisotropic active colloids

Riedel, S.M.I.

Citation

Riedel, S. M. I. (2026, July 10). *Swimming modes & interactions of anisotropic active colloids*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4307858>

Version: Publisher's Version

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

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4307858>

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

Samenvatting

Deze samenvatting is bedoeld voor een algemeen publiek en veronderstelt geen wetenschappelijke voorkennis. Lezers die geïnteresseerd zijn in een meer gedetailleerde wetenschappelijke context en beschrijving worden verwezen naar de introductie van dit proefschrift in Hoofdstuk 1.

Dit proefschrift (getiteld: *Swimming Modes & Interactions of Anisotropic Active Colloids*) presenteert nieuwe inzichten in hoe gebogen microscopische deeltjes bewegen en met elkaar interageren. Deze deeltjes behoren tot een klasse van colloïdale systemen die bekendstaan als microzwemmers: microscopische objecten die zichzelf door een vloeistof kunnen voortbewegen door energie uit hun omgeving om te zetten in beweging.

Ons onderzoek is gemotiveerd door de observatie dat veel zichzelf voortbewegende microscopische organismen in de natuur – zoals bacteriën, zaadcellen en bepaalde algen – niet bolvormig zijn (anisotroop). In plaats daarvan hebben ze vaak langwerpige of gebogen vormen, die een belangrijke rol spelen in hoe ze zwemmen en hoe ze met elkaar en met hun omgeving interageren.

Een voorbeeld is de malariaparasiet, waarvan het beweeglijke stadium een karakteristieke halvemaanvorm heeft. Deze vorm speelt een belangrijke rol in hoe de parasiet zich tijdens een infectie door weefsels van de gastheer beweegt. Geïnspireerd door deze morfologie richt dit proefschrift zich op de fabricatie en studie van kunstmatige microzwemmers met een vergelijkbare gebogen, halvemaanachtige vorm.

Experimenteel werden deze deeltjes geproduceerd met behulp van 3D-microprinten met hoge resolutie. Zelfvoortstuwung werd vervolgens bereikt via lokale energieomzetting: een katalytische reactie op het oppervlak van het deeltje creëert chemische gradiënten in de omringende vloeistof. Deze gradiënten zorgen ervoor dat het deeltje naar voren wordt gedreven en autonoom kan zwemmen.

In **Hoofdstuk 2** laten we zien dat microzwemmers in de vorm van gebogen staafjes

al bij veel lagere deeltjesdichtheden clusters beginnen te vormen dan bolvormige deeltjes. We onderzoeken een volledig spectrum aan vormen, van rechte staafjes tot gebogen staafjes en ronde deeltjes. Onze analyse wijst erop dat clustervorming wordt bepaald door een balans tussen de kans dat deeltjes als het ware in elkaar “vergrendelen” en de stabiliteit van de clusters die vervolgens ontstaan. Van alle onderzochte vormen blijken halvemaaanvormige deeltjes (180°) het meest efficiënt in het vormen van clusters.

Daarnaast rapporteren we voor het eerst dat halvemaaanvormige deeltjes bij hogere brandstofconcentraties hun zwemrichting kunnen omkeren. Dit onverwachte gedrag vermindert hun vermogen om stabiele clusters te vormen aanzienlijk.

In **Hoofdstuk 3** onderzoeken we waarom de deeltjes hun zwemrichting omkeren wanneer de brandstofconcentratie toeneemt. We zien dat dit gedrag optreedt bij verschillende verwante deeltjesvormen – waaronder schijven, donuts en halvemaaanvormen – en bovendien bij anisotrope zwemmers met verschillende materiaalsamenstellingen en groottes. Deze verschillen verschuiven voornamelijk de concentratie waterstofperoxide waarbij de omkering plaatsvindt. Onze resultaten laten zien dat de zwemrichting wordt bepaald door een spel tussen de vorm van het deeltje en veranderingen in de oppervlakte-eigenschappen die optreden wanneer de pH van de oplossing verandert. Met onze experimentele resultaten bevestigen we direct voorspellingen die eerder alleen op computersimulaties waren gebaseerd.

In **Hoofdstuk 4** bestuderen we opnieuw interacties tussen niet-bolvormige microzwemmers, ditmaal met de nadruk op zogenoemde “slot-en-sleutel”-interacties tussen twee zichzelf voortbewegende deeltjes: een halvemaaanvormig deeltje (het “slot”) en verschillende soorten partnerdeeltjes (de “sleutels”). In dit clusteringproces kunnen twee deeltjes een paar vormen wanneer ze samenkomen, maar dat paar kan ook weer uit elkaar vallen. Door dit voortdurende vormen en verbreken beschrijven we het proces met behulp van een concept uit de chemie dat bekendstaat als een chemisch evenwicht. Om dit gedrag te kwantificeren vergelijken we hoe vaak paren ontstaan met hoe vaak ze weer uit elkaar gaan, en vatten we deze balans samen in één constante. Onze resultaten laten zien dat de vorm van het sleutel-deeltje een sterke invloed heeft op de totale slot-en-sleutel-clustering en daarmee inzicht geeft in de stabiliteit van individuele paren. Het kunnen sturen van de tijd voordat een paar weer uit elkaar valt is belangrijk voor systemen die uit meerdere soorten deeltjes bestaan. In zulke systemen kunnen deeltjes soms aan de verkeerde partner binden, waardoor mechanismen die foutieve paren laten uiteenvallen – vergelijkbaar met foutcorrectie – essentieel zijn.

Samenvattend laat dit werk zien hoe de vorm van anisotrope microzwemmers hun beweging, interacties en neiging tot clustervorming beïnvloedt, zowel met deeltjes van dezelfde als van een andere vorm, op microscopische schaal.