



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Active Matter in a Critical State
From passive building blocks to
active molecules, engines and active droplets

Falko Schmidt
Institutionen för fysik
Naturvetenskapliga fakulteten

Akademisk avhandling för filosofie doktorsexamen i fysik, som med tillstånd från Naturvetenskapliga fakulteten kommer att offentligt försvaras den 15 januari 2021 kl. 9.00 i PJ lecture hall, Institutionen för fysik, Origovägen 6B, Göteborg.

ISBN: 978-91-8009-134-3



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Sammanfattning

Rörelsen av mikroskopiska föremål påverkas starkt av deras omgivande miljö. I vilande vätskor reduceras rörelse till slumpmässiga fluktuationer som kallas Brownsk rörelse. Ändå har mikroorganismer kunnat utveckla mekanismer för att generera aktiv rörelse. Detta har inspirerat forskare att förstå och reproducera artificiellt aktiv rörelse. Numera, har området för aktiv materia, utvecklats i ett tvärvetenskapligt område, med forskare som utvecklar artificiella mikrosvimmare, producerar miniatyriserade versioner av värmemotorer och visar att individuella kolloider självmonteras i större mikrostrukturer.

Denna avhandling utnyttjar utvecklingen av artificiella mikroskopiska och nanoskopiska system och visar att passiva byggblock som kolloider förvandlas till aktiva molekyler, motorer och aktiva droppar som visar en rik uppsättning av rörelser. Detta uppnås genom att kombinera optisk manipulation med en fassetparerande miljö bestående av en kritisk binär blandning. Först visar jag hur enkla absorberande partiklar transformeras till snabbt roterande mikromotorer med optisk pincett, och hur detta princip kan skalas ner till nanoskopiska partiklar. Övergång sedan från singel partiklar till självmonterade modulära svimmare, kolloidala molekyler uppvisar mångfaldig beteenden som framdrivning, omloppsrotation och snurrning, och vars bildningsprocess kan jag kontrollera genom periodisk illuminering. Att bättre karakterisera molekylers dynamik, introducerar jag en maskininlärningsalgoritm för att avgöra avvikande exponent av banor och för att identifiera förändringar i banans beteende. För att förstå beteendet hos större mikrostrukturer undersöker jag sedan interaktionen mellan kolloidala molekyler och deras fassetparerande miljö, samt observerar en tvåfaldig inkoppling mellan de inducerade vätskedropparna och deras fördjupade kolloider. Med hjälp av simuleringar får jag en bättre fysisk bild och kan vidare analysera molekylernas och dropparnas framväxt och tillväxtdynamik. Slutligen visar jag att fluktuationsinducerade krafter kan lösa strömbegränsningar i mikrofabricering på grund av stiktion, och möjliggör en vidareutveckling av området mot mindre och mer stabila nanostrukturer som krävs för nuvarande adaptiva funktionella material. Insikterna fått från denna forskning markerar vägen mot en ny generation av designprinciper, t ex för konstruktion av flexibla mikromotorer, inställbara mikromembran och läkemedelsleverans i vårdapplikationer.

Nyckelord: aktiv substans, icke-jämvikt, självmontering, mikrosvimmare, nanomotorer, optiska pincett, kolloidala molekyler, aktiva droppar, kritisk Casimir-krafter