

Torens van vloeistof

Het is een bekend effect uit koffiereclames: als een druppel koffie het vloeistofoppervlak in een kopje raakt, ontstaat voor korte tijd een torentje van koffie, soms zelfs met een erboven zwevende druppel. Een team van onderzoekers uit Amsterdam, Delft en Parijs werpt nieuw licht op dit complexe verschijnsel.



Afbeelding 1. Torens van vloeistof. Afbeelding: Freepik.

Het effect waarbij een opspattende ‘jet’ wordt gevormd, doet zich overigens niet alleen in koffie voor. Hetzelfde verschijnsel zie je bijvoorbeeld ook als een regendruppel in een vijver valt. Als je in plaats van koffie een melkdruppel in een kopje koffie laat vallen, zie je nog een ander interessant verschijnsel: de toren van vloeistof zal grotendeels wit zijn. Dat wil zeggen: het is niet de koffie die opspat, het is de melk die als het ware ‘terugkaatst’.

Meer dan zwaartekracht

Cees van Rijn, eerste auteur van de nieuwe publicatie, legt uit: “Een grove verklaring voor het vormen van jets is al lange tijd bekend. Zodra een druppel het vloeistofoppervlak raakt, ontstaat daar een tijdelijke ‘krater’. Als de vloeistof is teruggestroomd naar het midden van die krater, is ‘omhoog’ nog de enige uitweg, en zo ontstaat de jet.”

Ondanks meer dan een eeuw van onderzoek waren de precieze details van het proces echter nog altijd onbekend. Zo was het nog een groot raadsel hoe de snelheid waarmee de jet omhoog beweegt, precies varieert. Toen de onderzoekers met behulp van laserlicht en snelle camera’s verschillende vloeistoffen onderzochten, ontdekten ze dat direct na de vorming de opwaartse snelheid in de jets enorm snel afnam. Van Rijn: “Je zou verwachten dat de belangrijkste remmende factor de zwaartekracht is die de vloeistof weer naar beneden trekt. We namen echter waar dat direct na de vorming de afremming vijf tot zelfs twintig keer sterker was dan alleen aan de hand van de zwaartekracht kon worden verklaard.”

Een model opstellen

De onderzoekers vermoedden dat de belangrijkste factor in het extreme vertragingproces de oppervlaktespanning van de vloeistof was – dezelfde spanning die bijvoorbeeld een zeepbel bij elkaar houdt. De buitenste laag van vloeistof rond het torentje gedraagt zich net als zo’n zeepbel, en de kromming van het oppervlak dwingt de jet om af te remmen en uiteindelijk weer in te storten – veel sneller dan je zou verwachten op basis van de zwaartekracht alleen. Van Rijn voegt toe: “Het effect is het sterkst als de jet net ontstaan is. Als de vloeistof eenmaal haar hoogste punt heeft bereikt is alles alweer vrijwel normaal: de vloeistof valt terug met hooguit twee keer de versnelling die de zwaartekracht veroorzaakt, en zodra het oppervlak weer is bereikt is ook dat laatste beetje extra versnelling verdwenen. Het hele proces speelt zich af binnen grofweg een tiende van een seconde.”

Met deze verklaring in het achterhoofd construeerden de natuurkundigen een wiskundig model om de torenvorming te beschrijven. Het model maakte gebruik van nog een verrassende eigenschap van de jets: die zien er altijd grofweg hetzelfde uit. De hoogte en breedte van een jet verandert in de loop van de tijd, maar verder blijft de vorm ruwweg dezelfde. Deze eigenschap van ‘self-similarity’ maakte het mogelijk om een heel precies model te maken dat, toen het vergeleken werd met metingen aan verschillende vloeistoffen

zoals water, ethanol en een mengsel van water en glycerol, heel nauwkeurig overeenkwam met die metingen.

De ruimte in

De natuurkundigen denken intussen na over de volgende stap in hun programma: ze zijn van plan om het experiment nu in de ruimte uit te gaan voeren. Van Rijn: “Het zou heel mooi zijn om de zwaartekracht helemaal weg te nemen en de rol van de oppervlaktespanning alleen te begrijpen. We zouden dolgraag onze nieuwe experimenten in het International Space Station uitvoeren, om te zien wat er precies gebeurt in een omgeving zonder zwaartekracht.”

Publicatie

C.J.M. van Rijn, J. Westerweel, B. van Brummen, A. Antkowiak en D. Bonn, [Selfsimilar jet evolution after drop impact on a liquid surface](#), Physical Review Fluids **6** (2021) 034801.