

Hod po vodi

Ivica Aviani

Institut za fiziku, Zagreb

Nakon što je nahranio mnoštvo u pustinji, Isus se povukao u osamu na molitvu, a svoje učenike poslao lađom preko Genezaretskog jezera. *Lađa se već mnogo stadija bila ostisla od kraja, šibana valovima. Bijaše protivan vjetar. O četvrtoj noćnoj straži dođe on k njima hodeći po moru. A učenici ugledavši ga kako hodi po moru, prestrašeni rekoše: "Utvara!" I od straha kriknuše. Isus im odmah progovori: "Hrabro samo! Ja sam! Ne bojte se!" Petar prihvati i reče: "Gospodine, ako si ti, zapovjedi mi da dođem k tebi po vodi." A on mu reče: "Dođi!" I Petar siđe s lađe te, hodeći po vodi, pođe k Isusu.* Ovaj odlomak iz Evanđelja po Mateju iskaz je vjere i vjerovanja da je hod po vodi moguć.

Ideju hoda po vodi stoljećima su rabili su mnogi pisci, izumitelji i iluzionisti. Ideja je i danas izuzetno živa o čemu najbolje svjedoče zanimljivi filmovi na Youtube-u. Dvije tisuće godina nakon Krista s razlogom se pitamo: Zašto neki kukci i gušteri mogu hodati po vodi a čovjek ne? Je li uz današnju tehnologiju hod po vodi ipak moguć? Kroz predavanje pokušat ćemo procijeniti takvu mogućnost sa stajališta suvremene znanosti sagledavajući pojavu supervodoodbojnosti koju nalazimo u prirodi.

Zbog supervodoodbojnosti kapljice vode na listu lotosa su kuglice koje ne prijanjaju za plohu nego se slobodno kotrljaju po njoj. Kotrljanjem sakupljaju prašinu s površine i tako je čiste, pri čemu površina lista ostaje potpuno suha! Ovo izvanredno svojstvo nije rezervirano samo za egzotično bilje. Ima ga i naša raštika te mnoga živa bića koja ovu pojavu koriste za uspješnije preživljavanje. Da bi smo shvatili o čemu se radi objasniti ćemo kako nastaje površinska napetost. Razmatrat ćemo uzroke površinske napetosti na molekularnoj skali i učinak sila koje se, zbog nje, pojavljuju na makroskopskoj skali.

Površina vode, građena tek od nekoliko desetaka slojeva molekula, sasvim je drugačijih svojstava od ostatka tekućine. Molekule u unutrašnjosti tekućine okružene su većim brojem istovrsnih molekula nego one na površini, što rezultira njihovom manjom potencijalnom energijom. Zbog toga razloga, molekule s površine imaju težnju prodrijeti u dublje slojeve gdje im je potencijalna energija manja. Gustoća površinskoga sloja se na taj način smanjuje, a udaljenost među molekulama postaje veća od ravnotežne. Veći prostor među molekulama na površini omogućuje i veći nered u njihovu slaganju, odnosno veću entropiju. Nered će biti to veći što je temperatura veća. Kako molekule ne vole samo mjesta manje energije, nego i mjesta veće entropije, one će imati težnju gibati se prema površini. Nastat će stacionarno stanje u kojem je tok molekula od površine jednak toku molekula prema površini. U tom stacionarnom stanju gustoća molekula je na površini manja od gustoće tekućine.

Površinska napetost nastaje zato jer je površinski sloj tekućine rjeđi od njene unutrašnjosti. Zbog toga molekule nisu na ravnotežnim udaljenostima, nego su međusobno udaljenije, pa među njima djeluju privlačne sile s težnjom da smanje

razmak molekula. Ove privlačne sile stvaraju površinsku napetost. Površinska napetost se smanjuje povećanjem temperature, jer povećani nered potiče povratak odbjeglih molekula natrag na površinu.

Površinska napetost je pojava da se površina vode ponaša kao napeta membrana. Pretpostavimo da želimo malo povećati površinu vode. To možemo napraviti npr. tako da je malo udubimo. Za tako nešto trebamo iz dubljih slojeva dovesti dodatne molekule na površinu. Budući da molekule na površini imaju veću energiju, da bi smo to postigli moramo izvršiti rad. Naš rad nije ništa drugo nego savladavanje sile koja se očituje kao površinska napetost. Površina vode ponaša se slično elastičnoj membrani. Ipak postoji značajna razlika. Kod elastične membrane pod djelovanjem naprezanja povećava se razmak između molekula, i javlja se povratna, elastična, sila koja molekule vraća natrag u ravnotežni položaj. U slučaju vode razmak između molekula ostaje isti, ali se površina dopunjuje novim molekulama iz dubljih slojeva. Povratna sila javlja zbog težnje tekućine da minimizira površinom. U tome ne sudjeluje samo površina nego i cijeli volumen tekućine. Zbog toga je površinska napetost uvijek ista, za razliku od napetosti membrane koja se povećava kada je rastežemo.

Pojava supervodoodbojnosti s jedne strane je posljedica površinske napetosti vode, a s druge strane posljedica nanometarske i mikrometarske strukture površine. Lotosov cvijet dugo je skrivao tu tajnu. Kada smo je razotkrili brzo smo pronašli načina kako je imitirati i koristiti za naše potrebe.

Proučavanje kontaktnih pojava malih vodenih kapljica na hrapavim površinama u zadnje vrijeme izaziva veliki interes, kako sa strane praktičnih primjena tako i u smislu temeljnih istraživanja. Mikro i nano strukture i neravnine na površini znatno utječu na svojstva močenja. One mogu potpuno promijeniti svojstva površine tako da površine postanu supervodoodbojne. Visoka tehnologija i sve razvijenija nanotehnologija omogućuju izrade strukturiranih ploha izvanrednih poželjnih osobina. Očekuju se primjene za održavanje samočistećih površina, staklenih ploha, fasada, automobila, za vodonepropusnu zaštitu, za smanjenje otpora brodova i podmornica. Svojstva močenja površine i adhezija važna su također i za primjene kao što su bojanje, sušenje i lijepljenje.

Već sada na tržištu postoji niz zanimljivih proizvoda vrhunske nanotehnologije koji oponašaju izvanredna svojstva vodoodbojnih površina otkrivenih u prirodi. Razvijaju se i zaštitni premazi i metode nano-obrade površina koje površinama predmeta daju čudesne osobine. Zamislite fasade koje se ne prljaju, naočale koje ne treba čistiti, nepropusnu odjeću i obuću koja po svemu izgleda kao i obična, ili WC školjku koja se čisti sama. Ali tu nije kraj, vodoodbojne plohe, pružaju mali otpor pri kretanju kroz tekućinu pa je moguće poboljšati efikasnost mnogih strojeva i plovila. Dizajniraju se i površine koje postaju i vodoodbojne tek kada se obasjaju svjetlom ili stave u električno polje.

Predavanje je popraćeno zanimljivim pokusima u kojima se demonstriraju mehanička i električna i magnetska svojstva površine vode, te pokusima u kojima se prikazuje pojava supervodoodbojnosti.