Waarom is ijs glad?

Ledereen weet dat glijden op ijs of sneeuw veel eenvoudiger gaat dan op de meeste andere oppervlakken. Maar waarom is ijs glad? Die vraag houdt wetenschappers al meer dan een eeuw bezig, en is nog altijd onderwerp van discussie. Onderzoekers van de Universiteit van Amsterdam, Amolf en het Max Planck Institute for Polymer Research in Mainz hebben nu aangetoond dat de gladheid van ijs een gevolg is van het gemak waarmee de bovenste watermoleculen over het ijsoppervlak kunnen rollen.



Afbeelding 1. Schaatsen.Zoals helaas ook Nederlandse topschaatsers weten, is ijs glad. Maar waarom is dat zo? Foto: Andrew Schutzman.

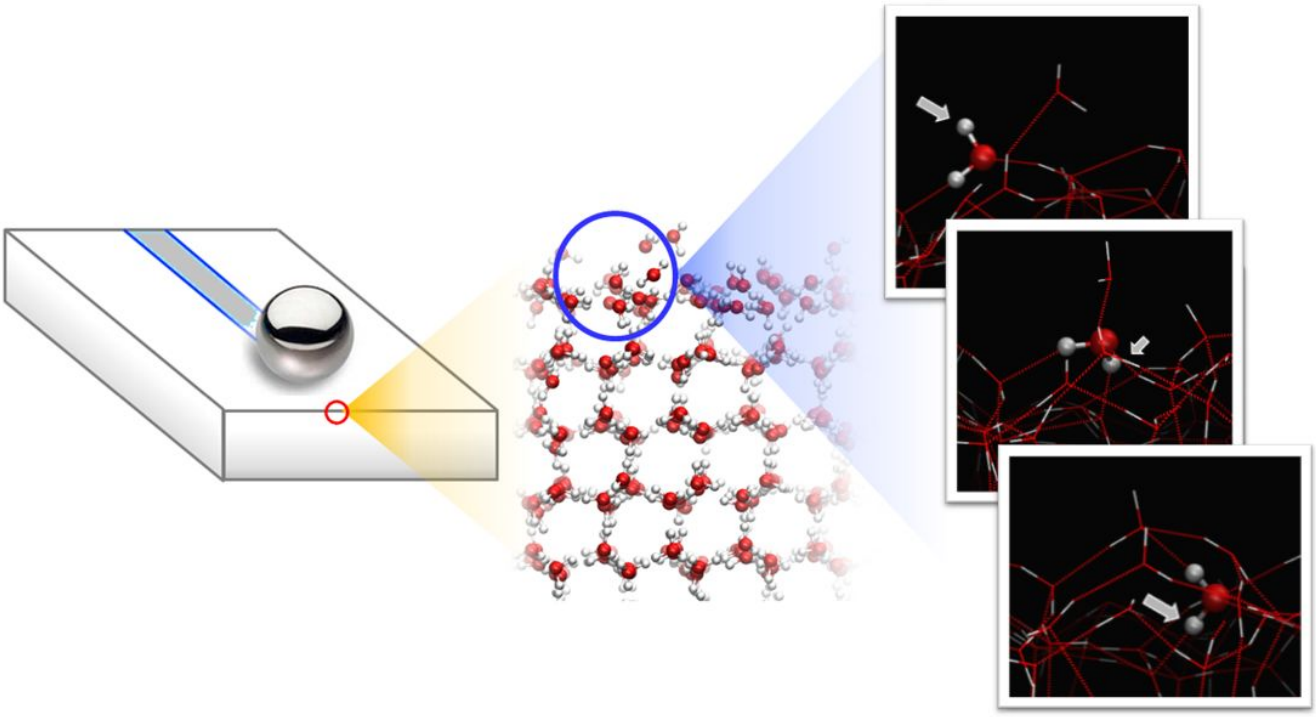
Wintersporten zoals skiën, langebaanschaatsen, kunstschaatsen en curling zouden onmogelijk zijn zonder het gladde oppervlak van ijs en sneeuw. Het is natuurlijk algemeen bekend dat een ijsoppervlak glad is, maar die gladheid wordt verrassend genoeg nog altijd

niet geheel begrepen. In 1886 bood John Joly, een Ierse natuurkundige, de eerste wetenschappelijke verklaring voor de lage wrijving op ijs: als een voorwerp zoals een schaats het ijsoppervlak raakt, is de plaatselijke druk zo hoog dat het ijs smelt. Daardoor zou volgens Joly een vloeibare waterlaag ontstaan die het glijden vergemakkelijkt. De huidige consensus is dat vloeibaar water op het ijsoppervlak weliswaar de glijweerstand vermindert, maar dat dit water niet smelt door druk maar door wrijvingswarmte die ontstaat *tijdens* het glijden.

Experiment en theorie

Een team van onderzoekers, geleid door prof. Daniel Bonn van de Universiteit van Amsterdam en zijn broer, prof. Mischa Bonn van het MPIP in Mainz, heeft nu laten zien dat de wrijving op ijs complexer is dan tot nu toe werd aangenomen. Door middel van macroscopische wrijvingsexperimenten bij temperaturen tussen de 0°C en –100 °C tonen de wetenschappers aan dat het ijsoppervlak overgaat van een extreem glad oppervlak bij typische wintersporttemperaturen, naar een oppervlak met *hoge* wrijving bij –100 °C.

Om de oorsprong van deze temperatuurafhankelijke gladheid te onderzoeken, deden de onderzoekers spectroscopische metingen aan de toestand van watermoleculen aan het oppervlak, en vergeleken die met moleculaire-dynamicasimulaties. Deze combinatie van experiment en theorie laat zien dat er aan het ijsoppervlak twee soorten watermoleculen bestaan: watermoleculen die vastzitten aan het onderliggende ijs (gebonden met drie waterstofbruggen) en mobiele watermoleculen die met slechts twee waterstofbruggen gebonden zijn. Die laatste moleculen rollen voortdurend over het ijs – als kleine knikkers – voortgedreven door thermische trillingen.



Afbeelding 2. Watermoleculen op een ijsoppervlak.In de experimenten glijdt een stalen bal over het ijsoppervlak, dat bestaat uit snel tuimelende, mobiele watermoleculen die maar losjes gebonden zijn aan het onderliggende ijs. Afbeelding: Nagata / MPIP.

Ideale glijtemperatuur

Wanneer de temperatuur toeneemt, worden de twee soorten oppervlaktemoleculen in elkaar omgezet: het aantal mobiele watermoleculen neemt toe ten koste van de watermoleculen die aan het ijsoppervlak vastzitten. Deze door temperatuur gedreven verandering in de mobiliteit van de bovenste watermoleculen aan het ijsoppervlak komt opmerkelijk goed overeen met de temperatuurafhankelijkheid van de wrijvingskracht: hoe groter de mobiliteit aan het oppervlak, hoe lager de wrijving, en omgekeerd. De onderzoekers concluderen daarom dat – in plaats van een dunne laag water op het ijs – de hoge mobiliteit van de oppervlaktewatermoleculen verantwoordelijk is voor de gladheid van ijs.

Hoewel de mobiliteit aan het oppervlak blijft toenemen tot 0 °C bereikt is, is dat laatste niet de ideale temperatuur om bij over ijs te glijden. De experimenten tonen aan dat de wrijving minimaal is bij –7 °C; exact de temperatuur die ervaringsgewijs op ijsbanen gebruikt wordt. De onderzoekers tonen aan dat bij temperaturen tussen de –7 °C en 0 °C het glijden lastiger

is omdat het ijs zachter wordt, waardoor het glijdende voorwerp zichzelf dieper het ijs in graaft.

De resultaten zijn vorige week gepubliceerd in het Journal of Physical Chemistry Letters.

Referentie

Molecular Insight into the Slipperiness of Ice, Bart Weber, Yuki Nagata, Stefania Ketzetzi, Fujie Tang, Wilbert J. Smit, Huib J. Bakker, Ellen H.G. Backus, Mischa Bonn en Daniel Bonn, J. Phys. Chem. Lett. (2018).