

Hoe komt het dat we kunnen schaatsen?

De temperaturen liggen onder het vriespunt en het WK Afstanden wordt verreden - ijs houdt ons deze dagen veel bezig. Iets wat iedereen weet is dat ijs glad, maar waarom eigenlijk? Die schijnbaar eenvoudige natuurkundevraag blijkt opvallend lastig te beantwoorden. In een nieuwe publicatie schijnt een groep UvA-natuurkundigen nieuw licht op hoe temperatuur, druk en de snelheid van de schaatser er samen voor zorgen dat schaatsen mogelijk is.



Afbeelding 1. Hoe komt het dat we kunnen schaatsen? Foto van de Nederlandse achtervolgingsploeg (Jan Blokhuijsen, Koen Verweij en Sven Kramer) tijdens de Olympische Winterspelen van PyeongChang in 2018, door [Andrew Schutzman](#).

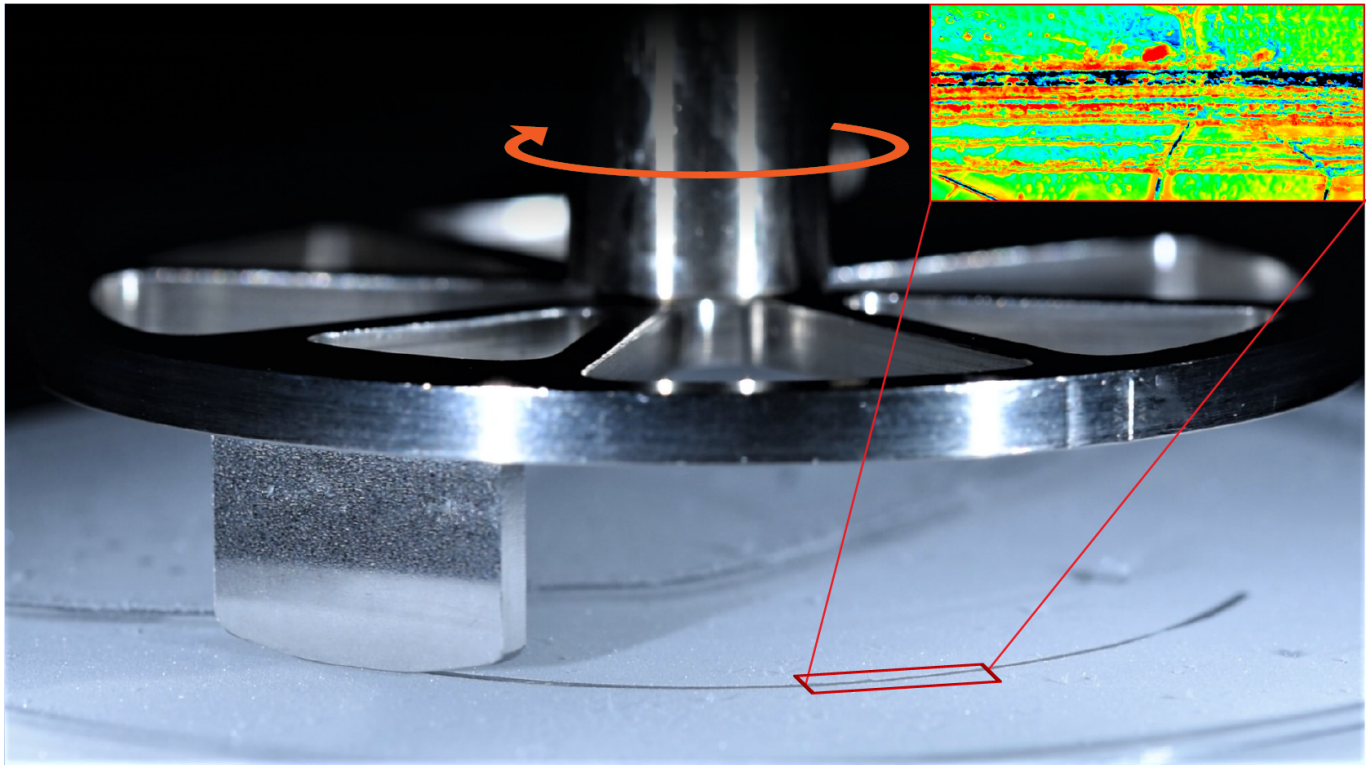
Zoals bijna iedereen wel ervaren heeft – per ongeluk, of tijdens het schaatsen – is ijs

bijzonder glad. De vraag *waarom* dit zo is, is echter zelfs na 150 jaar onderzoek nog altijd onbeantwoord. Een belangrijke stap op weg naar het antwoord is nu gezet door natuurkundigen van de Universiteit van Amsterdam: de gladheid van ijs wordt veroorzaakt door zeer mobiele watermoleculen op het oppervlak van het ijs. Rinse Liefverink, een van de bij het project betrokken natuurkundigen: “De mobiliteit van watermoleculen op het ijsoppervlak maakt het mogelijk om met heel weinig weerstand te glijden. Die weerstand is niet altijd hetzelfde: we laten in ons onderzoek zien dat de mobiliteit van de moleculen – en dus de gladheid van het ijs – onderdrukt kan worden door de contactdruk te vergroten of juist de temperatuur lager te maken.”

Geen laag water

Er wordt algemeen aangenomen dat ijs glad is door de aanwezigheid van een dunne laag water bovenop het ijsoppervlak, die dient als ‘smeermiddel’ voor het glijcontact. De oorzaak van de aanwezigheid van dit vloeibare water blijft echter een onderwerp van hevige discussie. Een eerste mogelijke verklaring werd al gegeven door John Joly in 1886. Zijn suggestie was dat de plaatselijke druk van de schaats op het ijs ervoor zorgt dat het ijs smelt en vloeibaar water wordt. Dit bleek echter niet het hele verhaal te kunnen zijn, aangezien voor het smelteffect een onrealistisch hoge druk nodig is – in het bijzonder bij temperaturen onder de -3.5°C , temperaturen die veelvuldig voorkomen in bevroren grachten en ijsbanen.

Tegenwoordig wordt gedacht dat *smelten door wrijving* zorgt voor de smerende laag water: warmte die tijdens het glijden wordt gegenereerd, doet een deel van het ijs smelten, waardoor het glijden van de schaats over het ijs mogelijk wordt. Ook daarmee is de kous echter nog niet af. Liefverink: “Zoals we allemaal weten, kan water inderdaad een weg of een keukenvloer veranderen in een spekglad oppervlak – als het glijdende voorwerp tenminste zacht is, zoals een rubber zool of een band, en als het met grote snelheid beweegt. Maar ijs is óók glad als je er met het harde ijzer van een schaats op staat, en zelfs als die schaats maar heel langzaam beweegt. Er moet dus op het ijsoppervlak nog iets meer aan de hand zijn.”



Afbeelding 2. Een kunstmatige schaats. In de experimenten worden verschillende ijzers met verschillende snelheden over een ijsoppervlak gesleept, waarbij voortdurend de kracht en temperatuur worden gemeten. De gladheid van het ijs wordt veroorzaakt door zeer mobiele ijsmoleculen, waarvan de mobiliteit – en dus de gladheid – kan worden onderdrukt door een hoge contactdruk of een lage temperatuur. Een scherpe rand van een schaats, die in het algemeen een hoge druk veroorzaakt, laat ploegsporen achter in het ijsoppervlak en verhoogt de wrijving.

Glad of niet?

In het nieuwe onderzoek werden verschillende soorten schaatsen over een miniatuur-ijsbaan gesleept, waarbij de wrijvingskrachten werden gemeten. Toen de temperatuur werd verlaagd naar extreme waarden rond de -100°C bleek de weerstand voor het glijden sterk toe te nemen, waardoor schaatsen onmogelijk werd. Dat sloot goed aan bij de [resultaten van een eerder onderzoek](#) waarbij enkele van dezelfde auteurs betrokken waren: oppervlakte-watermoleculen verspreiden zich over het ijs met een rollende beweging die het glijden makkelijker maakt. Bij -100°C werkt dit niet langer. De reden daarvoor is dat de mobiliteit van de bovenste laag veroorzaakt wordt door trillingen van de moleculen; die trillingen nemen af als de moleculen kouder worden. Pas als de temperatuur weer toeneemt worden de trillingen, en dus de mobiliteit, groot genoeg om ijs glad te maken.

De temperatuur is echter niet de enige factor die een rol speelt. De gladheid van ijs kan ook weggenomen worden door de plaatselijke contactdruk die de schaats op het ijs uitoefent te verhogen. Als gevolg van de gekozen vorm van de schaats en de aanwezigheid van onregelmatigheden in het oppervlak van het ijs en van de schaats, bestaat het contactoppervlak tussen de twee uit vele kleine gebiedjes die allemaal bijdragen aan de wrijving. Hoe scherper de onregelmatigheden in het oppervlak zijn, hoe hoger de plaatselijke contactdruk wordt. En wanneer de lokale druk op de bovenste ijslaag toeneemt, groeit ook de glijweerstand aanzienlijk. Dit verklaart een in de praktijk maar al te bekend feit: een gladgeslepen schaats werkt beter.

Temperatuur en druk werken bovendien nauw samen als het gaat om het veroorzaken van het glijeffect. Nabij het smeltpunt van het ijs leidt een hogere druk tot 'ploegen': de schaats dringt binnen in het ijs zelf en laat ploegsporen achter in het ijsoppervlak. Dat betekent dat ook een derde factor een rol gaat spelen: de snelheid van de schaatser. Lieferrink: "Aangezien zowel de smerende werking van het ijsoppervlak en de hoeveelheid 'ploegen' afhangen van de glijnsnelheid, is de uiteindelijke glijweerstand een gevolg van een complex samenspel van temperatuur, druk en snelheid."

Hoe schaats je een wereldrecord?

Bij de meest gebruikelijke snelheden en druk heeft het glijden op ijs zijn laagst mogelijke weerstand bij -7°C – in overeenstemming met de optimale temperatuur die ijsmeesters van snelle ijsbanen uit ervaring proberen te bereiken. Bij deze temperatuur zorgt de hoge mobiliteit van de watermoleculen in de buitenste laag van het ijs voor een glad oppervlak waarbij de hardheid van het ijs nog precies de druk van de schaats kan weerstaan zonder het ploeg-effect te veroorzaken. Op dit punt kan de weerstand alleen nog verder geminimaliseerd worden door de contactdruk van de schaats te minimaliseren. Schaatsers doen dat van nature al: de optimale schaats heeft een gladde onderkant – en daarmee voornamelijk lage druk en dus lage weerstand – met scherpe randen die zorgen voor de druk die noodzakelijk is voor grip. Wellicht helpt het betere begrip van waarom deze aloude wijsheden werken in de toekomst om nieuwe wereldrecords te rijden.

Publicatie

Rinse W. Lieferrink, Feng-Chun Hsia, Bart Weber, Daniel Bonn: '[Friction on Ice: How](#)

[Temperature, Pressure, and Speed Control the Slipperiness of Ice](#)', Phys. Rev. X 11 (2021) 011025.