

In tutti gli **sport invernali**, l'attrito con la superficie gelata è decisiva per le **prestazioni** degli **atleti**. Ecco come si controlla.

di Andrea Parlangeli

Dall'eleganza di un triplo *axel* nel pattinaggio artistico alla vertigine dei 140 km/h in una gara di *skeleton* (v. foto), dal tradizionale slalom di sci alpino ai pacati virtuosismi del *curling*, non c'è sport invernale che non trovi il suo fondamento nel ghiaccio – una sostanza per noi così familiare che nemmeno ci facciamo caso, ma che per gli scienziati è fonte inesauribile di sorprese. Mai come in questo campo, oltretutto, la scienza è alleata degli atleti nella loro lotta senza esclusione di colpi per la conquista di ogni frazione di secondo o altro dettaglio che può valere una medaglia, tanto che molti team si avvalgono di consulenti di primissimo piano per la scelta di sci, pattini, materiali, trattamenti, cere, consigli e tattiche. Uno dei massimi esperti in questo campo è Thomas Loerting (v. anche *riquadro alle pagine seguenti*), docente di chimica fisica all'Università di Innsbruck e consulente della squadra austriaca di slittino alle olimpiadi di Milano-Cortina. Lo abbiamo intervistato per carpirgli qualche segreto.

CRISTALLI ESAGONALI

«Nelle olimpiadi invernali ci sono eventi che si svolgono sulla neve e altri su ghiaccio», esordisce Loerting. «Si tratta in realtà della stessa sostanza; la differenza principale è che la neve è mescolata con l'aria, mentre il ghiaccio puro no». Anche ▶

IN VOLO SUL GHIACCIO



AFP / Getty Images

VELOCISSIMI
Un'alteta in una gara di *skeleton*, disciplina olimpica in cui si possono raggiungere i 140 km/h di velocità.



IN CURVA
Una partita di hockey su ghiaccio. In curva, si usa la lama dei pattini per compensare la forza centrifuga.

Sotto i -25°C , lo strato d'acqua che lubrifica la superficie sparisce. E l'attrito aumenta moltissimo

la struttura microscopica è la stessa: in entrambi i casi le molecole di H_2O sono disposte in una configurazione esagonale che si ripete nello spazio. Nel caso della neve, però, a causa del processo con cui si formano i fiocchi – di solito nell'aria, dall'umidità che si cristallizza attorno a un nucleo di condensazione – la forma esagonale si riflette anche nell'aspetto esteriore. Nel caso del ghiaccio, invece, le molecole si dispongono in modo da prendere semplicemente la forma del contenitore in cui si trovano. Dal punto di vista dello sport, chi scia o fa snowboard sa che la neve può essere più o meno dura a seconda dell'aria che contiene: meno aria c'è, più la neve assomiglia al ghiaccio. «Il coefficiente di attrito non dipende dalla componente di aria, ma solo da quella ghiacciata; e non cambia molto nelle diverse situazioni», spiega Loerting. Se si scia su neve polverosa, però, c'è più area di contatto e quindi l'attrito è maggiore; se invece ci si trova sul ghiaccio compatto, l'area di contatto è concentrata in pochissimi punti e si scivola. «Nella pratica c'è molta differenza; ma in termini fisici accadono le stesse cose su neve e su ghiaccio», riassume Loerting.

BLOCCATI SOTTO ZERO

Un fattore che cambia le carte in tavola è invece la temperatura. «C'è un'enorme differenza tra ghiaccio o neve molto freddi e ghiaccio più caldo vicino a 0°C », rivela Loerting. «Quando fa molto freddo e si va sotto i -25°C , diventa persino impossibile sciare: si rimane bloccati». In condizioni normali, infatti, gli sci e le lame non hanno un contatto diretto con il ghiaccio, in

LE MILLE FORME DI UN MATERIALE PIENO DI MISTERI

Si fa presto a dire ghiaccio. Sì, ma... quale ghiaccio? Perché di questa sostanza straordinaria si conoscono più di 20 forme, tutte molto diverse tra loro.

Alta pressione. «Il ghiaccio cambia in modo drammatico quando si passa dalla pressione standard sulla Terra, che è 1 bar, a pressioni nell'ordine di 1 milione di bar», spiega Thomas Loerting dell'Università di Innsbruck. «Per fare un esempio, si passa da una sostanza bianca, come la conosciamo sulla Terra, a un metallo che ha un campo magnetico e che fonde a una temperatura di $3\text{ mila }^{\circ}\text{C}$. Nel nostro laboratorio, di solito arriviamo fino a pressioni di 25 mila bar, e non creiamo forme magnetiche o metalliche di ghiaccio simili a quelle che si formano all'interno di pianeti giganti come Nettuno. Ma anche solo in questo intervallo sono state individuate 15 diverse forme di ghiaccio: 3 sono state scoperte da noi». In totale, racconta Loerting, a oggi si conoscono 20 forme di ghiaccio cristallino (cioè con le molecole d'acqua disposte in modo regolare nello spazio), più altre tre in via di conferma e ancora tre amorfe – cioè con le molecole disposte in modo



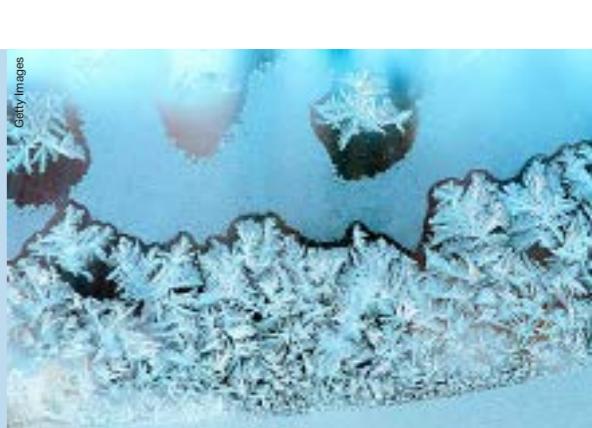
NELLO SPAZIO
Nella foto, Europa, una delle lune ghiacciate di Giove. In alto a destra, cristalli di neve di forma esagonale.

disordinato, come in un vetro o in un liquido. «Sono forme completamente diverse tra loro», spiega Loerting: «Esagonali, cubiche, monoclini, triclini, chirali. Siamo abituati a pensare ai cubetti che galleggiano sull'acqua, ma nella maggior parte delle tipologie che creiamo, il ghiaccio affonderebbe».

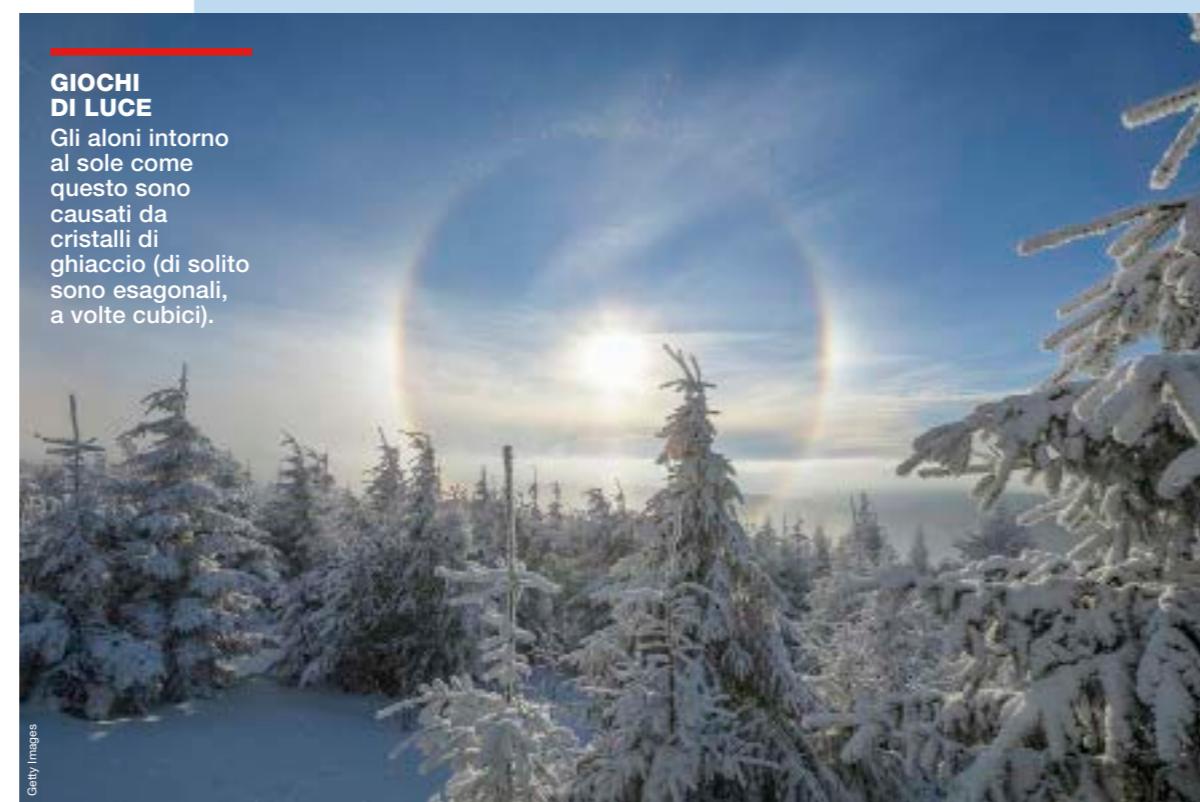
A strati. Sulla Terra, il ghiaccio di gran lunga più diffuso è quello esagonale, che si trova ovunque: nei fiocchi di neve, nelle calotte polari, nei ghiacciai. Ma nello spazio abbondano anche altre forme. Nelle comete, per esempio, prevale la struttura amorfa. Mentre nelle grandi lune ghiacciate di Giove e di Saturno (soprattutto Ganimede, Callisto ed Encelado) si trovano svariate strutture cristalline. «Queste lune sono ricoperte

da uno strato di ghiaccio spesso fino a mille chilometri», spiega Loerting. «Su Ganimede, per esempio, ci sono 6 diverse forme di ghiaccio. Lo sappiamo perché gli astronomi hanno osservato i movimenti di rotazione di questa luna, e ne hanno dedotto la densità alle diverse profondità. Abbiamo confrontato questi dati con quelli che otteniamo in laboratorio per le varie forme di ghiaccio e l'accordo è ottimo, con una corrispondenza che arriva a 4-5 cifre dopo la virgola, quindi siamo abbastanza sicuri». Una di queste forme, il ghiaccio XIX, è stata scoperta dallo stesso Loerting.

Minerali e nubi d'alta quota. Anche sulla Terra, in realtà, si può trovare qualche rara forma di ghiaccio diversa



dal solito. «Alcuni anni fa, sono stati dichiarati minerali il ghiaccio VI e il ghiaccio VII», spiega l'esperto. «Sono stati trovati nei diamanti e hanno punti di fusione di circa 50°C e 100°C , rispettivamente. Per crearli, occorrono pressioni di migliaia di bar, che si trovano all'interno del Pianeta». Nell'alta atmosfera ci sono invece altre forme di ghiaccio, che si generano a bassa pressione. «Esiste una forma cubica, che dà vita ad alcuni aloni particolari, già osservati dal prete gesuita Christoph Scheiner cinquecento anni fa», spiega Loerting. Se si va ancora più in alto nell'atmosfera, a circa 90 km di quota, c'è un altro tipo di nuvole: quelle «nottilucenti», che si osservano soprattutto nei Paesi nordici e si chiamano così perché – grazie all'altezza a cui si trovano – sono illuminate dal sole anche dopo il tramonto. «Queste nubi sono composte da ghiaccio amorfo», conclude Loerting.



GIOCHI DI LUCE
Gli aloni intorno al sole come questo sono causati da cristalli di ghiaccio (di solito sono esagonali, a volte cubici).



DENTRO IL GHIACCIAIO
Sulla Terra, i ghiacciai (come questo in Islanda) scorrono. Non tutte le forme di ghiaccio, però, hanno questa proprietà.

quanto sulla superficie si forma un sottile strato di acqua che ha un forte potere lubrificante. «Il punto di fusione di questo strato superficiale è inferiore a 0 °C», dettaglia Loerting. «Per questo, da -20 °C in su la superficie è sempre bagnata e l'attrito diminuisce».

Anche alle temperature più basse, però, qualche stratagemma per diminuire l'attrito si può trovare. Una soluzione è la velocità, soprattutto se si superano i 100 km/h. «La velocità genera attrito, l'attrito genera calore e il calore rende più spesso lo strato liquido sul ghiaccio», ragiona Loerting. «Più si è veloci, maggiore è l'effetto». Un altro fattore che influenza è il peso, o meglio la pressione. Se aumenta la pressione, cioè il peso diviso l'area di contatto, infatti, la temperatura di fusione del ghiaccio diminuisce, e quindi in genere la lubrificazione migliora. Funziona bene nel pattinaggio, per esempio, dove tutto il peso dell'atleta si scarica sulle lame dei pattini, che hanno un'area di contatto con il ghiaccio molto piccola e quindi permettono di esercitare una pressione elevata.

ATTRARRE O RESPINGERE L'ACQUA

Creare lo strato perfetto che permette una marcia in più nelle competizioni, insomma, è un po' una scienza, un po' arte. Bisogna trovare il giusto compromesso tra pressione, area di contatto e attrito, tenendo conto delle condizioni ambientali e in particolare della temperatura. «C'è uno spessore ottimale che permette di essere più veloci», spiega Loerting. «Se lo strato è troppo sottile, ci sarà troppo attrito. Se c'è troppo liquido, si

verifica qualcosa di simile all'aquaplaning quando si è in macchina, e anche in questo caso si rallenta».

Per gestire questi aspetti, oltre a quanto già detto si possono usare oli o cere, come la sciolina. «Ci sono cere idrofile o idrofobe, a seconda che si voglia attrarre l'acqua o respingerla», spiega Loerting. Su questo tema, c'è da dire che in passato si usavano molto le cere fluorurate, che oggi però sono fortemente limitate e spesso proibite perché rilasciano molecole inquinanti (Pfas) particolarmente problematiche, in quanto non si decompongono nel tempo, entrano nella catena alimentare e contribuiscono al riscaldamento climatico.

IN CURVA, SUGLI SPIGOLI

Nello sport, comunque, il lavoro tecnico-scientifico va di pari passo con quello dell'atleta. Per ottimizzare le prestazioni, infatti, è importante anche adattare la tattica di gara alla situazione. «In genere, in un percorso rettilineo si cerca una buona area di contatto per scivolare sul film», dice Loerting. «In curva, invece, si va sugli spigoli per non perdere la velocità». Le scelte tecniche devono dunque tener conto di questi fattori e le decisioni vanno prese dall'intero team.

Per indagare oltre, chiediamo a Loerting di spiegarci come si svolge la sua giornata tipica durante una gara agonistica. Il suo compito è quello di ottimizzare tutto ciò che riguarda l'attrito con il ghiaccio per la squadra austriaca di slittino (*luge*). Il lavoro comincia in genere con l'analisi della pista. «L'umidità dell'aria è un aspetto molto importante», svela Loerting, «per-

La tecnologia offre moltissime opzioni. Ma la strategia vincente deve essere decisa sempre insieme agli atleti

PISTA CORTA

Un atleta di *short track* (letteralmente "pista corta", è una gara di velocità) al Forum Assago (Milano) nel febbraio 2025.



International Skating Union/Getty Images



PRECISIONE ESTREMA

Una gara di *curling* alle Olimpiadi invernali di Pechino del 2022. In questo sport, la gestione dell'attrito dei "sassi" di granito da parte della squadra è una vera arte.

ché nel tempo il vapore contenuto nell'aria si condenserà sul ghiaccio, alterandone la qualità. Talvolta sembra davvero che ci sia neve in superficie. Per valutare la situazione, abbiamo strumenti diagnostici che monitorano la qualità del ghiaccio e controlliamo tutta la pista: sia la zona di partenza, sia quella di arrivo, sia nel mezzo. La situazione può essere molto diversa nei vari punti, per esempio può far freddo nella zona di partenza e molto più caldo in quella di arrivo. In quei casi bisogna trovare un compromesso o effettuare una scelta».

ACCELERAZIONI DA FORMULA UNO

Infine, ci sono da considerare le lame dei pattini. «La situazione è molto diversa in rettilineo e in curva, dove nello slittino ci sono accelerazioni anche di 4-5 g (cioè 4 o 5 volte maggiori dell'accelerazione di gravità, come negli aerei militari o in Formula 1)», dice Loerting. Se si sceglie una lama lunga, il mezzo è più stabile in curva, ma è più lento nel rettilineo. Quindi si cerca di ridurre al massimo la lunghezza della lama, ma non troppo. Bisogna poi tener conto anche dell'elasticità del metallo (che si deforma in curva) e della sua lucidatura. «Meno ruvida è la superficie, meno tocca il ghiaccio e meno rallenta», ribadisce Loerting. Lo scienziato spiega che gran parte della sua ricerca è dedicata alla chimica e alla fisica del ghiaccio a livello fondamentale, mentre il 10% circa è legato allo sport. «Per me è sorprendente osservare come i concetti su cui lavoriamo in laboratorio funzionino anche in pista», conclude. «È molto gratificante vedere che siamo in grado di abbassare il coefficiente di attrito e rendere gli atleti più veloci». **F**



AFP/Getty Images

PROIETTILI UMANI

Un atleta in una discesa di *skeleton*. Alle velocità raggiunte in questa disciplina, l'aerodinamica è determinante.