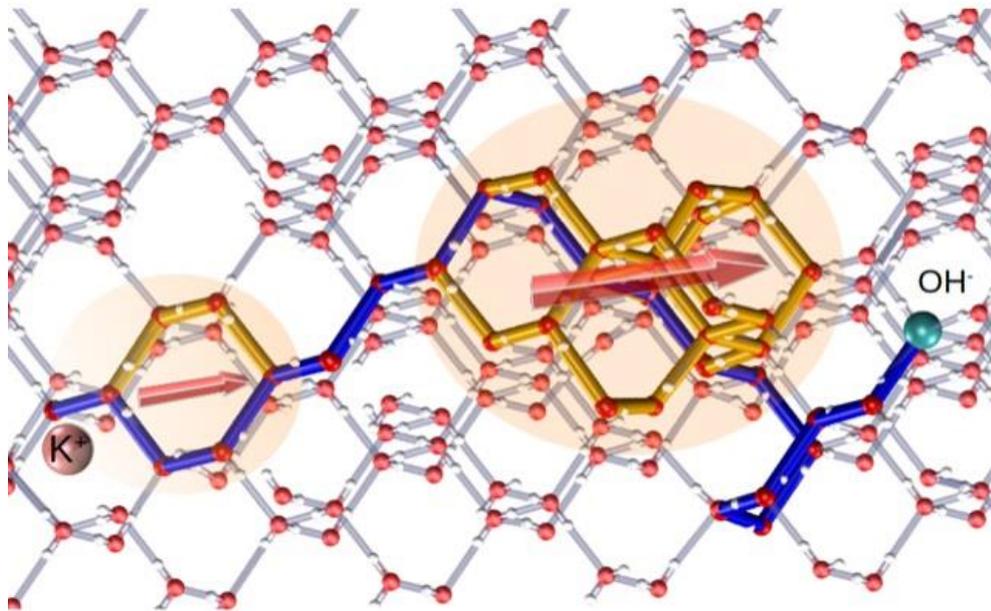


## COMUNICATO STAMPA

### Chiariti i meccanismi di ordine e disordine nel ghiaccio cristallino

Un nuovo modello teorico spiega la struttura e le proprietà elettriche del ghiaccio puro e impuro



Trieste, 29 dicembre 2020

Cristallo dal grande fascino e dalle proprietà ineguagliabili, il ghiaccio ha incuriosito l'umanità fin da tempi immemori. Diversamente dalla maggior parte dei materiali, a temperature molto basse il ghiaccio non diviene così ordinato come ci si aspetterebbe. Una collaborazione tra la Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA), il Centro Internazionale di Fisica Teorica Abdus Salam (ICTP), e l'Istituto di Fisica Rosario (IFIR-UNR), con il supporto dell'Istituto Officina dei Materiali del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IOM), ha permesso di illuminare dal punto di vista teorico le ragioni di questo comportamento, nonché il meccanismo con cui parte di questo ordine viene recuperato. Gli scienziati hanno descritto anche una proprietà fondamentale, seppur relativamente oscura, del ghiaccio a basse temperature, la ferroelettricità. I risultati dello studio, pubblicato su PNAS, si applicano probabilmente anche alle superfici del ghiaccio e potrebbero per esempio portare alla agglomerazione di particelle di ghiaccio nello spazio interstellare.



The Abdus Salam  
**International Centre  
for Theoretical Physics**



“In un blocco di ghiaccio idealmente ordinato, gli atomi di idrogeno di ciascuna molecola d’acqua dovrebbero puntare tutti nella stessa direzione, come i soldati di un plotone che guardano tutti avanti” spiega Alessandro Laio, fisico della SISSA e dell’ICTP. “Se così fosse, il ghiaccio avrebbe una polarizzazione elettrica macroscopica – sarebbe ferroelettrico. Invece, le molecole d’acqua nel ghiaccio, anche a temperatura molto bassa, si comportano come soldati indisciplinati e guardano tutti in direzioni diverse”.

Questo comportamento anomalo, scoperto sperimentalmente negli anni '30, fu subito spiegato da Linus Pauling: la mancanza di disciplina è un effetto della ‘regola del ghiaccio’ – ogni atomo di ossigeno può legarsi solo con due atomi di idrogeno per formare una molecola di acqua. Questo vincolo rende il processo di ordinamento a basse temperature infinitamente lento, come se in un plotone ogni soldato con quattro vicini dovesse riordinarsi tenendo sempre le mani sulle spalle di due dei suoi compagni.

“Se non fosse per le impurità o i difetti, che si è scoperto hanno un ruolo fondamentale, ancora oggi non sapremmo se la struttura ordinata e la ferroelettricità del ghiaccio cristallino siano una reale possibilità o pura immaginazione. Infatti, né gli esperimenti né le simulazioni sono stati in grado di dimostrare in ghiaccio privo di difetti questo rallentamento dovuto alla ‘regola del ghiaccio’”, fa notare Erio Tosatti, fisico della SISSA, ICTP e CNR-IOM Democritos.

È invece noto che le impurità, come un idrossido di potassio che sostituisca una molecola d’acqua, sono in grado di rendere il ghiaccio ordinato e ferroelettrico a temperature molto basse, per quanto solo in modo lento e parziale. Ancora una volta era palese che la ‘regola del ghiaccio’ fosse responsabile della lentezza di questo processo, ma esattamente come ciò accadesse non era chiaro.

Insieme a Jorge Lasave e Sergio Koval dell’IFIR-UNR in Argentina, ambedue seppure in epoche diverse membri associati dell’ICTP, Alessandro Laio and Erio Tosatti hanno sviluppato un modello teorico e una strategia in grado di spiegare il comportamento del ghiaccio puro e drogato.

“Secondo questo modello” spiegano gli scienziati “una volta che si introduce un’impurità nello stato iniziale disordinato di non equilibrio a bassa temperatura, questa impurità dà inizio alla fase ordinata, in un modo tuttavia assai speciale: non tutti i ‘soldati’ attorno all’impurità si girano nella giusta direzione, ma solo quelli davanti o dietro di essa. Così, alla fine, solo una fila di soldati del plotone, una stringa, sarà ordinata”. Questo insolito processo ha molte delle caratteristiche necessarie a spiegare la natura lenta e incompleta dell’ordine ferroelettrico nel ghiaccio impuro.

“Nonostante lo studio si limiti per ora a un pezzo di ghiaccio infinito, senza superfici”, concludono Tosatti e Laio, “il meccanismo che abbiamo identificato si applica probabilmente anche alle superfici. La creazione di stringhe di protoni ordinati a basse temperature potrebbe allora spiegare la debole polarizzazione ferroelettrica locale osservata da tempo, un fenomeno possibilmente coinvolto



The Abdus Salam  
**International Centre  
for Theoretical Physics**



nel processo di agglomerazione delle particelle di ghiaccio nello spazio interstellare”.

---

**LINK UTILI**

Articolo: <https://www.pnas.org/content/pnas/118/1/e2018837118.full.pdf>

**IMMAGINE**

Crediti: Lasave, Koval, Laio, Tosatti  
“Fila di molecole d’acqua con protoni ordinati in movimento”

**CONTATTI****SISSA**

**Chiara Saviane**

→ [saviane@sissa.it](mailto:saviane@sissa.it)

T +39 040 3787230

M +39 333 7675962

**Marina D’Alessandro**

→ [mdalessa@sissa.it](mailto:mdalessa@sissa.it)

T +39 040 3787231

M +39 349 2885935

**ICTP**

**Mary Ann Williams**

→ [mwilliams@ictp.it](mailto:mwilliams@ictp.it)

T +39 040 2240 603

**Marina Menga**

→ [mmenga@ictp.it](mailto:mmenga@ictp.it)

T +39 3276571184