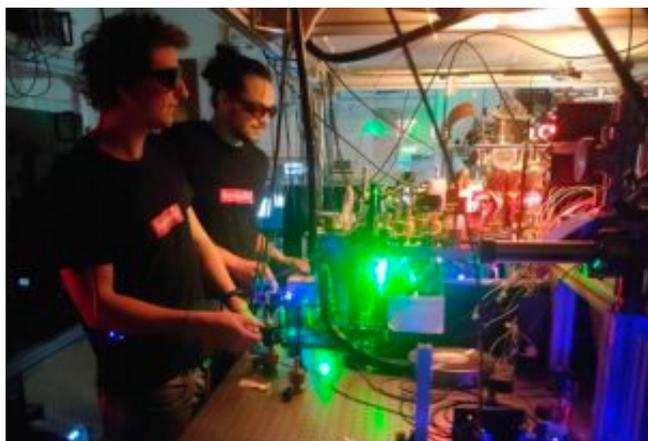




UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Misurata per la prima volta la frazione superfluida, grandezza che caratterizza questa nuova fase della materia a metà strada fra i cristalli e i superfluidi. Lo studio, a cura di Università di Firenze e Istituto nazionale di ottica del Cnr, è pubblicato su Nature



L'apparato sperimentale con cui è stata effettuata la misurazione (Credits: Unifi)

Roma, 24 maggio 2024 - Procede a passi spediti la ricerca sul supersolido, la nuova fase della materia a metà strada fra lo stato cristallino e quello superfluido, osservata per la prima volta nel 2019 a Pisa in un gas ultrafreddo di atomi magnetici da un gruppo di ricerca dell'Università di Firenze e dell'Istituto nazionale di ottica del Consiglio nazionale delle ricerche (Cnr-Ino).

Una nuova pubblicazione su [Nature](#), sempre a cura dello stesso team di ricerca, indaga quanto i supersolidi - che seguono le leggi della meccanica quantistica- differiscano dai cristalli e, per altro verso, dai superfluidi. Il gruppo toscano ha affrontato e risolto il problema misurando per la prima volta una quantità, la “frazione superfluida” che caratterizza esattamente le proprietà del supersolido, cioè quanto si comporta come un solido e quanto come un superfluido.

“La tecnica di misura della frazione superfluida - spiegano i coordinatori Giovanni Modugno, docente di Fisica della materia all’Università di Firenze, e Augusto Smerzi, dirigente di ricerca presso Cnr-Ino, ambedue afferenti anche al Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non lineare (LENS) - si basa sul fenomeno delle oscillazioni Josephson, dal nome del fisico Brian Josephson, premio Nobel per la fisica nel 1973. Quando due superfluidi vengono separati da una barriera, ad esempio un potenziale dato da un fascio laser, essi possono ancora scambiarsi particelle l’uno con l’altro, al contrario di quanto avviene per due fluidi normali. Si tratta di un fenomeno di meccanica quantistica e si chiama, appunto, effetto tunnel quantistico. Il numero di particelle nei due superfluidi tende così a oscillare nel tempo”.

Nel supersolido, questo passaggio di particelle avviene in assenza di barriere imposte dall’esterno, proprio perché per la sua natura vengono a formarsi strutture parzialmente cristalline, che costituiscono una sorta di barriere spontanee. Il gruppo di ricerca ha eccitato in modo opportuno il sistema con un laser per avviare il trasferimento di particelle, osservando l’esistenza di oscillazioni Josephson stabili nel tempo. Il gruppo ha poi scoperto che la frequenza delle oscillazioni Josephson è determinata proprio dalla frazione superfluida, cioè la capacità del sistema di scambiarsi le particelle, e ne permette quindi una misura diretta.

“Il risultato ottenuto - proseguono i ricercatori - è importante perché lega il concetto forse un po' astratto di frazione superfluida proprio alla possibilità per le particelle di spostarsi da un picco di densità all’altro. Questa possibilità non è presente né per i superfluidi ordinari, che non hanno picchi di densità, né per i cristalli, in cui le particelle sono bloccate nei picchi di densità. Le oscillazioni Josephson spontanee sono perciò una caratteristica unica dei supersolidi”.

La frazione superfluida era stata proposta teoricamente più di 50 anni fa da Antony Leggett, premio Nobel per la fisica nel 2003, ma mai misurata in un supersolido fino ad adesso. La frazione superfluida può variare da 1 (superfluido ordinario) fino a 0 (solido classico), assumendo i valori intermedi per un supersolido. Nell’esperimento di Pisa, i ricercatori hanno dimostrato di poter controllare la frazione superfluida in tutto il range da 0 a 1, aumentando o diminuendo la profondità del reticolo cristallino che forma il supersolido.

“La misura della frazione superfluida di un supersolido - concludono i ricercatori - apre le porte all’investigazione di numerose proprietà particolari che differenziano i supersolidi dai superfluidi. L’innovativa tecnica di misura basata sull’effetto Josephson, inoltre, può essere applicata agli altri sistemi fisici candidati ad ospitare fasi supersolide, anche in materiali complessi e macroscopici come superconduttori ed elio liquido, permettendo di ampliare la conoscenza e le possibili applicazioni di questa nuova fase della materia”.