

Ricercatori Cnr-Nanotec hanno dimostrato che è possibile realizzare una giunzione Josephson in superfluidi quantistici di polaritoni. Analogamente a ciò che avviene tra superconduttori separati da un isolante, è stata osservata, per la prima volta in fluidi di luce interagente, una giunzione Josephson artificiale, dovuta alla differenza di fase fra due fluidi quantistici. Lo studio, è stato condotto in collaborazione con l'Istituto di fisica dell'Accademia polacca delle scienze ed è pubblicato su Nature Photonics



Fig. 1

Roma, 9 agosto 2019 - Nell'ultimo decennio, lo sviluppo di nuovi materiali ha portato alla creazione di dispositivi in cui anche la luce si comporta come un fluido quantistico, in alcune delle più intriganti manifestazioni della fisica quantistica - superfluidità, superconduzione e condensazione di Bose-Einstein - su scala macroscopica, ovvero in sistemi con migliaia di particelle. In un articolo pubblicato su *Nature Photonics*, i ricercatori dell'Istituto di nanotecnologia del Consiglio nazionale delle ricerche (Cnr-Nanotec) di Lecce, in collaborazione con l'Istituto di fisica dell'Accademia polacca delle scienze, hanno dimostrato che è possibile realizzare una giunzione Josephson (JJ) in superfluidi quantistici di polaritoni.

“Con questa complessa definizione tecnica, probabilmente poco comprensibile per i non addetti ai lavori, si esprime un fenomeno molto particolare che si può osservare al confine tra due fluidi quantistici di luce. In termini metaforici accade qualcosa di analogo a quanto avviene laddove l’oceano Pacifico e il mar glaciale Artico si incontrano: apparentemente non si mischiano, e al bordo dei due fluidi classici si crea una barriera ben definita, dovuta alle differenti salinità, densità e temperatura delle acque - spiega Dario Ballarini, ricercatore Cnr-Nanotec e coordinatore del lavoro - Noi abbiamo osservato per la prima volta in fluidi di luce interagente, similmente a ciò che avviene alla giunzione tra due materiali superconduttori separati da un sottile strato isolante, una vera e propria giunzione Josephson artificiale, dovuta invece alla differenza di fase dei due fluidi quantistici”. La differenza di fase può essere paragonata a uno scalino, un dislivello tra i due fluidi.

La giunzione Josephson è alla base di svariate applicazioni, come ad esempio gli Squid, i dispositivi di interferenza quantistica a superconduttore che permettono misure di campo magnetico con una precisione estremamente elevata. Ed è parte integrante, tra gli altri, degli scanner ultrasonori a risonanza magnetica (MRI) utilizzati in medicina.

Nel recente lavoro pubblicato su *Nature Photonics* gli autori hanno trovato un modo per generare tale ‘scalino’ in un fluido quantistico polaritonico, un fluido di luce che ‘vive’ dentro un dispositivo a

semiconduttore.

“Per noi è stato sorprendente non solo osservare la formazione di una giunzione di Josephson artificialmente creata con raggi laser sul nostro fluido polaritonico, ma anche di veder nascere vortici quantistici (mulinelli con momento angolare quantizzato) ai bordi della giunzione - prosegue Ballarini - Questi vortici, chiamati appunto di Josephson, sono infatti molto difficili da osservare sia nei superconduttori come nei fluidi quantistici standard (atomi freddi ed elio liquido), mentre per condensati di polaritoni, controllabili con la luce, è stato possibile generare specifici salti di velocità del fluido, come cascate, che hanno permesso di misurare questi particolari mulinelli quantistici”.

“Mentre la temperatura operativa, nel caso specifico, è limitata dal particolare tipo di semiconduttore utilizzato, questo risultato può essere facilmente esteso a temperatura ambiente, utilizzando semiconduttori organici o ibridi, come abbiamo già fatto in passato per dimostrare ad esempio la superfluidità - commenta Daniele Sanvitto, ricercatore Cnr-Nanotec e coordinatore del progetto di ricerca - Questa nuova tecnologia può contribuire sia nel campo della fisica fondamentale allo studio delle dinamiche di fluidi quantistici fuori dall'equilibrio, sia allo sviluppo di nuove applicazioni, dove è importante una elevata sensibilità nella misurazione, di imaging ad alta risoluzione o nel campo dell'elaborazione quantistica”.

Fig. 1: Giunzione Josephson che si forma tra due fluidi quantistici di luce creati da due laser coerenti. Due laser risonanti a controllo di fase (blu e rosso) scrivono la fase localmente su due condensati di polaritoni, imprimendo una differenza di fase di π . Le fasi imposte, ϕ e $\phi + \pi$, si propagano lungo la superficie dei condensati e creano una barriera di solitone scuro al confine tra le due regioni, che si converte in vortici Josephson stabili (JV, cerchietti bianchi)