

COMUNICATO STAMPA 56/2022

Luce liquida in un chip

Publicato su Nature uno studio frutto di una collaborazione internazionale guidata dall'Istituto di nanotecnologia del Cnr e dall'Università di Pavia in cui viene osservata per la prima volta la formazione di un fluido quantistico di luce su un microchip integrabile con l'elettronica tradizionale. Questi esperimenti, realizzati all'Istituto di nanotecnologia di Lecce hanno profonde implicazioni sia per lo studio delle proprietà fondamentali dei sistemi di bosoni interagenti sia per lo sviluppo di tecnologie per l'informazione quantistica

La materia esiste in differenti stati: solido, liquido, gassoso e plasma. A questi però se ne deve aggiungere un quinto: il condensato di Bose-Einstein, in grado di connettere il comportamento dei sistemi di particelle a livello microscopico (regolato dalle leggi della meccanica quantistica) e quello macroscopico in genere regolato dalla fisica classica.

In un recente studio pubblicato su *Nature*, guidato dall'Istituto di nanotecnologia del Consiglio nazionale delle ricerche di Lecce (Cnr-Nanotec) e dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Pavia, è stato progettato e realizzato per la prima volta un microchip in grado di formare un condensato di Bose-Einstein quando eccitato da luce laser. Tale microchip è ottenuto a partire da una semplice guida d'onda planare di semiconduttore, consentendo la formazione di fluidi quantistici di luce su un chip integrabile con l'elettronica tradizionale. Questi risultati sono il frutto di una collaborazione comprendente, oltre agli enti italiani già citati, anche studiosi della Princeton University, del Lawrence Berkeley National Laboratory e dell'Ecole Centrale de Lyon.

Ma l'interesse dello studio non finisce qui. Oltre alla facilità nell'ottenere e studiare questi fluidi quantistici in un microchip, tale condensazione, invece di aver luogo nel minimo di una banda energetica (Fig. 1a), è avvenuta in uno stato intrinsecamente instabile, quello che si chiama punto di sella (Fig. 1b). Questo fenomeno, apparentemente paradossale, è in realtà possibile grazie alle proprietà di simmetria della guida d'onda che, proteggendo le particelle del condensato dalle perturbazioni esterne, ne permettono la formazione e lo rendono particolarmente stabile nel tempo.

“In un condensato di Bose-Einstein” spiega Vincenzo Ardizzone, ricercatore al Cnr-Nanotec “le particelle (in questo caso dei bosoni interagenti) occupano collettivamente un unico stato del sistema. In condizioni opportune, un sistema di questo tipo può comportarsi come un fluido ‘quantistico’ in grado, a differenza dei fluidi classici, di superare ostacoli senza subire deviazioni”.

“Il fenomeno della condensazione di Bose-Einstein è stato recentemente osservato anche nei materiali semiconduttori stimolati otticamente mediante laser, in cui è possibile ottenere delle quasi-particelle di natura ibrida, ovvero costituite da fotoni e stati eccitati della materia, dette 'polaritoni'”, aggiunge Dario Gerace, co-autore del lavoro e docente di Fisica teorica della Materia presso il Dipartimento di Fisica di Pavia. “I polaritoni si comportano come bosoni, e negli ultimi 10 anni si sono osservate tutte

Ufficio stampa Cnr: Emanuele Guerrini, emanuele.guerrini@cnr.it tel. 06.4993.2644;
Responsabile: Marco Ferrazzoli, marco.ferrazzoli@cnr.it, cell. 333.2796719; **Segreteria:** ufficiostampa@cnr.it, tel. 06.4993.3383 - P.le Aldo Moro 7, Roma

le tipiche proprietà di coerenza di un condensato di Bose-Einstein, come superfluidità e formazione spontanea di vortici, perfino a temperatura ambiente”.

“Questi esperimenti, che portiamo avanti da diversi anni nei laboratori di Lecce”, spiega Daniele Sanvitto, dirigente di ricerca del Cnr-Nanotec e responsabile del team di fotonica avanzata, “hanno permesso di definire un nuovo concetto di fluido quantistico, spesso menzionato come 'fluido quantistico di luce'. C'è da considerare, tuttavia, che queste dimostrazioni sono finora state ottenute in sistemi nanostrutturati complessi, ovvero costituiti da multistrati di semiconduttori piuttosto spessi e costosi da realizzare. Questa nuova osservazione, invece, oltre all'interesse di natura fondamentale, ovvero lo studio di fenomeni fisici unici – che normalmente si verificano solo a temperature bassissime in sistemi complessi come gas atomici confinati ed isolati dall'ambiente esterno – promette anche notevoli risvolti applicativi, quali ad esempio la realizzazione di sorgenti di luce coerente (laser) a bassa soglia (o a soglia nulla), la realizzazione di circuiti ottici privi di dissipazione (e quindi basso consumo energetico) per computazione ultraveloce, così come la loro applicazione alla computazione neuromorfica (circuiti neuronali ottici) grazie alle forti interazioni nonlineari tra fluidi quantistici”.

“Questi dispositivi potrebbero prevedere inoltre possibili applicazioni nel sensing, grazie alla notevole sensibilità dei polaritoni alle condizioni esterne e all'ambiente: campi elettrici e magnetici, potenziali chimici ecc. Applicazioni tutte di notevole interesse verso le quali il team di fotonica avanzata del Cnr-Nanotec mostra grande attenzione facendo dei nostri laboratori un riferimento di eccellenza internazionale”, conclude Giuseppe Gigli, direttore del Cnr-Nanotec.

Roma, 20 maggio 2022

Didascalia immagine: Fig. 1a: formazione di un condensato di Bose-Einstein tradizionale: le particelle occupano macroscopicamente un minimo di energia; Fig1b: formazione di un condensato di Bose-Einstein in uno stato intrinsecamente instabile, la condensazione è resa possibile dalle proprietà di simmetria del chip a semiconduttore opportunamente nanostrutturato, che proteggono lo stato di condensazione dalle perturbazioni esterne.

La scheda

Chi: Cnr-Nanotec, Università Pavia

Che cosa: *Polariton Bose-Einstein condensate from a bound state in the continuum* - V. Ardizzone, F. Riminucci, S. Zanotti, A. Gianfrate, M. Efthymiou-Tsironi, D. G. Suárez-Forero, F. Todisco, M. De Giorgi, D. Trypogeorgos, G. Gigli, K. Baldwin, L. Pfeiffer, D. Ballarini, H. S. Nguyen, D. Gerace & D. Sanvitto; *Nature* vol. 605, pages447–452 (2022)

<https://www.nature.com/articles/s41586-022-04583-7>

Per informazioni: Daniele Sanvitto; cell: +393200116964; email: daniele.sanvitto@nanotec.cnr.it
Responsabile Comunicazione Cnr Nanotec: Gabriella Zammillo; cell. 348 8702158; email: gabriella.zammillo@nanotec.cnr.it (*recapiti per uso professionale da non pubblicare*)

Seguici su

Ufficio stampa Cnr: Emanuele Guerrini, emanuele.guerrini@cnr.it tel. 06.4993.2644;
Responsabile: Marco Ferrazzoli, marco.ferrazzoli@cnr.it, cell. 333.2796719; **Segreteria:** ufficiostampa@cnr.it, tel. 06.4993.3383 - P.le Aldo Moro 7, Roma



Ufficio stampa Cnr: Emanuele Guerrini, emanuele.guerrini@cnr.it tel. 06.4993.2644;
Responsabile: Marco Ferrazzoli, marco.ferrazzoli@cnr.it, cell. 333.2796719; **Segreteria:**
ufficiostampa@cnr.it, tel. 06.4993.3383 - P.le Aldo Moro 7, Roma