



COMUNICATO 14

Luce liquida

Contributo di Alexey Kavokin

Trecento anni fa Isaac Newton elaborò la teoria corpuscolare della luce, che fu successivamente confermata e sviluppata da Max Plank e Albert Einstein. Secondo le loro teorie, i fotoni – i quanta di luce – non hanno massa, si propagano a velocità costante e non interagiscono fra loro.

La fisica moderna sull'interazione tra luce e materia è molto progredita. Oggi sappiamo che all'interno dei cristalli i fotoni si comportano come molecole d'acqua: interagiscono gli uni con gli altri, creano vortici, gocce e cascate. La luce liquida nei cristalli può diventare un superfluido. Mi occuperò qui dei recenti esperimenti che hanno rivelato proprietà insolite della luce liquida nei cristalli e ne analizzerò le applicazioni nei nuovi laser, nei transistor, nei computer e nelle linee di comunicazione.

L'oggetto principale del mio studio è una quasiparticella di cristallo chiamata "eccitone-polaritone". Si tratta dell'accoppiamento quanto-meccanico di un quanto di luce (fotone) con uno stato di eccitazione elementare in un cristallo semiconduttore (eccitone). Gli eccitoni sono simili a giganteschi atomi di idrogeno: consistono di un nucleo a carica positiva (buco) e di un elettrone a carica negativa che gravita intorno al buco. Gli eccitoni sono stati scoperti sperimentalmente nei cristalli dell'ossido rameoso nel 1953, dal fisico russo Eugene Gross. Oggi vengono studiati nella maggior parte dei cristalli dei superconduttori e le loro proprietà uniche sono utilizzate per lo sviluppo di laser innovativi. Gli eccitoni sono cruciali per la formazione della luce liquida: si respingono a vicenda per la forza di Coulomb, il che spiega perché le quasiparticelle di luce liquida (eccitoni-polaritoni) tendono a diffondersi uniformemente sull'intero cristallo. A differenza del liquido classico che condensa in goccioline, la luce liquida condensa nello stato più delocalizzato di tutti, chiamato condensato di Bose-Einstein.

La fisica dei condensati di Bose-Einstein ha fatto passi da gigante alla fine del ventesimo secolo e all'inizio del nuovo millennio. Questi condensati si possono formare da atomi di sodio o di rubidio a temperature bassissime. A causa del loro componente fotonico, le quasiparticelle di luce liquida hanno una massa estremamente leggera (miliardi di volte più leggera degli atomi di sodio) che è il motivo per cui la temperatura critica dei loro condensati di Bose-Einstein è miliardi di volte più elevata di quella degli atomi. In determinate strutture, la luce liquida può formare condensati bosonici a temperatura ambiente.

Una volta che il condensato di luce liquida si è formato, si manifesta emettendo il fascio di luce monocromatica che comunemente chiamiamo "luce laser". In un condensato di Bose-Einstein gli eccitoni-polaritoni occupano un singolo stato quantico (lo stato caratterizzato da un'energia fissa e da un vettore d'onda) in grandi quantità. Ciascun eccitone-polaritone può staccarsi dal cristallo convertendosi in un fotone convenzionale. Dato che tutti i polaritoni nel condensato sono identici, essi generano un flusso di identici fotoni:



caratterizzati dalla stessa frequenza e propagantesi nella stessa direzione, questi fotoni costituiscono la luce laser.

Nell'arco dell'ultimo decennio, sono stati realizzati laser a polaritoni nelle microcavità dei semiconduttori GaAs (Arseniuro di gallio), CdTe (Tellururo di cadmio) e GaN (Nitrato di gallio): costituiscono una valida alternativa ai convenzionali laser a semiconduttori e potrebbero essere usati non solo per l'illuminazione ma anche per la creazione di circuiti ottici integrati nelle tecnologie di informazione e comunicazione, in medicina e nel comparto sicurezza.

Il potenziale della luce liquida per futuri computer ottici è inestimabile: in certe condizioni, il suo flusso diventa un superliquido che si propaga senza alcuna perdita. I transistor ottici e le porte logiche del futuro, basati sui superfluidi degli eccitoni-polaritoni, consumeranno assai meno energia e riscalderanno l'ambiente in misura decisamente inferiore rispetto ai chip elettronici usati nei computer di oggi. Si avrebbe un risparmio enorme in termini di consumo energetico, se solo si pensa che già più del 4% di tutta l'energia prodotta dagli uomini si perde su internet.

Infine, la luce liquida potrebbe essere combinata con il gas di elettroni, aiutando a realizzare la superconduttività a temperatura ambiente. La superconduttività è una proprietà unica dei metalli freddi che consente di condurre corrente elettrica con zero dispersioni. Fin dalla scoperta della superconduttività, nel 1911, i fisici sono alla ricerca di un sistema in cui questo straordinario fenomeno possa darsi a temperatura ambiente. Una scoperta del genere produrrebbe notevolissimi benefici economici e sarebbe una vera e propria rivoluzione tecnologica. Ci auguriamo che la luce liquida aiuti a realizzare questo sogno.

www.festivalscienza.it

Ufficio stampa

Ex Libris Comunicazione

Tel. +39 02 45475230 Fax +39 02 89690608

email: ufficiostampa@exlibris.it