HORIZON 2020

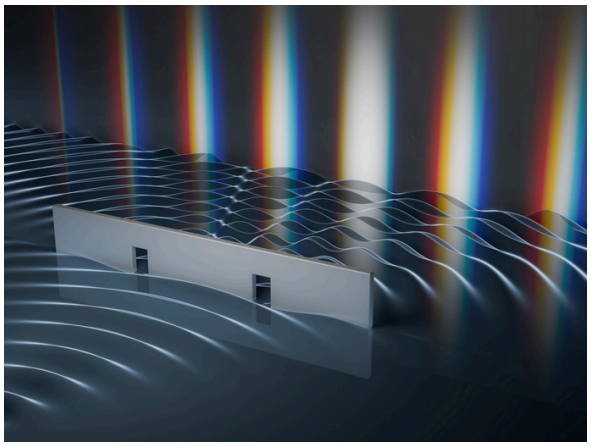
Quantum Materials Probed with Attosecond Optoelectronics

Risultati in breve

Esplorare intriganti fenomeni quantistici e dinamiche particellari attraverso la dualità onda-particella della luce

La luce nasconde misteri che sfidano le basi stesse della fisica, soprattutto quando miliardi di fotoni rivelano la loro natura quantistica. Ricercatori finanziati dall'UE stanno sfruttando potenti campi laser per creare stati quantici di luce che potrebbero far luce sul futuro della scienza e della tecnologia.

RICERCA DI BASE



© vchalup/stock.adobe.com

La luce è sia un'onda che un flusso di particelle - fotoni. Quando pensiamo alla luce in termini classici, la immaginiamo come un'onda elettromagnetica oscillante. Al contrario, quando si esplora la sua natura quantistica, l'attenzione si concentra sui singoli fotoni. Questa prospettiva quantistica risulta naturale quando si ha a che fare con pochi fotoni.

Tuttavia, quando la luce diventa intensa - trasportando milioni o addirittura miliardi di fotoni - tendiamo a tornare al pensiero classico. In questo regime, la luce è descritta come un'onda continua e l'idea delle proprietà quantistiche può sembrare controintuitiva.

Forti campi laser che modellano la natura quantistica della luce

È proprio questo l'obiettivo di QUMATTO, un progetto finanziato dal programma di azioni Marie Sklodowska-Curie, che si propone di esplorare la natura quantistica della luce in presenza di miliardi di fotoni.

«Il nostro obiettivo è sfruttare questo immenso numero di fotoni e farli comportare in modi che sfidano la comprensione convenzionale delle onde elettromagnetiche», osserva Mikhail Ivanov, coordinatore del progetto. «Cerchiamo di generare un gran numero di fotoni in un'ampia gamma di frequenze, dall'infrarosso all'ultravioletto estremo, e di plasmarli in stati quantistici insoliti. Tra questi, gli stati "spettrali", in cui fotoni a frequenze diverse sono misteriosamente connessi, o gli stati che ricordano il famoso gatto di Schrödinger - che esiste in due condizioni apparentemente contraddittorie allo stesso tempo».

Questi stati quantistici unici della luce sono gli elementi costitutivi delle tecnologie dell'informazione quantistica, in cui i fotoni svolgono un ruolo centrale. Ciò che è innovativo è l'uso di forti campi laser per controllare il movimento degli elettroni che emettono tale luce, per creare stati quantici di luce completamente nuovi. «Nel nostro recente lavoro pubblicato su Physical Review X, esploriamo il modo in cui forti campi di luce classici possono essere utilizzati per controllare il movimento degli elettroni nella materia, adattando così le caratteristiche quantistiche della luce che questi elettroni emettono. Una previsione sorprendente è che la luce emessa può essere significativamente "schiacciata"», sottolinea il ricercatore. Ciò significa che alcune fluttuazioni quantistiche nella luce sono ridotte al di sotto del limite quantistico standard, una proprietà preziosa per le tecnologie quantistiche.

Luce quantistica che espone la dinamica degli elettroni

Nel corso degli anni, i ricercatori hanno studiato le proprietà quantistiche delle esplosioni di luce di attosecondi emesse da atomi, molecole e solidi. Queste esplosioni sono state fondamentali per la fisica e la tecnologia degli attosecondi, celebrate sia dal Premio Nobel 2023 che dal Premio Wolf 2022 per la Fisica. Negli ultimi 30 anni, i team di ricerca hanno imparato l'arte di produrre, controllare e adattare queste esplosioni per studiare il movimento degli elettroni nella materia, scoprendo l'intricata «danza» tra elettroni e atomi nelle molecole e nei solidi.

Tuttavia, fino a poco tempo fa, i ricercatori hanno ampiamente trascurato le proprietà quantistiche di queste esplosioni di luce, che rivelano dettagli nascosti sul comportamento degli elettroni. «Per esempio, quando gli elettroni competono per emettere un fotone, le proprietà quantistiche di quel fotone conservano una "memoria" della loro lotta, offrendo nuovi spunti di riflessione sulle loro interazioni»,

osserva.

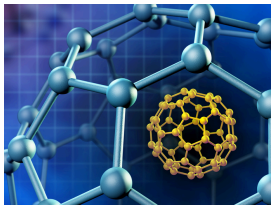
Questo apre una direzione completamente nuova nella spettroscopia ottica ultraveloce. «Invece di basarci esclusivamente sulle proprietà classiche della luce emessa per studiare il moto quantistico della materia, ora stiamo usando le proprietà quantistiche della luce per scoprire dettagli ancora più profondi su come la materia si comporta in stati altamente non-equilibrati», aggiunge.

Nel complesso, QUMATTO ha esplorato nuove sorgenti di luce quantistica in un'ampia gamma spettrale, consentendo progressi nelle tecnologie quantistiche, nel rilevamento quantistico e nella metrologia di precisione. Inoltre, i ricercatori hanno sperimentato la spettroscopia ottica ultraveloce per esplorare sia la luce classica che quella quantistica, rivelando nuove conoscenze sulla materia in stati di non equilibrio.

Parole chiave

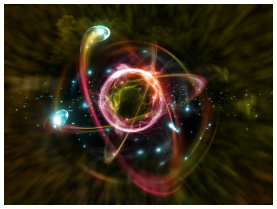
QUMATTO | luce quantistica | campo laser | spettroscopia ottica ultraveloce | stati di non equilibrio | gatto di Schrödinger

Scopri altri articoli nello stesso settore di applicazione



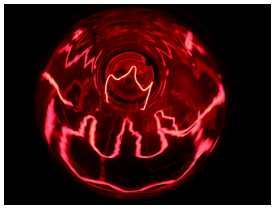
Basta una sola molecola per fare un interruttore

7 Marzo 2023



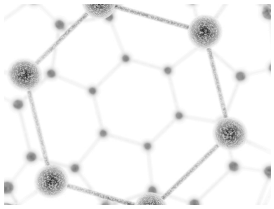
Ottenere un'immagine più chiara del mondo nucleare

5 Ottobre 2020



Rilevare l'invisibile: alcuni ricercatori scoprono un modo per vedere la luce infrarossa

4 Maggio 2022



Nuovi metodi computazionali per studiare materiali speciali

11 Marzo 2019

Informazioni relative al progetto

QUMATTO

ID dell'accordo di sovvenzione: 101028938

Sito web del progetto

DOI
10.3030/101028938

Progetto terminato

Finanziato da
EXCELLENT SCIENCE - Marie Skłodowska-Curie Actions

Costo totale
€ 233 434,56

Contributo UE
€ 233 434,56

Coordinato da

Data della firma CE
19 Marzo 2021

Data di avvio
15 Ottobre 2021

Data di completamento
14 Ottobre 2024

FORSCHUNGSVERBUND BERLIN EV
Germany

Ultimo aggiornamento: 12 Marzo 2025

Permalink: https://cordis.europa.eu/article/id/457207-exploring-intriguing-quantum-phenomena-and-particle-dynamics-through-lights-wave-particle/it

European Union, 2025