



COMUNICATO STAMPA

Ottica quantistica: una scoperta dell'Università dell'Insubria apre nuove frontiere per le tecnologie biomediche

Varese e Como, 5 settembre 2025 – **Una scoperta nel campo dell'ottica quantistica**, guidata dall'Università dell'Insubria, apre la strada a **nuove tecniche di indagine biomedica più precise e meno invasive**. Lo studio, pubblicato sulla prestigiosa rivista **Science Advances**, dimostra che **i processi a due fotoni possono essere potenziati grazie alla luce quantistica anche a intensità luminose** molto più elevate di quanto si pensasse possibile.

Il risultato arriva da una collaborazione internazionale che coinvolge, oltre all'Insubria, le Università di Strathclyde e di Glasgow e l'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del Cnr di Milano.

I processi a due fotoni come l'assorbimento a due fotoni, o la generazione della seconda armonica, sono **fondamentali in applicazioni biomediche avanzate**: dalla microscopia non lineare all'imaging profondo dei tessuti, fino alla diagnostica di patologie neurodegenerative come l'Alzheimer. Queste tecniche, tuttavia, **richiedono normalmente fasci di luce molto intensi, con il rischio di danneggiare le cellule e i tessuti osservati**.

Per superare questo limite la comunità scientifica ha ipotizzato negli anni **l'impiego di coppie di fotoni "entangled", cioè correlati quantisticamente**. Questi stati quantistici particolari, prodotti tramite processi di conversione parametrica, possono aumentare l'efficienza delle interazioni a due fotoni, riducendo l'intensità necessaria. Finora, però, si riteneva che tale vantaggio fosse confinato a condizioni di luce debolissima, insufficienti per applicazioni pratiche.

Il nuovo studio guidato da Lucia Caspani, docente di Fisica del Dipartimento di Scienza e alta tecnologia, **ha ribaltato questa convinzione**. Grazie a un approccio sperimentale innovativo, i ricercatori hanno **dimostrato che il vantaggio quantistico resiste anche in condizioni di luce fino a dieci volte più intense** rispetto a quelle considerate possibili in passato.

Utilizzando un particolare tipo di **luce quantistica detta squeezed vacuum**, i ricercatori hanno osservato che la generazione di seconda armonica, un tipico processo a due fotoni, mantiene un'efficienza superiore rispetto alla luce classica, anche quando il numero medio di fotoni per modo supera l'unità. In altre parole, **il vantaggio quantistico non scompare appena si passa dal regime di bassa intensità, ma persiste ben oltre la soglia finora accettata**.



Questo risultato è stato verificato attraverso un confronto diretto tra fasci quantistici ed equivalenti fasci laser classici, a parità di intensità e condizioni sperimentali: in tutti i casi, la luce entangled ha dimostrato una maggiore efficienza nei processi a due fotoni.

«Abbiamo dimostrato che gli effetti quantistici restano vantaggiosi a intensità luminose che non danneggiano i campioni, ma sono abbastanza alte da permettere misure attendibili – spiega la professoressa **Lucia Caspani** -. Questo potrebbe allargare enormemente l'uso della luce quantistica in tecnologie applicate, in particolare in campo biomedico».

Le implicazioni di questa scoperta sono significative: potrebbe essere sviluppata una nuova generazione di strumenti diagnostici e medici basati su luce quantistica, capaci di esplorare i tessuti in profondità, con immagini più nitide e dettagliate, riducendo al minimo i rischi di fotodanneggiamento. Applicazioni possibili spaziano dalla microscopia ad alta risoluzione alla spettroscopia, fino alla terapia fotodinamica.

Il lavoro, intitolato «**Quantum-enhanced second harmonic generation beyond the photon pairs regime**», è firmato da un team internazionale composto da Thomas Dickinson, Ivi Afxenti, Giedre Astrauskaite, Lennart Hirsch, Samuel Nerenberg, Ottavia Jedrkiewicz, Daniele Faccio, Caroline Müllenbroich, Alessandra Gatti, Matteo Clerici e Lucia Caspani.

Lo studio è stato reso possibile dal sostegno di diversi enti di ricerca e agenzie internazionali, tra cui il Consiglio Europeo della Ricerca, Erc, Epsrc, Innovate Uk e il Prin del Ministero dell'Università e della Ricerca.