



Nous avencos en llum quànica estructurada obren la porta a comunicacions més segures i computació ultraràpida

Investigadors de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i de la Universitat de Witwatersrand (Sud-àfrica), treballant dins el marc de la Catalonia Quantum Academy, presenten a la revista Nature Photonics un ampli recull dels darrers avencos en llum quànica estructurada, un camp emergent que permet augmentar la quantitat d'informació que pot transportar la llum. Aquesta tecnologia té aplicacions potencials en comunicacions més segures, computació quànica més ràpida i sistemes de detecció d'alta sensibilitat. L'estudi ha estat destacat com a article de portada.

December 19, 2025

Un equip internacional de científics adscrits a la Catalonia Quantum Academy (CQA) ha

publicat a Nature Photonics una revisió sobre un camp emergent que està transformant la manera com ens comuniquem, mesurem i processem informació: la llum quàntica estructurada. Es tracta d'una tecnologia que combina informació quàntica amb estructures espacials i temporals de la llum per crear fotons amb una capacitat d'informació sense precedents.

Els investigadors destaquen com la manipulació de múltiples graus de llibertat de la llum, com ara la polarització, els modes espacials o la freqüència, permet generar estats quàntics d'alta dimensionalitat, en que els ja reconeguts qbits (de dues dimensions, amb els fotons i superposició de dos estats quàntics) passen a ser qdits (amb més de dues dimensions)

Aquestes propietats obren noves oportunitats en diversos camps. En l'àmbit de les comunicacions quàntiques, s'incrementa la seguretat, ja que hi ha més informació per cadascun dels fotons i s'obre la possibilitat de tenir molts canals simultanis de comunicació, amb més tolerància a errors i resistència al soroll. Pel que fa a la computació quàntica, la llum estructurada permet circuits més simples i ràpids, amb la possibilitat de crear estats per simulacions complexes. També obre les portes a millores en imatge i metrologia, amb tècniques de resolució millorada (com el desenvolupament recent del microscopi quàntic hologràfic, que permet obtenir imatges de mostres biològiques delicades) i sensors ultrasensibles basats en correlacions quàntiques. Algunes d'aquestes eines ja s'han implementat en xips que integren fonts de llum que produeixen fotons individuals amb sistemes de processament òptic per generar llum quàntica estructurada. D'altra banda, la llum estructurada també permet simulacions de sistemes quàntics complexos per predir, per exemple, la interacció entre molècules i xarxes, amb potencial per al desenvolupament de nous materials

Segons el professor Andrew Forbes, autor corresponent de la Universitat de Witwatersrand, Johannesburg, el camp ha canviat de manera dràstica en dues dècades. «L'adaptació de sistemes quàntics, en que la llum quàntica es dissenya per a un propòsit concret, ha progressat embranzida darrerament, començant finalment a mostrar tot el seu potencial. Fa vint anys, el conjunt d'eines per a aquest propòsit era pràcticament nul. Avui disposem de fonts integrades en xip de llum quàntica estructurada que són compactes i eficients, capaces de crear i controlar estats quàntics

novels». «Tot i que hem fet progressos sorprenents, encara hi ha qüestions difícils de resoldre?», diu Forbes. «L'abast en distància de la llum estructurada, tant clàssica com quàntica, continua sent molt limitat, però això també és una oportunitat, ja que estimula la recerca de graus de llibertat més abstractes que es puguin explorar».

L'article, destacat com a article de portada a Nature Photonics, és fruit d'una llarga col·laboració del grup de recerca especialitzat en llum estructurada liderat pel professor Andrew Forbes, de la Facultat de Física de la Universitat de Witwatersrand, a Johannesburg (Sud-àfrica) i l'investigador del Grup d'Òptica del Departament de Física de la UAB Ada Valles, també científic visitant del grup d'Optoelectrònica de l'ICFO. Aquest darrer projecte

finalment publicat com a article de revisio, ha estat possible tambe gracies al suport de l Catalonia Quantum Academy (CQA), una plataforma col·laborativa coordinada per l'Institut de Ciències Fòtoniques (ICFO) i impulsada per la Generalitat de Catalunya, que treballa per reforçar la formació i el desenvolupament de talent en ciències i tecnologies quàntiques

Article de referencia:

Forbes, A., Nothlawala, F. & Valles, A. **Progress in quantum structured light**. Nat. Photon. 19, 1291-1300 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41566-025-01795-x>

Agraiments:

A.F. thanks SA QuTI for financial support. A.V. acknowledges financial support from the Ramon y Cajal Fellowship RYC2023-043066-I, funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and FSE+.