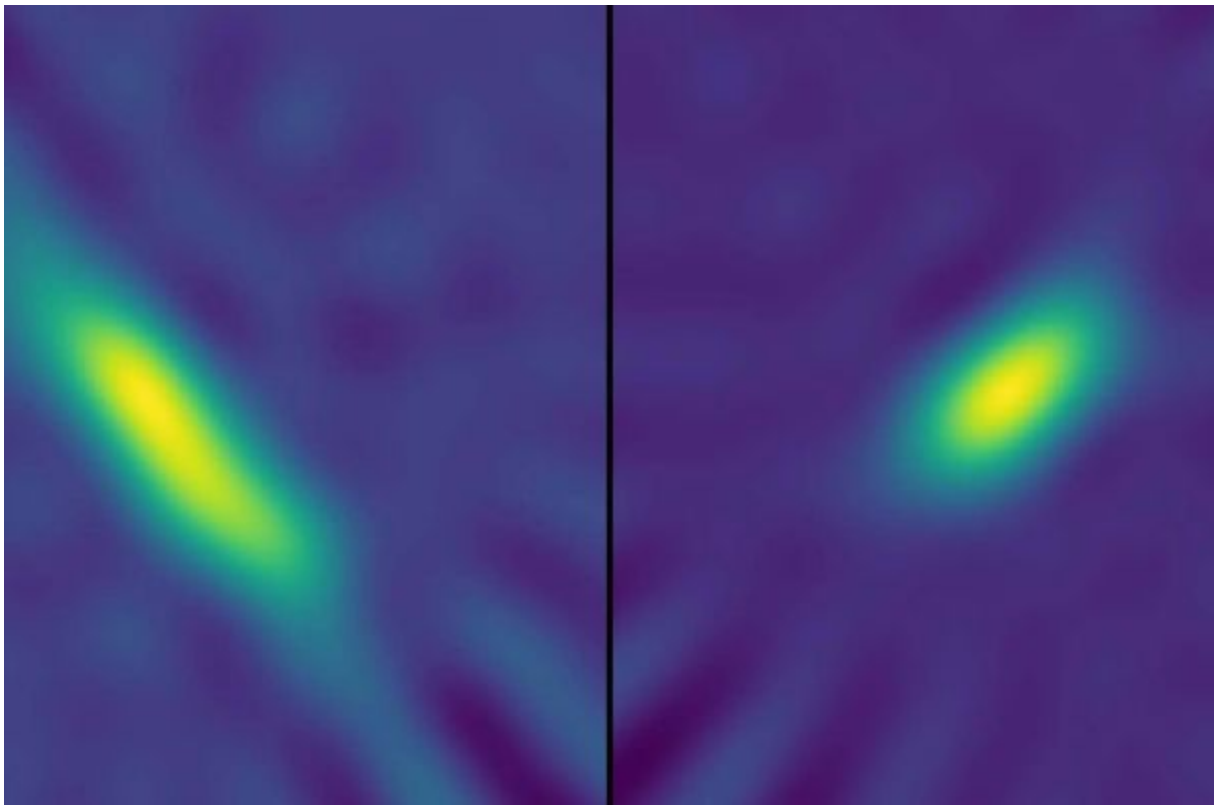

Mostren com donar forma i reconstruir harmonics quantics

Investigadors de l'ICFO han proposat un nou protocol anomenat Interferometria d'Attosegons Quantics (AQI, per les sigles en angles) per ajustar i reconstruir les caracteristiques quantiques de la llum emesa mitjancant la generacio d'alts harmonics, fins i tot en aquells regims on els metodes convencionals estan molt limitats.

El protocol, publicat recentment a Reports on Progress in Physics, consisteix a mesurar certes propietats quantiques de la llum a traves de mesures in situ d'uns pocs attosegons. La proposta, per tant, apropa una mica mes dos camps que cada vegada estan mes connectats: l'attociencia i l'optica quantica.

April 22, 2026

La generacio d'alts harmonics (HHG, per les sigles en angles) es un fenomen altament no lineal en el qual un sistema (per exemple, un atom) absorbeix molts fotons d'un laser incident i n'emet un de sol d'energia molt mes alta (que es un harmonic dels fotons absorbits). Durant

molt de temps es va pensar que aquest proces nomes produia llum classica. Descobriments recents, en canvi, mostren que tambe es possible produir fotons amb caracteristiques quantiques, com ara la compressio quantica (squeezing) i l'entrellacament. Tanmateix, controlar i analitzar aquestes caracteristiques continua sense ser una tasca facil.

Els investigadors de l'ICFO, el **Dr. Javier Rivera-Dean**, la **Lidija Petrovic**, el **professor Dr. Maciej Lewenstein**, i en **Philipp Stammer,** han introduit un nou enfocament per controlar l'estat quantic de la llum en el proces de generacio d'alts harmonics. Publicat a Reports on Progress in Physics, l'esquema proposat permet extreure i ajustar les caracteristiques quantiques dels harmonics en el regim de l'ultraviolat extrem (XUV), on els metodes convencionals topen amb les seves propies limitacions.

Aquest protocol impulsa la generacio d'alts harmonics barrejant un camp laser intens amb una font de llum que presenta compressio quantica (en lloc de la tradicional llum classica). En variar la diferencia de fase entre el laser i la font quantica, els investigadors poden modelar les caracteristiques quantiques dels harmonics emesos. La mateixa tecnica tambe es pot utilitzar per reconstruir el seu estat quantic (un proces conegut com a tomografia d'estat quantic), recuperant les petjades quantiques d'aquests harmonics; un enfocament que han anomenat "tomografia d'attosegons quantics" (AQT, per les sigles en angles).

Aquest descobriment es podria aplicar en escenaris on els esquemes de tomografia convencionals fallen, com ara quan els harmonics generats tenen freqüencies XUV. "La ra es que, en la tomografia estandard, l'experiment esta limitat per la longitud d'ona i l intensitat de l'estat a reconstruir. La longitud d'ona de la llum XUV, en ser tan curta, e converteix en una gran limitacio", explica Philipp Stammer, investigador principal de l'estudi "A l'AQT no ens trobem amb aquest obstacle perque la reconstruccio es fa d'una maner fonamentalment diferent, utilitzant la mateixa dinamica no lineal de la HHG"

Aquest enfocament conceptualment nou, que fusiona completament la HHG amb l'optic quantica, podria ajudar a combinar la resolucio temporal d'attosegons amb fonts de llu genuinament no classiques

Referencia:

Javier Rivera-Dean et al 2026 Rep. Prog. Phys. **89** 04790

Agraiments:

P S acknowledges funding from: The European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Sk?odowska-Curie Grant Agreement No 847517. ICFO-QOT group acknowledges support from: European Research Council AdG NOQIA; MCIN/AEI (PGC2018- 0910.13039/501100011033, CEX2019-000910-S/10.13039/501100011033, Plan National STAMEENA PID2022-139099NB and FUNQIP PID2022-139658NB-I00, Project funded MCIN and by the ?European Union NextGenerationEU/PRTR' (PRTR-C17.I1), FPI); QUANTERA

DYNAMITE PCI2022-132919, QuantERA II Programme co-funded by European Union's Horizon 2020 program under Grant Agreement No 101017733; Ministry for Digital Transformation and of Civil Service of the Spanish Government through the QUANTUM ENIA Project call-Quantum Spain Project, and by the European Union through the Recovery, Transformation and Resilience Plan-NextGenerationEU within the framework of the Digital Spain 2026 Agenda; MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and EU (PCI2025-163167); Fundacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat de Catalunya (European Social Fund FEDER and CERCA program; Barcelona Supercomputing Center MareNostrum (FI-2023-3-0024); Funded by the European Union (HORIZON-CL4-2022-QUANTUM-02-SGA, PASQuanS2.1, 101113690, EU Horizon 2020 FET-OPEN OPTOlogic, Grant Nos 899794, QU-ATTO, 101168628), EU Horizon Europe Program (No 101080086 NeQSTGrant Agreement 101080086-NeQST). J R-D acknowledges funding from UK Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) Funding, Grant UKRI2300 - Attosecond Photoelectron Imaging with Quantum Light.