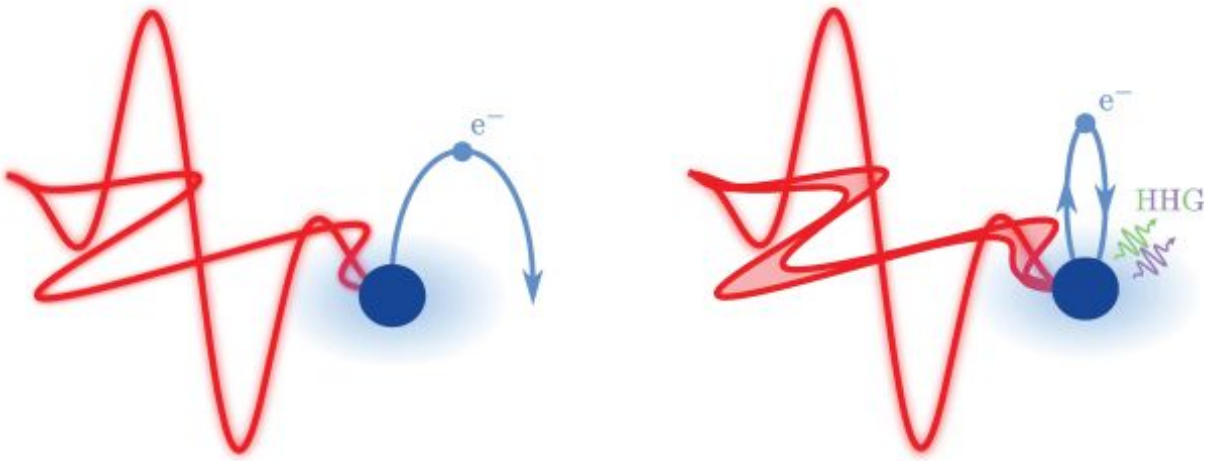

La polaritzacio circular ja no es un obstacle per a la generacio d'alts harmonics

A diferencia del que la comunitat cientifica ha cregut durant molt de temps, investigadors de l'ICFO han demostrat que la llum amb polaritzacio circular si que pot generar alts harmonics, sempre que contingui fluctuacions prou intenses.

July 02, 2025

La generacio d'alts harmonics (HHG, per les seves sigles en angles) es un proces en el qual un laser molt intens interactua amb un material per produir de nou llum a freqüencies mol mes altes (els harmonics de la freqüencia del laser incident). Aquesta llum nomes dura u s pocs attosegons (10?¹? segons), fet que la converteix en una eina molt valuosa per obser ar els moviments electronics i nuclears dins d'atoms i molecules; polsos de llum mes llargs, en canvi, serien incapacos de captar aquestes dinamiques, ja que ocorren en escales de te ps massa rapid
s. Tot i la gran quantitat de recerca dedicada a comprendre el proces de l'HHG, encara hi

ha qüestions per resoldre. Per exemple, s'ha observat que quan el camp laser incident es una font de llum coherent i classica, la seva polaritzacio juga un paper clau en el resultat En particular, quan la llum esta polaritzada circularment -es a dir, el seu camp electric ota mentre es propaga- aixo tipicament suprimeix la generacio d'alts harmonics en els at ms. Els investigadors de l'ICFO, el **Dr. Javier Rivera-Dean** i **Philipp Stammer**, dirigits pel **Prof. ICREA Maciej Lewenstein**, en col·laboracio amb el Prof. Dr. Marcelo Ciappina del Guangdon Technion - Israel Institute of Technology, han superat aquesta limitacio, refutant la creenc establerta que la llum amb polaritzacio circular no pot produir alts harmonics. Despres d mesos de feina, han demostrat teoricament que els alts harmonics poden tornar a sorgir s s'introdueixen fluctuacions prou intenses en la llum laser. Els resultats han estat publicat avui aPhysical Review Letters.

Concretament, l'equip va considerar llum amb fluctuacions quantiques dissenyades de manera que no es poguessin descriure nomes amb la fisica classica, provocades per un fenomen quantic conegut com a squeezing (compressio quantica). No nomes van demostrar l'emissio d'alts harmonics, sino que tambe van trobar que les seves freqüencies i intensitat depenen molt sensiblement de les propietats quantiques de la llum, especialment del tipu desqueezing aplicat. Finalment, van vincular aquestes observacions amb canvis en el comportament subjacent dels electrons durant el proces.

Els investigadors assenyalen que no es estrictament necessari utilitzar llum no classica per permetre la HHG amb polaritzacio circular; en canvi, les fluctuacions intenses -independentment del seu origen- son el factor clau. Tanmateix, segons el Dr. Javier Rivera-Dean, autor principal de l'article: ¡¿½El nostre treball obre la possibilitat emociona t d'utilitzar fluctuacions quantiques estructurades en la llum per modificar el proces e generacio d'harmonics, i aixi plantejar noves preguntes sobre la seva naturalesa i l s conseqüencies que podria tenir en aplicacions mes complexes dins de la ciencia d ls attosegonsi¿½. Per tant, aquest avenc podria oferir nous metodes amb gran potencia per controlar i estudiar la dinamica electronica ultrarapida en sistemes complexos, i cont nuar impulsant el desenvolupament del camp emergent de l'optica quantica d'attose

Referencia:

J. Rivera-Dean, P. Stammer, M. F. Ciappina, and M. Lewenstein. Structured squeezed light allows for high-harmonic generation in classical forbidden geometries. Phys. Rev. Lett. (2025) DOI: https://doi.org/10.1103/4hdl-bdwj

Agraiments:

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 FIDEUA PID2019-106901GB-I00,

Plan National STAMEENA PID2022-139099NB, I00, project funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the i¿½European Union NextGenerationEU/PRT " (PRTRC17.I1), FPI); QUANTERA DYNAMITE PCI2022-132919, QuantERA II Programme co-fund d by European Union's Horizon 2020 program under Grant Agreement No 101017733; Minist y for Digital Transformation and of Civil Service of the Spanish Government through t e QUANTUM ENIA project call - Quantum Spain project, and by the European Union throu h the Recovery, Transformation and Resilience Plan - NextGenerationEU within the framewo k of the Digital Spain 2026 Agenda; Fundacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat e Catalunya (European Social Fund FEDER and CERCA program; Barcelona Supercomputi g Center MareNostrum (FI-2023-3-0024); Funded by the European Union. Views and opinio s expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of t e European Union, European Commission, European Climate, Infrastructure and Environme t Executive Agency (CINEA), or any other granting authority. Neither the European Union n r any granting authority can be held responsible for th m (HORIZON-CL4-2022-QUANTUM-02-SGA PASQuanS2.1, 101113690, EU Horizon 20 0 FET-OPEN OPTOlogic, Grant No 899794, QU-ATTO, 101168628), EU Horizon Europe Progr m (This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research a d innovation program under grant agreement No 101080086 NeQSTGrant Agreeme t 101080086 - NeQST); ICFO Internal i¿½QuantumGaudii¿½ project; P. Stammer acknow edges support from: The European Union's Horizon 2020 research and innovation pro ramme under the Marie Sk?odowska-Curie grant agreement No 847517. M. F. C. acknow edges support from: the National Key Research and Development Program of China (Gra t No. 2023YFA1407100), the Guangdong Province Science and Technology Major Project (uture functional materials under extreme conditions - 2021B0301030005) and the Gua gdong Natural Science Foundation (General Program project No. 2023A1515010871).