



## La polarización circular ya no supone una barrera para la generación de altos armónicos

A diferencia de lo que la comunidad científica creyó durante mucho tiempo, investigadores del ICFO han demostrado que la luz con polarización circular sí puede generar altos armónicos, siempre que contenga fluctuaciones suficientemente intensas.

July 02, 2025

La generación de altos armónicos (HHG, por sus siglas en inglés) es un proceso en el cual un láser muy intenso interactúa con un material para producir nueva luz a frecuencias mucho más altas (los armónicos de la frecuencia del láser entrante). Esta luz dura solo unos pocos attosegundos ( $10^{-18}$  segundos), lo que la convierte en una herramienta invaluable para observar los movimientos electrónicos y nucleares dentro de átomos y moléculas, los cuales suelen ocurrir en escalas de tiempo demasiado rápidas para ser captadas por pulsos de luz más largos.

A pesar de la extensa investigación dedicada a comprender la HHG, aun quedan alguna

cuestiones por resolver. Por ejemplo, se ha observado que cuando el campo laser entrante e una fuente de luz coherente y clasica, su polarizacion juega un papel crucial en el resultado. En particular, cuando la luz esta polarizada circularmente -es decir, su campo electrico rot mientras se propaga- esto suele suprimir la generacion de altos armonicos en los atomos. Los investigadores del ICFO, **eDr. Javier Rivera-Dean** y **Philipp Stammer**, dirigidos por el **Prof. ICREA Maciej Lewenstein**, en colaboracion con el Prof. Dr. Marcelo Ciappina del Guangdong Technion - Israel Institute of Technology, han superado esta limitacion, refutando la ya establecida creencia de que la luz con polarizacion circular no puede producir altos armonicos. Tras meses de trabajo, demostraron teoricamente que los altos armonicos pueden, de hecho, volver a emerger al introducir fluctuaciones lo suficientemente intensas en la luz laser. Los resultados fueron publicados hoy en Physical Review Letters. Especificamente, el equipo considero luz con fluctuaciones cuanticas disenadas de tal modo que no puedan describirse unicamente mediante la fisica clasica, siendo estas provocadas por un fenomeno cuantico conocido como squeezing (compresion cuantica). Pero no solo demostraron la emision de altos armonicos, sino que tambien encontraron que sus frecuencias e intensidades dependen de manera muy sensible de las propiedades cuanticas de la luz, en particular del tipo de squeezing aplicado. Finalmente, vincularon estas observaciones con cambios en el comportamiento subyacente de los electrones durante el proceso.

Los investigadores destacan que no es estrictamente necesario utilizar luz no clasica para permitir la HHG con polarizacion circular; en cambio, las fluctuaciones intensas -independientemente de su origen- son el factor clave. Sin embargo, segun el Dr. Javier Rivera-Dean, autor principal del articulo: *¿Nuestro trabajo abre la emocionante posibilidad de utilizar fluctuaciones cuanticas estructuradas en la luz para modificar el proceso e generacion de armonicos, y asi plantear nuevas preguntas sobre su naturaleza y las consecuencias que podria tener en aplicaciones mas complejas dentro de la ciencia e attosegundos?* Por lo tanto, este avance podria ofrecer nuevos metodos con gran potencial para controlar y estudiar la dinamica electronica ultrarrapida en sistemas mas complejos, y seguir impulsando el desarrollo del emergente campo de la optica cuantica de attosegundo.

**Referencia:**

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>

**Agradecimientos:**

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  $\frac{1}{2}$ European Union NextGenerationEU/PRT " (PRTRC17.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; 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. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union, European Commission, European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA), or any other granting authority. Neither the European Union nor any granting authority can be held responsible for them (HORIZON-CL4-2022-QUANTUM-02-SGA PASQuanS2.1, 101113690, EU Horizon 2020 FET-OPEN OPTologic, Grant No 899794, QU-ATTO, 101168628), EU Horizon Europe Program (This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation program under grant agreement No 101080086 NeQSTGrant Agreement 101080086 - NeQST); ICFO Internal  $\frac{1}{2}$ QuantumGaudii  $\frac{1}{2}$  project; P. Stammer acknowledges support from: The European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 847517. M. F. C. acknowledges support from: the National Key Research and Development Program of China (Grant No. 2023YFA1407100), the Guangdong Province Science and Technology Major Project (future functional materials under extreme conditions - 2021B0301030005) and the Guangdong Natural Science Foundation (General Program project No. 2023A1515010871).