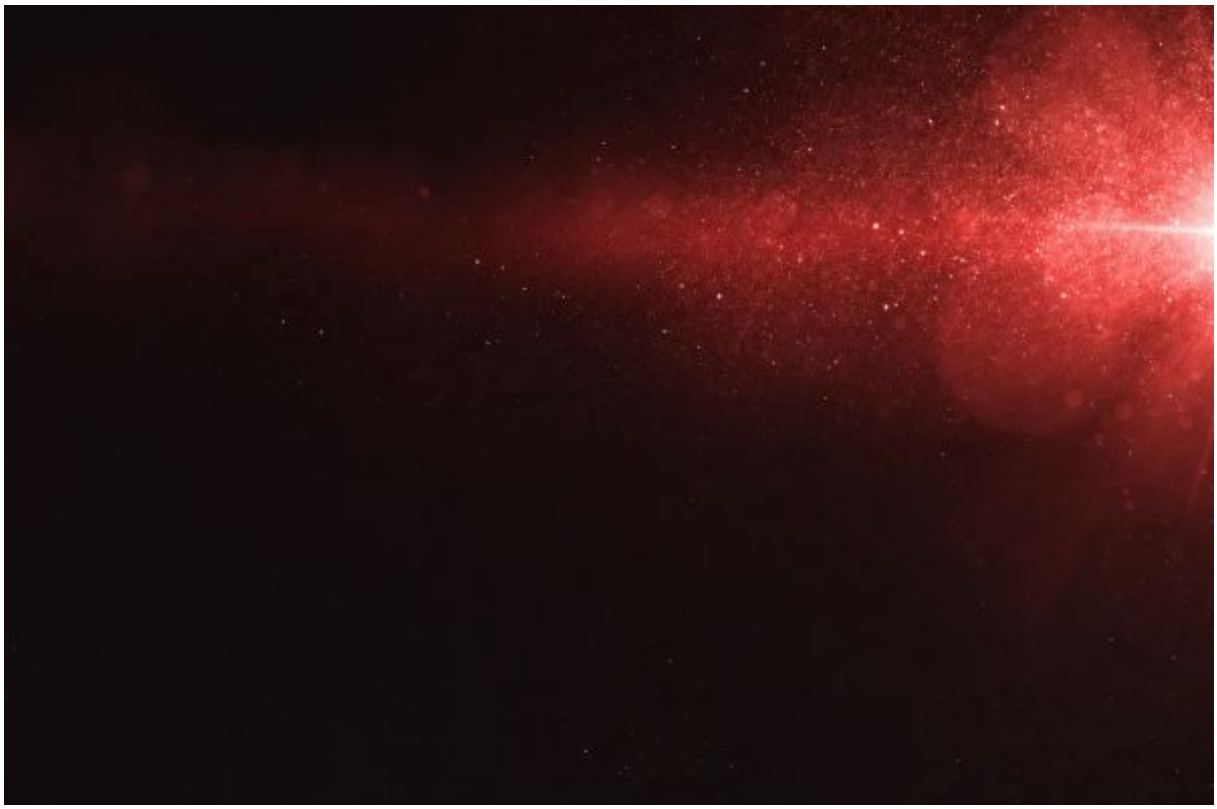

Com generar harmonics alts amb llum quantica malgrat la decoherencia

La llum de buit comprimit brillant (BSV, per les seves sigles en angles) interacciona fortament amb la materia, cosa que pot d nar lloc a la generacio d'harmonics d'alt ordre amb propi tats quantiques. Investigacions anteriors, pero, nomes h vien considerat la seva interaccio amb un sol atom. Ara, investigadors de l'ICFO i col·laboradors han estudiat l propagacio de la BSV a traves d'un medi ple d'atoms d'argo, el efectes de decoherencia resultants i com minimitzar-los. El resultats es publiquen aNature Communications.

August 18, 2026

Els polsos de llum mes curts obtinguts fins ara duren nomes uns pocs attosegons. Son tan increiblement curts, molt mes que un obrir i tancar d'ulls, que el nostre cervell te dificultats per imaginar-los. Pero aixo es precisament el que els permet investigar processos electronics extremadament rapids, omnipresents a la vida a la Terra; processos que ocorren quan es desenvolupen reaccions quimiques o quan les molecules biologiques es transfereixen

energia entre si.

La generacio d'harmonics alts (HHG, per les seves sigles en angles) -la generacio dels harmonics d'alt ordre d'un pols de llum quan aquest es absorbit per un atom- es el precursor fisic dels polsos de llum mes curts que existeixen a dia d'avui. Tot i que la HHG ha estat ampliament estudiada quan s'impulsa mitjancant una font de llum classica, recentment s'ha demostrat que la llum quantica tambe te aquesta capacitat. Pero, es mantenen les propietats quantiques un cop ja s'han generat els harmonics? Aquesta es una de les preguntes mes importants que s'investiguen actualment.

Ara be, existeixen molts tipus diferents de llum quantica, cadascuna amb propietats diferents. La llum de buit comprimit brillant (BSV) es especialment interessant perque, com el seu mateix nom indica, presenta compressio -una caracteristica purament quantica que redueix el soroll en un observable (per exemple, la posicio) a canvi d'augmentar el soroll en el seu conjugat (el moment)- i, alhora, esta constituida per un alt nombre de fotons. Per tant, la BSV es adequada per induir interaccions fortes entre llum i materia, com les necessaries per a la generacio d'harmonics alts.

Fins ara, les investigacions teoriques sobre la HHG impulsada per BSV nomes tenien en compte la interaccio amb un sol atom. Per avaluar l'aplicabilitat real de les fonts de llum BSV, pero, cal considerar una situacio molt mes realista: un medi ple d'atoms. Aquest es precisament l'escenari que els investigadors de l'ICFO, el **Dr. Javier Rivera-Dean** i el **Dr. Philipp Stammer**, dirigits pel **Prof. Dr. Maciej Lewenstein**, han investigat teoricament, en col·laboracio amb l'Institute of Electronic Structure & Laser a Creta, la Technische Universita Wien, el Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie, ELI ALPS i l Center for Quantum Science and Technologies (FORTH-QuTech . Publicat a Nature Communications, l'estudi revela que la generacio d'harmonics alts impulsada per la BSV pot veure's afectada per la ionitzacio atomica i les perdues de fotons, efectes col·laterals de la propagacio de la BSV a traves del medi. Aixo degrada le caracteristiques quantiques de la radiacio, limita la seva longitud maxima de propagacio disminueix el nombre d'harmonics emesos

Afortunadament, aquests efectes de decoherencia no son un obstacle insuperable. "He demostrat que,**sota les condicions adequades, la BSV pot preservar la seva 'quanticitat' i generar eficientment harmonics amb propietats quantiques**", afirma el Prof. de l'ICFO Maciej Lewenstein, expert de llarga trajectoria en HHG que va formar part de l'estudi. Les condicions inclouen reduir significativament les perdues de fotons degudes a la ionitzacio atomica i controlar acuradament la intensitat de la BSV, de manera que es minimitzi la decoherencia sense perdre la capacitat de generar harmonics alts.

Els investigadors ja estan mirant de determinar les condicions precises per a la realitzacio experimental. Implementar el marc teoric proposat permetria ampliar encara mes la nostra comprensio sobre la propagacio de la BSV a traves de medis, cosa que, al seu torn, acostaria els camps de la fisica ultrarrapida i quantica.

Referencia:
Rivera-Dean, J., Kanti, D., Stammer, P., Carlstrom, S., Tsatrafyllis, N., Ivanov, M. Yu Lewenstein, M., & Tzallas P., Propagation effects in high harmonic generation media drive by bright squeezed vacuum light.Nat Commun **17**, 8457 (2026).
DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-026-75173-8

Agraiments:
The group of P.T. at FORTH acknowledges the Hellenic Foundation for Research and Innovation (HFRI) and the General Secretariat for Research and Technology (GSRT) under grant agreement CO2toO2 Nr.:015922, the European Union's HORIZON-MSCA-2023-DN-01 project QU-ATTO under the Marie Sk?odowska-Curie grant agreement No 101168628 and ELI-ALPS. The ELI ALPS project (GINOP-2.3.6-15-2015-00001) is supported by the European Union and co financed by the European Regional Development Fund. H2020-EU research and innovation program under the Marie Sk?odowska-Curie (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, project funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the i¿½European Union NextGenerationEU/PRT " (PRTR - C17.I1), FPI); project funded by the EU Horizon 2020 FET-OPEN OPTOlogic, Grant o 899794, QU-ATTO, 101168628), Fundacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat de Catalun a (European Social Fund FEDER and CERCA program. P.S. acknowledges funding from t e European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Mar e Sk?odowska-Curie grant agreement No 847517. M.I. and S.C. acknowledge support of t e Project No. 545591821 "GENIOUS" and Project No. 560535838 "Qu-NOIR". J. R.-. acknowledges funding from UK Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSR) Funding, Grant UKRI2300 - Attosecond Photoelectron Imaging with Quantum Light (APIQuL).