



## Posant en valor els efectes quantics en la ciència d'attosegons

En un article de perspectiva de *Nature Reviews Physics*, un grup d'investigadors presenta un resum dels últims avenços relacionats amb fenòmens quantics en la ciència d'attosegons, els quals sovint són passats per alt malgrat el seu potencial per influir en els resultats experimentals i teòrics.

October 08, 2024

La ciència d'attosegons, el camp dedicat a manipular i observar fenòmens amb una resolució temporal d'attosegons (es a dir, 10<sup>-18</sup> segons), ha obert la porta a l'observació i el control en temps real en l'àmbit atòmic. Per exemple, ha revelat detalls mai vistos abans sobre la dinàmica dels electrons en la seva escala temporal natural o el comportament de la matèria en condicions extremes.

D'altra banda, la física quàntica és una teoria fonamental que descriu el comportament de la natura a l'escala i per sota de l'escala dels àtoms. Per tant, es podria esperar que la ciència d'attosegons i la mecànica quàntica estiguessin estretament relacionades. De fet, moltes aplicacions exitoses que sorgeixen de la combinació d'ambdues disciplines s'han anat

succeint al llarg dels anys, especialment en les àrees d'òptica quàntica, química quàntica i ciència de la informació quàntica. No obstant, **el caràcter quàntic de molts experiments d'attosegons ha estat sistemàticament ignorat**. La llum s'ha tractat de manera clàssica, la presència de l'entrellacament ha estat ignorada o no explorada, i no s'han buscat o detectat signes de modes de camp no clàssics, entre d'altres. Malgrat aquesta manca de consideració àmpliament estesa, aquestes característiques podrien influir fortament en els resultats experimentals i teòrics.

Ara, **Philipp Stammer**, investigador d'ICFO, juntament amb investigadors del University College London, Northwestern University i l'Institute for Nanostructure and Solid-State Physics (Universitat de Hamburg), han publicat un article de perspectiva a Nature Reviews Physics sobre els fenòmens quàntics en la ciència d'attosegons.

**L'article recull el treball fruit de diferents esforços dirigits a revelar la intrínseca naturalesa quàntica de la ciència d'attosegons**, els quals han evolucionat de manera separada. Pel que fa a l'enfocament d'òptica quàntica sobre els processos d'attosegons, l'article destaca on i com es poden esperar desviacions respecte al marc semi-clàssic (el que utilitza la mecànica quàntica per descriure la matèria, però la mecànica clàssica per descriure la llum). També proporciona la primera classificació inequívoca de fenòmens quàntics i clàssics en la ciència d'attosegons, cosa que fins ara no s'havia definit acuradament. Pel que fa al camp de la ciència quàntica, mostra que els processos impulsats per lasers intensos poden ser utilitzats com a plataforma per a aplicacions de tecnologia quàntica.

D'entre la gran varietat d'assoliments recents, Philipp Stammer destaca "la descripció teòrica quàntica completa del procés de generació d'alts harmònics (HHG) i de ionització sobre el llindar (ATI), mostrant característiques quàntiques com els estats comprimits i l'entrellacament, així com l'estudi teòric de la HHG i l'ATI impulsats per fonts de llum no clàssiques". A nivell experimental, considera que "la generació d'estats de camp no clàssics mitjançant estats òptics de gat de Schrödinger, l'observació de l'entrellacament entre certs modes de camp o la generació d'HHG amb llum comprimida" són alguns dels principals avenços.

A més d'oferir una **visió general de les descripcions quàntiques completes emergents i del creixent interès per l'entrellacament generat en els processos d'attosegons**, els investigadors també revisen algunes de les perspectives futures. **Aquest camp combinat podria permetre la concepció de nous experiments i apropar la ciència d'attosegons a les tecnologies quàntiques òptiques** mitjançant l'enginyeria de llum quàntica o utilitzant l'entrellacament o la coherència quàntica com a recursos, entre altres aplicacions prometedores.

#### **Referència:**

Cruz-Rodríguez, L., Dey, D., Freibert, A. et al. Quantum phenomena in attosecond science. Nat Rev Phys (2024). <https://doi.org/10.1038/s42254-024-00769-2>

**Acknowledgements:**

The work described is funded by: the Spanish Ministry of Science MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by Generalitat de Catalunya i 1/2 Severo Ochoa i 1/2 Center of Excellence CEX2019-000910-S; the Spanish Ministry of Science projects SAPONARIA (PID2021-123813NB-I00), MARICHAS (PID2021-126059OA-I00), SEE-13 MRI (CPP2022-009771) plus RYC2020-029099-I and RYC2022-035450-I, funded by MCIN AEI /10.13039/501100011033; Generalitat de Catalunya through the CERCA program; Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca Grant Nos. 2017-SGR-1354 and 2021 FI B O 039; Fundació Privada Cellex; Fundació Mir-Puig; and the BIST-i 1/2 la Caixa i 1/2 initiative in Chemical Biology (CHEMBIO); the Helmholtz Association (DB002399). The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under the Marie Skłodowska-Curie Grant Agreement 101063517. The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under the Marie Skłodowska-Curie Grant Agreement 101063517 **and 847517**.