



Poniendo en valor los efectos cuánticos en la ciencia de attosegundos

En un artículo de perspectiva de *Nature Reviews Physics*, un grupo de investigadores presenta un resumen de los últimos avances relacionados con fenómenos cuánticos en la ciencia de attosegundos, los cuales a menudo son pasados por alto a pesar de su potencial para influir en los resultados experimentales y teóricos.

October 08, 2024

La ciencia de attosegundos, el campo dedicado a manipular y observar fenómenos con una resolución temporal de attosegundos (es decir, 10^{-18} segundos), ha abierto la puerta a la observación y control en tiempo real en el ámbito atómico. Por ejemplo, ha revelado detalles nunca antes vistos de la dinámica de los electrones en su escala temporal natural o del comportamiento de la materia bajo condiciones extremas.

Por otro lado, la física cuántica es una teoría fundamental que describe el comportamiento

de la naturaleza a la escala y por debajo de la escala de los átomos. Por lo tanto, uno esperaría que la ciencia de attosegundos y la mecánica cuántica estuvieran estrechamente relacionadas. De hecho, muchas aplicaciones exitosas que surgen de la combinación de ambas disciplinas se han ido sucediendo a lo largo de los años, especialmente en las áreas de óptica cuántica, química cuántica y ciencia de la información cuántica. Sin embargo, **el carácter cuántico de muchos experimentos de attosegundos se ha pasado sistemáticamente por alto**. La luz se ha tratado de manera clásica, la presencia del entrelazamiento ha sido ignorada o no explorada, y no se han buscado o detectado signos de modos de campo no clásicos, entre otros. A pesar de esta falta de consideración ampliamente extendida, estas características podrían influir fuertemente en los resultados experimentales y teóricos. Ahora, **Philipp Stammer**, investigador del ICFO, junto con investigadores de la University College London, Northwestern University y el Institute for Nanostructure and Solid-State Physics (Universidad de Hamburgo), han publicado un artículo de perspectiva en *Nature Reviews Physics* sobre los fenómenos cuánticos en la ciencia de attosegundos.

El artículo recopila el trabajo fruto de diferentes esfuerzos dirigidos a revelar la intrínseca naturaleza cuántica de la ciencia de attosegundos, los cuales han evolucionado de manera separada. Con respecto al enfoque de óptica cuántica sobre los procesos de attosegundos, el artículo destaca donde y como se pueden esperar desviaciones respecto al marco semi-clásico (el que usa la mecánica cuántica para describir la materia, pero la mecánica clásica para describir la luz). También proporciona la primera clasificación inequívoca de fenómenos cuánticos y clásicos en la ciencia de attosegundos, algo que hasta ahora no se había definido cuidadosamente. En cuanto al campo de la ciencia cuántica, muestra que los procesos impulsados por láseres intensos pueden ser utilizados como plataforma para aplicaciones de tecnología cuántica.

Entre la amplia gama de logros recientes, Philipp Stammer destaca "la descripción teórica cuántica completa del proceso de generación de altos armónicos (HHG) y de ionización sobre el umbral (ATI), mostrando características cuánticas como los estados comprimidos y el entrelazamiento, así como el estudio teórico de la HHG y ATI impulsados por fuentes de luz no clásicas". A nivel experimental, considera que "la generación de estados de campo no clásicos mediante estados ópticos de gato de Schrödinger, la observación del entrelazamiento entre ciertos modos de campo o la generación de HHG con luz comprimida" son algunos de los principales avances.

Además de ofrecer una visión general de las descripciones cuánticas completas emergentes y del creciente interés por el entrelazamiento generado en los procesos de attosegundos, los investigadores también revisan algunas de las perspectivas futuras. **Este campo combinado podría permitir la concepción de nuevos experimentos y acercar la ciencia de attosegundos a las tecnologías cuánticas ópticas** mediante la ingeniería de luz cuántica o utilizando el entrelazamiento o la coherencia cuántica como recursos, entre otras aplicaciones prometedoras.

Referencia:

Cruz-Rodriguez, 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 ½Seve o Ochoai ½ 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; Generalitatde Catalunya through the CERCA program; Agenci de Gestio d'Ajuts Universitaris i de Recerca Grant Nos. 2017-SGR-1354 and 2021 FI B 01 39; Fundaci ́o Privada Cellex; Fundacio Mir-Puig; and the BIST-i ½la Caixa i ½ 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 Sk lodowska-Curie Grant Agreement 101063517. The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under the Marie Sk lodowska-Curie Grant Agreement 101063517 **and 847517**.