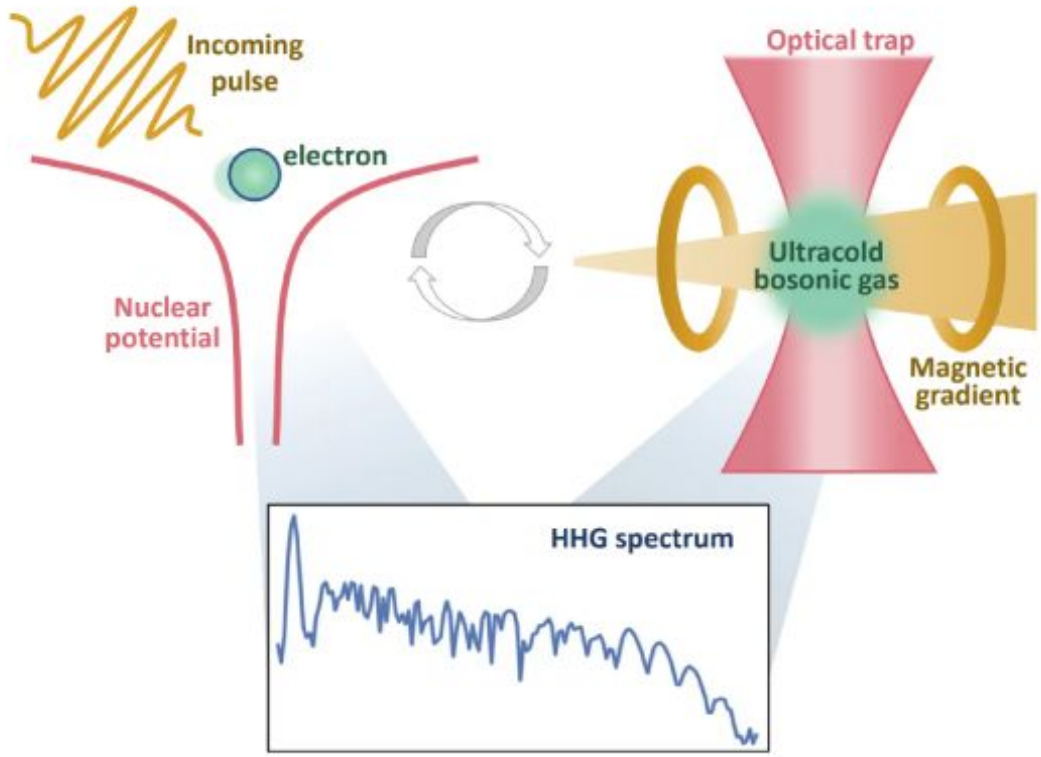


Nous simuladors analogics poden facilitar l?estudi de processos dinamics ultrarapids

Un equip d'investigadors ha proposat teoricament una nova plataforma experimental basada en simulacio analogica amb nuvols d'atoms per estudiar la generacio d'alts harmonics, un proces dinamic ultrarapid l'estudi del qual desafia els metodes computacionals convencionals. El simulador es pot adaptar per abordar una amplia gamma de fenomens complexos, obrint la porta a regims que per la teoria i l'experimentacio directa resulten dificils d'assolir.

February 21, 2024

Malgrat tots els exits en la comprensio de la dinamica dels electrons a la seva escala de temps natural d'attosegons (18 ordres de magnitud menors que un segon), un dels processos fonamentals centrals d'aquest camp, la generacio d'alts harmonics (de l'angles high harmonic generation o HHG), continua representant un repte per a la simulacio d'atoms

freds. Es tracta d'un fenomen altament no lineal en que un sistema absorbeix molts fotons d'un laser entrant i emet un sol foto d'energia molt major.

Les caracteristiques uniques de l'HHG la converteixen en una font excepcional de radiacio ultraviolada extrema i, en conseqüencia, de polsos de llum d'attosegons, els quals tene aplicacions importants en diversos camps com l'optica no lineal o la ciencia dels attosegons El principal obstacle que impedeix l'estudi d'aquest proces, a banda de la velocitat rapid amb que es produeix, es l'elevat nombre de variables implicades. En qualsevol material dona hi son presents molts atoms i electrons, de manera que estudiar la majoria dels processo quimics que hi tenen lloc en tota la seva complexitat requeriria no nomes descriure tot aquests components, sino tambe les seves interaccions amb camps externs i fins i tot entr ells mateixos. Aixo resulta ser una tasca extremadament desafiant per a qualsevol ordinado classic actual. Una ruta alternativa consiteix en utilitzar dispositius quantics, construint el anomenats simuladors analogics, la naturalesa dels quals els permet captar millor l complexitat del sistema

Ara, els investigadors de **ICFO Javier Argüello**, **Javier Rivera** i **Philipp Stammer**, liderats pel **Prof. ICREA de l'ICFO Maciej Lewenstein** i en col·laboracio amb altres instituts de tot el mo (Universitat d'Aarhus, Universitat de California i Guangdong Technicon-Institut Tecnologic d Israel) han proposat, en una publicacio delPhysical Review X Quantum, un simulador analogic per accedir a l'espectre d'emissio de l'HHG utilitzant nuvols atomics ultrafreds. A part de mostrar que era possible una replicacio precisa de les caracteristiques clau dels processos de l'HHG als atoms, tambe ofereixen detalls sobre com implementar-la en objectius atomics especifics i analitzen les principals fonts d'errors.

El potencial de la simulacio analogica

Un simulador analogic permet als cientifics estudiar un sistema quantic complex (computacionalment exigent) mitjancant el control i la manipulacio d'un de molt mes simple, que es pot abordar experimentalment. Tot i aixo, no totes les opcions son valides, ha d'existir una connexio entre ambdos sistemes.

En aquest treball concret, el fenomen complex que van escollir per a analitzar la seva idea va ser la generacio d'alts harmonics. Alla, els electrons lligats a l'atom travessen per efecte tunel la barrera formada pel potencial atomic de Coulomb i el camp electric d'un laser. Despres, aquests electrons lliures s'acceleren, provocant l'emissio de radiacio de freqüencie harmoniques caracteristiques quan es recombinen amb els ions originals. Aquest e l?espectre d?emissio de la HHG que els investigadors volien recuperar

D'altra banda, la conexio a un sistema quantic molt mes simple es va obtenir reemplacan convenientment certs components. En lloc d'un electro i un potencial nuclear, van proposa treballar amb un gas atomic que quedava atrapat per un raig laser; i en lloc de la llum entran i el seu camp electric, van suggerir l'aplicacio d'un gradient magnetic extern que podi sintonitzar-se a voluntat. Les imatges d'absorcio d'aquest sistema dissenyat artificialmen

coincideixen amb la produccio d'emissio desitjada
Per tant, captant imatges d'absorcio del simulador analogic, es pot estudiar indirectamen l'espectre d'emissio de la generacio atomica d'alts harmonics

Una nova plataforma per a la simulacio ultrarrapida

Al final, el grup de recerca ha aplanat el cami per demostrar el potencial del seu metode alternatiu a l'hora d'abordar sistemes complexos que altrament nomes es podrien aproximar teoricament. Es va desmostrar que els simuladors analogics actuals podien recuperar l'espectre d'emissio de l'HHG, es va establir una correspondencia entre els parametres experimentals i simulats i fins i tot es va proporcionar un analisi experimental exhaustiu.
A mes, la plataforma te un avantatge doble. En primer lloc, els elements que emulen el camp entrant i el potencial nuclear es poden sintonitzar facilment. I en segon lloc, la simulacio tambe proporciona una ampliacio temporal. Aixo implica un alt nivell d'accessibilitat, ja que es pot evitar l'escala de temps d'attosegons, cosa que permet als cientifics treballar en un marc molt mes lent (i, per tant, practic).
L'equip destaca la capacitat d'adaptabilitat del seu enfocament, que no es limita exclusivament a simular l'HHG, sino que es podrien estendre a altres configuracions mes exotiques. En particular, la simulacio de processos ultrarapids, com la dinamica multielectronica o la reaccio de la materia a la llum no classica, son els que podrien beneficiar-se'n mes.

P.S. acknowledges funding from the European Union's Horizon H2020 under the Marie Sklodowska-Curie grant agreements No 847517.