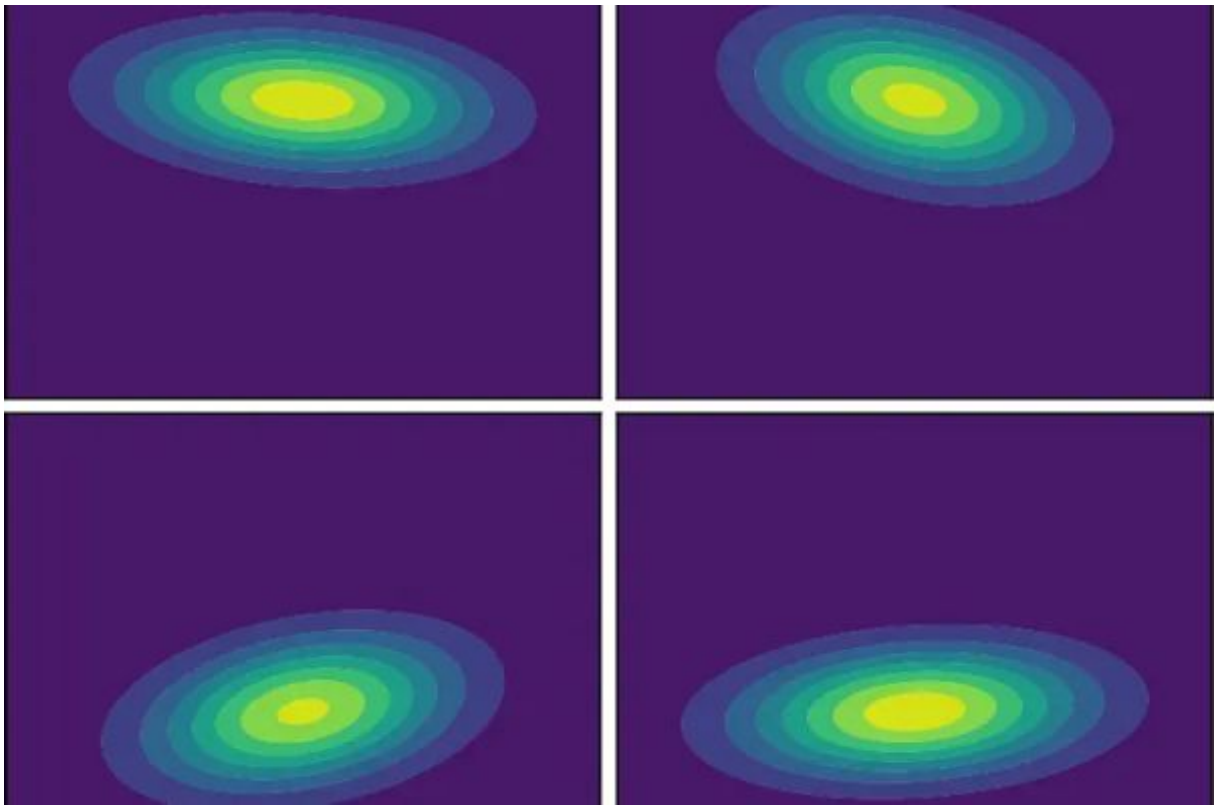


Investigadores revelan teoricamente la generacion de altos armonicos como una nueva fuente de luz cuantica comprimida

Un equipo de investigadores demuestra teoricamente que la luz emitida despues de un proceso de generacion de altos armonicos (HHG, por las siglas inglesas) no es clasica, sino cuantica y comprimida. El estudio revela el potencial de la HHG como una nueva fuente de luz brillante entrelazada y comprimida, dos caracteristicas inherentemente cuanticas con varias aplicaciones de vanguardia dentro de las tecnologias cuanticas.

April 09, 2024

La generacion de altos armonicos es un fenomeno altamente no lineal en el que un sistema (por ejemplo, un atomo) absorbe muchos fotones de un laser entrante y emite un solo foton de energia mucho mayor.

Este proceso es crucial para la attociencia (la ciencia de los procesos ultrarrapidos), ya que

genera pulsos de luz ultravioleta de attosegundos, un ingrediente esencial para muchas aplicaciones dentro del campo. En este regimen, los experimentos de HHG se pueden explicar con gran exito mediante la teoria semiclasica: la materia (los electrones de los atomos) se explica a traves de la mecanica cuantica, mientras que la luz entrante se trata de forma clasica. Segun este enfoque, como era de esperar, la luz emitida resulta ser clasica, lo que coincide con todas las observaciones anteriores.
Sin embargo, los fisicos tienden a sentirse incomodos cuando utilizan dos teorias diferentes (la cuantica y la clasica) para describir el mismo fenomeno. Durante los ultimos anos, los esfuerzos por comprender la HHG desde una perspectiva optica cuantica completa han ido creciendo, pero una descripcion mas general que mostrase diferentes aspectos de la naturaleza cuantica de la radiacion saliente parecia un hito dificil de alcanzar.
Ahora, los investigadores del ICFO **Philipp Stammer**, **Javier Rivera**, **Dr. Javier Argüello** dirigidos por el **Prof. ICREA Maciej Lewenstein**, junto con investigadores de otras instituciones (la Universidad de Aarhus, la Universidad de Creta, ELI-ALPS, Guadong Technion-Instituto Tecnologico de Israel) han descrito teoricamente la generacion de altos armonicos utilizando unicamente la fisica cuantica y, por primera vez, han encontrado caracteristicas tanto de compresion como de entrelazamiento simultaneamente en la luz emitida. El estudio, publicado en Physical Review Letter, explica por que las descripciones clasicas anteriores no contradecian las observaciones y, al mismo tiempo, revela un nuevo metodo para generar recursos opticos cuanticos con **compresion** y **entrelazamiento masivo** en un nuevo regimen de frecuencias brillante, dos caracteristicas de gran interes tecnologico en la actualidad.

Un nuevo metodo para generar entrelazamiento y compresion en la luz
El **entrelazamiento** reside en el nucleo de la fisica cuantica, se trata de una de sus caracteristicas definitorias. A grandes rasgos, cuando dos particulas se entrelazan, medir una de ellas influye en los resultados que se obtendran tras medir la otra. Contraintuitivamente, esto sigue siendo valido cuando estas particulas se separan arbitrariamente, lo que provoca las llamadas "correlaciones no locales". Hoy en dia, el entrelazamiento no se considera un mero fenomeno curioso. En cambio, existe un gran consenso sobre su papel clave dentro de las tecnologias cuanticas. Es por eso que la comunidad cuantica esta buscando formas de generar entrelazamiento, no solo entre dos particulas, sino tambien entre una mayor cantidad de ellas (i¿½entrelazamiento multipartitoi¿
?). Otra caracteristica cuantica definitoria es el ruido inevitable cuando se miden algunos p
res especificos de propiedades de un sistema fisico (por ejemplo, la posicion y el momen
o). Para los estados cuasi clasicos, tambien llamados i¿½estados coherentesi¿½, la can
idad de incertidumbre es igual para ambas propiedades y su producto es minimo. Sin emba
go, en los **estados comprimidos** se puede disminuir el ruido de una propiedad (por ejemplo, de la posicion) a expensas de aumentar el otro (del momento), mientras su producto se mantiene

en el valor mas bajo posible. Esta caracteristica, la cual es una manifestacion directa de la naturaleza cuantica de los estados comprimidos, los hace deseables para varias aplicaciones en tecnologia cuantica.

Los modelos opticos cuanticos teoricos tradicionales de HHG describian los modos del haz de luz resultante (es decir, las diferentes frecuencias a las que oscila el campo electromagnetico) como estados coherentes sin entrelazamiento, independientes entre si. En este contexto, el articulo publicado recientemente ha aportado dos ideas valiosas.

En primer lugar, senala que estudios anteriores ignoraron los distintos estados que puede ocupar el electron durante el proceso de HHG y que, por ello, el estado final de la luz no mostraba ninguna caracteristica cuantica. Aunque esta suposicion era razonable en la mayoria de los experimentos, no proporcionaba la explicacion mas general del fenomeno.

En segundo lugar, los investigadores mejoraron todo el calculo teniendo en cuenta explicitamente los diferentes estados que puede ocupar el electron. Asi, el estado final de la luz resultante mostro rasgos cuanticos en cuanto a que los modos estaban comprimidos, en lugar de ser coherentes; y a que estos ya no eran independientes, sino que mostraban un entrelazamiento multipartito. Los investigadores del ICFO indican que esta situacion, aunque no es estandar para experimentos de attosegundos, podria ser relativamente facil de disenar en el laboratorio.

En definitiva, el equipo ha demostrado que, en condiciones experimentales especificas pero factibles, se puede utilizar la HHG como fuente de luz comprimida con entrelazamiento multipartito. El primer autor del articulo, Philipp Stammer, explica que "los estados masivamente entrelazados son importantes para las tecnologias cuanticas opticas y abren un nuevo campo de investigacion, la generacion de campos de luz extremos con propiedades cuanticas". Las aplicaciones podrian implicar areas como la espectroscopia cuantica, la optica no lineal o la metrologia cuantica, donde el entrelazamiento y la compresion pueden proporcionar una ventaja sobre los laseres clasicos. Ahora es necesaria una realizacion experimental de su descubrimiento para poder explotar esta nueva fuente de luz cuantica en todo su potencial.