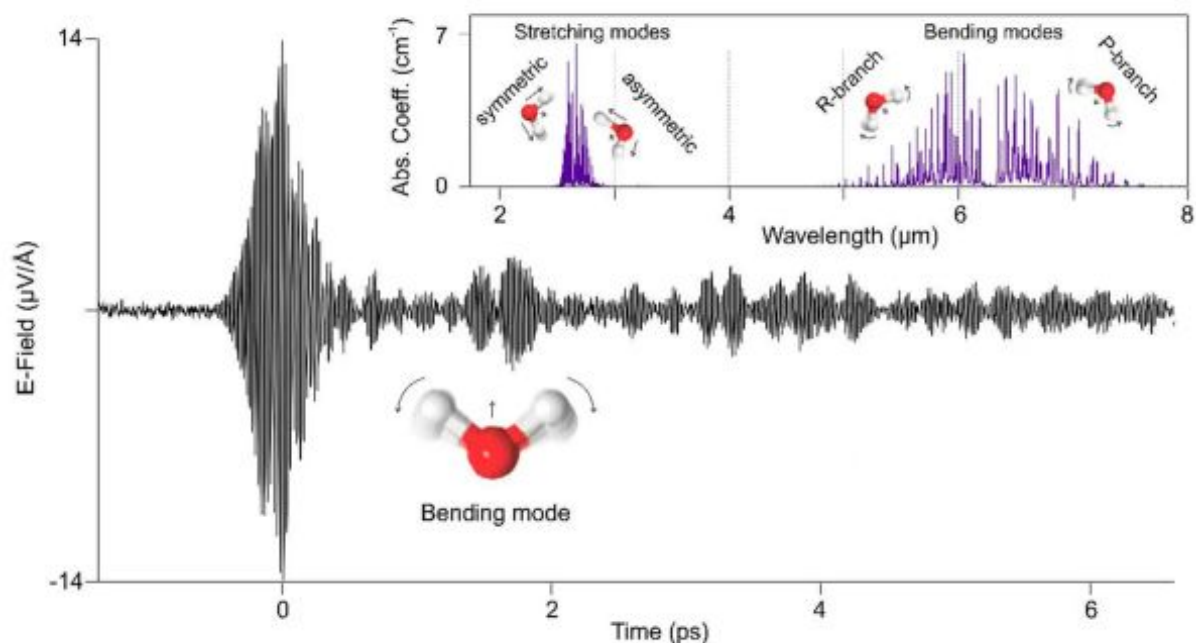




Els investigadors de l'ICFO prediuen com es propaga la llum de l'infraroig mitja per l'atmosfera

Investigadors de l'ICFO han desenvolupat un mètode numèric, validat amb resultats experimentals, que prediu amb precisió que la forma dels polsos de llum de l'infraroig mitja canvia després de viatjar a través de l'aire, especialment en condicions d'alta humitat.

August 16, 2024

Com es propaga un pols de llum a través de l'atmosfera? Tot i que aquesta pregunta pugui semblar ingenua, per respondre-la cal considerar múltiples interaccions amb diverses molècules atmosfèriques, condicions variables en l'espai i el temps, i diversos paràmetres atmosfèrics com la temperatura, la humitat i la pressió. Aquesta complexa interrelació de factors fa que sigui extremadament difícil trobar una solució completa a la qüestió, cosa que encara no s'ha assolit del tot.

Tanmateix, la comunitat científica està profundament interessada en aquest problema, ja que

la capacitat de predir la propagació de la llum a l'atmosfera es clau per a nombroses aplicacions. Entre elles s'inclouen la detecció remota de components atmosfèrics per a la predicció climàtica o meteorològica, el monitoratge de contaminants i altres substàncies nocives, la detecció de fonts de llum remotes com les estrelles guia i l'entrega d'energia destinataris específics.

Els investigadors de l'ICFO **Christian Hensel**, el **Dr. Lenard Vamos**, **Igor Tyulnev**, el **Dr. Ugaitz Elu**, dirigits pel **Prof. ICREA Jens Biegert**, han fet avenços significatius respecte aquest repte. Centrant-se en la llum de l'infraroig mitjà, l'equip ha desenvolupat un model que prediu amb precisió com canvien la intensitat i el perfil d'aquests polsos mentre viatgen per l'aire. Els experiments realitzats pels investigadors corroboren de manera contundent les prediccions del model. Els seus resultats, publicats a APL Photonics, revelen que **la forma del pols s'eixampla durant la propagació per l'atmosfera, identificant el vapor d'aigua com el principal responsable** d'aquest efecte.

Modelar l'atmosfera: un desafiament intricat

«Mesuràvem el camp elèctric inicial d'un pols òptic al seu origen i després aplicàvem el model per predir-ne la propagació. Posteriorment, comparàvem la predicció amb una altra mesura del camp realitzada després de la propagació», explica el professor ICREA Jens Biegert, resumint en termes senzills el procediment seguit a l'estudi. Però la veritat és que el procés va ser molt més sofisticat. La modelització, per exemple, va implicar l'ús d'una gran base de dades, d'alta precisió, dels constituents atmosfèrics a diverses temperatures i nivells d'humitat. Aquests constituents absorbeixen i dispersen la llum en milers de freqüències diferents, i aquestes freqüències canvien al llarg del temps de durada del propi pols. «Comprendre quines aproximacions es podien aplicar al model per reduir-ne la complexitat i augmentar-ne la velocitat, mantenint alhora milers de línies d'absorció, va ser molt exigent», admet el professor

Biegert. A més, l'aire no només està fet d'oxigen i nitrogen; també conté grans quantitats d'aigua. En particular, els investigadors van haver de tenir en compte la denominada molècula d'aigua 'top-hat' a les seves simulacions. Aquesta molècula té un espectre d'absorció significativament complex, cosa que converteix el procés de modelització en una tasca encara

El pols s'eixampla en presència de vapor d'aigua

Finalment, l'equip va aconseguir incorporar tots aquests paràmetres al seu model. Segons aquest, el procés comença amb polsos de llum molt curts i precisos. A mesura que els polsos viatgen, interactuen amb molècules atmosfèriques, que absorbeixen i re-emetten llum en direccions aleatòries en un temps molt superior al de durada del pols laser inicial. Com a resultat, la durada del pols emès augmenta i, a causa de la interferència entre els diferents polsos re-emessos, li apareix una cua llarga i complexa, la qual cosa degrada la forma inicial

ben definida. El model també va mostrar que, a mesura que augmenta la humitat, la deformació es torna encara més pronunciada a causa dels efectes addicionals d'absorció i dispersió provocats per l'exces de vapor d'aigua.

Després, els investigadors van dur a terme experiments sensibles en el domini temporal, els quals van reproduir excel·lentment els efectes predits, validant així el model. *¿El nostre mètode és general i fàcil d'aplicar per a qualsevol composició de gasos i formes de pols?* *¿Comparteix el Dr. Lenard Vamos. I afegeix: ¿Aquesta capacitat de predir la propagació a l'atmosfera podria millorar moltes tecnologies, on estimar les característiques dels pols és essencial per a dissenys eficients. També podria ser fonamental per a moltes tècniques espectroscòpiques, on la deformació del pols redueix la resolució temporal i ens proporciona informació sobre el procés d'interacció en si mateix?*

Referencia:

Christian Hensel, Lenard Vamos, Igor Tyulnev, Ugaitz Elu, Jens Biegert; Propagation of broadband mid-infrared optical pulses in atmosphere. *APL Photonics* 1 August 2024; 9 (8): 080801.

DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0218225>

Agraiments:

The authors acknowledge financial support from the European Research Council via ERC Advanced Grant 'TRANSFORMER' (788218) and ERC Proof of Concept Grant 'mini-X' (840010), the European Union's Horizon 2020 for 'PETACOM' (829153), FET-OPEN 'OPTOLOGIC' (899794), PATHFINDER-OPEN 'TwistedNano' (101046424), Laserlab-Europe (871124), Marie Skłodowska-Curie grant no. 860553 ('Smart-X'), MINECO MINECO for 'AttoQM' PID2020-112664GB-100, AGAUR for SGR-2021-01449, 'Severo Ochoa' (CEX2019-000910-S), Fundació Cellex Barcelona, CERCA Programme/Generalitat de Catalunya and the Alexander von Humboldt Foundation for the Friedrich Wilhelm Bessel Prize.