

A portrait of Anne L'Huillier, an elderly woman with short, curly white hair, smiling warmly. She is wearing a white button-down shirt under a textured, pinkish-red jacket with gold buttons. Her hands are on her hips. The background is a lush green park with trees and a path.

Een toevallige ontdekking leidde tot een carrière in ultrakorte lichtpulsen

Interview met Anne L'Huillier

Anne L'Huillier maakt een licht vermoeide indruk als ze tijdens FYSICA 2024 het podium oploopt. Maar haar ogen lichten op zodra ze begint te praten over het onderzoek naar ultrakorte lichtpulsen dat haar in 2023 de Nobelprijs voor de Natuurkunde opleverde.

Met zachte stem vertelt L'Huillier enthousiast over de ontdekking die leidde tot de kortste laserpulsen ooit, pulsen die gemeten worden in attoseconden. Een attoseconde is een triljoenste van een

seconde. Dat is onvoorstelbaar kort. Er zitten ongeveer evenveel attoseconden in een seconde als seconden in de leeftijd van het heelal. Die korte lichtpulsen maken het mogelijk om extreem snelle processen te onderzoeken, zoals de beweging van elektronen.

De vermoeidheid is niet gek. Een dag eerder gaf L'Huillier een presentatie bij chipmachinebedrijf ASML, gevolgd door werkbesprekingen en interviews. Vlak voor de FYSICA-lezing gaf ze les aan Groningse middelbare scholieren in een tot lokaal omgebouwde *science truck*. En meteen na de FYSICA-lezing vliegt ze terug naar Zweden waar ze hoogleraar atoomfysica is aan de Universiteit van Lund. Door alle reizen, presentaties, lezingen en interviews komt ze nauwelijks nog toe aan onderzoek.

“Zo gaat het sinds de Nobelprijs-bekendmaking”, vertelt ze eerder die dag, als ze even tijd heeft voor weer een interview. Ze klaagt niet. “Het is erg intensief, maar ik doe het graag.” Lezingen voor middelbare scholieren en studenten krijgen voorrang. “Dat vind ik het leukst. Vooral scholieren zijn erg spontaan en enthousiast.”

Harmonische boventonen

Het verhaal van de attosecondefysica begon in de jaren tachtig bij het Centre d'Énergie Atomique (CEA) in Parijs, waar L'Huillier destijds werkte. “We waren toen niet op zoek naar iets dat kon leiden tot attoseconde-lichtpulsen”, vertelt L'Huillier. “Het was een toevallige ontdekking.”

“We waren bezig met een experiment waarbij we met een krachtige laser op edelgassen, zoals argon, schenen. We zochten naar fluorescentie die zou ontstaan.” Fluorescentie is het verschijnsel waarbij elektronen in een materiaal extra energie krijgen als je er licht op schijnt. Na een tijdje raken ze die energie weer kwijt en zenden ze licht uit. Een bekend voorbeeld is het oplichten van witte t-shirts onder uv-licht. Maar ze zagen geen fluorescentie. “In plaats daarvan zagen we licht met verschillende frequenties, die hoger waren dan de frequentie van de laser. Het waren harmonischen, of boventonen, van het laserlicht”, vertelt ze. Je kunt dit vergelijken met de boventonen bij het spelen van een toon, bijvoorbeeld door met een strijkstok over de snaar van een viool te gaan. Speel je een C, met de frequentie 262 hertz, dan ontstaan er ook hogere boventonen met een meervoudige frequentie, zoals 524 of 786 hertz. De sterkte van de boventonen verschilt per instrument en bepalen de klankkleur.

“Dit was een onverwachte ontdekking”, vertelt L'Huillier.

“We hadden niet meteen door dat dit belangrijk kon zijn, maar ik was wel onmiddellijk geïnteresseerd en nieuwsgie-

rig. Als jonge onderzoeker zag ik een nieuw onderzoeksveld waar ik aan kon werken. Ik wilde deze laser-boventonen begrijpen.”

Attoseconde-pulsen

In de jaren daarna ontstond er een beeld van het fenomeen dat de harmonischen veroorzaakt. Het werkt als volgt: een laserstraal is een wisselend elektrisch veld. Dit elektrische veld trekt eerst een elektron uit een edelgasatoom. Omdat het elektrische veld van richting verandert, wordt het elektron daarna terugversneld naar het atoom. Het elektron kan dan terugkeren in het atoom waarbij het de extra energie, die het bij het versnellen heeft opgedaan, verliest in de vorm van een lichtflitsje. Door het wisselende elektrische veld herhaalt dit proces zich elke halve lasercyclus. Dat leidt tot het uitzenden van boventonen van het laserlicht.

“Al snel ontstond het idee dat je hiermee attoseconde-lichtpulsen zou kunnen maken”, vertelt L'Huillier. Onder de juiste omstandigheden kunnen de boventonen namelijk een reeks van lichtpulsen vormen waarbij elke puls een paar honderd attoseconden lang is.

“Het duurde vervolgens veertien jaar voordat dit experiment slaagde”, zegt L'Huillier. In 2001 produceerde Pierre Agostini een treintje van pulsen van 250 attoseconden. En rond dezelfde tijd wist Ferenc Krausz een enkele lichtpuls van 650 attoseconden te isoleren. Beiden deelden de Nobelprijs van 2023 met L'Huillier.

“Na 2001 verschoof het attoseconde-onderzoek richting toepassingen, ook binnen mijn onderzoeksgroep”, vertelt L'Huillier, die sinds 1997 een onderzoeksgroep leidt aan de Universiteit van Lund. “We proberen met attoseconde-pulsen bijvoorbeeld het snelle gedrag van elektronen te bestuderen.” Dit is vergelijkbaar met de manier waarop een hogesnelheidscamera het slaan van kolibriefleugels zichtbaar maakt. De laatste jaren keert L'Huillier ook weer terug naar de basis. “We proberen de eigenschappen van de harmonischen beter te begrijpen en karakteriseren.” Dit onderzoek is vooral ontstaan door een samenwerking met ASML, die geïnteresseerd is in harmonischen om chips te bestuderen.

L'Huillier werkt dus al bijna veertig jaar aan attosecondefysica en is er nog niet op uitgekeken. “Het veld gaat nu verschillende kanten op”, vertelt ze enthousiast. “Zo zijn er toepassingen in de atoomfysica, scheikunde, biologie en materiaalwetenschappen. Een richting die ik zelf leuk vind is het bestuderen van quantumeigenschappen van elektronen met attoseconde-pulsen.”

Het zal wel nog even duren voordat ze dit werk weer kan oppakken, want hoewel de Nobelprijs het vakgebied in de schijnwerpers heeft gezet, zorgt het ook voor haar drukke agenda. “Ik heb nu al afspraken staan voor 2025”, besluit L'Huillier met een vermoeide glimlach.