

— GABRIEL PANKOW

Exclusief interview met Nobelprijswinnaar Anne L'Huillier

De Nobelprijs voor de natuurkunde van 2023 ging naar Anne L'Huillier en haar twee collega's Pierre Agostini en Ferenc Krausz. Nog maar een paar dagen ervoor eerde de Berthold Leibinger Foundation de kernfysica met de Future Prize. De kersverse Nobelprijswinnaar voor de natuurkunde Anne L'Huillier vertelt in een exclusief interview waar onderzoek met 's werelds kortste laserflitsen toe leidt.

Mevrouw L'Huillier, als u op een barbecuefeest wordt gevraagd wat u voor de kost doet: wat antwoordt u dan?

L'Huillier: Voor zulke situaties heb ik een antwoord bedacht waar ik best blij mee ben. Dus ik zeg: ik werk op het grensvlak van laserfysica en atoomfysica. Ons team gebruikt korte, heel, heel korte laserpulsen, zoals een cameraflitser. Hiermee filmen we extreem snelle bewegingen van bijvoorbeeld elektronen.

Met heel, heel korte laserpulsen bedoelt u...?

L'Huillier: Pulsen van enkele attoseconden lang.

Wat moet ik me voorstellen bij een attoseconde?

L'Huillier: Helemaal niets. Er zijn verschillende pogingen om de kortheid van de tijdsperiode te illustreren. De vergelijking die ik soms gebruik gaat als volgt: een attoseconde staat voor een seconde, zoals een seconde staat voor de hele leeftijd van het universum, dat wil zeggen 14 miljard jaar. Maar helpt dit echt? Daar ben ik sceptisch over. Helpt het u?

Nou ja, misschien een beetje.

L'Huillier: We moeten gewoon accepteren dat dit niet kan worden begrepen met ons menselijke tijdsbesef. Gelukkig hoeven wij daar helemaal niet van afhankelijk te zijn. Omdat we zowel de abstracte methoden van wiskunde en theorie hebben als praktische experimenten. Een attoseconde duurt eenvoudigweg 10^{-18} seconden. Veel interessanter dan nadenken over de lengte van een attoseconde is de vraag waarom we überhaupt naar zulke korte tijdschalen willen gaan.

Goed. Waarom hebben we attosecondepulsen nodig?

L'Huillier: Er zijn processen in de natuur die zo snel plaatsvinden dat we ze alleen met lichtpulsen van een attoseconde kunnen meten. De belangrijkste zijn de bewegingen van elektronen. Hoe korter ons flitslicht, ook wel puls genaamd, des te nauwkeuriger zien we de voortbeweging. Mijn onderzoeksgroep legt momenteel vooral processen in en rond eenvoudige



atomen vast, omdat dat makkelijker is. Als we iets beter worden, wordt het mogelijk om elektronenbewegingen waar te nemen in complexere systemen, bijvoorbeeld in moleculen. Chemische reacties vinden plaats als elektronen zich bewegen. Deze eerste bewegingen zullen op een dag meetbaar zijn.

En dan?

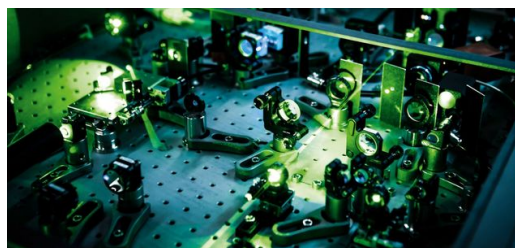
L'Huillier: Iets kunnen meten is de eerste stap om iets te kunnen controleren. Het grote langetermijndoel is om uiteindelijk chemische reacties op elektronenniveau te beheersen.

Wat zal hiermee mogelijk zijn??

L'Huillier: Het is moeilijk om een goed gedefinieerde visie te geven. Het is gewoon fundamenteel onderzoek.



Prof. Anne L'Huillier opende ooit de deur naar de fysica van attosecondelaserpulsen. Met haar onderzoek komt ze nu steeds dichterbij de elektronen.



Het onderzoeksteam in Lund, Zweden, zet femtosecondelaserpulsen in om zogenaamde hoge harmonischen te genereren. Ze gebruiken deze om attoseconde-laserpulsen te genereren en observeren hiermee atomaire processen.

In 1987 ontdekten ze tijdens een experiment hoe ze zogenaamde hoge harmonischen konden genereren. Een voorwaarde voor het genereren van attosecondepulsen.

L'Huillier: Ja, dat was een gelukkig toeval! Dat is altijd het leukste, als je iets tegenkomt wat je niet had verwacht. Dan is er iets om mee te puzzelen. Destijds wilden we edelgassen eigenlijk bombarderen met intens laserlicht en fluorescentie-effecten onderzoeken. Het bleek dat het sterkste waarneembare licht niet fluorescerend was, maar eerder de hoge harmonischen van de laserfrequentie. Deze ontdekking veranderde mijn carrière. Met behulp van de hoge harmonischen was het later mogelijk om attosecondepulsen te genereren, en dat doe ik nog steeds.

Kan ik me op zijn minst hoge harmonischen voorstellen?

L'Huillier: Ja, hoor! Hier heb ik een vergelijking die veel beter werkt dan die met het universum en attoseconden. Wanneer je de snaar van een viool aanstrijkt, produceer je niet alleen een zuivere toon, dat wil zeggen een zuivere toonfrequentie. Er ontstaan ook andere frequenties. In de muziek worden dit boventonen genoemd. Ze geven het geluid zijn kleur. Boventonen zijn harmonischen. Iets soortgelijks gebeurt wanneer je een gas onder bepaalde omstandigheden blootstelt aan intense laserpulsen van femtoseconden: er ontstaan nieuwe, veel kortere laserfrequenties. De hoge harmonischen zijn de boventonen van de laserfysica.

Wat kun je doen met hoogharmoonische lichtpulsen?

L'Huillier: In de volgende stap de attosecondepulsen maken. Maar ze zijn ook op zichzelf nuttig. Momenteel werken wij samen met een fabrikant van lithografie- en meettechnieksystemen voor de halfgeleiderindustrie. Het idee is om hoge harmonischen te gebruiken om de kleine structuren op halfgeleiders te testen. Voor mij als basisonderzoeker is dit een ongewoon specifiek project. Ik ben verrast en blij dat ons werk nuttig kan zijn voor de samenleving.

Heeft lasertechnologie ook iets met uw onderzoek te maken?

L'Huillier: Ja. Wij van de attosecondefysica moedigen laserfabrikanten al tientallen jaren aan om nieuwe en betere ultrakortepuls lasers te ontwikkelen. Omgekeerd profiteren we uiteraard van betere stralingsbronnen: hoe beter de initiële stralingsbron, hoe beter de hoge harmonischen, hoe beter de attosecondepulsen. Dit resulteert voor ons in nieuwe technische ontwikkelingen, zoals diagnostiek en meetmethoden op het gebied van ultrakortepuls lasertechnologie. Het is dus een voortdurende stimulans. Naast deze positieve effecten is er iets wat voor mij het belangrijkste is aan mijn werk.

Wat is voor u het belangrijkste?

L'Huillier: Ik ben onderzoeker. Maar ik ben ook docent. Ik ben in staat om veel slimme jonge mensen op te leiden en hun kennis te zien groeien. Ik beschouw dit als mijn grootste bijdrage.





Anne L'Huillier is hoogleraar atoomfysica aan de Universiteit van Lund in Zweden. Ze wordt beschouwd als een van de belangrijkste medeoprichters van het onderzoeksveld van de attosecondenfysica. L'Huillier ontving in 2023 de Future Prize van de Berthold Leibinger Foundation voor haar onderzoeksprestaties. Een paar dagen later ontving ze samen met Pierre Agostini en Ferenc Krausz de Nobelprijs voor de natuurkunde.



GABRIEL PANKOW
WOORDVOERDER LASERTECHNIEK

