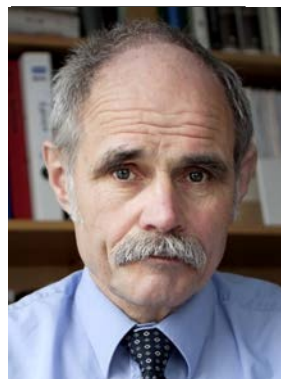


- [6] W. Huggins og M. Huggins (1909) "The Scientific Papers of Sir William Huggins", Wesley and Son.
- [7] R.F. Hirsh (1979) "The riddle of the gaseous nebulae", *Isis*, bind 70, side 197–212.
- [8] A.M. Clerke (1890) "The System of the Stars", Longmans, Green and Co.
- [9] R. Berendzen, R. Hart og D. Seeley (1984) "Man Discovers the Galaxies", Columbia University Press.
- [10] R. Smith (1982) "The Expanding Universe: Astronomy's Great Debate 1900–1931", Cambridge University Press.



Helge Kragh er professor emeritus ved Niels Bohr Institutet og arbejder især med de fysiske videnskabers nyere historie.

## Nobelprisen i fysik 2023

Christine Pepke Gunnarsson, *Kvant*

**ATTOSEKUNDFYSIK.** Som læserne nok har hørt, gik Nobelprisen i fysik i år til Pierre Agostini fra Ohio Universitet i USA, Ferenc Krausz fra Max Planck Institutet i Tyskland og Anne L'Huillier fra Lunds Universitet i Sverige.



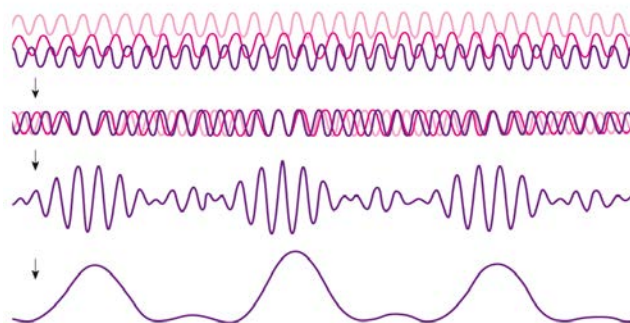
De fik sammen Nobelprisen for deres forskning i attosekundpulser, som er pulser, der er så korte, at man kan bruge dem til at se elektrons hurtige bevægelser. Atomers bevægelser foregår i løbet af femtosekunder, altså langsommere end elektronerne. Et attosekund er så lille en del af et sekund, at det svarer til antallet af sekunder, der har været i universet siden Big Bang! Til sammenligning slår et hjerte ca. 1 slag i sekundet. Nobelprismodtagernes forskning kan bruges til at generere attosekundpulser af lys til blandt andet at studere elektrons dynamik i stof.

Anne L'Huillier opdagede i 1987 dannelsen af attosekundpulser ved at studere vekselvirkningen af laserlys med atomer i en ædelgas. Pierre Agostini og Ferenc Krausz demonstrerede efterfølgende dannelsen af serier af lyspulser, som var meget kortere end tidligere muligt. I lang tid var et femtosekund anset som den nedre grænse for varigheden af en lyspuls, som man kunne producere i laboratoriet.

L'Huillier opdagede attosekundpulser, da hun sendte laserlys gennem en ædelgas og konstaterede, at der derved blev dannet lysbølger med højere frekvenser (højere-harmoniske bølger). De højfrekvente lysbølger dannes, når lyset fra laseren vekselvirker med atomerne i gassen og overfører ekstra energi til elektronerne, der er

tunnelet væk fra atomkernerne. Når elektronerne igen bliver bundet til atomkernerne, udsender de den ekstra energi som lysbølger ved højere frekvenser. L'Huillier viste, at når de højere harmoniske bølger er i fase, kan de overlappende og danne attosekundpulser.

Efterfølgende brugte Agostini og Krausz, L'Huilliers opdagelse til at danne attosekund-lyspulser. Agostini producerede en serie af lyspulser og ved at sammensætte lyspulserne med en forsinket del af den originale laserpuls, kunne de undersøge, hvordan de højere harmoniske bølger var i fase med hinanden. De kunne desuden bestemme pulslængden til 250 attosekunder.



**Figur 1.** Grafikken viser, hvordan ultraviolette højere harmoniske bølger er i fase (øverst), hvorefter de forstærker eller udslukker hinanden. Resultatet er attosekundpulser.

Samtidig lykkedes det Krausz at isolere en enkelt puls der varede 650 attosekunder fra lyspulsserien. Denne puls brugte de til at studere, hvordan elektroner bliver trukket væk fra deres atomkerner.

Nobelprismodtagernes bidrag har muliggjort at studere processer, der er så hurtige, at de tidligere var umulige at følge, og de har demonstreret, at de kan lave meget korte lyspulser, der kan følge elektroner, når de bevæger sig eller ændrer energi. I dag er det muligt at producere lyspulser ned til få attosekunder. Der er flere mulige anvendelser af forskningen. Indenfor elektronik er det vigtigt at forstå og kontrollere, hvordan elektroner opfører sig i et materiale. Desuden kan attosekundpulser bruges til at identificere forskellige molekyler, hvilket er vigtigt indenfor medicinsk diagnostik.

Kilde: nobelprize.org