



— GABRIEL PANKOW

Exkluzívny rozhovor s nositeľkou Nobelovej ceny za fyziku, Anne L'Huillier

Anne L'Huillier a jej dvaja kolegovia, Pierre Agostini a Ferenc Krausz, boli v roku 2023 vyznamenaní Nobelovou cenou za fyziku. Len niekoľko dní predtým vyznamenala nadácia Bertholda Leibingera atómovú fyziku Cenou budúcnosti. Prvá nositeľka Nobelovej ceny za fyziku, Anne L'Huillier, rozpráva v exkluzívnom rozhovore, kam sa uberá výskum najkratších zábleskov lasera na svete.

Pani L'Huillier, ak by sa Vás na grilovateľke opýtali, aké máte povolanie: čo by ste odpovedali?

L'Huillier: Presne na také situácie som si pripravila odpoveď, s ktorou som v podstate celkom spokojná. Vravím teda: Pracujem na rozmedzí laserovej fyziky a atómovej fyziky. Náš tím používa krátke, veľmi, veľmi krátke pulzy lasera ako blesk na fotoaparátach. Takto filmujeme extrémne rýchle pohyby, napríklad pohyby elektrónov.

Čo máte na mysli pod veľmi, veľmi krátke pulzy lasera...?

L'Huillier: Pulzy, ktoré sú dlhé len pár atosekúnd.

Ako si viem predstaviť atosekundy?

L'Huillier: Nijako. Jestvujú rôzne pokusy o vizualizáciu krátkosti tohoto časového úseku. Toto je porovnanie, ktoré niekedy používam: Atosekunda je v pomere k sekunde, ako sekunda k celému veku vesmíru, čiže k 14 miliardám rokov. Ale naozaj to pomáha? Tu sme skeptickí. Pomohlo to Vám?

No áno, možno trochu.

L'Huillier: Musíme sa jednoducho zmieriť s tým, že to nie je možné pochopiť našim ľudským vnímaním času. Našťastie ale na to nie sme ani vôbec odkázaní. Pretože máme abstraktné metódy matematiky a teórie, ale aj praktické experimenty. Jedna atosekunda je jednoducho dlhá 10^{-18} sekundy. Omnoho zaujímavejšie, ako premýšľať o dĺžke jednej atosekundy, je otázka, prečo vlastne chceme prenikať do takých krátkych časových sfér.

Dobre. Na čo potrebujeme atosekundové pulzy?

L'Huillier: V prírode jestvujú procesy, ktoré prebiehajú tak rýchlo, že ich dokážeme merať len pomocou atosekundových svetelných pulzov. Najdôležitejšie sú pohyby elektrónov. Čím kratší je náš svetelný záblesk, čiže pulz, tým presnejšie môžeme sledovať proces. Moja výskumná skupina v súčasnosti zaznamenáva najmä procesy v a okolo jednoduchých atómov, pretože



to je jednoduchšie. Keď budeme ešte kúsok lepší, bude možné pozorovať pohyby elektrónov v zložitejších systémoch, napríklad v molekulách. Pri chemických reakciách dochádza k pohybom elektrónov. Tieto iniciálne pohyby bude jedného dňa možné merať.

A potom?

L'Huillier: Možnosť niečo odmerať, je prvým krokom, ako to niečo dostať pod kontrolu. Veľkým dlhodobým cieľom teda je, raz dokázať kontrolovať chemické reakcie na úrovni elektrónov.

Čo tým potom bude možné?

L'Huillier: Je ťažké predstaviť presne definovanú víziu. Sme práve pri základnom výskume.



Prof. Anne L'Huillier sa podarilo otvoriť dvere do fyziky atosekundových laserových pulzov. So svojim výskumom sa teraz dostala bližšie k elektrónom.



Pomocou femtosekundových laserových pulzov vytvoril tím výskumníkov v Lunde, vo Švédsku, takzvané vyššie harmonické frekvencie. Tie využívajú na vytváranie atosekundových laserových pulzov, pričom sledujú atómové procesy.

V roku 1987 ste pri experimente zistili, ako generovať takzvané vyššie harmonické frekvencie (HHG). Základnú podmienku pre vytváranie atosekundových pulzov.

L'Huillier: Áno, to bola šťastná náhoda! Úžasné na tom je, ak narazíte na niečo, čo vôbec neočakávate. Potom môžete začať skladať puzzle. Vtedy sme vlastne chceli len ostreňovať ušľachtilé plyny intenzívnym laserovým svetlom a preskúmať fluorescenčné efekty. Vysvitlo, že najsilnejšie svetlo, ktoré pri tom bolo možné pozorovať, nebolo fluorescenčné, ale boli vyššími harmonickými frekvenciami lasera. Tento objav zmenil moju kariéru. Pomocou vyšších harmonických frekvencií bolo neskôr možné generovať atosekundové pulzy, a to robím aj dnes.

Viem si vyššie harmonické frekvencie aspoň predstaviť?

L'Huillier: Áno, dá sa to! Mám tu jedno prirovnanie, ktoré funguje oveľa lepšie, ako to s vesmírom a atosekundami. Keď potiahnete slákom po strunách huslí, vznikne nie len čistý tón, ale aj čistá frekvencia tónu. Vznikajú aj iné frekvencie. V hudbe ich nazývame vrchné tóny. Až tie dávajú zvuku jeho farbu. Vrchné tóny sú harmonické frekvencie. Niečo podobné sa stane, keď vystavíte plyn pri určitých podmienkach intenzívnym femtosekundovým laserovým pulzom: Vzniknú nové laserové frekvencie s oveľa kratšími vlnami. Vyššie harmonické frekvencie sú vrchnými tónmi laserovej fyziky.

Čo je možné robiť s vyššími harmonickými frekvenciami svetelných pulzov?

L'Huillier: V nasledujúcom kroku vytvorí atosekundové pulzy. Ale sú užitočné aj sami o sebe. Práve spolupracujeme s jedným výrobcom litografických a meračích zariadení pre polovodičový priemysel. Cieľom je, pomocou vyšších harmonických frekvencií kontrolovať drobné štruktúry na polovodičoch. Pre mňa ako výskumníka to je neobyčajne špecifický projekt. Som prekvapená a šťastná, že naša práca môže byť užitočná pre spoločnosť.

Môže ťažiť z Vášho výskumu aj laserová technológia?

L'Huillier: Áno. My z oblasti atosekundovej fyziky už desaťročia neustále povzbudzujeme výrobcov laserov, aby vyvíjali nové a lepšie lasery s ultrakrátkymi pulzmi. Samozrejme okrem toho využívame výhody lepších zdrojov lúča. Čím lepší je zdroj lúča, tým lepšie sú vyššie harmonické frekvencie, a teda aj atosekundové pulzy. Z toho pre nás opäť vyplýva nový technický vývoj, napríklad v oblasti metód diagnostiky a merania laserovou technológiou s ultra krátkymi pulzmi. Je to teda neustály stimul. Okrem týchto potešiteľných správ ale je niečo, čo je pre mňa na mojej práci najdôležitejšie.

Čo považujete za najdôležitejšie?

L'Huillier: Som výskumníka. Ale som aj učiteľka. Môžem vyučovať mnohých šikovných mladých ľudí a pozorovať, ako sa rozširujú ich vedomosti. Považujem to za môj najväčší prínos.





Anne L'Huillier je profesorkou atómovej fyziky na Univerzite Lund vo Švédsku. Považuje sa za jednu z najdôležitejších spoluzakladateľov výskumu v oblasti atosekundovej fyziky. Anne L'Huillier získala v roku 2023 od nadácie Bertholda Leibingera Cenu budúcnosti za svoje výsledky vo výskume. O niekoľko dní neskôr bola jej, spolu s páňmi Pierre Agostini a Ferenc Krausz udelená Nobelová cena za fyziku.



GABRIEL PANKOW
HOVORCA PRE LASEROVÚ TECHNIKU

