

Att kontrollera ljus på den minsta tidsskalan

Mårten Carlsson

16 maj 2026

Visste du att man kan få plats med fler attosekunds-laserpulser i en enda sekund än antalet sekunder i hela universums historia? En attosekund är en extremt liten tidsenhet, vilket ger oss möjligheten att undersöka omöjligt snabba fenomen. Med den här teknologin kan vi mäta rörelsen av elektroner med väldigt hög precision. Eftersom elektroner utgör de kemiska bindningar som driver biologiska processer och driver vår elektronik, innebär det att vi bokstavligen kan se kemi hända live när vi fångar dem i rörelse.

För att kunna applicera dessa pulser på precisa och varierade sätt vill vi kunna kontrollera de olika egenskaperna hos sådana pulser. Föreställ dig att pulsen är en grupp soldater som marscherar framåt. Intuitivt kommer sättet som dessa soldater rör sig framåt att bero på terrängen de rör sig genom. Stenig terräng kan tvinga dem att dela upp sig, skifta till en kaotisk formation och gå ur takt, medan öppna fält låter dem gå i raka linjer. Det är exakt så som ultrakorta laserpulser påverkas när de propagerar genom material som glas eller kristaller. Laserpulsens form är direkt korrelerad till vilket material, och hur mycket av det, den har passerat genom.

I mitt projekt använder jag en anordning som kallas en dubbelbrytande fördröjningsenhet för interferometri, som i grund och botten delar soldaterna i två grupper och senare kombinerar dem tillbaka till en grupp. Inom fysiken delar vi ofta en puls så att ena halvan kan interagera med ett prov medan den andra halvan går förbi det. Genom att kombinera dem igen och jämföra de två grupperna av "soldater" kan vi se exakt vad som ändrades under marschen". Syftet med min avhandling är att klargöra huruvida det är möjligt att göra en dubbelbrytande fördröjningsenhet som, medan soldaterna är uppdelade, har samma stegfrekvens i de två linjerna. I fysiktermer skulle denna "stegfrekvens" kallas bärvåg-hölje-fas (CEP), och att hålla den låst mellan de två grupperna är exakt vad min avhandling syftar till att uppnå.

Och varför är detta relevant? Att kunna kontrollera den relativa CEP:n hos laserpulser och hålla den konstant möjliggör mer precis kontroll av hur den kommer att påverka pulsernas forskningsmål. Detta möjliggör bättre förståelse för hur pulserna påverkar elektroner och en djupare förståelse för hur ljus interagerar med materia vid de högsta intensiteterna och energierna. Detta kan i sin tur ha implikationer för det medicinska fältet för större kontroll av målsökning av cancrar i kroppen. Till exempel, genom att förstå exakt hur högenergetiskt ljus förstör de kemiska bindningarna i DNA kan vi bättre rikta strålbehandling. Vidare kan dessa teknologier ge oss kraften att flytta elektroner med otrolig precision och öppnar dörren för ultraprecis skärning och tillverkning. Genom att kunna precisera diktera pulsernas marschrytm kan vi inte bara observera det mikroskopiska, utan också dirigera det efter behov för en uppsjö av tillämpningar.