

# Pinzette ottiche e impulsi intensi, così la fisica dei laser ha conquistato il Nobel

(a cura di Orazio Svelto, Professore Emerito del Politecnico di Milano, socio linceo)

L'Accademia Reale della Scienze Svedese ha deciso di attribuire il premio Nobel per la Fisica per il 2018 a Arthur Ashkin, Gérard Mourou e Donna Strickland con la seguente motivazione "*for groundbreaking inventions in the field of laser physics*" (per invenzioni rivoluzionarie nel campo della Fisica del Laser). Vediamo di quali rivoluzionarie invenzioni si stia parlando.

Arthur Ashkin, allora presso i laboratori Bell, a Murray Hill, è considerato l'inventore delle cosiddette "pinzette ottiche" (*optical tweezers*). Nel punto di fuoco di un fascio laser a funzionamento continuo si creano, infatti, delle forze in grado di intrappolarvi, in senso radiale, una particella di dimensioni micrometriche o nanometriche. Due fasci di luce laser, focalizzati nello stesso punto e provenienti da direzioni opposte sono dunque in grado di creare una trappola di luce. Se ora due coppie di fasci laser, contrapposti, vengono focalizzati su due punti estremi, ad esempio di una cellula, di un batterio, o anche di un virus, questi punti rimarranno agganciati alle relative posizioni dalle due trappole ottiche. Allontanando fra loro questi due punti di focalizzazione sarà possibile dunque stirare la cellula o il batterio, o anche comprimerli se i due punti vengono invece avvicinati. Le due trappole di focalizzazione agiscono dunque come gli estremi di una pinzetta meccanica. È possibile pertanto in questa maniera stirare, comprimere, ruotare (o perfino tagliare) cellule, batteri virus, e singole molecole (quali proteine o DNA) senza danneggiarli. È stato così possibile, ad esempio, studiare alcune proprietà fisiche fondamentali del DNA, quali il rilassamento e l'elasticità. Un'area di grande attualità e in cui le "pinzette ottiche" hanno dimostrato la loro particolare validità riguarda la cinetica e la meccanica dei così detti motori molecolari. Usando invece una singola trappola ottica, è stato invece possibile seguire, ad esempio e con precisione nanometrica, il moto della molecola di chinesina nei microtubuli.

In conclusione, con l'invenzione delle pinzette ottiche è stata aperta una nuova finestra attraverso cui esplorare i fondamenti molecolari della biologia.

Gérard Mourou e Donna Strickland, al tempo presso l'Universit  del Michigan negli Usa (con Donna Strickland studente di dottorato del Prof. Mourou), sono da considerarsi gli inventori della cos  detta "*Chirped Pulse Amplification*" (CPA). La tecnica CPA pu  essere distinta in tre passi successivi:

1) In un primo passo, un impulso laser della durata della decina di femtosecondi (il femtosecondo   il milionesimo di miliardesimo di secondo) viene allungato di parecchi ordini di grandezza (tipicamente di  $10^5$  volte). Poich  l'energia dell'impulso rimane circa la stessa, ci  significa che la potenza dell'impulso viene al contempo ridotta dello stesso ammontare.

2)   possibile, a questo punto, amplificare l'impulso di diversi ordini di grandezza (e ci  ancora di circa  $10^5$  volte) senza danneggiare l'amplificatore ottico impiegato.

3) L'impulso cos  amplificato viene quindi compresso a circa la sua durata iniziale, ottenendo una potenza che risulta aumentata degli stessi ordini di grandezza. Focalizzando questo impulso mediante una lente   possibile cos  ottenere, nel suo fuoco, intensit  estremamente elevate (attualmente fino a circa  $10^{22}$  W/cm<sup>2</sup>), s  da produrre effetti finora inimmaginabili.

La realizzazione di impulsi laser cos  intensi ha infatti aperto un nuovo campo della Fisica che va sotto il nome di "Fisica dei Campi Intensi" e in cui sono impegnati migliaia di ricercatori in campo internazionale. La Fisica dei campi intensi apre notevoli prospettive in stati estremi della materia come quelli dominati dalla radiazione, la materia calda e densa, e i plasmi ultrarelativistici. La Fisica dei campi intensi e della elevata densit  di energia risulta poi di fondamentale importanza per la cosiddetta astrofisica di laboratorio e per la fusione termonucleare a confinamento inerziale. Altri aspetti applicativi particolarmente rilevanti riguardano l'uso di questi impulsi ultraintensi e di durata di decine di femtosecondi per generare, a loro volta e mediante la cosiddetta generazione di armoniche di ordine elevato, impulsi di durata di poche decine di attosecondi (l'attosecondo   il miliardesimo di miliardesimo di secondo). Questi impulsi vengono quindi utilizzati, in alcuni laboratori estremamente avanzati, per lo studio del moto di elettroni in molecole o semiconduttori (la cos  detta scienza degli attosecondi). Infine, impulsi cos  intensi sono anche utilizzati per l'accelerazione di particelle cariche (in particolare elettroni o protoni) in plasmi prodotti dallo stesso laser (sono state dimostrate accelerazioni fino a 1 GeV su una distanza di 1 cm, ma la strada per ottenere veri acceleratori laser   ancora lunga). Sempre a seguito di questa invenzione e per spinta dello stesso Prof. Mourou   sorta in Europa l'iniziativa

ELI (*Extreme Light Infrastructure*). Sovvenzionata dai fondi strutturali della Comunità Europea, essa ha prodotto la realizzazione di 3 grandi centri di ricerca situati rispettivamente in Cecoslovacchia, Ungheria e Romania. Una volta completati (fra circa un anno), questi centri rappresenteranno le tre più grosse infrastrutture, in campo internazionale, per lo studio dell'interazione della radiazione con la materia a intensità finora mai raggiunte dall'uomo.

Si può dire dunque che, in questo settore, l'Europa risulta all'avanguardia in campo internazionale. Da un punto di vista più applicativo è opportuno ricordare che laser di elevata intensità, realizzata grazie all'invenzione della CPA, sono correntemente utilizzati nella così detta tecnica LASIK per la correzione dei difetti visivi (miopia e astigmatismo). Milioni di pazienti in campo internazionale devono quindi la loro vista, quasi perfetta, all'invenzione della CPA. Infine, laser a femtosecondi e con elevata intensità, sempre realizzati mediante la invenzione della CPA, sono correntemente utilizzati per microlavorazioni industriali di materiali metallici o anche trasparenti quali il vetro. In conclusione, l'invenzione della CPA da parte di Gérard Mourou e Donna Strickland ha aperto nuove prospettive nel campo della Fisica sia per quanto riguarda la ricerca fondamentale che quella applicata. Le sorprese maggiori devono forse ancora arrivare.

Articolo pubblicato il 4 ottobre 2018 su

<https://www.huffingtonpost.it/author/accademia-dei-lincei/>