



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



Roma, 13 dicembre 2022 - Passi in avanti verso la prima generazione di sorgenti di radiazione basate su acceleratori di particelle al plasma, utili per lo studio dell'origine della materia e dell'universo ma anche per numerose applicazioni in ambito biomedicale, farmaceutico e dei beni culturali.

Su [Nature](#) sono stati pubblicati i risultati dell'esperimento condotto da un team di ricercatori di ENEA e INFN dei Centri Ricerca di Frascati, che per la prima volta al mondo ha testato il funzionamento di un Laser ad Elettroni Liberi (FEL), pilotato da un acceleratore al plasma, ottenendo fasci di elettroni di qualità paragonabile a quelli di acceleratori convenzionali.

Più piccoli, compatti, dai costi ridotti e in grado di ottenere energie superiori rispetto agli attuali, gli acceleratori di particelle al plasma promettono una gestione più semplice, possibilità di nuovi ambiti applicativi, per un utilizzo diffuso e capillare sul territorio presso università, industrie e ospedali.

“Nei FEL attuali gli elettroni vengono accelerati tramite campo a radiofrequenza con macchine che possono essere lunghe anche alcuni chilometri e costi di costruzione ed esercizio ingenti”, sottolinea

Alberto Petralia, del Laboratorio Applicazione dei Plasmi ed Esperimenti Interdisciplinari dell'ENEA.

“Per questo motivo - aggiunge Petralia - il nostro gruppo ritiene che l'esperimento rappresenti un'importante prova di principio del funzionamento di questo schema di macchina e una pietra miliare per l'uso di acceleratori basati sul plasma, dando un importante contributo verso lo sviluppo di FEL più compatti, operanti a lunghezze d'onda molto più corte, per nuovi orizzonti di conoscenza e applicazioni, anche in ambito medico e biologico”.

ENEA, all'avanguardia nelle sorgenti di radiazione in tutto lo spettro elettromagnetico, ha contribuito, con il suo team, a questo esperimento nelle procedure di allineamento e trasporto del fascio di elettroni nell'ondulatore[1] e nella caratterizzazione della radiazione prodotta, in termini di intensità e contenuto spettrale.

INFN, presso il quale si è svolto l'esperimento pilota, ha curato il lavoro riguardante le fasi di produzione, accelerazione[2] e caratterizzazione del fascio di elettroni.

“Abbiamo condotto l'esperimento utilizzando la tecnica beam-driven, in cui un fascio di elettroni viene accelerato tramite un campo elettrico prodotto nel plasma dal passaggio di un primo fascio di particelle - spiega Petralia - Ciò ha consentito l'osservazione sia della radiazione ottenuta nella regione dell'infrarosso che della sua intensità, confermandone l'idoneità alla realizzazione di future macchine per generare impulsi di luce paragonabili a un laser nei raggi X, con una lunghezza d'onda piccola, in grado di investigare la materia con una risoluzione migliore”, conclude Petralia.

Il risultato rappresenta un importante passo verso la realizzazione di nuove sorgenti FEL nei raggi X basata su acceleratori al plasma, che è anche l'obiettivo del progetto europeo “EuPRAXIA[3]” - tra le infrastrutture di rilievo del Forum Strategico Europeo per le Infrastrutture di Ricerca (ESFRI) - che punta a sviluppare in Italia una sorgente FEL che consentirà, ad esempio, di ricostruire immagini del DNA ed esplorare le strutture di molecole, proteine, batteri e virus, con sempre nuove applicazioni in ambito biomedico e farmaceutico.

ENEA partecipa al progetto insieme a INFN, Cnr, Università degli Studi di Roma “Sapienza” e “Tor Vergata”, Elettra Sincrotrone Trieste ed altri prestigiosi centri di ricerca europei. Inoltre ha coordinato le attività relative alla definizione delle prestazioni FEL nell'ambito del Conceptual Design Report ed è impegnata nel lavoro di progettazione dell'EuPRAXIA@SPARC\_LAB, in via di realizzazione presso i

laboratori di Frascati dell'INFN e che sarà il primo FEL pilotato da acceleratore a plasma a generare radiazione nei raggi X.

### **Laser ad Elettroni Liberi (FEL)**

Operano in regioni dello spettro elettromagnetico non accessibili dai laser convenzionali, cioè nel TeraHertz e nell'estremo ultravioletto fino ai raggi X. Nei FEL gli elettroni vengono accelerati fino a velocità vicine a quella della luce e successivamente iniettati in una struttura, detta ondulatore, che presenta un campo magnetico con un'ampiezza che varia lungo la direzione del moto degli elettroni, costringendo così le particelle a percorrere una traiettoria simile a un'onda (da cui il nome ondulatore).

In questa interazione, tra gli elettroni in movimento e il campo magnetico, viene prodotta, e quindi amplificata, radiazione elettromagnetica. I più moderni FEL operanti nei raggi X permettono di investigare la materia e i fenomeni che avvengono sulla scala spaziale e temporale tipica dei processi a livello molecolare.

*[1] La struttura in cui il fascio di elettroni accelerato interagisce con il campo magnetico, generando così la radiazione che viene amplificata nel passaggio, attraverso tutti i 12 metri di lunghezza.*

*[2] Un primo stadio a radiofrequenza e il secondo stadio di accelerazione a plasma.*

*[3] EUropean Plasma Research Accelerator with eXcellence In Applications.*