

IL FUTURO ITALIANO DEGLI ACCELERATORI, DA FCC AL PNRR



Intervista con Lucio Rossi, ricercatore INFN e professore all'Università di Milano, coordinatore del Comitato Acceleratori dell'INFN

Sin dalla loro comparsa nel settore dedicato allo studio dei costituenti ultimi della materia, gli acceleratori di particelle hanno dimostrato una profonda propensione a trovare una dimensione, spesso centrale, in ambiti disciplinari diversi da quello della fisica fondamentale. Un caso emblematico di questo fecondo trasferimento di tecnologie riguarda sicuramente il campo medicale che, già a partire degli anni '50 del secolo scorso, ha fatto proprio l'utilizzo degli acceleratori nel trattamento dei tumori. Esempi di successo analoghi scandiscono

inoltre l'esperienza dell'INFN, che vede proprio nelle ricerche volte a promuovere il trasferimento di conoscenze e tecnologie nate nell'ambito della fisica degli acceleratori verso il già citato medicale e anche altri settori, come quelli dedicati alla produzione e distribuzione dell'energia e alla conservazione del patrimonio artistico, una delle proprie attività principali.

Pur rimanendo strategico per la fisica delle particelle, il settore degli acceleratori, come dimostra la sua storia, è quindi destinato a ricoprire un ruolo sempre più centrale in ambiti esterni e anche nel contesto legato al rilancio del nostro Sistema Paese, soprattutto alla luce delle sfide future che sarà chiamato ad affrontare. Da un lato la fisica degli acceleratori dovrà infatti confrontarsi con gli indirizzi tracciati dall'aggiornamento della strategia europea della fisica delle particelle (European Strategy for Particle Physics Update, ESPPU) per il futuro dopo LHC, che prevede lo sviluppo di macchine e tecnologie innovative. Dall'altro dovrà implementare e mettere a frutto i due progetti a guida INFN finanziati dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) che vedono come protagonista proprio la ricerca legata allo sviluppo degli acceleratori. Per queste ragioni, a partire dal 2021, l'INFN si è dotato un Comitato Acceleratori, che ha il compito di svolgere la funzione di collegamento tra la comunità di esperti di acceleratori dell'INFN e i suoi vari istituti e laboratori. A coordinare il comitato, Lucio Rossi, professore dell'Università di Milano con incarico di ricerca presso la Sezione INFN di Milano – Laboratorio LASA – e già responsabile del progetto High Luminosity LHC al CERN.

Come nasce il Comitato Acceleratori? Quali sono i suoi compiti e i suoi referenti all'interno della comunità INFN?

Il comitato è nato dall'esigenza di mettere insieme la nostra comunità degli acceleratori. Ciò deriva dalle peculiarità che contraddistinguono l'INFN, un ente distribuito su tutto il territorio italiano. Mentre negli altri Paesi europei la ricerca nell'ambito delle macchine acceleratrici si concentra in uno o due centri, in Italia l'INFN dispone di tre Laboratori Nazionali dedicati, quelli di Frascati, del Sud, a Catania, e di Legnaro. Una lista a cui si sono aggiunti di recente anche i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, che si sono dotati di un nuovo piccolo acceleratore per lo studio di reazioni nucleari di interesse astrofisico. Una vasta serie di attività in questo stesso settore è tuttavia ospitate in molte altre strutture dell'INFN, come per esempio il Laboratorio Acceleratori e Superconduttività Applicata (LASA) o le sezioni di Milano,

Genova, Napoli, Roma, Roma Tor Vergata, Bari e Ferrara. Obiettivo del comitato, che ha sostituito la precedente esperienza dell'ACcelerator TEchnology COmmitee (ACTECO), nata con lo specifico scopo di coordinare gli sforzi nell'ambito del programma europeo I.Fast, è proprio quello di non dispendere questo patrimonio di competenze, che correrebbero altrimenti il rischio di rimanere isolate. Il comitato svolge perciò il suo incarico aiutando la comunità ad accedere ai piani di finanziamento previsti sia a livello europeo sia nazionale, e fornendo alla dirigenza dell'INFN consulenza e supporto nella scelta delle linee strategiche da adottare.

Parlando dei programmi europei dedicati alla fisica degli acceleratori a cui l'INFN contribuirà, quali sono le loro finalità e a quali campi di applicazione fanno riferimento?

La promozione di programmi europei e il supporto alla comunità dell'INFN nel prendere parte a queste iniziative sono, appunto, tra i compiti del Comitato, e il nostro lavoro si è concentrato su importanti progetti che hanno preso il via nel 2021 e in questo stesso anno. Tra questi, solo uno, il Muon Collider, per un collisore di particelle alternativo agli attuali e in grado di accelerare e far collidere muoni, ha finalità strettamente legate alla ricerca di base. Tutti gli altri, I.FAST, HITRI plus ed EUROLABS, rivolti rispettivamente allo sviluppo di nuove tecnologie per acceleratori, all'individuazione di soluzioni per il trattamento dei tumori mediante ioni pesanti e alla realizzazione di una rete europea di infrastrutture condivise, hanno un forte carattere applicativo, a dimostrazione della sempre maggiore presenza degli acceleratori in ambiti cruciali come quello medicale. Oggi quello degli acceleratori può infatti essere descritto come un settore che poggia su due gambe distinte: una costituita dalla fisica fondamentale, ancora la principale promotrice dei progressi degli acceleratori, e l'altra dalle attività in cui questi strumenti trovano spazio, in primis da quelle medicali, ma anche quelle connesse all'energia e alla conservazione del patrimonio artistico.

Le applicazioni in ambito medicale hanno storicamente rappresentato uno sbocco privilegiato per il settore della fisica degli acceleratori. Una linea di ricerca di cui l'INFN è oggi un leader indiscusso. Quali sono i progetti a cavallo tra medicina e acceleratori in cui l'INFN è oggi impegnato?

Relativamente alle ricerche rivolte all'utilizzo degli acceleratori in campo medico, con uno specifico riferimento al trattamento dei tumori, l'INFN ha due importanti linee aperte. La prima è dedicata alla cosiddetta Flash therapy, che prevede l'impiego di elettroni e di acceleratori compatti in grado di produrli con energie più elevate rispetto alla radioterapia canonica. La seconda, che rientra nell'ambito del programma HITRI plus, e in parte I.FAST, si concentra invece sul lavoro che ha come obiettivo l'espansione delle potenzialità delle terapie che utilizzano ioni, erogate oggi in Italia dal CNAO, il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica. Nonostante abbiano una capacità curativa maggiore nel caso di specifici tumori, gli ioni sono infatti difficili da dosare in maniera accurata. Per superare queste difficoltà, l'INFN è attualmente impegnato insieme al CNAO in un progetto per realizzare un sistema, denominato 'gantry', per la distribuzione efficace degli ioni durante il trattamento dei pazienti. Occorre rimarcare anche lo sforzo per la produzione di protoni e ioni per scopo medicale tramite flash laser su bersaglio solido, perseguito da diverse Sezioni, tra cui Milano-LASA e soprattutto dai Laboratori Nazionali del Sud (progetto I-LUCE). Come ricordato, gli sbocchi applicativi, sul piano sia europeo sia nazionale, delle ricerche INFN in materia di acceleratori non sono tuttavia indirizzate al solo comparto medicale. Un esempio su tutti riguarda il settore energetico, oggi più che mai chiamato a fornire soluzioni alternative capaci di rendere efficiente la produzione e la distribuzione dell'energia. L'INFN, grazie alle sue competenze, viene infatti chiamato spesso a supportare l'industria nei progetti per l'incenerimento delle scorie radioattive mediante acceleratori, processo in grado a sua volta di produrre energia, ed è inoltre coinvolto, con i Laboratori Nazionali di Legnaro e del Sud, e le Sezioni di Torino, Padova e Bari, negli studi per la realizzazione di acceleratori per la fusione.

Al di là degli aspetti legati al trasferimento tecnologico, la ricerca in fisica fondamentale, che ha negli acceleratori uno strumento imprescindibile, rimane la missione principale dell'INFN. Quale sarà il futuro degli acceleratori in questo settore?

L'INFN, negli ultimi anni, si è allineato alle raccomandazioni di ricerca individuate dall'ultimo aggiornamento della strategia europea per la fisica delle particelle, che ha ovviamente fornito indicazioni anche sulle prospettive condivise da perseguire nel settore degli acceleratori. Il documento ha definito come prioritario lo studio del Future Circular Collider (FCC), il collisore da 100 chilometri di diametro che dovrebbe rappresentare il futuro dopo LHC. L'INFN si sta quindi concentrando su questo progetto, che potrebbe prevedere una prima fase di utilizzo di elettroni (FCC-ee), grazie ai quali testare il funzionamento della macchina ed effettuare fisica di precisione, a cui far seguire l'accelerazione di adroni (FCC-hh), come i protoni, a energie molto più elevate di quelle oggi ottenibili al CERN. La nostra comunità è attualmente coinvolta in prima linea sia nel lavoro di studio di FCC-ee, sia in quello di ricerca e sviluppo dei nuovi magneti necessari per FCC-hh, che si preannuncia molto lungo. Nell'eventualità che il progetto FCC non si concretizzi a causa dei costi troppo elevati e della sua complessità, la strategia europea ha inoltre indicato chiaramente il Muon Collider come possibile alternativa. Anche in questo caso parliamo di una macchina molto difficile da realizzare per le sfide tecnologiche che pone. L'Europa si è impegnata a effettuare uno studio di fattibilità per questo dispositivo entro i prossimi quattro anni. A tale scopo è stato approvato un progetto di design per comprendere se è possibile realizzare un collisore di muoni e in quali tempi. A questa attività l'INFN partecipa con un ruolo da protagonista insieme al CERN, tanto da essere tra i promotori di una proposta per lo studio e costruzione di una facility in cui sviluppare le componenti più rilevanti, ossia quelle necessarie alla produzione e alla 'cattura' dei muoni, che devono essere raffreddati molto rapidamente per poter ottenere un fascio coerente di particelle.

Oltre agli indirizzi tracciati dalla strategia europea per la fisica delle particelle, l'INFN sta svolgendo, nell'ambito del progetto Eupraxia, ricerca anche su un sistema di accelerazione alternativo basato sul plasma. A che punto sono le ricerche sul plasma e che tipo di futuro potrà avere questa tecnologia?

La ricerca sul plasma, uno stato della materia composto da gas ionizzato, è una delle linee di sviluppo sposate dall'INFN per il settore degli acceleratori, che trova la sua sede principale presso i Laboratori di Frascati, capofila del progetto EUPRAXIA, che raccoglie a livello europeo i centri che stanno lavorando sulla tecnologia degli acceleratori al plasma. In questo ambito, sono importanti i risultati già conseguiti: recentemente, lo stesso gruppo di ricercatori impegnati ai Laboratori Nazionali di Frascati su queste attività ha dimostrato la capacità di produrre radiazione coerente attraverso l'accelerazione di un fascio di elettroni mediante un plasma. Nei prossimi anni sarà necessario migliorare la capacità di sfruttare la piena potenzialità dei plasmi per trasformarli in acceleratori in grado di produrre fasci utili. Al momento, i possibili sbocchi di questa tecnologia riguardano i settori di ricerca e industriali che fanno ricorso ai cosiddetti laser a elettroni liberi (FEL), che potrebbero così usufruire di acceleratori compatti e con costi ridotti. Tuttavia, il pieno sviluppo degli acceleratori al plasma potrebbe consentire in futuro un loro utilizzo medico e nella fisica fondamentale. Da qui l'interesse che si sta coagulando intorno a questa linea di ricerca, protagonista di uno dei cinque progetti a guida INFN che saranno finanziati dal PNRR con un contributo di 22,3 milioni di euro. Eupraxia Advanced Photon Sources (EuAPS), questo il nome del progetto, mira alla realizzazione di una user facility distribuita (Laboratori Nazionali di Frascati, Laboratori Nazionali del Sud, Università di Tor Vergata e CNR-INO di Pisa) per rendere disponibili a gruppi di utenti sorgenti di radiazione e particelle avanzate basate su diversi tipi di accelerazione al plasma.

Rimanendo sul PNRR, l'INFN è sia proponente che capofila di un altro importante progetto dedicato alla tecnologia degli acceleratori, IRIS. Quali sono i suoi obiettivi e che tipo di benefici potrà apportare negli ambiti a cui si rivolge?

Al pari di EuAPS, il progetto IRIS (Innovative Research Infrastructure for applied Superconductivity) ha come obiettivo la realizzazione di una infrastruttura distribuita, mettendo in condivisione centri di ricerca già esistenti, a partire dal LASA della Sezione INFN di Milano, per passare alle Sezioni INFN di Genova, Napoli, ai gruppi collegati di Salerno e Lecce, e ai Laboratori Nazionali di Frascati, che saranno aggiornati anche con nuovi edifici, sulla base delle esigenze del progetto. Ognuno di questi poli, che vedrà anche la partecipazione delle Università locali (Milano, Genova, Napoli, Salerno e

Salento e, a Genova, Napoli e Salerno, dell'Istituto per la superconduttività e materiali innovativi per dispositivi del CNR (CNR-SPIN), si specializzerà in una delle attività che caratterizzeranno IRIS, che comprenderanno tutti gli ambiti di ricerca e sviluppo legati alla realizzazione di magneti e cavi superconduttori dedicati agli acceleratori. IRIS è finanziato per 60 milioni di euro e, oltre alla creazione di una infrastruttura distribuita di laboratori, ha come finalità anche lo sviluppo di due importanti dimostratori tecnologici: un magnete destinato alla fisica di base, che avrà lo scopo di dimostrare la possibilità di ottenere elevati campi magnetici a temperature più alte di quelle necessarie oggi in LHC, da cui potrebbe trarre un enorme vantaggio in termini di risparmio energetico anche il progetto FCC; e una linea di trasporto superconduttiva per l'energia, simile a quella prevista per il trasferimento di corrente dal progetto High Luminosity LHC, di cui sono stato responsabile, in grado di trasportare e distribuire grandi quantità di potenza (fino a 1 GW) in modo efficiente mediante cavi interrati di dimensioni ridotte.

Insomma, il settore degli acceleratori è molto attivo e la sua comunità scientifica sta lavorando contemporaneamente su più fronti a progetti di ricerca e sviluppo diversificati per macchine innovative, con prospettive molto promettenti, sia per la ricerca di base sia per utilizzi a beneficio della società.