

» INTERVISTA



IL COMPUTER DEL FUTURO È QUANTISTICO: L'ITALIA NEL PROGETTO STATUNITENSE PER IL QUANTUM COMPUTING

Intervista ad Anna Grassellino, direttrice del Quantum Materials and Systems Center (SQMS) e ricercatrice al Fermilab di Chicago.

Imbrigliare le proprietà quantistiche per realizzare un calcolatore e sensori con prestazioni mai raggiunte. Sarà questa, nei prossimi cinque anni, la principale mission del Superconducting Quantum Materials and Systems Center (SQMS), centro di ricerca coordinato dal Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory), che alla fine di agosto si è aggiudicato un finanziamento di 115 milioni di dollari da parte del Department of Energy (DOE) degli Stati Uniti nell'ambito della National Quantum Initiative. Un traguardo per il cui perseguimento SQMS sarà chiamato a superare le sfide tecnologiche e scientifiche che attengono all'innovativo settore dell'informazione quantistica, a partire da quelle che riguardano lo sviluppo e la costruzione di materiali superconduttivi in grado di prolungare il tempo di vita medio dei qubit, le unità alla base del funzionamento dei computer quantistici. Fondamentale, per raggiungere simili obiettivi, sarà anche il ruolo svolto dall'INFN che, grazie a un contributo di 1,5 milioni di dollari, collaborerà all'iniziativa fornendo le sue competenze e capacità, riconosciute a livello mondiale, nei campi della fisica teorica e nello sviluppo dei sensori di precisione, e mediante la costruzione di una facility test per la validazione dei dispositivi quantistici all'interno dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. A coordinare le attività del progetto, la direttrice di SQMS Anna Grassellino, ricercatrice di origine italiana del Fermilab, che ha iniziato la sua carriera all'INFN.*

Quali sono gli obiettivi che SQMS si prefigge?

Sono due gli obiettivi principali di SQMS e afferiscono alle due principali aree di ricerca del centro, che sono quella del *computing* e quella del *sensing*. Il primo obiettivo è costruire un computer quantistico che abbia *performance* superiori rispetto a calcolatori simili costruiti finora. Il secondo riguarda invece la realizzazione di sensori che sfruttino i progressi che ci aspettiamo di ottenere con le tecnologie superconduttive quantistiche per la ricerca della materia oscura o di particelle elusive quali potrebbero per esempio essere i fotoni oscuri.

» INTERVISTA

Nell'ambito delle tecnologie quantistiche, quali sono i problemi che devono essere superati per sperare di realizzare computer quantistici con prestazioni simili a quelle a cui siamo abituati con la tecnologia oggi a disposizione?

Per ottenere i risultati appena descritti, sarà di fondamentale importanza aumentare la coerenza quantistica dei dispositivi oggi a disposizione, i qubit, i quali si differenziano per le soluzioni adottate per la loro produzione. È infatti la coerenza, ovvero la capacità di evitare la perdita dell'informazione il vero limite delle tecnologie quantistiche. Da essa dipende infatti la vita media dei qubit, che è oggi molto limitata. Per aumentare la coerenza, il nostro centro si concentrerà sulla superconduttività e sullo sviluppo di qubit bidimensionali e tridimensionali più performanti basati su questa tecnologia. La ragione di questa scelta dipende dal fatto che il Fermilab ha una consolidata esperienza nella realizzazione delle cavità superconduttive, da cui dipendono i qubit tridimensionali, di cui abbiamo già dimostrato il funzionamento a regimi quantistici. Mentre il nostro partner industriale, l'azienda Rigetti, che ha sede nella Silicon Valley, in California, è in grado di fornirci qubit bidimensionali superconduttivi su cui lavorare.

Per comprendere meglio che cosa sia il quantum computing, può spiegare cosa sia un qubit?

Dal punto di vista di un computer quantistico, un qubit è un dispositivo in cui risiede l'unità informativa del calcolatore, che è grado di trovarsi sia in due stati distinti, 0 e 1, come in un bit classico, sia in una sovrapposizione di stati. Questo è possibile proprio in virtù del principio di sovrapposizione della meccanica quantistica. Tale possibilità, che nel computing si traduce in maggiori capacità di calcolo ed esecuzione, può essere realizzata in maniera diversa a seconda delle architetture con cui vengono prodotti i qubit: assumendo che all'interno di questi dispositivi sia presente un singolo fotone, questo, se non misurato, si troverà in una sovrapposizione di stati. Detto questo, nei qubit che utilizziamo risiede invece un numero discreto di fotoni, che a loro volta si troveranno in una sovrapposizione di stati. È quindi molto importante portare avanti lo studio della fisica dei materiali e della superconduttività per migliorare i processi di produzione di questi oggetti, in modo tale da evitare che ci sia assorbimento dei fotoni e quindi perdita di informazione.

In che modo l'INFN contribuirà alle attività di SQMS?

Oltre alle aree di ricerca già indicate, SQMS conta quelle relative a fisica e algoritmi. L'INFN contribuirà a tutte e quattro le attività legate a queste aree. In particolare, la *facility* che nascerà ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso sarà fondamentale per studiare come la radioattività influenzi la coerenza dei qubit. Grazie alla loro collocazione e alla schermatura fornita dalle pareti di roccia, i laboratori del Gran Sasso

» INTERVISTA

presentano, infatti, una bassissima radioattività naturale. Sfrutteremo anche i sistemi criogenici lì in uso per esperimenti come CUORE per raffreddare i nostri dispositivi, cercando di aumentare il loro tempo di vita medio. I laboratori, saranno infine responsabili del controllo e della caratterizzazione degli stessi qubit. L'INFN parteciperà inoltre allo sviluppo degli algoritmi e fornirà il suo supporto nello studio rivolto all'individuazione di un metodo di utilizzo dei sensori che verranno realizzati nel campo della ricerca della materia oscura.

Quali saranno le sue responsabilità in qualità di direttrice del centro?

Sono molto emozionata per la recente nomina, anche se comporterò ovviamente importanti responsabilità, tra cui il coordinamento degli oltre 200 collaboratori che fanno parte di SQMS. Un ruolo più manageriale rispetto a quanto fossi abituata, ma questo non vuol dire che abbandonerò la ricerca. Anzi, mi impegnerò per cercare di portare avanti l'attività di laboratorio in parallelo con quella di direttrice, puntando al contempo a promuovere il progresso nel settore delle tecnologie quantistiche.

Lei fa parte della categoria di scienziati di grande successo che ha deciso di costruire la sua carriera all'estero. Ci può raccontare la sua storia e le ragioni che l'hanno portata negli Stati Uniti?

Sono partita da Marsala e ho studiato a Pisa, dove mi sono laureata in ingegneria elettronica. Dopo di che, sono arrivata al Fermilab come *summer student* nell'ambito di un programma di scambio dell'INFN, che può essere considerato come il mio trampolino di lancio. Al Fermilab sono rimasta piacevolmente colpita dall'atmosfera internazionale che si respirava nel centro. Ragione che mi ha spinto a tornare negli Stati Uniti per conseguire un dottorato in fisica alla University of Pennsylvania, con una tesi presso il TRIUMF, l'acceleratore di particelle canadese. In seguito, sono stata assunta al Fermilab, dove sono rimasta. I motivi che mi hanno portato fuori dall'Italia sono quindi legati più al fatto di essermi appassionata al lavoro che si svolgeva qui che non alla possibilità di avere maggiori opportunità. Non mi definisco infatti un cervello in fuga e non mi piace neanche parlarne, anche perché il rapporto tra il Fermilab e l'INFN dura da 40 anni e i contatti con i miei colleghi in Italia sono costanti. Inoltre, quando si parla di *big science*, che ha una dimensione e una propensione globale, questa definizione perde significato, e di questo l'INFN è consapevole, in quanto è una delle poche realtà italiane ad attrarre molti ricercatori dall'estero. ■

**Nata a Marsala, Anna Grassellino ha conseguito il dottorato di ricerca in fisica presso l'Università della Pennsylvania e la laurea in Ingegneria Elettronica presso l'Università di Pisa. Oggi vive negli Stati Uniti, a Batavia, in Illinois, dove è Senior Scientist, Deputy Chief Technology Officer e Deputy*

» INTERVISTA

Head of Applied Physics and Superconducting Technology Division presso il Fermilab. La sua area di ricerca è la superconduttività a radiofrequenza, tecnologia chiave per acceleratori e rivelatori di particelle e per applicazioni quantistiche. È nota per la scoperta del drogaggio con azoto delle cavità SRF (cavità superconduttive a radiofrequenza), che ha potenziato le prestazioni degli acceleratori in tutto il mondo. Il suo lavoro pionieristico sull'aumento del fattore di qualità delle cavità SRF le è valso il riconoscimento con diversi premi tra cui il Presidential Early Career Award da parte del Presidente Obama, il DOE Early Career Award, il IEEE Particle and Accelerator Science and Technology Award e il Frank Sacherer Prize. Ricopre inoltre una posizione di professore a contratto presso la Northwestern University.