Quantum computing: by golly it's a wonderful problem!

Ø R. Tripiccione

□ 28-06-2021

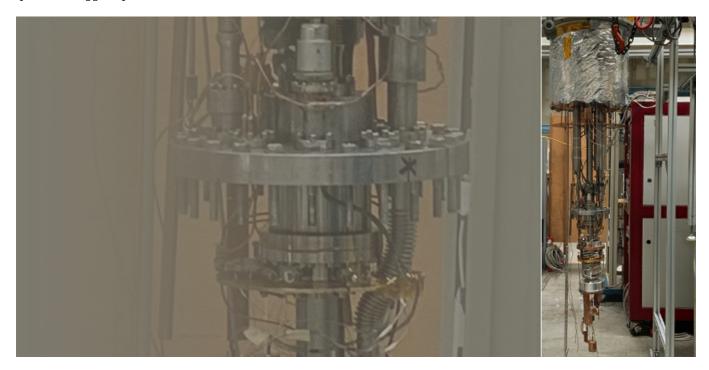
Ø http://www.primapagina.sif.it/article/1322

Nel lontano 1981 Richard Feynman si chiese se fosse possibile simulare accuratamente un sistema quantistico su un calcolatore tradizionale, la cui dinamica dipende dalla fisica classica. La (forse ovvia) risposta è che il problema diventa rapidamente proibitivo anche per dimensioni modeste del sistema. Feynman propose quindi la sfida scientifica e tecnologica di realizzare un calcolatore che obbedisse alle leggi della meccanica quantistica; famosa la citazione: "by golly it's a wonderful problem, because it doesn't look so easy". Quella proposta ha coagulato un'immane attività teorica e sperimentale, che vede coinvolto il mondo della ricerca e l'industria. È quotidiano il bombardamento delle mirabilie che ci offriranno i calcolatori quantistici, generando aspettative talvolta esagerate. Altrettanto enormi sono i finanziamenti pubblici e privati in questo campo.

In attesa che le promesse si avverino (tra 5, 10, 20 anni?), ricordiamoci che il quantum computing è ancora una attività saldamente basata sull' analisi e modellazione teorica e sulla realizzazione di esperimenti talvolta complessi; insomma è un mestiere da fisici.

L'enorme potenzialità dei calcolatori quantistici è intuibile nel modello che vede protagonista il qbit, sistema quantistico a due livelli ($|0\rangle$ e $|1\rangle$, in analogia con i bit classici) che può essere in una arbitraria sovrapposizione dei due stati. N qbit vivono quindi in uno spazio vettoriale di dimensione 2^N ; opportune evoluzioni unitarie del sistema corrispondono alla manipolazione contemporanea (parallela, nel gergo del computing) di 2^N quantità classiche; questo chiarisce l'enorme capacità di elaborazione concorrente dei calcolatori quantistici. Peraltro, alcune "poco simpatiche" (da questo punto di vista) proprietà della meccanica quantistica, come il fatto che un'operazione di misura proietta il sistema su uno solo dei suoi autostati, o il teorema di non-clonazione, che impedisce di realizzare copie fedeli di uno stato, rendono gli algoritmi quantistici fondamentalmente diversi da quelli tradizionali.

In questo contesto, la comunità dei fisici deve identificare le applicazioni dalle quali ci si possa aspettare un chiaro beneficio, svilupparne gli algoritmi, e sperimentarne casi d'uso semplificati ("giocattolo"), gestibili dai fragili calcolatori quantistici oggi disponibili.



Cavità risonanti accoppiate a dispositivi superconduttori operanti in regime quantistico, alla base di recenti progressi nelle tecniche di rivelazione degli assioni. (Foto di C. Braggio).

Altrettanto importante è l'analisi teorica e la caratterizzazione sperimentale dei sistemi fisici alla base della computazione quantistica. Particolarmente interessanti le possibilità offerte da queste tecnologie, che sfruttano ingredienti tipicamente quantistici come sovrapposizione, interferenza ed entanglement e sanno manipolare "delicatamente" livelli energetici dell' ordine dei millesimo di elettronvolt, per realizzare rivelatori estremamente accurati e precisi; la prospettiva è poter dare un significativo contributo (citando solo qualche esempio) alla rivelazione della materia oscura, alla scoperta delle proprietà quantistiche della gravitazione, alla misura del dipolo elettrico dell'elettrone.

La ricerca in questo campo richiede ampie competenze scientifiche e tecnologiche: analisi teorica ed emulazione su computer tradizionali, sviluppo e fabbricazione di micro-dispositivi, criogenia spinta, elettronica a basso rumore. È fondamentale una collaborazione tra strutture di ricerca con competenze complementari; altrettanto importante è realizzare un ecosistema che possa proporsi come partner di iniziative a livello nazionale (anche legate al recovery plan), europeo e internazionale. Con queste finalità, la Fondazione Bruno Kessler, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e l'Università di Trento hanno recentemente dato vita a Quantum@Trento (Q@TN), una collaborazione aperta ad altre istituzioni, che sta già proponendo iniziative comuni nel campo del calcolo quantistico e nello sviluppo delle tecnologie connesse.



Raffaele Tripiccione – Ha studiato a Pisa, all'Università e alla Scuola Normale Superiore. Ricercatore dell'INFN fino al 2000, è diventato in seguito professore di prima fascia a Ferrara. La sua attività di ricerca, inizialmente dedicata alla fenomenologia delle particelle elementari e alla teoria di campo, si è concentrata sulla fisica teorica computazionale, in particolar modo sullo studio delle proprietà statistiche dei sistemi complessi. Attualmente coordina le attività legate alle scienze e tecnologie quantistiche dell'INFN.