

SYLLABUS DEL CORSO

Tecnologie Quantistiche Applicate

2122-1-F1701Q149

Obiettivi

Le Tecnologie Quantistiche sfruttano la capacità di controllare fenomeni quantistici nella materia per realizzare sensori con sensibilità altrimenti inarrivabili e sistemi di calcolo capaci risolvere problemi altrimenti inaccessibili. Questa è la seconda rivoluzione quantistica che è in corso in questi anni e alla cui base ci sono dispositivi quantistici - i qubit - realizzati sfruttando diverse piattaforme. In questo corso lo studente acquisirà le competenze chiave necessarie per comprendere i meccanismi con cui i qubit possono essere utilizzati come elementi di un computer o come sensori. In particolare si approfondiranno i qubit superconduttivi, che oggi sono il cuore dei computer quantistici più avanzati, e le tecnologie legate al loro utilizzo.

Contenuti sintetici

- i qubits in pratica
- interagire con un qubit
- qubit come sensore
- qubit superconduttivi
 - design, fabbricazione e caratterizzazione
 - uso e tecnologie correlate
 - esempi di applicazioni
- cenni ad altri tipi di qubit e loro applicazioni

Programma esteso

- Sistemi quantistici per le tecnologie quantistiche: i qubit.
- Qubits come elementi del quantum computing e come sensori quantistici.
- Principi della misura con sensori quantistici
 - protocollo di misura con sensori quantistici (misura di Ramsey e di Rabi)
 - sensibilità dei sensori quantistici

- Piattaforme per la realizzazione di qubit: atomi neutri, ioni intrappolati, spins, circuiti superconduttivi, fotoni...
- i qubit superconduttivi
 - La giunzione Josephson e gli SQUID. Cavità RF.
 - circuiti QED
 - Design, fabbricazione e materiali per qubit superconduttivi.
 - Proprietà e uso dei qubit superconduttivi: decoerenza, controllo, entanglement di qubits, squeezing...
 - Tecnologie di supporto: elettronica a microonde, elettronica superconduttiva e tecniche a bassa temperatura.
 - esempi di applicazioni dei qubit superconduttivi
 - QND photon counting e la ricerca di assioni
 - computer quantistici superconduttivi
 - simulazioni quantistiche
- i qubit a semiconduttore
 - principi base
 - confronto con i qubit superconduttivi
- i sistemi quantistici fotonici
 - principi base
 - Rivelazione di singoli fotoni: CCD, SiPM, APD, SPSND (superconducting nanowire, TES, KIDs).
 - Sorgenti di singoli fotoni (deterministiche e no). Caratterizzazione di sorgenti di singoli fotoni
 - esempi di sistemi fotonici
 - verifica delle disuguaglianze di Bell
 - quantum imaging
 - enhanced quantum interferometry e LIGO

Prerequisiti

Un corso di Meccanica Quantistica a livello della laurea triennale di fisica (le nozioni di base necessarie per questo insegnamento saranno comunque richiamate)

Modalità didattica

lezioni frontali (6 cfu)

Materiale didattico

Le slides del corso saranno disponibili sul sito elearning del corso.

Un testo che raccoglie alcuni dei concetti base può essere:

- "Quantum measurement ", Vladimir B. Braginsky, Farid Ya Khalili, Kip S. Thorne, Cambridge University Press, 1992

Testi più specifici verranno consigliati di volta in volta.

Durante il corso verranno inoltre indicati agli studenti articoli di rassegna sugli argomenti trattati. Una lista preliminare include

- “Quantum sensing”, C. L. Degen, F. Reinhard, and P. Cappellaro. Rev. Mod. Phys. 89, 035002; <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.89.035002>
- “A quantum engineer's guide to superconducting qubits”, P. Krantz, M. Kjaergaard, F. Yan, T. P. Orlando, S. Gustavsson, and W. D. Oliver. Applied Physics Reviews 6, 021318 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5089550>
- “Introduction to Experimental Quantum Measurement with Superconducting Qubits”, Mahdi Naghiloo, PhD 2019, Murch Lab, Washington University in St. Louis; arXiv:1904.09291

Periodo di erogazione dell'insegnamento

1° semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Esame orale.

Voto in trentesimi 18-30/30

Non sono previste prove in itinere.

Orario di ricevimento

Su appuntamento per email
