UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Applied Quantum Technologies

2627-1-F1703Q004

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.

Le competenze acquisite dagli studenti costituiranno una solida base per poter comprendere dispositivi quantistici più complessi, anche basati su altre piattaforme, e le loro applicazioni.

Contenuti sintetici

- i qubits in pratica
- qubit superconduttivi
- interagire con un qubit
- qubit come sensore
- esempi di applicazioni
- cenni ad altri tipi di qubit e loro applicazioni

Programma esteso

- Sistemi quantistici per le tecnologie quantistiche: i qubit.
- Superconduttività
    - Fenomenologia
    - Effetti Josephson
    - Giunzioni di Josephson
    - SQUIDS RF e DC
    - Effetti quantistici macroscopici nelle giunzioni di Josephson
- Qubit superconduttivi
    - Quantizzazione di circuiti superconduttivi
    - Circuit QED
- Dinamica di sistemi quantistici a due livelli
    - Dinamica della Matrice di Densità
    - Sistemi aperti
    - Controllo coerente di un sistema quantistico a 2 livelli
- Misura quantistica
    - Misure Quantum Non Demolition
    - Amplificazione e rumore
    - Rumore e decoerenza
- Qubits accoppiati e entanglement
- Amplificatori parametrici
- Esempi di altre piattaforme
- Quantum sensing con qubits

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

21 lezioni da 2 ore svolte in modalità erogativa in presenza (6 cfu).

Materiale didattico

Due testi che raccolgono la maggior parte dei contenuti del corso sono:

- "Quantum Engineering - Theory and Design of Quantum Coherent Structures", A.M. Zagoskin, Cambridge University Press, 2011
- “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 sugli argomenti svolti a lezione. L'esame si svolge in inglese.
Il colloquio inizia con l'approfondimento di un articolo scientifico a scelta dello studente.

L'esame ha l'obiettivo di valutare l'acquisizione da parte dello studente della capacità di leggere e comprendere in autonomia un articolo scientifico nel campo delle scienze e tecnologie quantistiche sperimentali applicando i principi e i concetti appresi a lezione.

Saranno valutate anche la capacità di ampliare le proprio conoscenze sia, per esempio, consultando l'estesa bibliografia proposta a lezione che attraverso i seminari proposti durante il corso e la capacità di esposizione e argomentazione attraverso la presentazione relativa all'articolo scelto.

Voto in trentesimi 18-30/30
Non sono previste prove in itinere.

Orario di ricevimento

Su appuntamento per email

Sustainable Development Goals

IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE