



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Quantum Information and Algorithms

2526-2-F9102Q026

Obiettivi

(DdD 1) Conoscenza e capacità di comprensione

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di:

- Comprendere le peculiarità dell'informazione quantistica e la loro rilevanza teorica e applicativa.
- Conoscere i principali protocolli crittografici utilizzati nella comunicazione quantistica.
- Comprendere in profondità i principi di funzionamento dei modelli computazionali quantistici.

(DdD 2) Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di:

- Analizzare e classificare le principali classi di algoritmi quantistici.
- Implementare algoritmi quantistici utilizzando i formalismi appropriati e i linguaggi di programmazione dedicati all'informatica quantistica.

(DdD 3) Autonomia di giudizio

Durante il corso, lo studente svilupperà la capacità di:

- Valutare criticamente le potenzialità e i limiti degli algoritmi quantistici in relazione a problemi computazionali concreti.
- Giudicare l'adeguatezza di diversi modelli e tecnologie quantistiche per la risoluzione di problemi specifici.

(DdD 4) Abilità comunicative

Durante le attività del corso, lo studente sarà in grado di:

- Comunicare con chiarezza, rigore e proprietà di linguaggio risultati teorici e applicativi dell'informatica quantistica, anche in contesti interdisciplinari.
- Presentare relazioni su algoritmi o protocolli quantistici, rivolgendosi a un pubblico tecnico o accademico.

(DdD 5) Capacità di apprendere

Al termine del corso, lo studente avrà acquisito la capacità di:

- Proseguire in modo autonomo lo studio dell'informatica quantistica, anche accedendo alla letteratura scientifica avanzata e a nuove piattaforme tecnologiche.
- Aggiornare le proprie conoscenze in un ambito in rapida evoluzione, integrando autonomamente competenze teoriche e pratiche.

Contenuti sintetici

Il corso fornisce un'introduzione a temi rappresentativi delle seguenti aree tematiche:

1. Teoria dell'Informazione Quantistica (elementi di base)
2. Crittografia Quantistica (distribuzione quantistica di chiavi)
3. Comunicazione Quantistica (canali non ideali e codici per la correzione dell'errore)
4. Calcolo Quantistico (algoritmi avanzati selezionati, algoritmi di Machine Learning)
5. Elementi di Calcolo Quantistico Distribuito

Programma esteso

1. Teoria dell'Informazione Quantistica (elementi di base rivisitati)
 - Dalle Computazioni Classiche a quelle Probabilistiche a quelle Quantistiche
 - Correlazioni Classiche vs. Quantistiche
 - Quantità di Informazione nei Sistemi Classici e Quantistici
2. Crittografia Quantistica (distribuzione quantistica di chiavi)
 - L'Entanglement come Risorsa per la Crittografia: Teletrasporto e Codifica Densa
 - Protocolli di Distribuzione delle Chiavi Quantistiche: Bennet & Brassard 84, Bennet 92, Ekert 91
3. Comunicazione Quantistica (canali non ideali e codici per la correzione dell'errore)
 - Teoria delle matrici densità
 - Decoerenza e Canali Non Ideali
 - Codici per la Correzione degli Errori Quantistici
4. Computazione Quantistica (algoritmi avanzati selezionati)
 - Richiamo dei concetti fondamentali
 - "Subroutine" Quantistiche (es. phase kick-back)
 - Revisione del "Canone", gli algoritmi più noti e alcune varianti (es. Fixed-Point Grover)
 - Ulteriori algoritmi rilevanti: l'algoritmo di fattorizzazione di Shor
 - Introduzione al Quantum Machine Learning

5. Elementi di Calcolo Quantistico Distribuito

- CNOT Distribuito
- Le primitive del Calcolo Quantistico Distribuito
- Il paradigma dell'Internet Quantistico

Prerequisiti

Algebra lineare e argomenti matematici trattati nei corsi di laurea triennale in discipline STEM.
Familiarità con i concetti di base di Statistica e Apprendimento Automatico

Aver seguito l'insegnamento Foundations of Quantum Computing (Primo Anno Magistrale, anche denominato fino all'AA 23/24 Quantum Simulations), o un insegnamento equivalente.

Modalità didattica

L'insegnamento è composto da

- lezioni frontali, in modalità didattica erogativa (DE 32 ore)
- attività di programmazione in laboratorio in modalità didattica interattiva (DI 24 ore)

Tutte le attività si svolgeranno in presenza.

Il corso sarà erogato in Inglese.

Materiale didattico

Note e articoli scientifici forniti dai docenti.

Per approfondire ulteriormente gli argomenti sono utili i seguenti testi:

- Vathsan - Introduction to Quantum Physics and Information Processing - CRC Press 2016
- Hayashi - Introduction to Quantum Information Science - Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015
- Polak & Rieffel: Quantum Computing : A Gentle Introduction. MIT Press, 2011
- Schuld & Petruccione: Machine Learning with Quantum Computers. Springer 2021
- Schuld & Petruccione: Supervised Learning with Quantum Computers. Springer 2018

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo Anno, Primo Semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

La valutazione dell'apprendimento si basa su un colloquio orale, sui temi trattati in aula durante il corso.

Criteri di Valutazione:

- Comprensione dei Concetti (comprensione approfondita e completa degli argomenti del corso)
- Capacità di Risolvere Problemi (applicazione della conoscenza teorica e creatività)
- Capacità di Spiegare e Discutere (chiarezza, sintesi e capacità critica)

Orario di ricevimento

Su appuntamento.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÀ | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE
