



# UNIVERSITÀ DI PISA

## INTRODUCTION TO QUANTUM COMPUTING

ANNA BERNASCONI

Academic year **2023/24**  
Course **INFORMATICA**  
Code **756AA**  
Credits **6**

| Modules                           | Area   | Type    | Hours | Teacher(s)                                |
|-----------------------------------|--------|---------|-------|---|
| INTRODUCTION TO QUANTUM COMPUTING | INF/01 | LEZIONI | 48    | ANNA BERNASCONI<br>GIANNA MARIA DEL CORSO |

### Obiettivi di apprendimento

#### Conoscenze

Durante il corso saranno forniti i principali concetti teorici del quantum computing e verranno mostrati i risultati più importanti di questo campo. L'analisi dei problemi teorici sarà affiancata ad un'attività di laboratorio dove, utilizzando particolari pacchetti software, si potranno sperimentare i fenomeni tipici della computazione quantistica come il teletrasporto, l'entanglement e la superposizione.

#### Modalità di verifica delle conoscenze

La verifica delle conoscenze sarà monitorata assegnando periodicamente degli esercizi da svolgersi a casa (sia software che teorici) che verranno poi corretti in classe dagli studenti.

#### Capacità

L'obiettivo del corso è quello di fornire agli studenti un background adeguato per comprendere il nuovo paradigma del quantum computing e per capire e disegnare algoritmi quantistici per determinati campi applicativi. Gli algoritmi saranno poi eseguiti su simulatori e, dove possibile, sulle macchine quantistiche disponibili.

#### Modalità di verifica delle capacità

- Durante le ore di laboratorio saranno assegnati dei piccoli progetti che serviranno a capire come utilizzare il pacchetto software qiskit
- Durante il corso saranno lasciati agli studenti anche esercizi teorici per capire meglio come funziona la computazione quantistica

#### Comportamenti

Il quantum computing richiede un considerevole sforzo iniziale in quanto rappresenta un cambio metodologico importante rispetto alla computazione classica. Gli studenti dovranno affrontare nuove sfide che richiedono dedizione e curiosità.

#### Modalità di verifica dei comportamenti

Gli esercizi assegnati per casa saranno corretti in classe sia per verificare il livello di preparazione acquisito dagli studenti, sia per stimolare il loro interesse.

#### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Algebra lineare, Concetti di base dell'analisi numerical, teoria degli algoritmi.



# UNIVERSITÀ DI PISA

## Programma (contenuti dell'insegnamento)

- Concetti Fondamentali del quantum computing
  - Strumenti matematici di base(Numeri complessi, Spazi di Hilbert, proprietà del prodotto tensore, matrici unitarie, notazione di Dirac)
  - Qubits, quantum gates, e circuiti
  - Superposizione e Entanglement
- Algoritmi fondamentali
  - Teletrasporto quantistico
  - Superdense coding
  - Algoritmi di Deutsch, Deutsch-Jozsa, Simon
  - Algoritmo di ricerca di Grover
  - Trasformata di Fourier quantistica
  - Algoritmo di Shor per la fattorizzazione di interi
  - Algoritmo HHL per la soluzione dei sistemi lineari
  - Esempi di algoritmi di Quantum Machine Learning
- Linguaggi while per computazioni quantistiche
  - controllo classico: sintassi e semantica
  - controllo quantistico: sintassi e semantica

### Bibliografia e materiale didattico

An Introduction to Quantum Computing  
Phillip Kaye, Raymond Laflamme, Michele Mosca

### Foundations of Quantum Programming

Mingsheng Ying  
Morgan Kaufmann (2016)

Michael A. Nielsen & Isaac L. Chuang.  
Quantum Computation and Quantum Information.  
Cambridge University Press, 2010

Supplementary materials will be provided during the class.

### Modalità d'esame

Sminario su un argomento a scelta e prova orale sugli argomenti del corso

### Pagina web del corso

<https://elearning.di.unipi.it/course/view.php?id=437>

Ultimo aggiornamento 02/08/2023 13:20