

SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"QUANTUM INFORMATION"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA INFORMATICA

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ANGELA SARA CACCIAPUOTI
TELEFONO: 081-7683793
EMAIL: ANGELASARA.CACCIAPUOTI@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO (EVENTUALE):	NO
MODULO (EVENTUALE):	NO
CANALE (EVENTUALE):	NO
ANNO DI CORSO (I, II, III):	I-II
SEMESTRE (I, II):	I
CFU:	6

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di algebra lineare

OBIETTIVI FORMATIVI

L'obiettivo del corso è fornire agli studenti una visione ampia dell'informazione e computazione quantistica da una prospettiva dell'ingegneria delle comunicazioni. Nello specifico, gli studenti familiarizzeranno con gli elementi di base della teoria dell'informazione quantistica, quali qubit, superposition, quantum measurement, no-cloning ed entanglement. Partendo da queste premesse, verranno discusse le principali applicazioni, incluse comunicazioni sicure – analizzando tecniche di Quantum Key Distribution (QKD) – e tecniche di comunicazione quantistica basate su entanglement – quali superdense coding e quantum teleportation. In tali scenari di trasmissione di informazione classica e quantistica, si forniranno inoltre agli studenti gli strumenti per comprendere le peculiarità del rumore quantistico rispetto al rumore classico. Gli studenti acquisiranno anche la capacità di comprendere le ragioni per cui l'elaborazione dell'informazione quantistica può abilitare tecniche di machine learning e artificial intelligence caratterizzate da prestazioni superiori a quelle garantite da approcci classici. Gli studenti avranno l'opportunità di eseguire semplici esperimenti su un vero computer quantistico tramite la piattaforma IBM Q-Experience.

Infine, il corso vuole fornire allo studente contenuti e linguaggio necessari per consentirgli di approfondire autonomamente le tematiche trattate nel corso, di seguire seminari di approfondimento.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il corso si propone di fornire agli studenti i principi e gli strumenti metodologici necessari per apprendere e comprendere le problematiche che sorgono con la trasmissione e l'elaborazione dell'informazione quantistica. In particolare lo studente deve acquisire gli strumenti per comprendere le peculiarità del rumore quantistico rispetto al rumore classico. Inoltre, il corso consente agli studenti di comprendere le somiglianze e le differenze tra comunicazioni classiche e quantistiche, e di cogliere le implicazioni e le opportunità abilitate da tali differenze.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Gli studenti devono dimostrare la capacità di applicare le conoscenze acquisite e gli strumenti metodologici all'analisi e alla progettazione di tecniche di comunicazione quantistica, sia in condizioni ideali che in presenza di rumore quantistico. Gli studenti devono anche essere in grado di approfondire autonomamente aspetti delle tematiche trattate nel corso e di seguire seminari di approfondimento, sfruttando i contenuti e il linguaggio forniti dal corso.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Parte I: Fondamenti

- Informazione Quantistica: Qubit vs Bit, Spazio di Hilbert, notazione ket-bra, Sfera di Bloch, Sistemi a più qubits
 - o Lab-1: Introduzione alla piattaforma IBM Quantum (IBM-Q) Experience
 - o Lab-2: Visualizzazione di stati quantistici su IBM-Q
- Computazione Quantistica: Trasformazioni di stati quantistici, Theorema del No-Cloning, principali gates quantistici, la misura quantistica
 - o Lab-3: Trasformazioni di stati quantistici su IBM-Q
- L'entanglement quantistico: Stati di Bell, paradosso EPR
 - o Lab-4: Generazione di entanglement sulla piattaforma IBM-Q
- Rumore quantistico: stati puri e stati misti, operatore densità, decoerenza, modelli di canale quantistico

Parte II: Applicazioni

- Comunicazioni Sicure: principi di crittografia quantistica, protocollo BB84, protocollo Ekert-91, implementazioni pratiche
 - o Lab-5: protocollo BB84 su IBM-Q
- Comunicazioni quantistiche: protocollo di teleporting, effetti di rumore sul teleporting, fidelity
 - o Lab-6: protocollo di teleporting su IBM-Q
 - o Lab-7: state tomography su IBM-Q
 - o Lab-8: process tomography su IBM-Q
- Elaborazione dell'informazione quantistica per Machine Learning e Artificial Intelligence: semplici routines quantistiche, amplitudine amplification e interferenza quantistica, cenni al Grover's search learning, tecniche di elaborazione quantistica distribuita
 - o Lab-9: routines quantistiche su IBM-Q

MATERIALE DIDATTICO

Dispense/Slides redatte dal docente e disponibili nell'area dedicata su docenti.unina.it.

Libri di testo consigliati:

- Nielsen and Chuang, "Quantum computation and information", Cambridge University Press, 10th Edition, 2020
- Rieffel and Polak, "Quantum Computing: a Gentle Introduction", MIT Press, 2011

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso è organizzato integrando lezioni frontali con sessioni di laboratorio interattive. Durante il corso saranno inoltre organizzati seminari invitando esperti negli ambiti di interesse e saranno adottati metodi di insegnamento innovativi, come flipped classroom e feedback teaching strategies.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	X
altro	