

CORSO DI STUDIO *Physics*
ANNO ACCADEMICO 2023-2024
DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO *Quantum Technologies (6 CFU)*

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	2023-2024
Periodo di erogazione	01 marzo 2024 – 31 maggio 2024
Crediti formativi universitari (CFU/ECTS)	6
SSD	FIS/03
Lingua di erogazione	Inglese
Modalità di frequenza	Facoltativa

Docente	
Nome e cognome	Francesco Vincenzo Pepe
Indirizzo mail	francesco.pepe@ba.infn.it
Telefono	080 5442361
Sede	Dipartimento Interateneo di Fisica, Via Amendola 173, 70126 Bari (BA)
Sede virtuale (Codice Microsoft Teams)	
Ricevimento (giorni, orari e modalità)	Mar-Mer-Gio, 11:00-13:00, in presenza, da concordare tramite email

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
150	40	15	95
CFU/ETCS			
6	1,6	0,6	3,8

Obiettivi formativi	Acquisire la conoscenza dei principi della meccanica quantistica e della loro applicazione allo sviluppo di nuove tecnologie. Acquisire una visione d'insieme delle variegate applicazioni tecnologiche della meccanica quantistica. Identificare e distinguere sfide tecnologiche e limiti fisici fondamentali.
Prerequisiti	Programma degli esami di Meccanica Quantistica e Metodi Matematici per la Fisica

Metodi didattici	Lezioni, esercizi, studio di casi particolari
-------------------------	---

Risultati di apprendimento previsti	
DD1 Conoscenza e capacità di comprensione	<ul style="list-style-type: none"> ○ Acquisire pensiero critico, abilità analitica, capacità di risolvere problemi ○ Comprendere il potenziale delle diverse tecnologie quantistiche e individuare le loro possibili applicazioni ○ Confrontare differenti implementazioni tecnologiche e identificare i loro punti di forza e debolezza
DD2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate	<ul style="list-style-type: none"> ○ Definire obiettivi e livelli di apprendimento ○ Utilizzare i metodi della fisica teorica in un contesto applicativo

DD3-5 Competenze trasversali	<ul style="list-style-type: none"> ○ Acquisire consapevolezza degli strumenti di indagine teorici e delle implementazioni tecnologiche ○ Stimolare e guidare l'apprendimento collaborativo e la comprensione individuale <ul style="list-style-type: none"> ● Autonomia di giudizio <ul style="list-style-type: none"> ○ Giudicare il valore della conoscenza acquisita. Stabilire criteri e standard di valutazione, sia qualitativi sia quantitativi ○ Confrontare, descrivere e valutare nuove tecnologie, considerando i fenomeni fisici che ne sono alla base ● Abilità comunicative <ul style="list-style-type: none"> ○ Gestire la comunicazione in maniera accurata, essere in grado di utilizzare diverse forme di presentazione ○ Gestire la comunicazione di fisica e scienza ● Capacità di apprendere in modo autonomo <ul style="list-style-type: none"> ○ Riassumere la conoscenza acquisita e identificare i contenuti più importanti e i punti cruciali ○ Aggiornare in maniera continua la propria conoscenza scientifica
Contenuti di insegnamento (Programma)	<p>Introduzione. Il vantaggio quantistico nell'ambito di computazione, comunicazione, sensoristica, metrologia e imaging.</p> <p>Computazione classica e quantistica. Motivazione: scaling polinomiale ed esponenziale. Elementi di computazione classica: modello circuitale, relazione tra informazione ed energia. Bit quantistici e circuiti quantistici elementari. Algoritmi quantistici: ricerca in database non strutturati, Quantum Fourier Transform, ricerca del periodo e fattorizzazione.</p> <p>Entanglement quantistico. Stati puri e misti: dalla funzione d'onda alla matrice densità. Stati fattorizzabili e stati entangled. Misure di entanglement.</p> <p>Comunicazione quantistica. Teorema di no cloning. Dense coding e teletrasporto quantistico.</p> <p>Computer quantistici. Principi guida. Implementazione hamiltoniana di operatori logici (gate) quantistici. Errori unitari. Fonti di decoerenza. Piattaforme sperimentali per l'implementazione delle tecnologie quantistiche: elettrodinamica quantistica in cavità, ioni in trappola, quantum dots, qubit superconduttivi. Algoritmi ibridi classici-quantistici.</p> <p>Simulatori quantistici di sistemi a molti corpi. La necessità di un simulatore quantistico. Implementazione dei vincoli fisici. Prime realizzazioni sperimentali.</p>
Testi di riferimento	<p>G. Benenti, G. Casati, D. Rossini, G. Strini, Principles of quantum computation and information (World Scientific, 2019).</p> <p>M. A. Nielsen and I. L Chuang, Quantum computation and quantum information (Cambridge University Press, 2010).</p>
Note ai testi di riferimento	
Materiali didattici	
Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	Esame orale
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none"> ● Conoscenza e capacità di comprensione <ul style="list-style-type: none"> ○ Conoscenza dei principi della meccanica quantistica e delle loro applicazioni alle tecnologie quantistiche ● Conoscenza e capacità di comprensione applicate <ul style="list-style-type: none"> ○ Comprensione dei processi fisici che rendono un sistema, naturale o artificiale, un buon candidato a rappresentare un computer quantistico ○ Comprensione dei vantaggi implicati dall'uso e dallo sviluppo delle

	<p>tecnologie quantistiche</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autonomia di giudizio <ul style="list-style-type: none"> ○ Confrontare, distinguere e descrivere nuove tecnologie e i fenomeni fisici che ne sono alla base • Abilità comunicative <ul style="list-style-type: none"> ○ Portare esempi accurati e non fuorvianti, che favoriscano la comprensione scientifica • Capacità di apprendere <ul style="list-style-type: none"> ○ Riassumere la conoscenza acquisita e identificare i contenuti più importanti e i punti cruciali
<p>Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale</p>	<p>Verifica di</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) accuratezza nella conoscenza e nella presentazione dei principi della meccanica quantistica e della loro applicazione alle tecnologie quantistiche 2) abilità di descrivere e confrontare diverse tecnologie quantistiche, identificando i loro fondamenti fisici.
Altro	
	.