UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Quantum Physics for Technological Applications

2627-2-E3004Q009

Obiettivi

Il corso si propone di fornire una comprensione dei principi fondamentali della meccanica quantistica e del loro impiego nella descrizione di sistemi e processi di interesse per le tecnologie quantistiche. Saranno introdotti il formalismo degli stati e degli osservabili, la dinamica quantistica, il ruolo della misura e dell'informazione, l'entanglement, gli stati misti e i sistemi aperti. Il corso svilupperà inoltre gli strumenti necessari per analizzare particelle in potenziali, spin, oscillatori, sistemi a molti corpi, stati stazionari e perturbazioni, collegando il formalismo teorico a fenomeni e applicazioni fisiche rilevanti.

Conoscenza e capacità di comprensione
Al termine dell'insegnamento lo studente avrà acquisito conoscenze dei principi fondamentali della meccanica quantistica e del loro impiego nella descrizione di sistemi rilevanti per le tecnologie quantistiche. Sarà in grado di comprendere stati, osservabili, misura, dinamica quantistica, qubit, entanglement, stati misti e sistemi aperti.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione
Lo studente saprà applicare il formalismo quantistico alla soluzione di problemi relativi a sistemi semplici e composti, utilizzando spazi di Hilbert, operatori, equazione di Schrödinger, operatori densità e metodi approssimati. Saprà inoltre collegare i risultati matematici alla loro interpretazione fisica e ad applicazioni nelle tecnologie quantistiche.

Autonomia di giudizio
Lo studente svilupperà la capacità di analizzare criticamente modelli e problemi quantistici, valutando le ipotesi adottate, la validità delle approssimazioni e i limiti dei modelli teorici utilizzati.

Abilità comunicative
Lo studente sarà in grado di esporre in modo chiaro e rigoroso concetti e risultati della meccanica quantistica, utilizzando correttamente il linguaggio matematico e fisico della disciplina.

Capacità di apprendimento
Lo studente acquisirà strumenti concettuali e metodologici per proseguire autonomamente lo studio della

meccanica quantistica e delle sue applicazioni, utilizzando testi, note, slide, videolezioni ed esercizi integrativi.

Contenuti sintetici

Il corso introduce i concetti fondamentali della meccanica quantistica, partendo da bit, qubit e dualità onda-particella, per arrivare al formalismo degli stati, degli osservabili e della misura. Vengono trattati la dinamica quantistica, l'entanglement, gli stati misti e i sistemi aperti, insieme ad applicazioni a particelle, spin, oscillatori e sistemi a molte particelle. La parte finale è dedicata agli stati stazionari, ai potenziali e alla teoria delle perturbazioni.

Programma esteso

Il corso introduce i fondamenti della meccanica quantistica con un'impostazione orientata ai sistemi, ai processi e all'informazione. I contenuti principali includono:

- informazione classica, bit, qubit e dualità onda-particella;
- stati quantistici, osservabili, misure e spazi di Hilbert;
- distinguibilità, incertezza, comunicazione e crittografia quantistica;
- dinamica quantistica, evoluzione unitaria ed equazione di Schrödinger;
- sistemi composti, entanglement, teorema di Bell e applicazioni dell'entanglement;
- operatori densità, stati misti, sistemi aperti e cenni alla dinamica dissipativa;
- particelle nello spazio, pacchetti d'onda, particella libera e stati confinati;
- spin, momento angolare, oscillatore armonico e stati coerenti;
- sistemi a molte particelle, particelle identiche e numeri di occupazione;
- stati stazionari in potenziali unidimensionali e tridimensionali;
- metodo variazionale e teoria delle perturbazioni.

Prerequisiti

Sono richieste conoscenze di base di algebra lineare, in particolare vettori, matrici, autovalori e autovettori, e di analisi matematica, incluse derivate, integrali, equazioni differenziali elementari e numeri complessi. È inoltre utile una conoscenza preliminare dei principi della meccanica classica.

Modalità didattica

Le lezioni saranno erogate in modalità ibrida, combinando lezioni in aula con videolezioni asincrone rese disponibili sulla piattaforma e-learning. Le lezioni affronteranno i principali argomenti del corso, mentre attività di risoluzione di problemi saranno utilizzate per illustrare e consolidare l'applicazione dei concetti introdotti. Durante le lezioni in aula potranno essere utilizzati strumenti interattivi per favorire la partecipazione e il coinvolgimento degli studenti. Potranno inoltre essere proposte attività di lavoro di gruppo a supporto dell'apprendimento collaborativo.

Materiale didattico

Il libro di testo di riferimento è Quantum Processes, Systems, and Information di B. Schumacher e M. D. Westmoreland. Ulteriore materiale didattico, incluse note del docente, slide delle lezioni, videolezioni asincrone ed eventuali esercizi integrativi, sarà reso disponibile sulla piattaforma e-learning del corso.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo semestre: dal 28 settembre 2026 al 29 gennaio 2027.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

La verifica dell’apprendimento avverrà mediante una prova scritta, composta da domande a risposta multipla e problemi o quesiti aperti, seguita da una prova orale. La prova scritta sarà finalizzata a valutare la comprensione dei concetti fondamentali, la padronanza del formalismo e la capacità di applicare gli strumenti teorici alla risoluzione di problemi. La prova orale permetterà di approfondire la comprensione degli argomenti trattati e la capacità di esporre in modo chiaro e rigoroso i contenuti del corso.

Orario di ricevimento

Su appuntamento con il docente, anche in modalità online.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE