UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

# SYLLABUS DEL CORSO

## Quantum Photonics

**2627-1-FSM02Q023**

### Obiettivi

Questo corso guiderà gli studenti attraverso il campo dell'ottica quantistica, con una particolare attenzione su come implementare tecnologie come la sensoristica e la comunicazione quantistica utilizzando tecniche ottiche e circuiti fotonici. Gli studenti avranno la possibilità di conoscere i materiali e i metodi necessari per creare, manipolare e leggere gli stati quantistici della luce. Saranno discussi i principali risultati e le sfide future nel campo, tra cui la computazione quantistica fotonica e l'internet quantistica.
Obiettivo principale del corso è quindi quello di fornire una conoscenza di base della descrizione quantistica della luce. Inoltre, il corso fornirà una prospettiva sperimentale su fenomeni legati all'interazione radiazione-materia. La discussione di specifiche applicazioni amplierà il background dello studente nel campo dell'ottica e fornirà approfondimenti tecnologici sui materiali per la fotonica quantistica.
Questo insegnamento contribuisce in modo coerente al corso di studi attraverso i seguenti obiettivi formativi:

*Conoscenza, comprensione e capacità applicative*: gli studenti acquisiranno conoscenze e competenze utili a descrivere le proprietà dei materiali, rendendoli così in grado di inserirsi nel campo della ricerca e dello sviluppo per la gestione delle tecnologie per l'informazione e la comunicazione.

*Autonomia di giudizio*: gli studenti saranno indirizzati ad approfondire in modo autonomo argomenti avanzati e a formulare giudizi critici in un contesto scientifico e applicativo di frontiera, come quelle delle tecnologie quantistiche basate su fotoni. Oltre a un atteggiamento critico orientato al problem solving, il corso consentirà agli studenti di sviluppare autonomia nell'uso critico della letteratura scientifica.

*Abilità comunicative*: gli studenti svilupperanno capacità di comunicare in modo efficace e chiaro argomenti di ricerca e sviluppo legati ai materiali avanzati e di presentare idee e concetti sia propri che presenti nella letteratura scientifica.

*Capacità di apprendere*: gli studenti svilupperanno una robusta metodologia di lavoro che consentirà loro di apprendere in modo rapido nuovi concetti e tecniche, sia teoriche che sperimentali, nel campo dei materiali innovativi e complessi.

## Contenuti sintetici

• Statistica dei fotoni e materiali per emettitori quantistici
• Interazione radiazione-materia e fotorivelazione
• Elaborazione dell'informazione quantistica e crittografia quantistica
• Interferometria, entanglement, teletrasporto
• Quantum internet e computazione basata su fotoni

## Programma esteso

Statistiche fotoniche: classificazione statistica della luce, sorgenti coerenti, rumore e teoria quantistica della fotorivelazione.

Quantizzazione del campo elettromagnetico: Stati di Fock e stati squeezed, fluttuazioni di vuoto e effetto Casimir, rivelazione delle onde gravitazionali.

Interferometria: materiali per sorgenti e per rivelatori a singolo fotone, esperimento Hanbury Brown-Twiss, interferenza Hong-Ou-Mandel, eraser quantistico, photon bunching and anti-bunching.

Crittografia quantistica: Principi di crittografia classica e quantistica, generazione quantistica di numeri casuali, distribuzione della chiave quantistica attraverso fotoni singoli, protocollo BB84.

Stati entangled: coppie di fotoni entangled, test sperimentali del teorema di Bell, della disuguaglianza CHSH e del teletrasporto quantistico. Entanglement swapping.

Interfacce Spin-fotone: orientamento ottico spin, internet quantistica.

Applicazioni avanzate: materiali e principi per il calcolo quantistico fotonico, gate logici fotonici e boson sampler.

## Prerequisiti

Gli studenti dovrebbero avere conoscenza delle onde elettromagnetiche e comprensione della meccanica quantistica e della struttura della materia a livello dei corsi universitari di base. La conoscenza della fisica atomica e delle proprietà ottiche dei solidi è vantaggiosa.

## Modalità didattica

Il docente spiega e deriva formalmente i nuovi concetti utilizzando un tablet sempre in modalità erogativa in presenza (due lezioni a settimana da due ore ciascuna per tutta la durata del semestre). Le derivazioni formali sono sempre seguite da applicazioni. All'inizio di ogni lezione, il docente richiama brevemente il contenuto della lezione precedente.

## Materiale didattico

Dispense del corso e articoli messi a disposizione degli studenti tramite la presente piattaforma e-learning.
Testo adottato per l'insegnamento (disponibile anche in formato e-book attraverso la biblioteca d’ateneo): Mark Fox, Quantum Optics, Oxford University Press.

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo semestre

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

La modalità di verifica del profitto consiste in una prova orale finale per la verifica delle competenze, della capacità di analisi critica e delle capacità comunicative nell'ambito disciplinare del corso. A tale scopo e per raffinare le soft-skill, sarà data la possibilità aggiuntiva di preparare una presentazione breve su uno specifico argomento del corso. Non sono previste prove parziali.

## Orario di ricevimento

Gli studenti possono essere ricevuti in qualunque giorno della settimana e in qualunque orario, purché prendano appuntamento col docente via e-mail.

## Sustainable Development Goals

IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI