

Corso di Laurea Magistrale in Fisica		Insegnamento / Course OTTICA e INFORMAZIONE QUANTISTICA / QUANTUM OPTICS and INFORMATION		
SSD: FIS/03	CFU/Credits: 8	Anno di corso: I/II	Lezione (ore): 48	Esercitazione (ore): 16
Obiettivi formativi: Saper formulare previsioni teoriche quantitative e comprendere risultati sperimentali relativi a processi fotonici o di interazione radiazione-materia, anche in relazione alle realizzazioni ottiche di protocolli di informazione quantistica. Saper utilizzare strumenti propri della meccanica quantistica quali matrice densità, funzioni di quasi-distribuzione e Master Equation, per descrivere sistemi ottici di interesse per l'informazione quantistica. Saper descrivere in maniera dettagliata i processi di misura in ottica quantistica nel formalismo degli operatori.		Training objectives: To be able to describe and understand experimental results and theoretical modelling of photonic and light-matter interactions, including quantum-optical implementation of quantum-information protocols. To be able to use different quantum state and process representations such as density matrix, quasi-probability distribution, Master equation for describing quantum optical systems. To be able to properly describe the quantum optical measurements using operator formalism.		
Programma sintetico (sillabo): Teoria quantistica della radiazione: osservabili e stati del campo quantistico. Il fotone. Operatori di creazione e annichilazione, stati numero di Fock singolo modo e multimodo. Operatori quadratura e lo spazio delle fasi. Stati coerenti e squeezed e relazioni d'indeterminazione, l'operatore di spostamento e di squeezing. Rivelazione omodina. Funzioni di distribuzione quantistiche e rappresentazione del campo con la matrice densità. Stati puri e stati misti. Stati Gaussiani. Rivelazione dei fotoni e funzioni di correlazione quantistica, coerenza al prim'ordine, coerenza al second'ordine ed esperienza di Hambury-Brown e Twiss, interferenza fotone-fotone (effetto Hong-Ou-Mandel), bunching e antibunching dei fotoni, statistiche sub-Poissoniane e super-Poissoniane. La misura quantistica. Distinguibilità tra stati. POVM. Misure su sistemi composti e matrice densità ridotta. Il teorema del no-cloning. Il paradosso EPR, disequaglianze di Bell (nonlocalità quantistica) le disequaglianze CHSH, il paradosso GHZ, il paradosso di Hardy. Teorema di Kochen-Specker e contestualità quantistica. Decomposizione di Schmidt. La crittografia quantistica, il protocollo di Bennett-Brassard, la crittografia quantistica basata sul teorema di Bell. Il teletrasporto quantistico. Elementi di computazione quantistica: Qubit, algoritmo di Shor, porte logiche quantistiche, circuiti quantistici, correzione errori, metodi di implementazione fotonici. Il protocollo KLM. L'entropia di Shannon e quella di von Neumann.				
Contents (sillabus): The quantum field: states and observables. The photon. Creation and annihilation operators, Fock states (single and multi-mode). Quadrature operators and phase space. Coherent and squeezed states and uncertainty relations, displacement and squeezing operator. Homodyne detection. Quantum phase space distributions, density matrix and state representation. Pure and mixed states. Gaussian states. Photon detection and correlation functions. First and second order coherence. Hambury-Brown and Twiss experiment. Hong-Ou-Mandel photon-photon interference. Bunching and anti-bunching. Sub- and super-Poissonian light. Quantum measure. State distinguishability. POVM. Measuring of composite systems and reduced density matrix. No-cloning theorem. EPR paradox, Bell and CHSH inequalities (locality vs. non-locality), Hardy paradox, Kochen Specker theorem and quantum contextuality. Schmidt decomposition. Quantum cryptography (BB84 and Bell based protocols). CV and DV Teleportation. Quantum computation principles: the qu-bit, elementary quantum gates and protocols. Quantum circuits. Error correction. Photonic implementation. KLM linear optics protocol. Shannon and von Neumann entropy of information.				
Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -				
Prerequisiti / Prerequisites: La conoscenza dei concetti base di meccanica quantistica e dell'elettromagnetismo è essenziale/ Basic knowledge of quantum mechanics e classical electromagnetism is essential.				
Finalità e modalità di verifica dell'apprendimento/Final exam Esame orale su argomenti svolti durante le lezioni/ Oral examination on topics discussed during the lectures				
Il corso può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / The course can be given in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)				