

FONDAMENTI DI OTTICA MODERNA

Docente: Prof. Augusto Garuccio

Laboratorio: collaborazione della Dott.ssa Milena D'Angelo

Crediti di Lezione: 3

Crediti di Laboratorio: 2

Programma:

Problematiche principali:

- Interferenza ottica e sue applicazioni (incluso il legame coerenza-interferenza ed il passaggio dall'interferenza classica a quella quantistica)
- Caratterizzazione e "manipolazione" della luce
- Formazione di immagini (coerenti ed incoerenti, mediante misura di intensità e mediante misura di coincidenze; include transizione dall'imaging classico a quello quantistico) e legame tra diffrazione e risoluzione (in ambito classico e quantistico)
- Polarizzazione (ottica classica nei materiali cristallini, stati di luce correlati in polarizzazione e relative problematiche teoriche e sperimentali: paradosso di EPR e disuguaglianza di Bell)

Ottica ondulatoria (scalare): onde monocromatiche, propagazione attraverso ottiche semplici, luce policromatica, interferenza (inclusa realizzazione di esperienze di laboratorio: interferometro di Mach-Zender e misura del parallelismo di una lastra a facce piane, anelli di Newton e misura del raggio di curvatura di una lente, frange di Fizeau e misura di piccoli spessori, interferenza tra più fasci - lastra sottile, Fabry-Perot e Lummer-Gehrcke, - Michelson – misura di lunghezza d'onda, di differenze di lunghezza d'onda e dell'indice di rifrazione dell'aria), applicazioni di interferometria (inclusa dimostrazione, mediante simulazioni, di aspetti pratici e applicativi dei fenomeni di interferenza: progettazione di antireflection coatings e filtri interferenziali, studio della direzionalità della luce nei sistemi di antenne o fenditure), corrispondenza tra ottica ondulatoria classica e quantistica (interferenza di singolo fotone, dualismo onda-corpuscolo)

Fasci Gaussiani: loro rappresentazione e proprietà, ottica geometrica matriciale, propagazione di fasci gaussiani attraverso componenti ottici (simulazione di beam shaping ed esperienze di laboratorio: caratterizzazione di una lente sottile, beam shaping – collimazione, allargamento, etc., di un fascio, - costruzione di telescopi e microscopi semplici) e mezzi omogenei complessi (matrici ABCD), cenni di fasci non gaussiani (Hermite-Gauss, Laguerre-Gauss, Bessel)

Ottica statistica:

- proprietà statistiche della luce caotica: intensità ottica, coerenza temporale e spettro (funzione di coerenza temporale, grado di coerenza temporale, tempo di coerenza, densità di potenza spettrale, larghezza spettrale), coerenza spaziale (funzione di mutua coerenza, mutua intensità, area di coerenza, cross-spectral density), coerenza longitudinale (onde piane e sferiche parzialmente coerenti)
- interferenza con luce parzialmente coerente: interferenza di due onde, interferenza e coerenza temporale, interferenza e coerenza spaziale (luce quasi-monocromatica, sorgente estesa, effetto della larghezza spettrale)
- acquisizione di coerenza spaziale mediante propagazione (teorema di Van Cittert-Zernike, acquisizione di coerenza nello spazio vuoto, con relativa esperienza di laboratorio, misura della dimensione angolare delle stelle – interferometro stellare di Michelson),
- interferenza e coerenza al secondo ordine (inclusa realizzazione dell'esperimento di **Hambury-Brown and Twiss**)

- corrispondenza tra ottica statistica classica e quantistica (proprietà statistiche di alcuni stati di luce non-classici, concetto di coerenza e fenomeni di interferenza, al primo e al secondo ordine, in ottica quantistica)

Ottica di Fourier: propagazione della luce nel vuoto (onda piana e armoniche spaziali, funzioni di trasferimento, impulse-response function), trasformate di Fourier ottiche (campo lontano, lente come trasformatore di Fourier), diffrazione (inclusa realizzazione di esperienze di laboratorio: diffrazione da varie fenditure, diffrazione in riflessione, studio del passaggio dalla diffrazione di Fresnel alla diffrazione di Fraunhofer, studio della focale di lastre a zone di Fresnel), teoria dei sistemi lineari applicata all'imaging ottico (descrizione dell'ottica geometrica, propagazione di luce parzialmente coerente attraverso sistemi ottici sottili e arbitrari, formazione di immagini coerenti ed incoerenti e relative funzioni di trasferimento e point-spread functions, studio della risoluzione di un'immagine, apodizzazione e super-risoluzione, filtraggio spaziale e aperture complesse; incluse esperienze di laboratorio), riproduzione di immagini "fantasma" mediante misura di coincidenze (con luce classica coerente ed incoerente, e con stati di luce non-classici), cenni di super-risoluzione mediante uso di stati di luce non-classici

Ottica vettoriale: richiami di teoria e.m. della luce e delle proprietà dei mezzi dielettrici (omogenei-lineari-non dispersivi-isotropi, disomogenei, dispersivi, anisotropi, non lineari), propagazione di un'onda piana in materiali dielettrici, onde e.m. elementari in mezzi dielettrici

Polarizzazione e ottica nei materiali cristallini: polarizzazione e rappresentazione matriciale, coefficienti di riflessione e trasmissione, ottica nei mezzi anisotropi, doppia rifrazione (con esperienza di laboratorio), componenti ottici (polarizzatori, lamine di ritardo, prismi a riflessione interna totale, con relative esperienze di laboratorio), polarizzazione parziale (matrice di coerenza: luce polarizzata e non polarizzata, grado di polarizzazione), stati di luce correlati in polarizzazione e relative problematiche teoriche e sperimentali (paradosso di EPR e disuguaglianza di Bell)

Testi di riferimento: Saleh & Teich, *Fundamentals of photonics*
Scully, *Quantum optics*