

CONTROLLO DEL FATTORE DI QUALITÀ IN UNA CAVITÀ FOTONICA TRAMITE LA TEORIA DELLE PERTURBAZIONI DI SISTEMI NON-HERMITIANI

Candidato: Tancredi Lo Presti Piccolo (tancredi.lopresti@stud.unifi.it)

Relatore: Massimo Gurioli (massimo.gurioli@unifi.it)

Le cavità ottiche nei cristalli fotonici rappresentano un efficace metodo per il confinamento e l'intrappolamento della radiazione elettromagnetica, con numerose applicazioni in molti campi della fisica. Attraverso il fattore di Qualità Q e il volume modale V è possibile quantificare il grado di confinamento temporale e spaziale della cavità. Essendo tecnologicamente impossibile confinare la luce indefinitivamente, qualunque cavità ottica è soggetta a perdite. Questo aspetto rende le cavità interessanti anche da un punto di vista di fisica fondamentale, in quanto rappresentano un esempio di sistema non-Hermitiano. Il problema dell'ottimizzazione del Q è di rilevante importanza se si vuole ottenere un buon controllo della luce in qualsiasi sistema fotonico, come lo è la comprensione delle ripercussioni di piccoli e inevitabili difetti di produzione sulla cavità stessa. In questo lavoro di tesi vogliamo capire, in base alla teoria delle perturbazioni non-Hermitiana recentemente introdotta in fotonica, come piccole perturbazioni in una cavità permettano il controllo del Q -factor. In particolare, ci siamo interessati allo studio numerico tramite simulazioni FDTD dell'andamento del Q in una cavità D2 su cristallo a membrana, quando questa subisce lo spostamento mirato dei fori alle sue estremità.

L'obbiettivo è di inquadrare il noto metodo di ottimizzazione del Q nell'ambito della teoria delle perturbazioni. Tale metodo prevede piccoli aggiustamenti dei fori del cristallo ottenuti mediante spostamenti casuali. Viceversa, inquadrare come le variazioni del Q siano descrivibili nella suddetta teoria, permette di stabilire a priori quali spostamenti determinino un aumento del Q e quali, invece, risultino in una sua diminuzione.

Sulla base di due importanti articoli in fotonica e della teoria perturbativa non-Hermitiana, introdurremo il criterio di scelta della direzione di spostamento dei fori per il controllo del Q . Dopo aver brevemente descritto il metodo FDTD, esporremo i dati ottenuti dalle simulazioni della cavità perturbata o imperturbata. Infine, sulla base dei suddetti dati, dimostreremo che è effettivamente possibile prevedere l'andamento del Q -factor in funzione della specifica modificazione della struttura geometrica della cavità.

In conclusione riteniamo anche che l'interpretazione della modifica di Q in termini di una teoria perturbativa non-Hermitiana apra la strada a metodi di ottimizzazione più efficienti in termini di tempo di simulazione.