

Seguire il cammino della luce

Maria BONDANI¹, Alessia ALLEVI², Giovanni CHESI², Fabrizio FAVALE^{2,3}, Luca NARDO², Filippo PALLOTTA²

¹*Istituto di Fotonica e Nanotecnologie, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Como*

²*Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia, Università dell'Insubria, Como*

³*Liceo Scientifico Statale "Albert Einstein", Milano*

e-mail di riferimento: maria.bondani@uninsubria.it

Abstract

La formazione delle immagini è uno degli argomenti più comuni di qualsiasi corso di ottica. Tuttavia, comprendere i diversi modi in cui un'immagine può essere prodotta non è semplice. Nella pratica didattica, ad esempio, la discussione sulla ricostruzione delle immagini con specchi e lenti è spesso limitata al tracciamento di alcuni raggi di luce provenienti dall'oggetto, così che gli studenti vengono indotti a credere che due o tre raggi di luce contengano tutte le informazioni sull'oggetto. Inoltre, i sistemi ottici vengono spesso descritti solo da sorgenti di luce (o oggetti illuminati) e schermi, senza considerare quello che accade alla luce durante la propagazione. In realtà, la luce proveniente dagli oggetti diffrange e l'informazione che essa trasporta cambia il suo aspetto durante la propagazione. Il ruolo dei sistemi di imaging, anche quelli più semplici come le camere stenopeiche, è di recuperare le informazioni contenute nella luce diffratta per produrre "immagini" dell'oggetto, che possono essere di natura molto diversa a seconda del sistema ottico utilizzato. Inoltre, la luce che propaga a partire da un oggetto può essere manipolata in modo tale che l'informazione finale recuperata risulti molto diversa da quella originale.

Il nostro percorso didattico è incentrato sulla produzione di immagini luminose e procede con complessità crescente dalle camere stenopeiche all'olografia, collegando le caratteristiche delle immagini finali alla selezione che i sistemi ottici operano sulla luce mentre propaga. L'idea guida è seguire la luce mentre propaga, chiedendosi che forma assuma l'informazione sull'oggetto durante il percorso.

La metodologia del percorso è "inquiry based": gli studenti costruiscono i diversi sistemi ottici (compresi sistemi olografici) e osservano la fenomenologia della formazione delle immagini senza introdurre semplificazioni a priori nella loro interpretazione. Gli studenti sono messi nella condizione di esplorare il fenomeno luce in profondità, cogliendo aspetti non banali anche negli esempi più semplici di formazione delle immagini.

Parte rilevante nel percorso è la descrizione matematica dei fenomeni osservati. Utilizzando le competenze matematiche degli studenti, si introduce la descrizione ondulatoria della luce, costruendo la teoria della diffrazione come teoria generale della propagazione. La luce diffratta viene descritta come sovrapposizione di onde (piane) provenienti da direzioni diverse e formalizzata con il concetto di trasformata di Fourier [2]. La trasformazione dell'informazione trasportata dalla luce mentre propaga risulta evidente osservando ad esempio il piano immagine e il piano della trasformata di Fourier ottenuta con una lente. Il filtraggio spaziale sul piano di Fourier (vedi Figura) ha esiti evidenti, così come il "mantello dell'invisibilità" che sfrutta la propagazione della luce in un sistema di lenti [1].

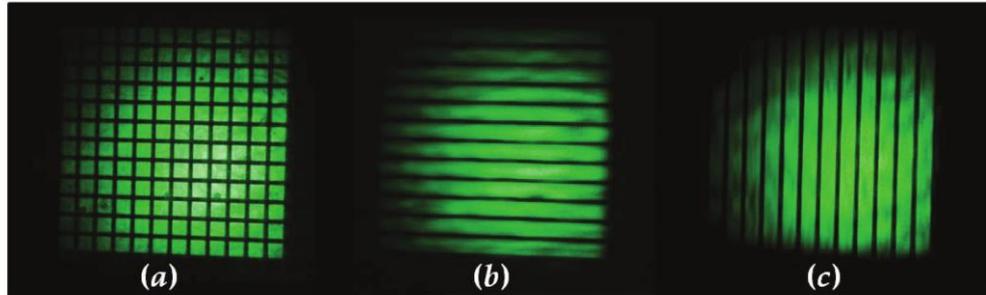


Figura: Immagine di una rete a maglie quadrate ottenuta con una singola lente (a), e selezionando le componenti verticali (b) o orizzontali (c) sul piano di Fourier.

Calcolando esplicitamente l'intensità dell'interferenza fra onde si descrive il meccanismo di registrazione degli ologrammi e di riproduzione delle immagini olografiche (virtuali e reali).

Destinatari del percorso sono gli studenti del quarto anno della Scuola Secondaria Superiore. A partire dal 2009, l'intero percorso è stato proposto come laboratorio PLS ("Fotografia e olografia", 16 ore, più di 30 studenti l'anno [3]). Parti del percorso sono inserite nel Progetto LuNa (dal 2009, "Visione e formazione dell'immagine", 2 ore, classi intere [4]) e nella Physics Summer School-Optics (dal 2013, 40 ore, più di 30 studenti l'anno [5]).

[1] Choi J S and Howell J C, 2014 Paraxial ray optics cloaking - *Optics Express* **22** 29465-29478.

[2] Goodman J W, 1996 Introduction to Fourier Optic, *Mc Graw-Hill, New York*.

[3] Bondani M and Favale F, 2014 Following the path of light: recovering and manipulating the information about an object - *Proc. of SPIE* **9289** 92892G-1.

[4] Bondani M, Allevi A, Soubusta J and Haderka O, 2015 Joint International Physics Summer School – Optics - *Proc. of SPIE* **9793** 979309.

[5] Bondani M, Allevi A, Nardo L and Favale F, 2014 The "LuNa" Project: experimental didactic modules exploiting portable setups to teach optics in Primary and Secondary Schools - *Proc. of SPIE* **9289** 92892D.