

Generazione e Propagazione di Onde Acustiche dotate di Momento Angolare

La descrizione matematica dei fenomeni ondulatori è applicabile in vari campi della fisica per semplice analogia: fenomeni appartenenti ad ambiti differenti sono descritti da leggi analoghe indipendentemente dalla loro natura particolare. I vantaggi offerti dalla ricerca interdisciplinare sono chiari: studiare un fenomeno da punti di vista differenti favorisce la produzione di risultati originali ed innovativi, il superamento di difficoltà teoriche e tecniche in un settore può aprire la strada ad imprevedibili progressi per tutta la Fisica.

Ottica e Acustica in particolare sono due discipline in cui la teoria ondulatoria è stata sviluppata ampiamente in vista delle innumerevoli applicazioni pratiche, inoltre il confronto diretto tra armonie cromatiche e sonore, tra onde luminose ed acustiche è campo fecondo come dimostrarono già gli studi di Newton e Huygens.

Le onde acustiche dotate di momento angolare (OAMW) sono oggetto di studio dell'ottica singolare ma la loro descrizione teorica può essere applicata a qualsiasi fenomeno ondulatorio: gli studi dell'analogo fenomeno acustico si sono sviluppati nell'ultimo decennio in vista di applicazioni tecniche avanzate che vanno dall'imaging alla manipolazione di oggetti in campi come la medicina e le telecomunicazioni.

Questo lavoro di tesi ha permesso di approfondire la conoscenza del fenomeno acustico tramite la costruzione di un dispositivo che ha consentito di generare onde che trasportano momento angolare e di studiarne la propagazione in campo lontano.

È stato progettato e realizzato un apparato sperimentale che prevede una sorgente ad otto onde coerenti (adeguatamente sfasate e sovrapposte) capaci di produrre un'onda acustica risultante che trasporta momento angolare. La sorgente è controllata da un sistema elettronico, realizzato in questa attività di tesi, che genera i segnali elettrici opportuni applicati agli attuatori elettro-acustici.

Effettuando scansioni con due trasduttori microfonici si sono misurate la fase e l'intensità del fascio complessivo a diverse altezze e distanze rispetto al centro del dispositivo per verificare le effettive proprietà dell'onda: la presenza della singolarità e la formazione del profilo di fase elicoidale.

L'analisi dei dati effettuata tramite il confronto con il modello teorico ha reso possibile la valutazione della compatibilità del fenomeno osservato con il modello di propagazione basato sui modi Laguerre-Gauss, confermandone di fatto la bontà dell'approssimazione ed evidenziandone i limiti. In particolare, i risultati evidenziano come la geometria conica della sorgente si comporti come una lente acustica che focalizza il fascio risultante su distanze di pochi mm dalle aperture. Inoltre, il rumore di fondo, prodotto dalle stesse sorgenti che generano il fascio con momento angolare, limita la ricostruzione delle proprietà di fase ed ampiezza dell'onda, coerentemente con il modello, a distanze di decine di centimetri dalla sorgente.

L'esperimento ha inoltre evidenziato quali elementi dell'apparato dovrebbero essere migliorati in vista di esperimenti futuri: l'impiego di una scheda di controllo in grado di effettuare diagnostica in tempo reale, di un sistema di filtri e amplificatori in grado di operare in maniera ottimale alla frequenza di lavoro, di un modello più completo che tenga in considerazione la propagazione delle onde tra gli attuatori e le aperture e la natura del rumore di fondo permetterebbe la realizzazione di un apparato con il quale oltrepassare i limiti attuali.