

Ringrazio molto la Società Italiana di Fisica per questo Premio, che sono onorato di condividere con gli stimati colleghi ed amici Giulio Casati e Luciano Pietronero.

Desidero dedicare questo riconoscimento prima di tutto a mia moglie Vilma, che ha condiviso e sopportato la mia vita di fisico. In secondo luogo al compianto Piero Caldirola, che fu il mio principale maestro e che sarebbe orgoglioso di vedere due suoi allievi (Giulio Casati e il sottoscritto) ricevere un premio che porta il nome di Enrico Fermi, del quale egli stesso fu allievo.

La morfogenesi, o formazione spontanea di strutture spaziali a partire da uno stato omogeneo, è uno degli argomenti più affascinanti e interdisciplinari della scienza. In presenza di una instabilità spaziale una piccola modulazione iniziale, casualmente presente in un sistema nonlineare, cresce spontaneamente e forma la struttura. Incontriamo questo tipo di fenomeni per esempio in fluidodinamica o nelle reazioni chimiche nonlineari o, naturalmente, negli organismi viventi. Verso la metà degli anni Ottanta il campo in cui principalmente lavoravo, l'ottica moderna, era stato già oggetto di vaste ricerche dal punto di vista della dinamica nonlineare, ma sempre nel dominio del tempo. In modo spontaneo mi venne quindi l'idea di investigare la possibilità di ottenere la formazione spontanea di strutture spaziali in ottica. Queste strutture di luce, o patterns ottici, si formano quando un fascio laser di sezione grande interagisce con un mezzo materiale; la nonlinearietà sorge dalla interazione fondamentale tra luce e materia.

Il mio progetto era di formulare un modello che prevedesse questo fenomeno e avesse lo stesso grado di relativa semplicità dei modelli prototipici che descrivono le reazioni chimiche nonlineari in 2D. La difficoltà principale risiedeva nel fatto che nel caso dell'ottica, oltre alle due dimensioni della sezione del fascio vi è una terza dimensione in cui il fascio si propaga, e questa circostanza rende molto più complesso modellizzare tali fenomeni. Per poter trascurare la terza dimensione si può considerare un campione di materiale molto corto, ma in questa situazione l'interazione tra luce e materia è anch'essa trascurabile. Per risolvere questa difficoltà pensai di racchiudere il campione in una cavità ottica in modo che la luce rimbalzasse moltissime volte tra i due specchi della cavità prima di uscirne ed in tal modo interagisse in modo significativo con la materia.

Il modello che formulai per il campo elettrico includeva i due elementi necessari per la formazione di patterns spaziali, cioè la nonlinearietà e la diffrazione, ed era equivalente ad una equazione di Schroedinger nonlineare con l'aggiunta di un termine di smorzamento che descrive la luce uscente dalla cavità e un termine forzante che descrive la luce entrante in cavità. Verificai che l'equazione prevedeva la presenza di una instabilità spaziale e Renè Lefever dimostrò che questa portava effettivamente alla formazione di strutture spaziali.

Questo risultato inaugurò un nuovo campo che venne denominato Optical Pattern Formation e fu oggetto di molte indagini anche sperimentali, tra le quali si segnalano quelle del gruppo di Tito Arecchi, che ha ricevuto questo Premio due anni fa.

Nell'ambito della morfogenesi, il vantaggio dell'ottica è che i sistemi ottici rispondono su scale di tempo veloci e possono trasmettere su una larga banda di frequenze, il che permette prospettive di applicazione, e a questo proposito vorrei ringraziare soprattutto i colleghi Massimo Brambilla, Franco Prati e Alessandra Gatti per la loro preziosa collaborazione su questi temi.

Una prima via applicativa è quella dei cosiddetti solitoni di cavità. Tipicamente, gli elementi di un pattern spaziale sono fortemente correlati tra di loro: se, per esempio, si genera un solo elemento, questo crea spontaneamente l'intero pattern. Tuttavia, in condizioni speciali gli elementi diventano realmente indipendenti e si può avere anche un solo elemento isolato. Questi "solitoni di cavità" possono essere scritti in posizioni a piacere e poi cancellati singolarmente. Possono essere anche spostati e/o messi in moto in maniera controllata e tutte queste proprietà sono molto interessanti nella prospettiva di processare informazione.

Una seconda via applicativa è la seguente. In condizioni opportune, le leggi dell'ottica nonlineare fanno sì che i vari elementi del pattern siano correlati quantisticamente tra di loro. Questo stato di entanglement spaziale è di interesse nel campo dell'informazione quantistica. In particolare, questo ha contribuito alla nascita di una nuova disciplina, denominata Quantum Imaging, che sfrutta la natura quantistica della luce e l'intrinseco parallelismo dei segnali ottici per inventare nuove tecniche per fare imaging e per processare l'informazione in parallelo a livello quantistico. Per esempio, per determinare gli spostamenti di un oggetto con una precisione che sorpassa il limite quantistico standard.

Poiché questo congresso si svolge nella città di Genova, per terminare desidero ricordare che Genova è la sede dell'Istituto Nazionale per la Fisica della Materia (INFN) che da qualche anno è stato incorporato nel Consiglio nazionale delle Ricerche. In questa operazione la rete universitaria, che costituiva l'ossatura e l'anima dell'INFN, è rimasta tagliata fuori. Spero che non sia utopistico auspicare che l'INFN possa tornare ad essere indipendente con una configurazione ed un finanziamento paragonabili a quelli dell'epoca pre-CNR. E, più in generale, auspico che il mondo politico prenda coscienza del fatto che ricerca scientifica e formazione universitaria non sono solo una sorgente di spesa per lo Stato, ma rappresentano soprattutto una risorsa fondamentale per il futuro del nostro Paese.