

## Neermitinė šviesos dinamika mikro-optinėse sistemose

Prof. dr. Kęstutis Staliūnas

Neermitinė šviesos dinamika, tai naujai atrasti neįprasti šviesos sklidimo dėsniai terpėse, kur ne tik lūžio rodiklis moduluotas (įprastinė ermitinė moduliacijos dalis) bet kartu moduluotas ir šviesos stiprinimas bei nuostoliai (neermitinė dalis). Tokie neįprasti ir egzotiniai reiškiniai yra, pavyzdžiui vienakryptė šviesos sąveiką ir kiti. Vienakryptė sąveika, liaudiškai kalbant, reiškia, kad šviesos sąveikai nebegalioja trečias Niutono dėsnis. Veiksmas tampa nebelygus atoveiksmiui.

Toks sąveikos vienakryptiškumas, būdamas savaime egzotiškas dalykas, gali turėti labai neįprastų, bet techniškai naudingų pasekmių. Keletą tokių vienakrypčių reiškinų atrado ir prof. K. Staliūnas: Darbe [Phys. Rev. Lett. 131, 043604 (2023)], atliktame su grupe Barcelonoje, pasiūlė ir apskaičiavo kad toks sąveikos vienakryptiškumas gali padėti gryninti šviesolaidžio modas. Darbe [Phys. Rev. Applied, 23, (2025) 054014] kartu su Vilniaus Universiteto ir FTMC grupe, pasiūlė ir apskaičiavo kad jis gali ženkliai padidinti šviesos sugertį (kai šviesa patenka į neermitinę sistemą, bet nebegali ištrūkti).

Dar vieną idėją, sekanti iš aukščiau paminėtų darbų, yra tai, kad vienakryptė sąveika tarp puslaidininkinio mikrolazerio modų gali padėti gryninti to lazerio modas, ir pasiekti labai tvarkingą spinduliuotę tiek erdvėje tiek dažnyje. Paprastai puslaidininkinių mikrolazerių šviesa nepasižymi labai didele tvarka, ir tai yra gerokas jų minusas.

Taigi pagrindinė doktorantūros tematika būtų teoriškai-skaitmeniškai tirti tokius neermitiškai modifikuotus puslaidininkinius lazerius, ir jos galutinis tikslas būtų sukurti naujo tipo puslaidininkinius mikrolazerius su ženkliai sutvarkyta skėstimi. Tačiau, priklausomai nuo doktoranto polinkio doktorantūra gali įgauti ir labiau fundamentinį pobūdį, teoriškai nagrinėjant fundamentinius netiesinės neermitinės lazerio modų sąveikos principus. Iš kitos pusės, jei doktorantas linkęs į eksperimentus, jis galėtų prisidėti ir prie matavimų bei charakterizavimų.

## Non-Hermitian Light Dynamics in Micro-Optical Systems

Non-Hermitian light dynamics contain newly discovered unusual laws of light propagation in media, where not only the refractive index is modulated (the usual Hermitian part of the modulation) but also the light gain and loss (the non-Hermitian part) are modulated. Such unusual and exotic phenomena are, for example, unidirectional light interaction and others. Unidirectional interaction, simply speaking, means that Newton's third law no longer applies to the interaction of light. Action no longer equals reaction.

Such unidirectionality of interaction, being an exotic thing in itself, can have technically useful consequences. Several such unidirectional phenomena were discovered by prof. K. Staliūnas: In the work [Phys. Rev. Lett. 131, 043604 (2023)], carried out with a group in Barcelona, he proposed and calculated that such unidirectionality of interaction can provide mode cleaning in a multimode optical fiber. In another work [Phys. Rev. Applied, 23, (2025) 054014] together with a group from Vilnius University and FTMC, he proposed and calculated that in non-Hermitian systems the absorption of light can be significantly enhanced (when light enters a non-Hermitian system, but can no longer escape).

One more idea, that follows from the above-mentioned works, is that the unidirectional interaction between the modes of a semiconductor microlaser can help to purify the modes of that laser, and achieve a very ordered radiation both in space and frequency. Usually, the light of semiconductor microlasers is quite disordered, and this is a significant disadvantage of such lasers.

Thus, the main topic of the doctoral thesis would be to theoretically and numerically study such non-Hermitian modified semiconductor lasers, with the ultimate goal to develop a new type of semiconductor microlasers with a significantly improved spatial and temporal characteristics of the emission. However, depending on the inclinations of the doctoral student, the doctoral thesis can also take on a more fundamental nature, theoretically examining the fundamental principles of nonlinear non-Hermitian laser mode interaction. On the other hand, if the doctoral student is inclined to experiments, he could also contribute to experimental measurements and characterizations.