

Airy tipo nehomogeniškai poliarizuoti pluoštai ir jų savybės

Airy-Like Nonuniformly Polarized Beams and Their Characteristics

Justas Berškys¹, Sergejus Orlovas¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius
justas.berškys@ftmc.lt

Airy pluoštai [1] yra intriguojanti optikos sritis, jie pasižymi unikaliomis savybėmis, tokiomis kaip nedifraguojantis intensyvumo profilis, parabolinė pluošto sklaidimo trajektorija, papildomai, galimas orbitinis judesio kiekio momentas besisukant pluošto fazei ar sukinnis judesio kiekio momentas, sukantis pluošto poliarizacijai sklaidimo kryptimi. Perturbuojant šiuos pluoštus jie grįžta į pradinę formą, tai reiškia, kad sąveikaujant su kliūtimis, jų fazė ar amplitudė sutrikdoma, tačiau sklaidimo metu intensyvumo profilis yra atkuriamas. Tai juos daro ypač naudingais turbulencinėje aplinkoje.

Kita nehomogeninės poliarizacijos pluoštams būdinga savybė yra tai, kad juose gali būti aptinkamos topologinių kvazi-dalelių struktūros. Šviesos topologinės kvazi-dalelės yra lauko struktūros, kurios turi daug realioms dalelėms būdingų savybių. Tokios kvazi-dalelės yra aptinkamos lauko poliarizacinėje struktūroje, Poyntingo vektoriuje ar išvestinėse elektromagnetinio lauko formose. Kai kurios topologinių kvazi-dalelių lauko konfigūracijos yra stabilios, tokios kvazi-dalelės panaudojamos įvairiose srityse, kaip sukino optika, vaizdavimas, metrologija ir daugelis kitų [2]. Šios kvazi-dalelės apibrėžiamos Skyrmininiu skaičiumi s :

$$s = \frac{1}{4\pi} \iint \mathbf{n} \cdot \left(\frac{\partial \mathbf{n}}{\partial x} \times \frac{\partial \mathbf{n}}{\partial y} \right) dx dy, \quad (1)$$

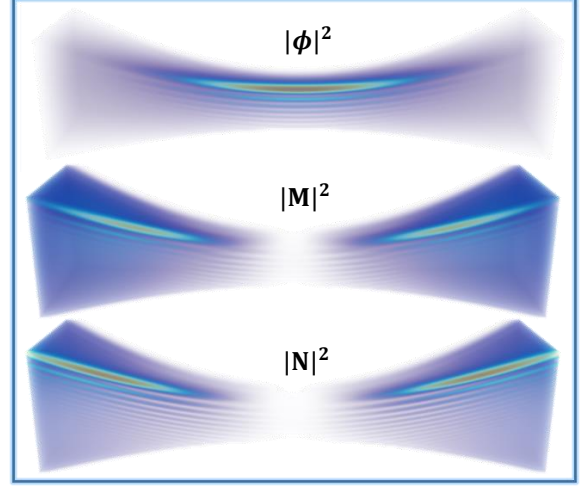
čia \mathbf{n} yra normuotas elektromagnetinis laukas ar aukštesnės eilės jo išvestinė forma.

Šiame tyrime [3] pristatome Airy pluoštą, turintį nehomogeninę poliarizacinę struktūrą. Norėdami sukurti optinius vektorinius Airy tipo laukus, atitinkančius du statmenus sprendinius - elektrinį ir magnetinį, pradėdami nuo skaliarinio Airy pluošto, naudojame tradicinį Morso ir Feshbacho metodą, pristatytą [4]:

$$\mathbf{L} = \nabla \phi, \quad \mathbf{M} = \nabla \times \mathbf{e}\phi, \quad \mathbf{N} = 1/k \times \mathbf{M}, \quad (2)$$

čia \mathbf{L} , \mathbf{M} ir \mathbf{N} yra sprendiniai atitinkantys šaltinio, magnetinio ir elektrinio tipo elektromagnetinius laukus, ϕ - skaliarinis Airy laukas, o \mathbf{e} - laisvai pasirenkamas krypties vektorius.

Gaunamo pluošto intensyvumo profiliui įtaką daro lauko singularumai, jie gali būti taškinio arba linijinio pobūdžio ir priklauso nuo pasirinktos poliarizacijos. Šiame darbe mes nagrinėjame tokių laukų savybes ir jas aptariame, taip pat skaičiuojame Furjė spektrą eksperimento įgyvendinimui.



1 pav. Intensyvumo pasiskirstymas skaliarinio Airy pluošto $|\phi|^2$, magnetinės prigimties elektromagnetinio lauko $|\mathbf{M}|^2$ ir elektrinio tipo elektromagnetinio Airy pluošto $|\mathbf{N}|^2$.

Taip pat, šis pluoštas turi labai įdomią savybę - bimeroninę gardelę. Šią gardelę galima pastebėti normalės poliarizacinei elipsei lauke. Tai įdomu, nes gardelės paprastai pastebimos ribotų erdvių aplinkoje, o šiuo atveju ji egzistuoja laisvai sklindančiame vektoriniame pluošte.

Reikšminiai žodžiai: Elektromagnetiniai vektoriniai laukai, Airy pluoštai, sūkuriniai pluoštai.

Literatūra

- [1] G. Siviloglou, and D. Christodoulides. *Accelerating finite energy Airy beams*, Optics letters (2007): 979-981.
- [2] Y. Shen, Q. Zhang, P. Shi, L. Du, A. V. Zayats, and X. Yuan, *Topological quasiparticles of light: Optical skyrmions and beyond*, arXiv preprint arXiv:2205.10329 (2022).
- [3] J. Berškys and S. Orlov, *Accelerating Airy beams with particle-like polarization topologies and free-space bimeronic lattices*, Optics letters (2023): 1168-1171.
- [4] P. M. Morse and H. Feshbach, *Methods of Theoretical Physics. Part 1 & 2* (McGraw Hill, New York, 1953).