

Modeliranje širjenja svetlobe vzdolž ograjenih tekočekristalnih defektnih linij

Avtor Miha Čančula

Mentor prof. dr. Slobodan Žumer

Somentor doc. dr. Miha Ravnik

3. september 2013

Vsebina

- Teoretični uvod
 - Tekoči kristali
 - Elektromagnetno valovanje
- Numerična metoda
- Rezultati
- Nadaljnje raziskave

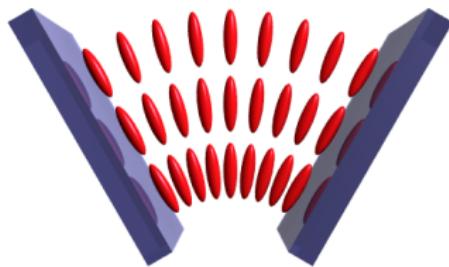
Tekoči kristali

- Lastnosti tekočin in kristalov
- Orientacijski red
- Delni pozicijski red

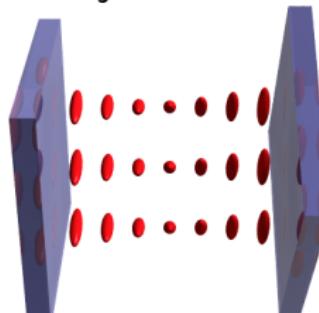


Tekoči kristali

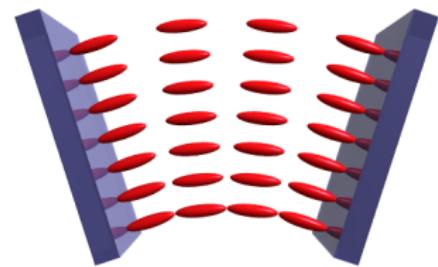
- Lastnosti tekočin in kristalov
- Orientacijski red
- Delni pozicijski red
- Nadzor z zunanjimi polji
- Elastične deformacije direktorja



$$\nabla \cdot \mathbf{n}$$



$$\mathbf{n} \cdot \nabla \times \mathbf{n}$$



$$\mathbf{n} \times \nabla \times \mathbf{n}$$



Maxwellove enačbe

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho_f & \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} & \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J}_f + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}\end{aligned}$$

Konstitutivni zvezi

$$\begin{aligned}\mathbf{D} &= \epsilon \epsilon_0 \mathbf{E} \\ \mathbf{B} &= \mu \mu_0 \mathbf{H}\end{aligned}$$

Maxwellove enačbe

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_f \quad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad \nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_f + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

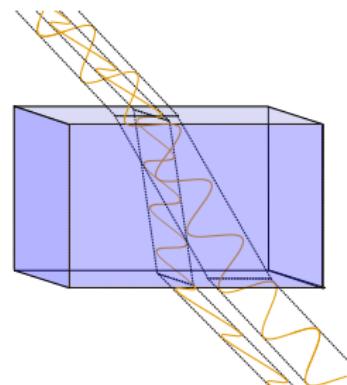
Konstitutivni zvezi

$$\mathbf{D} = \epsilon \epsilon_0 \mathbf{E}$$

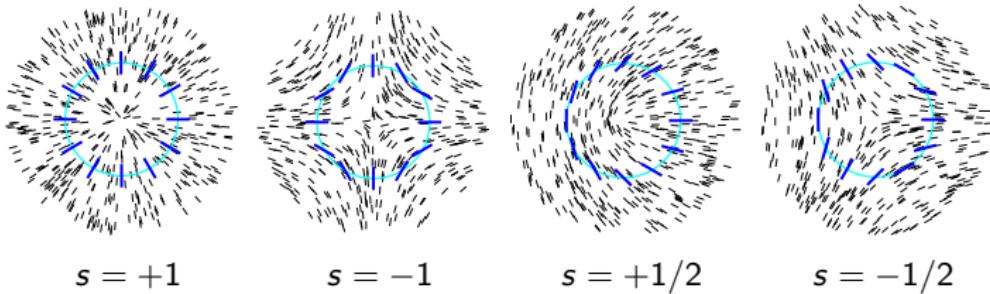
$$\mathbf{B} = \mu \mu_0 \mathbf{H}$$

Dvolomnost

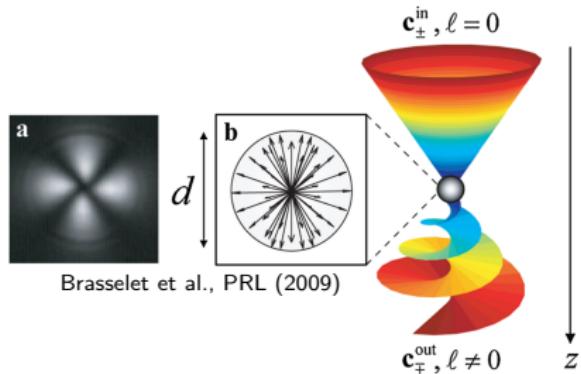
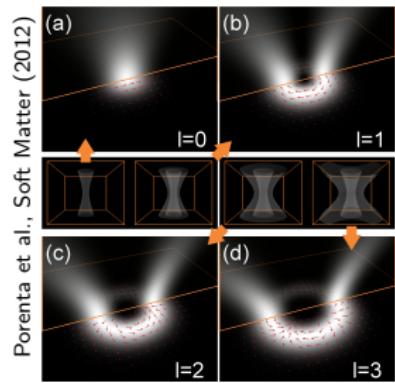
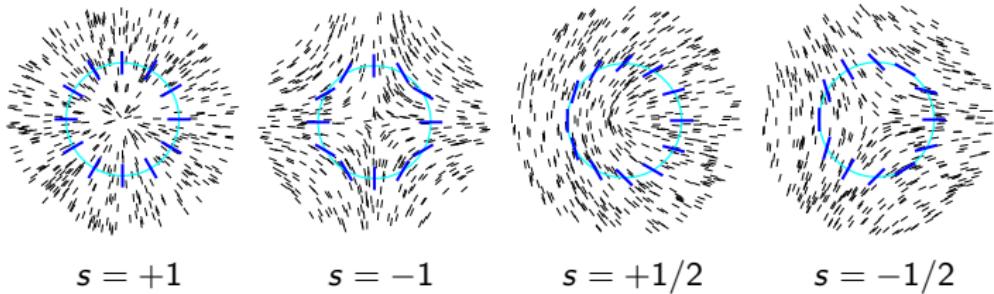
- Lomni količnik odvisen od polarizacije
- Izredna os z n_e , pravokotne smeri n_o
- Izredna os v TK krajevno odvisna



Topološki defekti



Topološki defekti



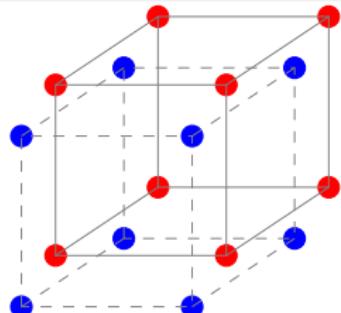
Metoda končnih diferenc v časovni domeni – FDTD

- Časovni razvoj vseh 6 komponent \mathbf{E} in \mathbf{B}
- Dinamični Maxwellovi enačbi na diskretni mreži

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -(\nabla \times \mathbf{E}) \quad \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \epsilon^{-1} (\nabla \times \mathbf{B})$$

Diskretizacija na mreži

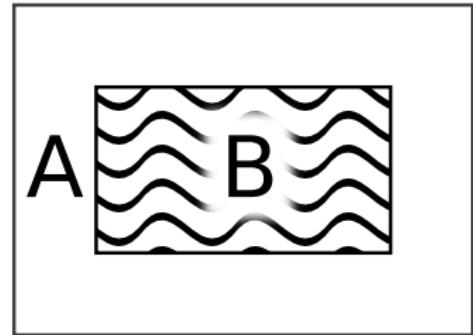
- Komponente polj znane na različnih krajih ob različnih časih
- Izvor in absorpcija valovanja na robu



Simulacijska celica

Izvor valovanja

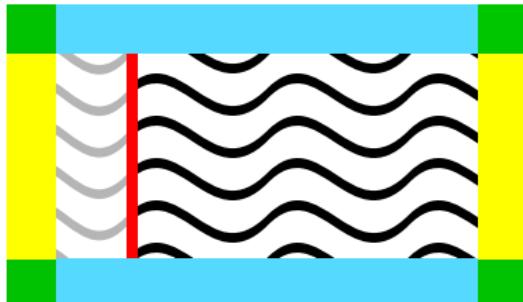
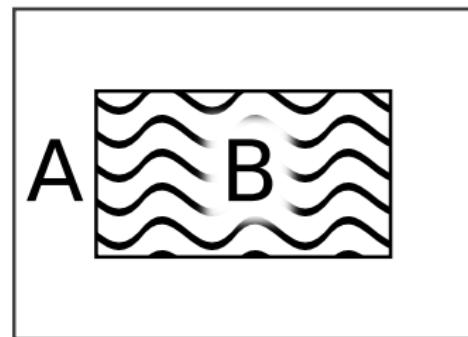
- Delitev na dve območji
- Linearne enačbe → vpadno + sipano valovanje
- Zunaj samo sipano valovanje
- Izvor modeliran na meji



Simulacijska celica

Izvor valovanja

- Delitev na dve območji
- Linearne enačbe → vpadno + sipano valovanje
- Zunaj samo sipano valovanje
- Izvor modeliran na meji

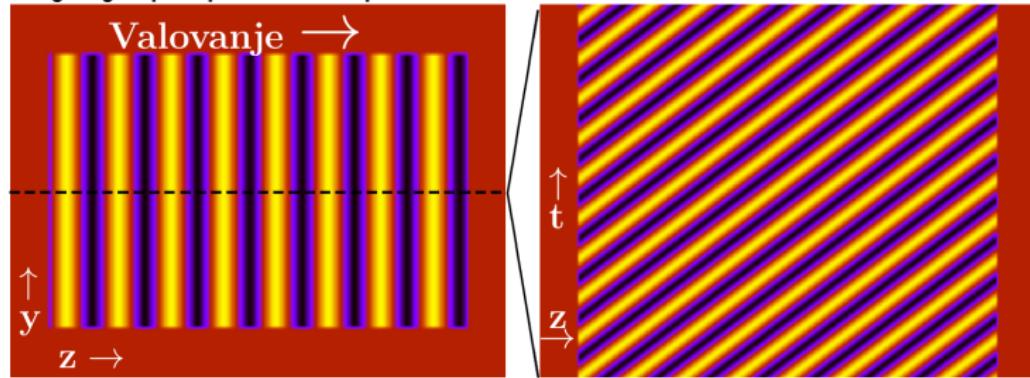


Absorpcija na robu

- Električna prevodnost in magnetne izgube
- Nefizikalnen material – dodatne prostostne stopnje

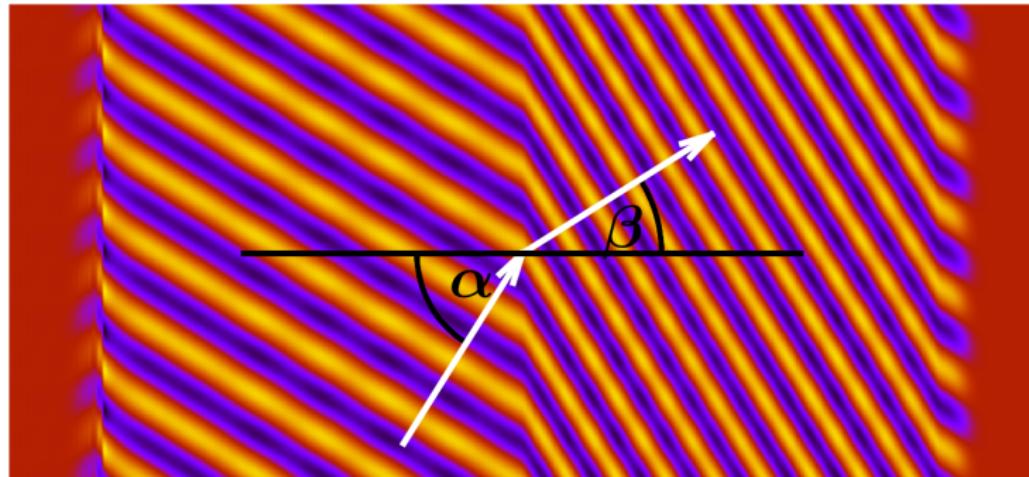
Primeri uporabe metode

- Širjenje po praznem prostoru



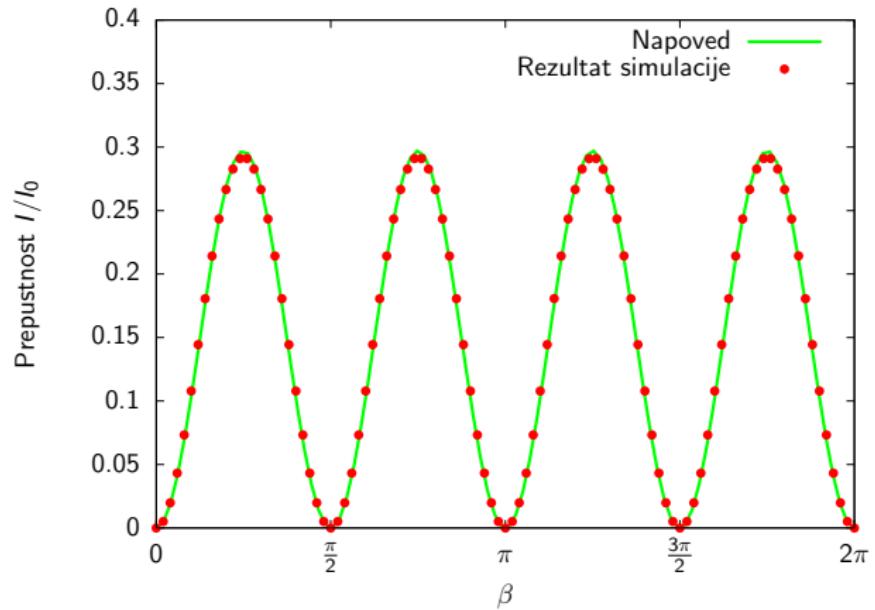
Primeri uporabe metode

- Širjenje po praznem prostoru
- Lom pri Brewsterjevem kotu



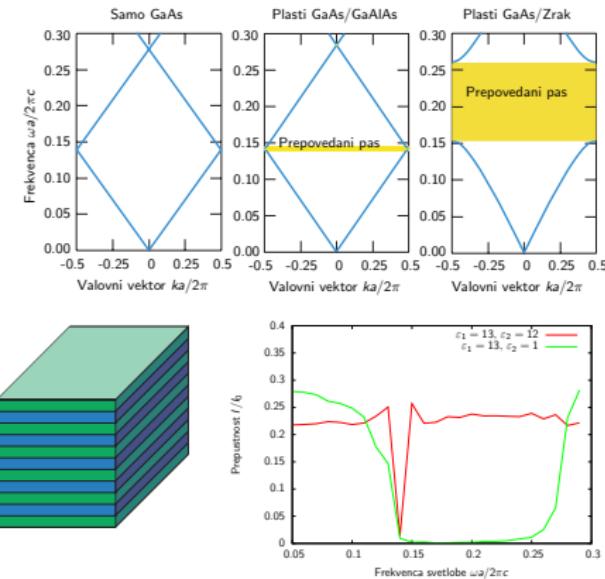
Primeri uporabe metode

- Širjenje po praznem prostoru
- Lom pri Brewsterjevem kotu
- Dvolomni kristal med prekrižanima polarizatorjema



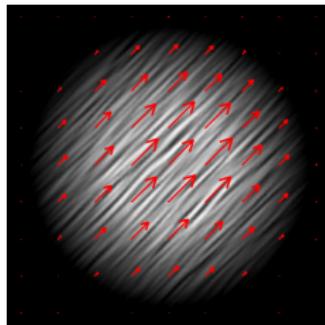
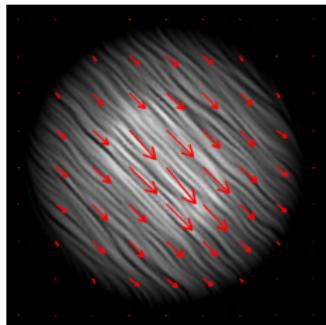
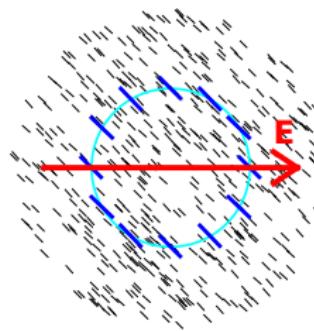
Primeri uporabe metode

- Širjenje po praznem prostoru
- Lom pri Brewsterjevem kotu
- Dvolomni kristal med prekrižanima polarizatorjema
- Fotonski prepovedani pas

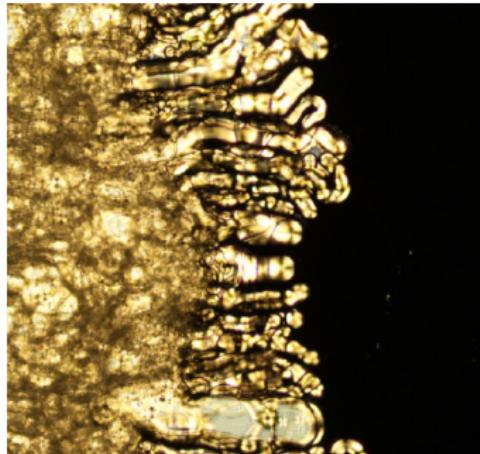
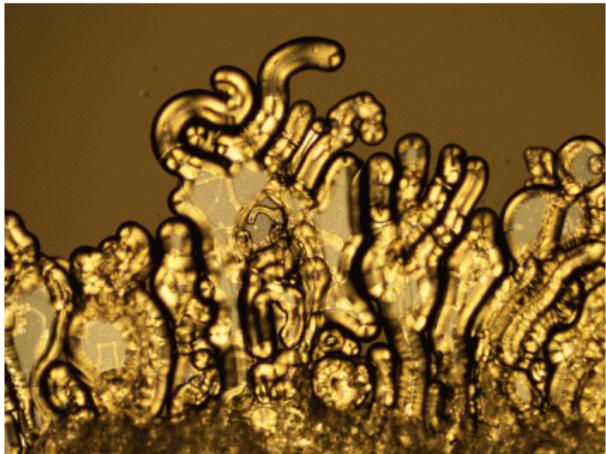


Primeri uporabe metode

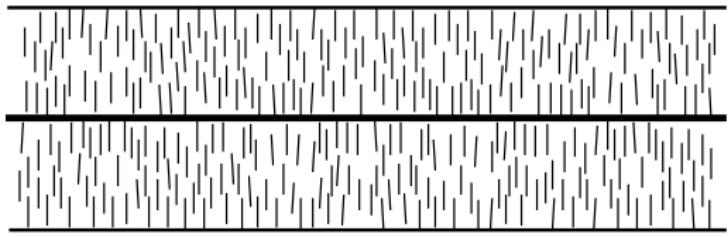
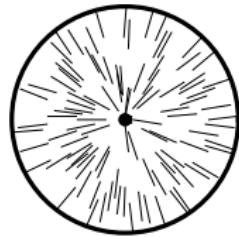
- Širjenje po praznem prostoru
- Lom pri Brewsterjevem kotu
- Dvolomni kristal med prekrižanima polarizatorjema
- Fotonski prepovedani pas
- Dvolomno vlakno



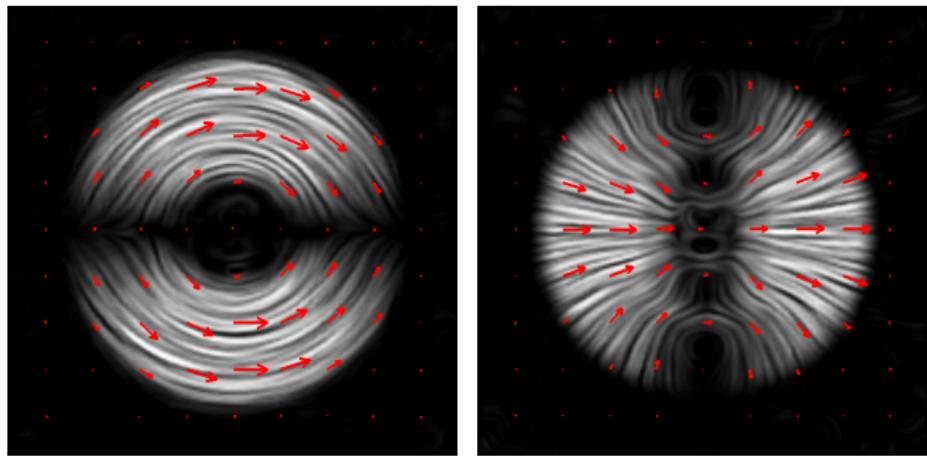
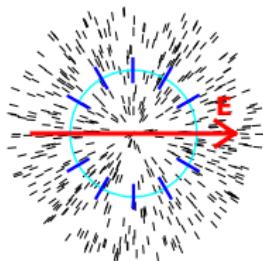
Vlakno z radialnim direktorskim profilom



Peddireddy et al., Langmuir (2012)

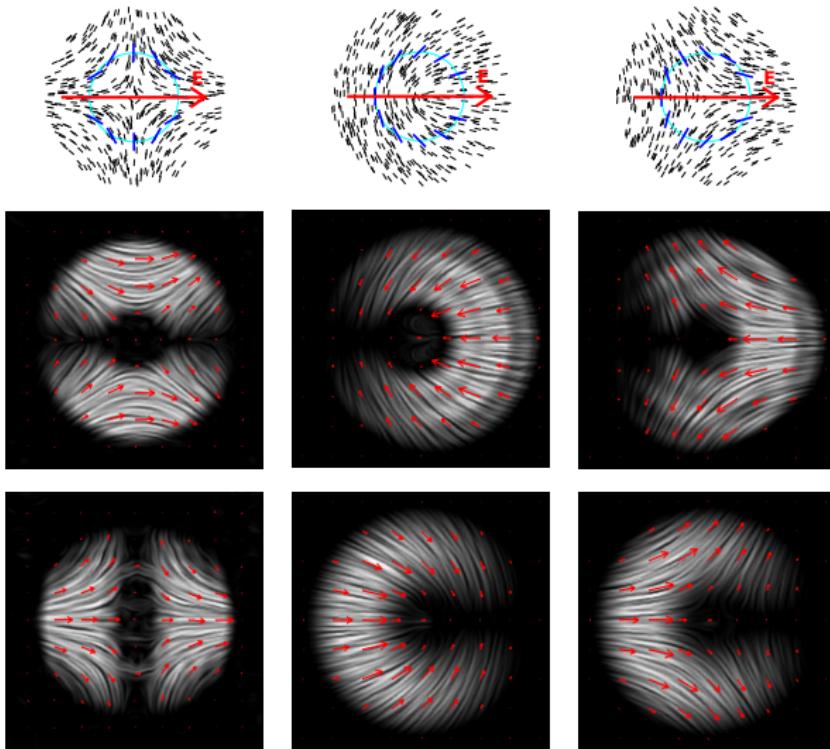


Sunek v vlaknu z radialnim direktorskim profilom



- Sunek razpade na dva stacionarna načina – redni in izredni
- “Neprava” defekta v **E** z ovojnim številom +1
- Temna območja zaradi vpadne polarizacije

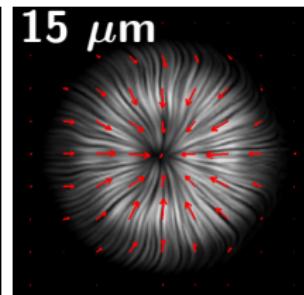
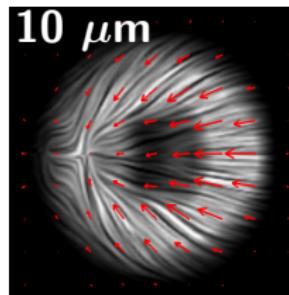
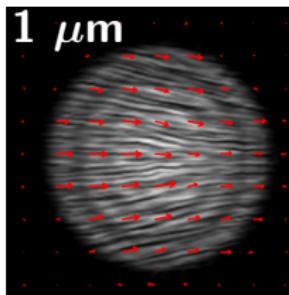
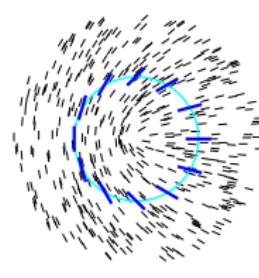
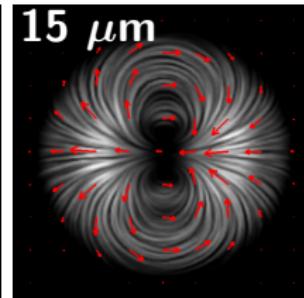
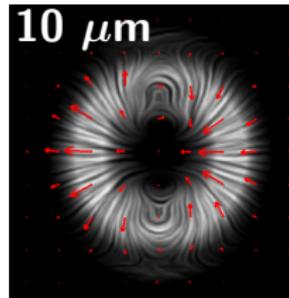
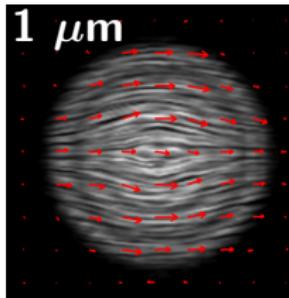
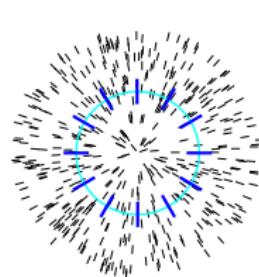
Sunek v vlaknich z različnimi defektami



- $\lambda = 480 \text{ nm}$
- $\Delta n = 0,16$
- Premer vlakna $5 \mu\text{m}$
- Pot sunka $\sim 40 \mu\text{m}$

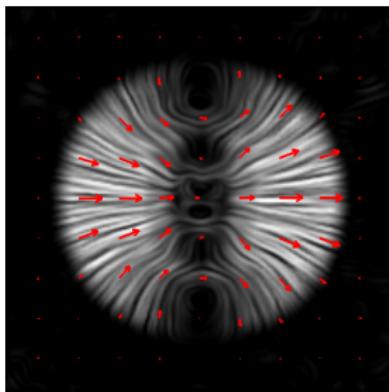
Stalna laserska svetloba

- Dvolomnost $\Delta n = 0,01 \Rightarrow$ večja značilna dolžina pojavov
- Stacionarno stanje s krajevno odvisnostjo polarizacije
- Defekt z dvakratnim ovojnim številom

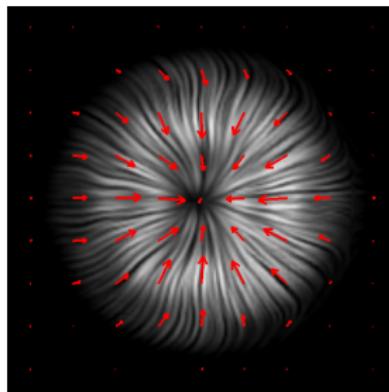


Stalna laserska svetloba

- Pretvorba v radialno polarizirano svetlobo
- Brez temnih ravnin – obrat polarizacije za 90°



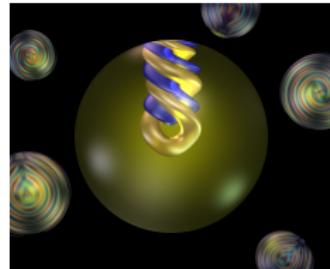
sunek



stalna svetloba

Tekočekristalne strukture

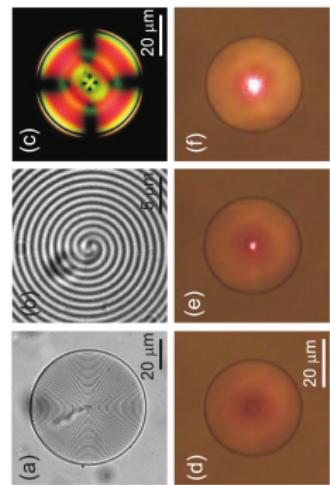
- Natančne transmisijske slike
- Povezava med teorijo in eksperimenti
- Pretvorba polarizacije svetlobe
- Tekočekristalne kapljice in vlakna kot laserji
- Mikroskopija z bližnjim poljem (*near-field*)
- Metamateriali, fotonski kristali, ...



Seč et al., Soft Matter (2012)

Razširitev metode

- Sklopitev med svetlobo in tekočim kristalom
- Stimulirana emisija, fluorescencija



Humar, Muševič, Optics Express (2010)