

Badania zjawisk z zakresu optofluidyki w cieczach i miękkiej materii z wykorzystaniem optotermicznego efektu Marangoniego

Celem projektu są pogłębione badania optotermicznego zjawiska Marangoniego w cieczach, ciekłych kryształach i w polimerach z podstawnikami azobenzenowymi. Zjawisko Marangoniego wiąże się z przypowierzchniowym przepływem strumienia cieczy z obszarów o niskim do obszarów o wysokim napięciu powierzchniowym. Tę zmianę napięcia powierzchniowego można ogólnie wytwarzać na dwa sposoby, albo poprzez zmianę stężenia surfaktantu na powierzchni cieczy (rozpuszczalnikowy efekt Marangoniego) albo poprzez wytworzenie gradientu temperatury (efekt termokapilarny Marangoniego). My posłużymy się skupionymi wiązkami światła laserowego absorbowanego bądź przez badaną ciecz bądź wprowadzone do niej cząsteczki barwników czy nanocząstki. Wytworzony w ten sposób silny gradient temperatury w pewnych warunkach tworzy stabilne wiry w cieczy podobne do zjawisk tornado w atmosferze. Te wiry są zdolne do przemieszczania masy, obiektów na jej powierzchni, wyginania powierzchni cieczy, tworzenia w niej pęcherzyków gazu, poruszania kropli cieczy a nawet kondensacji zawartej w niej substancji.

Nasze wstępne badania pokazały, że można przy pomocy wirów spulapkować pęcherzyki gazu i swobodnie nimi manipulować przemieszczając położenie wiązki laserowej. Projekt będzie poświęcony opracowaniu podstaw fizycznych i warunków pulapkowania pęcherzyków gazu, kropli i nano-obiektów przy użyciu laserów indukujących przepływy Marangoniego. Badania nie ograniczą się tylko do zwykłych cieczy, gdyż planujemy badać również ciekłe kryształy mające anizotropową lepkość, którą można zmieniać polem elektrycznym, koloidy, w których mogą wirować wraz z cieczą nanocząstki a także azo-polimery, w których absorbowane światło laserowe wprowadza na ich powierzchni stan ciekły. Planujemy również badać przepływy Marangoniego przy powierzchniach rozgraniczających dwie niemieszające się ze sobą ciecze. Dziedzina badań, w którą najlepiej wpisuje się to, co czym chcemy się zająć to gwałtownie rozwijająca się optofluidyka i mikrofluidyka. Rozwój nanotechnologii, nanobiofotoniki, nanofotoniki i nanomedycyny jest bardzo blisko związany z naszymi podstawowymi badaniami, choć nie ograniczamy się w nich tylko do rozmiarów nanoskopowych.

Głównym powodem zajęcia się tą tematyką była chęć zrozumienia mechanizmów tworzenia się wirów w cieczach w warunkach silnych gradientów temperatury a następnie ich ujarzmienie i wykorzystanie, np. do przemieszczania obiektów, ich rotacji, kontrolowanej depozycji nanocząstek na podłożach, kontrolowanego laserem wzrostu kryształów, sterowania ruchem pęcherzyków gazu w układach mikrofluidycznych a nawet wykonywania reakcji chemicznych w objętościach pojedynczych nanolitrow. Podobnymi zadaniami zajmuje się wiele grup badawczych. My chcemy dodać nową jakość, wykorzystać nasze doświadczenie w obszarze holografii i użyć go do przygotowania strukturyzowanego światła laserowego, tzn. światła uginanego na urządzeniu o nazwie przestrzenny modulator światła (SLM). Wykorzystując je można przygotować zestaw hologramów, które zmieniając się w czasie umożliwią sterowanie ruchem wielu wiązek jednocześnie. Ponadto wyświetlając specyficzne hologramy w formie siatek dyfrakcyjnych typu „widelec”, można zrobić wiązki z ciemnym polem w środku i wiązki posiadające orbitalny moment pędu, który zdolny jest sprzęgać się z materią i określać np. kierunek wirowania cieczy czy nanoobjektów. Nasze badania są blisko tzw. szczyptic optycznych, ale my wykorzystujemy wytwarzane przez absorpcję światła efekty ciepłe a nie siłę gradientową.

Zrozumienie tak skomplikowanych mechanizmów fizycznych z pogranicza optyki laserowej, fotoniki, hydrodynamiki, transportu ciepła czy termodynamiki wymaga rozwiązania sprzężonych równań różniczkowych, w czym pomoże nam narzędzie programowania i symulacji zjawisk fizycznych COMSOL Multiphysics.

Połączenie strukturyzowanego światła z produkcją ciepła w cieczach je absorbujących i optotermicznego efektu Marangoniego winno zaowocować wynikami eksperymentalnymi i teoretycznymi, które będą przydatne wszystkim pracującym w dziedzinach opto- i mikrofluidyki, fotoniki i w innych pokrewnych dziedzinach nauki. Indukowane światłem przepływy Marangoniego to narzędzie zdalnej kontroli nad przemieszczaniem małych obiektów, jak nanokryształy, nanocząstki lub do tworzenia mikroukładów krystalicznych o zadanej geometrii.