

Zakład Fizyki Atmosfery

1. Funkcje struktury w atmosferycznych przepływach turbulentnych.

Funkcje struktury i autokorelacji to podstawowe narzędzia do analizowania turbulencji. Celem pracy będzie wykorzystanie tych narzędzi do analizy danych o turbulencji atmosferycznej pochodzących z pomiarów z pokładu samolotu oraz/lub pomiarów termooanemometrem ultradźwiękowym prowadzonych w Laboratorium Transferu Radiacyjnego IGF UW i w niemieckim laboratorium Schneeferenehaus na Zugspitze w Alpach Bawarskich.

Opiekun: **prof. dr hab. Szymon Malinowski:**

2. Strumienie ciepła i pędu w turbulentnej warstwie granicznej atmosfery.

Celem pracy będzie obliczenie i przeanalizowanie strumieni ciepła i pędu w turbulentnej warstwie granicznej atmosfery na podstawie pomiarów z pokładu samolotu oraz/lub pomiarów termooanemometrem ultradźwiękowym prowadzonych w Laboratorium Transferu Radiacyjnego IGF UW i w niemieckim laboratorium Schneeferenehaus na Zugspitze w Alpach Bawarskich.

Opiekun: **prof. dr hab. Szymon Malinowski:**

3. Walidacja całkowitej zawartości pary wodnej w pionowej kolumnie powietrza wyznaczonej z radiometru MFR-7 Shadowband względem pomiarów radiosondażowych.

Celem pracy jest weryfikacja pomiarów całkowitej zawartości pary wodnej w pionowej kolumnie atmosfery wykonywanej przy użyciu radiometru słonecznego oraz opracowanie metody kalibracyjnej opartej na pomiarach tej wielkości przy użyciu radiosondaży aerologicznych. Metoda wyznaczania zawartości pary wodnej polega na wykorzystaniu jej pasma absorpcji ok. 940 nm i korekcji transmisji atmosferycznej na zawartość aerozoli z pomiarów wykonywanych w długości fali 870 nm.

Opiekun: **dr hab. Krzysztof Markowicz:**

4. Analiza sytuacji smogowych nad Warszawą.

Pomimo istotnej redukcji emisji zanieczyszczeń pyłowych, głównie w okresie zimowym, dochodzi do groźnych sytuacji smogowych. Podstawowe przyczyny tego zjawiska to emisja zanieczyszczeń z sektora grzewczego oraz specyficzna sytuacja meteorologiczna. W ramach pracy przewiduje się badanie tego typu zjawisk w rejonie aglomeracji miejskiej Warszawy na podstawie danych pochodzących z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska oraz przyrządów w Laboratorium Transferu Radiacyjnego IGFUW.

Opiekun: **dr hab. Krzysztof Markowicz:**

5. Badanie przyczyn zmian klimatu Ziemi przy użyciu prostego modelu klimatu.

Celem pracy jest przeprowadzenie analizy wpływu czynników naturalnych oraz antropogenicznych na obserwowane zmiany klimatyczne przy wykorzystaniu prostego modelu klimatu. Ograniczymy się do badania zmian czasowych średniej temperatury globu w ostatnich 150 latach związanych z zmianą wymuszania radiacyjnego.

Opiekun: **dr hab. Krzysztof Markowicz:**

6. Zmienność sezonowa napływów aerozolu pustynnego nad centralną Polskę.

Tematem pracy jest analiza transportu pyłu pustynnego nad centralną Polskę przy użyciu pomiarów ceilometrem oraz wyników symulacji numerycznych przy użyciu modelu transportu zanieczyszczeń NAAPS oraz modelu trajektorii wstecznych HISPLIT. Ma to na celu określenie zmienności sezonowej tego typu zjawisk jak i zmienności czasowej grubości optycznej aerozoli pustynnych i wysokości występowania warstw aerozoli.

Opiekun: **dr hab. Krzysztof Markowicz:**

7. Badanie zróżnicowania czasoprzestrzennego aerozoli nad Polską w ramach uczniowskiej kampanii klimatycznej 2013-2014.

W latach 2013-2014 planowane jest przeprowadzenie kampanii klimatycznej w ok. 20-30 szkołach w Polsce mającej na celu poprawienie stanu wiedzy na temat przyczyn zmian klimatu oraz badanie procesów klimatycznych z udziałem aerozoli. Celem pracy jest opracowanie metodologii prostych obserwacji zawartości aerozoli w powietrzu oraz opracowanie danych obejmujących pomiary grubości optycznej aerozoli, współczynnika ekstynkcji oraz koncentracji węgla cząsteczkowego.

Opiekun: **dr hab. Krzysztof Markowicz:**

8. Analiza wyników lotniczych pomiarów widma rozmiarów kropeł w chmurach

Podczas pracy licencjackiej student będzie miał okazję zapoznać się z podstawowymi procesami zachodzącymi w chmurach oraz przyrządami służącymi do ich pomiaru. Nabierze sprawności w komputerowej analizie i wizualizacji danych pomiarowych przy pomocy oprogramowania i formatów zapisu danych dedykowanych do zastosowań geofizycznych. Realizacja pracy licencjackiej może być dobrym wstępem do dalszych studiów na poziomie magisterskim i doktorskim.

Opiekun: **prof. dr hab. Hanna Pawłowska:**

9. Airborne lidar measurements over ice covered and free water areas in Storefjord, Svalbard. (preferowana realizacja w języku angielskim, współpraca: dr Chris Ritter, Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research, Niemcy)

Odczyty z patrzącego w dół zainstalowanego na samolocie lidar podczas lotu nad oceanem i lodem polarnym różnią się. W pracy chodzi o analizę przyczyny tych różnic: czy związane są one z różnymi nad lądem i wodą własnościami najniższych warstw atmosfery, czy są artefaktem związanym z wysokim albedo powierzchni lodu.

Opiekun: **dr Iwona Stachlewska:**

10. Comparison of aerosol and cloud observations by ceilometer and backscatter lidar during experiment at the CESAR Site in Cabauw, The Netherlands. (preferowana realizacja w języku angielskim, współpraca: dr Dave Donovan, The Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), De Bilt, Holandia)

Celem pracy jest porównanie danych z dwóch instrumentów - lidar Leosphere i ceilometru CHM15K) oraz określenie ich zdolności wyznaczania własności optycznych atmosfery.

Opiekun: **dr Iwona Stachlewska:**

Zakład Fizyki Litosfery

1. Fizyka wybranych procesów tektonicznych i wulkanicznych na Enceladusie (fizyka/astronomia)

Opiekun: **dr hab. Leszek Czechowski**

Korzystając z Internetu należy omówić fizyczne aspekty procesów geodynamicznych na satelicie Saturna – Enceladusie. Jest to niewielki satelita lodowo-skalny, wykazujący silną aktywność tektoniczną i wulkaniczną. Należy omówić główne tektoniczne procesy, w tym właściwości reologiczne litosfery (lód wodny z zawartością innych związków), deformacje pływowe będące źródłem energii dla satelity, możliwą konwekcję we wnętrzu satelity, mechanizm prowadzący do krio-wulkanizmu (rodzaj gejzerów) oraz mechanizm poziomych ruchów fragmentów litosfery. Porównać to z analogicznymi procesami na Ziemi.

Możliwe są dwa warianty pracy w zależności od zainteresowań piszącego; wariant poświęcony głównie tektonice lub krio-wulkanizmowi satelity.

Praca przeglądowa, choć możliwe są pewne rozszerzenia o własne obliczenia. Możliwa jest kontynuacja tematu w ewentualnej pracy magisterskiej.

2. Rzeki na Ziemi, Marsie i Tytanie (fizyka/astronomia)

Opiekun: **dr hab. Leszek Czechowski**

Sondy kosmiczne dostarczyły nam danych świadczących o obecnych rzekach ciekłych węglowodorów na Tytanie, oraz o wodnych rzekach płynących w przeszłości na Marsie. Celem pracy jest przegląd podstawowych parametrów rzek na różnych ciałach Układu Słonecznego i ich porównanie.

W ramach pracy przewiduje się numeryczne modelowanie rzeki za pomocą gotowych programów numerycznych. .

Możliwe jest rozszerzenie obliczeń w ramach grupy badawczej do uzyskania oryginalnych wyników i współautorstwa publikacji.

Możliwe jest też kontynuowanie tematu w pracy magisterskiej.

3. Przepływy cieczy przez ośrodki porowate w zastosowaniu do geofizyki (fizyka)

Opiekun: **dr hab. Leszek Czechowski**

Ośrodki porowate są powszechne, zarówno na Ziemi jak i na innych ciałach niebieskich. Przykładami są przepływy wody przez piaski w warstwie wodonośnej, przepływ ropy naftowej w osadach, przepływ gazu w łupkach lub ciekłego metanu w regolicie Tytana. Korzystając z literatury fachowej i z Internetu należy omówić fizyczne aspekty wybranego rodzaju przepływu (woda, ropa, gaz w łupkach, ciekły metan na Tytanie). W szczególności należy omówić właściwości cieczy i ośrodka porowatego, podstawowe prawa rządzące takim przepływem, zdefiniować podstawowe liczby bezwymiarowe. Następnie należy omówić obserwacyjne przykłady takich przepływów i możliwość konwekcji.

Praca przeglądowa, choć możliwe jest rozszerzenie o własne obliczenia z wykorzystaniem gotowego programu numerycznego i uzyskanie oryginalnych wyników. Możliwa jest kontynuacja tematu w ewentualnej pracy magisterskiej i/lub publikacja oryginalnych wyników.

4. Tektonika płyt w Europie (fizyka)

Opiekun: **dr hab. Leszek Czechowski**

Należy omówić podstawy tektoniki płyt: podział na litosferę oceaniczną i kontynentalną, proces subdukcji i rozrostu dna oceanicznego. Następnie należy omówić współczesne procesy tektoniczne w Europie i jej otoczeniu (wypiętrzanie Alp, Karpat, podział tektoniczny na płyty, ruch płyt względem siebie).

Praca przeglądowa w oparciu o wybrane opracowania i literaturę fachową. Możliwa jest kontynuacja tematu w ewentualnej pracy magisterskiej z publikacją oryginalnych wyników.

5. Jądra komet, właściwości płaszcza pyłowego (fizyka/astronomia)

Opiekun: **dr hab. Konrad J. Kossacki**

Praca polega na sporządzeniu przeglądu obserwacji i poglądów dotyczących gęstości i przewodnictwa cieplnego warstwy pyłu pokrywającego jądra komet.

Wymagania: Znajomość języka angielskiego

Materiały: Artykuły w specjalistycznych czasopismach zagranicznych

6. Jądra komet, kształt i topografia (fizyka/astronomia)

Opiekun: **dr hab. Konrad J. Kossacki**

Praca polega na zestawieniu obserwacji dotyczących kształtu i topografii jąder komet.

Wymagania: Znajomość języka angielskiego

Materiały: Artykuły w specjalistycznych czasopismach zagranicznych

7. Granica litosfera – astenosfera (LAB) w płaszczu Ziemi (fizyka)

Opiekun: **prof. Marek Grad**, Instytut Geofizyki, Pasteura 7, pok. 420,
mgrad@mimuw.edu.pl

Fakty i poglądy na granicę litosfera – astenosfera. Charakterystyka „sztywnej” litosfery i „miękkiej” astenosfery. Dane sejsmiczne (prędkości fal P i S, fale powierzchniowe, tłumienie, anizotropia), LAB elastyczny, termiczny, magnetotelluryczny. LAB pod oceanami i kontynentami. Problem występowania astenosfery pod starymi kratonami.

Wymagania: angielski, literatura zagraniczna, materiały z dobrych źródeł internetowych.

8. Liniowe anomalie magnetyczne – zapis zmian polarności pola magnetycznego Ziemi (fizyka)

Opiekun: **prof. Marek Grad**, Instytut Geofizyki, Pasteura 7, pok. 420,
mgrad@mimuw.edu.pl

Zmiany pola magnetycznego Ziemi: deklinacja, inklinacja, moment magnetyczny, dryft pola magnetycznego. Odwracanie polarności pola magnetycznego i zapis tych zmian w postaci liniowych anomalii magnetycznych skorupy oceanicznej. Tabela magnetostratygraficzna i epoki magnetyczne.

Wymagania: angielski, literatura krajowa i zagraniczna, materiały z dobrych źródeł internetowych.

9. Temat do uzgodnienia (fizyka)

Opiekun: **prof. Marek Grad**, Instytut Geofizyki, Pasteura 7, pok. 420,
mgrad@mimuw.edu.pl

Temat będzie określony na podstawie zaproponowanej przez licencjanta tematyki związanej z budową i procesami we wnętrzu Ziemi. W wyniku dyskusji zostanie określony zakres pracy oraz dobór odpowiednich źródeł.

Wymagania: angielski?, literatura krajowa i zagraniczna? – do ustalenia.

10. Analiza oceny jakości wybranych stacji sejsmicznych eksperymentu PASSEQ 2006-2008 (fizyka)

Opiekun: **dr Monika Wilde-Piórko**

Praca na polega na sporządzeniu statystyki oraz widma gęstości mocy (PSD) sejsmogramów zarejestrowanych przez kilka, wybranych stacji sejsmicznych eksperymentu PASSEQ 2006-2008 przy pomocy pakietu PQLX.

Wymagania: znajomość języka angielskiego na poziomie średnio-zaawansowanym, podstawy systemu Linux.

11. Wyznaczenie orientacji składowych wybranych szerokopasmowych stacji sejsmicznych eksperymentu PASSEQ 2006-2008 na podstawie polaryzacji fal Rayleigha (fizyka)

Opiekun: **dr Monika Wilde-Piórko**

Praca polega na wyznaczeniu orientacji składowych przestrzennych wybranych szerokopasmowych stacji sejsmicznych eksperymentu PASSEQ 2006-2008 poprzez wyznaczenie polaryzacji zarejestrowanych przez nie fal Rayleigha.

Wymagania: znajomość języka angielskiego na poziomie średnio-zaawansowanym, podstawy systemu Linux.

12. Wyznaczenie rozkładu residuów czasów przyjścia fal sejsmicznych na obszarze Europy Centralnej na podstawie danych eksperymentu PASSEQ 2006-2008 (fizyka)

Opiekun: **dr Monika Wilde-Piórko**

Na podstawie kilku wybranych dalekich trzęsień ziemi zarejestrowanych przez stacje sejsmiczne międzynarodowego pasywnego eksperymentu sejsmicznego PASSEQ 2006-2008 należy wyznaczyć residua czasów przyjścia fal sejsmicznych dalekich trzęsień ziemi w stosunku do referencyjnego modelu (np., *iasp91*, *ak135*). Wynikiem opracowania będzie mapa residuów na obszarze Europy Centralnej w strefie Szwu-Transueuropejskiego, głównej jednostki tektonicznej przebiegającej przez obszar Polski oddzielającej „młode” i „stare” struktury kontynentalne.

Wymagania: znajomość języka angielskiego na poziomie średnio-zaawansowanym, podstawy systemu Linux.

Zakład Optyki Informacyjnej

1. „Wytwarzanie wiązek z polaryzacją radialną i azymutalną” (praca doświadczalna)

Opiekun: **prof. dr hab. Tomasz Szoplik**, współpraca **dr Tomasz Stefaniuk i dr Piotr Wróbel**.

tszoplik@mimuw.edu.pl, tel. 46.822, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 503.

Wydajne sprzęganie biegnących (propagujących się) fal elektromagnetycznych do powierzchniowych fal plazmonowo-polarytonowych wymaga zwiększenia wektora falowego fali propagującej się w próżni k_0 do wielkości wektora falowego plazmonu k_{SPP} . Tę różnicę wielkości uzupełnia się przez oddziaływanie fali z siatką dyfrakcyjną, której wektor odwrotny $\vec{\kappa} = 2\vec{\kappa}/\Lambda$ (gdzie Λ jest stałą siatki) pozwala uzyskać równość $k_{SPP} = k_0 \sin\theta + \kappa$ (gdzie θ to kąt padania fali na ośrodek o współczynniku załamania n). W układach fotonicznych o symetrii osiowej wiązki o polaryzacji radialnej pozwalają na poprawę zdolności rozdzielczej. W pracy należy uzyskać wiązki świetlne o polaryzacji radialnej i azymutalnej za pomocą gotowego urządzenia ciekłokrystalicznego. Dodatkowo można zaprojektować (na podstawie danych literaturowych) polaryzator radialny dla mikrofal, zamówić go w warsztacie i sprawdzić jego działanie.

2. „Plazmonika czyli optyka nanostruktur metalicznych” (przegląd literatury)

Opiekun: **prof. dr hab. Tomasz Szoplik**, współpraca **dr Tomasz Stefaniuk i dr Piotr Wróbel**,

tszoplik@mimuw.edu.pl, tel. 46.822, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 503.

W elektronice sygnał jest przesyłany elektronami. Transport informacji cyfrowej napotyka na ograniczenia wynikające z częstości sygnału i odległości, na które sygnał przesyłamy. W plazmonice sygnał jest przesyłany w postaci powierzchniowej fali plazmonowo-polarytonowej, która propaguje się po powierzchni granicznej dielektryka i metalu szlachetnego. Plazmonowa fala powierzchniowa w metalu (czyli kolektywne wzbudzenia elektronów) jest sprzężona z powierzchniową falą polarytonową w dielektryku (czyli falą zanikającą w kierunku prostopadłym do powierzchni). Obie fale nazywamy plazmonem powierzchniowym i przypisujemy mu dwoistą naturę: ładunku powierzchniowego i fali elektromagnetycznej. Plazmon powierzchniowy wnika w metal na głębokość naskórkową (skin depth), która w Ag, Au, Cu w zakresie częstości optycznych wynosi około 10nm. Zasięg plazmonów zależy od strat w metalu i może sięgać setek mikrometrów. Fala polarytonowa zachowuje się jak fala zanikająca, czyli jej zasięg jest mały, rzędu długości fali. Obecny rozwój plazmoniki wynika z osiągniętych niedawno możliwości wytwarzania struktur o rozmiarach nanometrowych i nowych metod charakteryzacji za pomocą wysoko rozdzielczych mikroskopów skanujących powierzchnie próbek bardzo cienkimi sondami. Informacja o morfologii powierzchni jest uzyskiwana przez wykorzystanie sił Van der Waalsa (atomic force microscope), prądu tunelowania między próbką i sondą (scanning tunneling microscope), albo optycznych fal zanikających w bliskim polu dyfrakcyjnym próbki (scanning near-field optical microscope).

Wymienione trzy typy mikroskopów skanujących zapewniają zdolność rozdzielczą od nanometra do kilku dziesiątek nanometrów, czyli od $\lambda/100$ do $\lambda/10$.

3. „Cienkowarstwowa pułapka świetlna” (do wyboru dwie możliwości z trzech: przegląd literatury / symulacje / praca doświadczalna)

Opiekun: **prof. dr hab. Tomasz Szoplik**, współpraca **dr Tomasz Stefaniuk i dr Piotr Wróbel**, tszoplik@mimuw.edu.pl, tel. 46.822, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 503.

Typowe cienkowarstwowe ogniwo słoneczne ma grubość około 300 nm, co oznacza że gdy kąt padania fotonu wynosi 0 stopni, to foton przechodzi przez ogniwo w 1 femtosekundę. Żeby przedłużyć pobyt fotonu w ogniwie i zwiększyć prawdopodobieństwo wygenerowania pary elektron-dziura trzeba znaleźć sposób prowadzący do zatrzymania padającego światła słonecznego wewnątrz ogniwa. Pierwszy sposób na pułapkowanie światła polega na strukturyzowaniu powierzchni nieprzepuszczalnej, zwykle aluminiowej, elektrody, na którą jest nałożony półprzewodnik. Jeśli to ukształtowanie powierzchni ma postać siatki dyfrakcyjnej o rozdzielczości zbliżonej do 3000 par linii/mm, to siatka ugina światło padające na nią pod kątem bliskim 0° w duże, bliskie 90° kąty ugięcia. W ten sposób droga optyczna światła w ogniwie wydłuża się o czynnik $h/\cos(\text{kąta ugięcia})$, gdzie h jest grubością warstwy ogniwa. Należy opracować siatki, które będą wprzęgały do planarnego światłowodu wiązki padające pod różnymi kątami. Drugi sposób polega umieszczeniu w cienkiej warstwie półprzewodnika nanocząstek z metali szlachetnych, na których będą generowane plazmony powierzchniowe co prowadzi do spowolnienia propagacji światła i do lokalnego wzmocnienia pola elektromagnetycznego. Szacuje się, że wydajność zmodyfikowanych cienkowarstwowych ogniw słonecznych może wzrosnąć o 20%.

4. „Metamateriały” (do wyboru dwie możliwości z trzech: przegląd literatury / symulacje / praca doświadczalna)

Opiekun: **prof. dr hab. Tomasz Szoplik**, współpraca **dr Tomasz Stefaniuk i dr Piotr Wróbel**, tszoplik@mimuw.edu.pl, tel. 46.822, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 503.

Od roku 1998 prowadzone są badania nad sztucznymi materiałami złożonymi z komórek elementarnych mniejszych od długości fali świetlnej, która ze strukturą oddziałuje rezonansowo. Komórka elementarna metamateriału składa się z dwóch oddziałujących ze sobą części. Jedna część w postaci dipola pozwala uzyskać ujemną przenikalnością elektryczną: $\epsilon < 0$, druga w postaci rozpiętych rezonatorów pierścieniowych (split ring resonators) daje ujemną przenikalność magnetyczną: $\mu < 0$. Zbudowanie metamateriału, w którym obie przenikalności są zespolone, co oznacza ośrodek z pochłanianiem, prowadzi do ujemnego załamania światła. Ta właściwość wzbudziła w ostatniej dekadzie ogromne zainteresowanie, ale jak dotąd nie znaleziono dla niej żadnego zastosowania. Natomiast poważne nadzieje wiąże się z możliwością wytwarzania metamateriałów o pożądanej zależności dyspersyjnej obu przenikalności. W Zakładzie Optyki Informacyjnej zajmujemy się modelowaniem i wytwarzaniem metamateriałów o różnych właściwościach.

5. „Modelowanie propagacji światła w nanostrukturach fotonicznych metodą elementów skończonych” (praca o charakterze numerycznym przy użyciu wybranego wolnodostępnego pakietu numerycznego opartego na metodzie elementów skończonych - FEM).

Opiekun: **dr hab. Rafał Kotyński** rafalk@fuw.edu.pl, tel. 46.888, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 520.

Celem pracy jest zapoznanie się z metodą elementów skończonych, dokonanie krótkiego przeglądu wolnodostępnego oprogramowania umożliwiającego jej wykorzystanie do modelowania działania układów fotonicznych i przeprowadzenie przykładowych symulacji np. propagacji światła w

kryształach fotonicznych, w metamateriale warstwowym lub w złożonym warstwowym elemencie dyfrakcyjnym. W przypadku sprawnego wykonania tego zadania i dobrego opanowania metody, dalsze symulacje będą wykonywane w ramach prowadzonych w ZOI prac badawczych, co może wiązać się ze współautorstwem przygotowywanych publikacji, udziałem w pracy przy realizacji grantów, lub podjęciem studiów II stopnia w ZOI.

6. „Modelowanie propagacji światła przez złożone przewodzące siatki podfalowe i dwuwymiarowe kryształy fotoniczne” (praca o charakterze numerycznym, polegająca na zbadaniu właściwości różnych warstwowych metaliczno-dielektrycznych siatek dyfrakcyjnych przy wykorzystaniu gotowego programu w Matlabie.)

Opiekun: **dr hab. Rafał Kotyński** <rafalk@fuw.edu.pl>, tel. 46.888, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 520.

Celem pracy jest zapoznanie się z właściwościami metalicznych siatek dyfrakcyjnych o okresie mniejszym niż, bądź tego samego rzędu co, długość fali. W szczególności będą to intensywnie badane siatki złożone z szeregu warstw o różnym okresie podstawowym, wykazujące niesymetryczne własności transmisyjne – różne w zależności od strony, z której oświetlana jest siatka. Do obliczania wydajności wzbudzania poszczególnych rzędów ugięcia oraz rzędów ewanescentnych siatki wykorzystuje się metodę macierzową RCWA (rigorous coupled wave analysis), w pewnych wariantach dostępną jako oprogramowanie wolnodostępne, jak również zaimplementowaną w Matlabie w ZOI. Przy użyciu metody RCWA można również badać własności dwuwymiarowych kryształów fotonicznych i możliwe jest rozwinięcie pracy w tym kierunku. W przypadku dobrego opanowania metody RCWA, dalsze symulacje będą wykonywane w ramach prowadzonych w ZOI prac badawczych, co może wiązać się ze współautorstwem przygotowywanych publikacji, udziałem w pracy przy realizacji grantów, lub podjęciem studiów II stopnia w ZOI.

7. „Modelowanie obrazowania nadrozdzielczego w metamateriałach warstwowych metodą różnic skończonych” (praca o charakterze numerycznym, przy wykorzystaniu wolnodostępnego oprogramowania)

Opiekun: **dr hab. Rafał Kotyński**, współpraca **dr Tomasz Stefaniuk i dr Piotr Wróbel**.

Celem pracy jest zapoznanie się z właściwościami metamateriałów warstwowych stanowiących odpowiednio zaprojektowane warstwowe struktury metaliczno-dielektryczne. Ich wzbudzającą największe zainteresowanie cechą jest umożliwienie propagacji bezdyfrakcyjnej i uzyskanie obrazowania z rozdzielczością przekraczającą ograniczenie dyfrakcyjne. Przedmiotem naszych obecnych prac jest możliwość wykorzystania metamateriału warstwowego do innych celów np. jako mikrokorelatora optycznego. Praca będzie polegać na wykonaniu symulacji propagacji światła przez strukturę metamateriału warstwowego metodą FDTD (finite difference time domain method) przy użyciu wolnodostępnego oprogramowania (program meep udostępniony przez MIT). W przypadku dobrego opanowania metody FDTD, dalsze symulacje będą wykonywane w powiązaniu z pracą doświadczalną, w ramach prowadzonych w ZOI prac badawczych, co może wiązać się ze współautorstwem przygotowywanych publikacji, udziałem w pracy przy realizacji grantów, lub podjęciem studiów II stopnia w ZOI.

8. „Układ elipsometru optycznego do pomiaru właściwości wielowarstw” (Praca ma charakter eksperymentalno-numeryczny).

Opiekun: **dr Rafał Kasztelanic**, kasztel@igf.fuw.edu.pl, tel. 46.855, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 509

Elipsometria jest metodą pomiaru właściwości materiałowych i grubości cienkich warstw. Do pomiaru wykorzystuje się światło o znanej polaryzacji, która to, w wyniku odbicia od badanej próbki ulega zmianie. Pomiar zmiany polaryzacji możliwy jest w urządzeniu zwanym elipsometrem.

Praca składa się z trzech głównych elementów: budowy sterowanego komputerowo układu elipsometru, oprogramowania układu do automatyzacji pomiaru oraz analizy danych, która pozwoli na określenie grubości poszczególnych warstw oraz opisujących je współczynników załamania światła.

9. „Sterowanie kulkami dielektrycznymi i metalowymi za pomocą skupionych wiązek świetlnych” (Praca ma charakter symulacyjny).

Opiekun: **dr Rafał Kasztelanic**, kasztel@igf.fuw.edu.pl, tel. 46.855, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 509

Szczypce optyczne (optical tweezers) są narzędziem pozwalającym na manipulację mikroelementami dielektrycznymi i metalowymi wyłącznie za pomocą światła. Odpowiedni dobór kształtu wiązki pozwala na kontrolowanie położenia i orientacji złapanych elementów. Szczypce optyczne znalazły zastosowanie w badaniach medycznych, nanotechnologii i pomiarach bardzo małych sił mechanicznych.

Celem pracy jest wykorzystanie metody elementów skończonych (FEM-Finite Element Method) do modelowania zachowania się kulek wykonanych z dielektryka lub metalu w polu elektromagnetycznym o zadanym rozkładzie.

10. „Badanie przepływu cieczy przy oświetleniu skupionymi wiązkami świetlnymi” (Praca ma charakter symulacyjny).

Opiekun: **dr Rafał Kasztelanic**, kasztel@igf.fuw.edu.pl, tel. 46.855, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 509

Szczypce optyczne (optical tweezers) są narzędziem pozwalającym na manipulację mikroelementami dielektrycznymi wyłącznie za pomocą światła. Odpowiedni dobór kształtu wiązki pozwala na kontrolowanie zachowania się elementów różniących się współczynnikiem załamania światła.

Celem pracy jest wykorzystanie metody elementów skończonych (FEM-Finite Element Method) do modelowania przepływu dwóch cieczy (równania Naviera-Stokesa) różniących się współczynnikiem załamania światła pod wpływem oddziaływania odpowiednio ukształtowanego pola elektromagnetycznego.

11. „Modelowanie procesów wytwarzania mikrosoczewek metodą wyciskania na gorąco i metodą topienia” (Praca ma charakter symulacyjny).

Opiekun: **dr Rafał Kasztelanic**, kasztel@igf.fuw.edu.pl, tel. 46.855, Zakład Optyki Informacyjnej, Pasteura 7, pok. 509

Mikrosoczewki znalazły szerokie zastosowanie we współczesnej technice. Wykorzystywane są m.in. w aparatach fotograficznych, w panelach słonecznych i telekomunikacji światłowodowej. Istnieje co najmniej kilka metod produkcji takich soczewek. Do dwóch najważniejszych należy metoda wyciskania na gorąco i metoda topienia. Kluczowym w obu metodach jest podgrzanie materiału, z którego wytwarza się soczewki. Jakość uzyskiwanych elementów zależy od temperatury i szybkości zmiany temperatury, zależy również od wielkości wytwarzanych soczewek. Celem pracy jest modelowanie i optymalizacja procesu wytwarzania mikrosoczewek z uwzględnieniem pełnej informacji o właściwościach materiału takich jak: lepkość, rozszerzalność cieplna, przewodność cieplna itp.