

Proponowane tematy prac licencjackich w Zakładzie Fizyki Litosfery IGF WF w roku akademickim 2011/2012

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

Opiekun: dr hab. Leszek Czechowski

Korzystając z literatury fachowej i 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. Jeziora na Tytanie *(fizyka/astronomia)*

Opiekun: dr hab. Leszek Czechowski

Podstawowe informacje o satelicie Saturna – Tytanie: atmosfera, powierzchnia. Warunki konieczne do zaistnienia otwartych zbiorników cieczy na planecie. Dotychczasowe obserwacje dotyczące ewentualnych jezior na Tytanie. Procesy pogodowe (opady, reakcje chemiczne).

Praca przeglądowa.

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 lub przepływ metanu w regolicie Tytana. Korzystając z literatury fachowej i z Internetu należy omówić fizyczne aspekty wybranego rodzaju przepływu (woda, ropa, 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. Wpływ nierówności oświetlonej powierzchni na jej temperaturę (fizyka/astronomia)

Opiekun: dr hab. Konrad Kossacki

Celem pracy jest analiza małych nierówności powierzchni na jej nagrzewanie pod wpływem światła. Oczekiwane jest zbadanie wpływu regularnych struktur, na przykład małych kraterów i dyskusja zastosowania do jąder komet. W ramach pracy należy napisać program obliczający strumień światła zaabsorbowanego przez analizowaną powierzchnię. Program może być napisany w dowolnym języku. Możliwa jest kontynuacja pracy na etapie magisterskim i doktorskim (wyniki misji Rosetta).

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

Opiekun: prof. Marek Grad

Fakty i poglądy na granicę litosfera – astenosfera. Dane sejsmiczne (prędkości fal, tłumienie, anizotropia), LAB elastyczny, termiczny, magnetotelluryczny.

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

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

Opiekun: prof. Marek Grad

Zmiany pola magnetycznego Ziemi: deklinacja, inklinacja, moment magnetyczny, dryft pola magnetycznego, odwracanie polarności. Zapis zmian pola magnetycznego w postaci liniowych anomalii magnetycznych skorupy oceanicznej.

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

8. Nauki o Ziemi w Uniwersytecie Warszawskim (fizyka)

Opiekun: prof. Marek Grad

Opis historii nauk o Ziemi w Uniwersytecie Warszawskim w XIX i XX wieku.

Wymagania: literatura głównie krajowa (artykuły w Przeglądzie Geofizycznym), materiały z dobrych źródeł internetowych, ?angielski

9. Temat do uzgodnienia (fizyka)

Opiekun: prof. Marek Grad

Temat będzie określony na podstawie zaproponowanej przez licencjata 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. Numeryczne metody obliczeń propagacji fal sejsmicznych w skorupie i płaszczu Ziemi (fizyka)

Opiekun: dr Monika Wilde-Piórko

Celem pracy jest opisanie metod numerycznych stosowanych w programach liczących propagację objętościowych fal sejsmicznych w skorupie i płaszczu Ziemi, ze szczególnym zwróceniem uwagi na ich zakres stosowalności i czas obliczeń.

Wymagania: znajomość języka angielskiego na poziomie średnio-zaawansowanym.

Źródła: literatura angielska, materiały z dobrych źródeł internetowych

11. Wyznaczenie rozkładu residuów czasów przyjścia fal sejsmicznych na obszarze Europy Centralnej na podstawie danych pasywnego 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.

12. 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.

1. Optyczna mikroskopia ze skanowaniem pola bliskiego (Canning near-field optical microscopy – SNOM)

Opiekun: prof. dr hab. Tomasz Szoplik

W klasycznych, optycznych układach obrazujących zdolność rozdzielcza jest ograniczona przez efekty dyfrakcyjne i nie przekracza połowy długości fali świetlnej. W dobie nanotechnologii to ograniczenie jest nie do przyjęcia.

Od roku 1986 rozwijana jest metoda mikroskopii pola bliskiego, czyli mikroskopii wykorzystującej fale zanikające (ewanescentne). W typowej konfiguracji próbka znajduje się w odległości około 10 nm od sondy generującej fale zanikające. Pole zanikające rozprasza się na szczegółach próbki i zamienia się w falę propagującą. Fala propagująca jest rejestrowana w typowy optyczny sposób np kamerą CCD lub fotopowielaczem. Zdolność rozdzielcza takich mikroskopów wynosi około 30 nm, czyli 1/20 długości fali świetlnej. W Zakładzie Optyki Informacyjnej zajmujemy się modelowaniem wysokorozdzielczych sond i ich wytwarzaniem.

2. Metamateriały

Opiekun: prof. dr hab. Tomasz Szoplik

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 metamateriałów, ich wytwarzanie jest poza naszym zasięgiem, wymaga bowiem dostępu do wysokorozdzielczej litografii elektronowej.

3. Plazmonika czyli optyka nanostruktur metalicznych

Opiekun: prof. dr hab. Tomasz Szoplik

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-polaritonowej, która propaguje się po powierzchni granicznej dielektryka i metalu szlachetnego. Plazmonowa fala powierzchniowa w metalu (czyli kolektywne wzbudzenia elektronów) jest sprzężona z powierzchniową falą polaritonową 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 10 nm. Zasięg plazmonów zależy od strat w metalu i może sięgać setek mikrometrów. Fala polaritonowa zachowuje się jak fala zanikająca, czyli jej zasięg jest mały rzędu długości fali. Obecny rozwój plazmoniki wynika z osiągnię-

tych niedawno możliwości wytwarzania struktur o rozmiarach nanometrowych i nowych metod charakteryzacji za pomocą wysoko rozdzielczych mikroskopów skanujących bardzo cienką sondą albo pole sił Van der Waalsa próbki (atomic force microscope), albo pole elektryczne między próbką i sondą (Canning tunneling microscope), albo optyczne fale zanikające 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 $\lambda/10$. W Zakładzie Optyki Informacyjnej zajmujemy się modelowaniem wysokorozdzielczych nanosoczewek plazmonicznych i ich wytwarzaniem.

4. Ogniwa słoneczne

Opiekun: prof. dr hab. Tomasz Szoplik

Zainteresowanie Zakładu Optyki Informacyjnej ogniwami słonecznymi jest bardzo świeżej daty. Typowe cienkowarstwowe ogniwo słoneczne ma grubość około 300 nm, co oznacza że padający pod kątem 90 stopni foton przechodzi przez nie w 1 femtosekundę. Żeby przedłużyć pobyt fotonu w ogniwie i dać mu szansę wygenerowania pary elektron-dziura trzeba znaleźć sposób prowadzący do zatrzymania padającego światła słonecznego wewnątrz ogniwa. Według ocen amerykańskich wydajność zmodyfikowanych cienkowarstwowych ogniw słonecznych może wzrosnąć o 20%. Pierwszy sposób na uwięzienie światła polega na strukturyzowaniu powierzchni nieprzepuszczalnej elektrody, zwykle wykonanej z aluminium. 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. Drugi mechanizm zatrzymywania światła w ogniwie polega na zamianie strumienia fotonów na powierzchniowe plazmony-polaritytony generowane na powierzchni nanoelementów metalowych zanurzonych w masie donorowo-akceptorowej. Warstwy srebra albo miedzi mogą być nałożone mokrą metodą chemiczną na nanokulki z krzemionki wyhodowane metodą sol-gel. Możliwe jest również wykorzystanie czysto metalicznych nanocząstek o różnych kształtach. Znane są sposoby wytwarzania takich nanocząstek tanimi, mokrymi metodami chemicznymi. W Zakładzie Optyki Informacyjnej zajmujemy się modelowaniem wpływu inkluzji plazmonicznych na wydajność ogniw.

5. Obrazowanie nadrozdzielcze przy użyciu metaliczno-dielektrycznych nanosoczewek płaskich

Opiekun: dr Rafał Kotyński

Oslabienie ograniczenia dyfrakcyjnego może mieć ogromne znaczenie dla rozwoju nanofotони. Przy użyciu odpowiednio zaprojektowanych struktur warstwowych złożonych z kilkudziesięcionanometrowych warstw metali i dielektryków możliwe jest uzyskanie obrazowania z rozdzielczością znacznie wyższą niż wynika to z kryterium rozdzielczości Rayleigha. Przedmiotem pracy licencjackiej będzie wykonanie symulacji działania warstwowej soczewki płaskiej przy użyciu gotowego oprogramowania – np. wykorzystującego metodę różnic skończonych (FDTD). Istnieje ponadto możliwość wzięcia udziału w doświadczalnym wytworzeniu nanosoczewek bądź w pomiarach ich własności.

6. Modelowanie rozkładu fali elektromagnetycznej w dielektrykach przy wykorzystaniu metody elementów skończonych

Opiekun: dr Rafał Kasztelan

Temat pracy dotyczy zagadnień związanych z nowymi rodzajami elementów optycznych takimi jak kryształy fotoniczne i światłowody fotoniczne. Okazuje się, że przy użyciu odpowiednio zaprojektowanych struktur dielektrycznych możliwe jest wykonanie takich elementów, które prowadzą światło wykorzystując efekt przerwy wzbronionej czyli w inny sposób niż ma to miejsce w urządzeniach klasycznych.

Przedmiotem pracy licencjackiej będzie modelowanie zachowania się fali e-m w ośrodkach dielektrycznych typu kryształy i światłowody fotoniczne przy użyciu gotowego oprogramowania wykorzystującego metodę elementów skończonych (FEM).

Ewentualna kontynuacja pracy na poziomie pracy magisterskiej może polegać na rozwinięciu części numerycznej pracy lub projektowaniu i badaniu rzeczywistych struktur.

7. Modelowanie rozkładu fali elektromagnetycznej w układach metal-dielektryk przy wykorzystaniu metody elementów skończonych

Opiekun: dr Rafał Kasztelanic

Temat pracy dotyczy zagadnień związanych z nowymi rodzajami elementów optycznych takimi jak metamateriały. Przy użyciu odpowiednio zaprojektowanych struktur dielektryczno-metalicznych możliwe jest wykonanie elementów optycznych o nowych właściwościach.

Przedmiotem pracy licencjackiej będzie modelowanie zachowania się fali e-m w ośrodkach dielektryczno-metalicznych typu metamateriały przy użyciu gotowego oprogramowania wykorzystującego metodę elementów skończonych (FEM).

Ewentualna kontynuacja pracy na poziomie pracy magisterskiej może polegać na rozwinięciu części numerycznej pracy lub projektowaniu i badaniu rzeczywistych struktur.