



Międzynarodowa Środowiskowa Szkoła Doktorska
przy **Centrum Studiów Polarnych**
w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach

ul. Będzińska 60
41-200 Sosnowiec
tel. +48 32 368 93 80
polarknow@us.edu.pl
www.mssd.us.edu.pl



Nr projektu doktorskiego: IEDS/2022/IM/02

Proponowany temat rozprawy doktorskiej: *Matematyka obliczeniowa problemów wysoko oscylujących*

Jednostka prowadząca: Instytut Matematyczny Polskiej Akademii Nauk (IM PAN), Warszawa

Wymagania wobec kandydatów:

1. Ukończone studia II-stopnia (magister) na kierunku matematyka lub pokrewnym (np. informatyka, fizyka). Znajomość tematyki badawczej związanej z analizą numeryczną, równaniami różniczkowymi, analizą funkcjonalną, programowaniem.
2. Znajomość zagadnień: aproksymacja, interpolacja, równania różniczkowe zwyczajne, cząstkowe, transformata Fouriera. Umiejętność programowania – w zakresie podstawowym.
3. Znajomość języka angielskiego umożliwiającą komunikację, czytanie prac naukowych oraz ich pisanie.
4. Gotowość na ciągłe i intensywne poszerzanie kompetencji.

Opis zadań:

1. Analiza równań różniczkowych wysoko oscylujących pod kątem efektywnej aproksymacji asymptotycznej i numerycznej zarówno rozwiązań jak i ich niezmienników lub innych własności.
2. Pozyskiwanie, przetwarzanie oraz analiza badań naukowych związanych z tematyką badawczą.
3. Wyjazdy zagraniczne w celu współpracy międzynarodowej do ośrodków: University of Cambridge, UK; Sorbonne Universite, Francja; University of Manchester, UK; University of Bath, UK; University of Singapore, Singapore.
4. Prowadzenie badań teoretycznych i programistycznych (np. matlab, python lub julia).
5. Przygotowanie artykułów naukowych oraz prezentacji konferencyjnych.
6. Regularne sprawozdawanie postępów pracy.

Streszczenie:

Znaczenie równań różniczkowych, jako wiodącego narzędzia matematycznego do opisywania zjawisk codziennego życia nie wymaga tłumaczenia. Równania różniczkowe są dominującym instrumentem w formułowaniu modeli matematycznych w nauce i inżynierii.

Po sformułowaniu i przeanalizowaniu zagadnienia różniczkowego zazwyczaj konieczne jest znalezienie jego rozwiązania. Jako że niewiele równań różniczkowych można rozwiązać analitycznie, aproksymacja często jest jedynym rozwiązaniem. Koncentracja na metodach obliczeniowych nie oznacza jednak,



Międzynarodowa Środowiskowa Szkoła Doktorska
przy **Centrum Studiów Polarnych**
w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach

ul. Bedzińska 60
41-200 Sosnowiec
tel. +48 32 368 93 80
polarknow@us.edu.pl
www.mssd.us.edu.pl



że w jakikolwiek sposób porzucamy matematykę. Po dyskretyzacji, równania różniczkowe są nadal obiektami matematycznymi (prawdopodobnie nawet bardziej skomplikowanymi obiektami matematycznymi!) i muszą być analizowane z pełnym arsenalem narzędzi matematycznych (metody spektralne lub pseudo-spektralne, algebry Liego, rozwinięcia Magnusa, Ferra, Dysona, transformaty Fouriera z systemów ortogonalnych, poszukiwania nowych baz ortogonalnych dedykowanych dla konkretnego zagadnienia, aproksymacja asymptotyczna elementami o różnych częstotliwościach).

Równania różniczkowe o wysoko oscylujących rozwiązaniach są szczególnie trudne do aproksymacji (zarówno analitycznej jak i numerycznej), a ich występowanie w naukach stosowanych jest bardzo częste: mechanika kwantowa, elektronika, fizyka. Jest to dziedzina nauki rozwijająca się bardzo dynamicznie i konkurencyjnie.

Wspólnie z kandydatem wybierzemy szczególny kierunek badań w zależności od preferencji i umiejętności kandydata. Szczególnej uwadze poddamy aproksymację numeryczną zagadnień na całej płaszczyźnie rzeczywistej, a nie jak to robiono do tej pory na skończonych odcinkach wymagających narzucania na problemy sztucznych warunków brzegowych: okresowych lub zerowych. Kolejnym tematem o dużym zapotrzebowaniu jest problem wieloczęstotliwości rozwiązań, gdzie dochodzi do rezonansów niebezpiecznych z punktu widzenia obliczeń. Trudnym tematem numerycznej analizy równań jest aproksymacja zachowania kilku (lub kilku tysięcy!) cząstek w przestrzeni trzywymiarowej – na dzień dzisiejszy wydaje się, że *Kohn-Sham functional density theory* jest jedynym obiecującym (aczkolwiek bardzo trudnym) kierunkiem. W dziedzinie zainteresowań opiekuna merytorycznego leży również teoria sterowania optymalnego, gdzie projektujemy optymalne działanie laserów (na układ) w celu uzyskania żądanych rozwiązań równań różniczkowych. Analityczne rozwinięcia asymptotyczne rozwiązań równań zagadnień w wysoko oscylującym czynnikiem zewnętrznym są interesującym i wciąż wymagającym uwagi obszarem badań. Metodologie obliczeniowe zachowujące energię całkowitą i/lub masę rozwiązań zagadnień jak Schroedinger, Dirac, Klein-Gordon, Pauli (różnego rodzaju: w polach elektrycznych, elektromagnetycznych, liniowe, nieliniowe) są szeroko badany, ale wciąż niewyczerpanym obszarem badań.

Inne informacje:

Praca będzie realizowana pod opieką merytoryczną: dr hab. Karoliny Kropielnickiej, prof. IM PAN, e-mail: kkropielnicka@impan.pl, Instytut Matematyczny Polskiej Akademii Nauk, oddział w Sopocie.

Sekretarz Komisji Rekrutacyjnej MŚSD: +48 32 3689 380, e-mail: polarknow@us.edu.pl

Informacje dotyczące rekrutacji do MŚSD: https://www.mssd.us.edu.pl/rekrutacja_2022_2023