

Adaptacja wysiłkowa - wearables – analiza sygnałów

Nieinwazyjna ocena odpowiedzi ogólnoustrojowej na wysiłek fizyczny

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: Monika Petelczyc

Kontakt: monika.petelczyc@pw.edu.pl, MS Teams

Słowa kluczowe: pomiary wydolnościowe, markery nieliniowe, niestacjonarność, wearables, walidacja metod nieinwazyjnych

Charakter pracy: pomiarowa (50%), opracowanie danych (40%), praca projektowa o charakterze organizacyjnym (10%)

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Czy pomiar poszczególnych składowych rozpraszania ciepła przez człowieka jest możliwy?
- Jakie cechy sygnałów EMG pozwalają na klasyfikację pacjentów ze zwyrodnieniem stawu kolanowego? Jak mogą one pomóc w obrazie klinicznym choroby?
- Jakie jest znaczenie oddechu w wysiłku?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Związek między zmiennością rytmu serca a poborem tlenu w wysiłku o rosnącym obciążeniu
- Wpływ wzorców oddechowych na zmienność rytmu serca
- Automatyczna detekcja progu wentylacyjnego w zapisach wysiłkowych

Minimalne wymagania wobec studenta: znajomość języka angielskiego wymagana do czytania i analizy artykułów naukowych, podstawy programowania, gotowość do pracy w interdyscyplinarnym zespole, dobra organizacja pracy

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: <https://www.fizyka.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Laboratorium-Wysilku-Fizycznego>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: Postęp w zakresie uczenia maszynowego w biologii i medycynie jest możliwy tylko dzięki istnieniu danych, a ich jakość decyduje o skuteczności narzędzi diagnostycznych, z których już za chwilę będą korzystać nasi lekarze. Dlatego pomiar, w szczególności wykonywany przy pomocy nieinwazyjnych urządzeń stanowi ogromne wyzwanie dla współczesnych naukowców i inżynierów. Aktualnie prowadzę badania nad nowym systemem, który pozwala oszacować wydatek energetyczny, w taki sposób, aby wskazywać dokładnie, ile ciepła pochodzi z promieniowania, ile z konwekcji, a ile tracimy na drodze oddechowej lub poprzez parowanie ze skóry. Urządzenie to wymaga

walidacji i cały proces należy odpowiednio zaplanować i zaprosić do udziału ochotników. Jeszcze kilka miesięcy temu pracowałam nad czujnikami monitorującymi stężenia mleczanów i pH w pocie, czyli nad nieinwazyjną techniką o potencjale wykorzystania w sporcie i w badaniach chorób metabolicznych. Równolegle realizuję inne aktywności naukowe, głównie poświęcone analizie sygnałów biomedycznych, przy czym najbardziej fascynują mnie techniki wspierające procesy diagnostyczne (np. w kardiologii) oraz te przydatne w dyskryminacji (rozróżnianiu) pacjentów. Takie klasyfikacje mogą mieć kluczowe znaczenie w procesie ich dalszego leczenia. Nie zapominam o badaniach poświęconych zdrowym ludziom - człowiek jest przecież układem złożonym i nadal kryje wiele tajemnic.



Pilotażowe próby wysiłkowe – przygotowanie do badań koszykarzy akademickich



Testy systemu kalorymetrycznego - na plecach widoczny segmentowy moduł pomiarowy.

Diagnostyka EKG wspierana uczeniem maszynowym

(podaj tytuł lub ogólny obszar badawczy proponowanej współpracy w ramach programu studia z ION)

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: Teodor Buchner

Kontakt: Teodor.buchner@pw.edu.pl, aktywny na Teams

Słowa kluczowe: diagnostyka kardiologiczna, uczenie maszynowe, zespół badawczy

Charakter pracy: praca doświadczalna na sygnałach EKG zarejestrowanych w szpitalach (Narodowy Instytut Kardiologii w Aninie, Szpital Wolski, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Gdański Uniwersytet Medyczny), opracowanie danych, możliwość rozwoju w kierunku prostego programowania w Python oraz rozwoju metod uczenia maszynowego.

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Przewidywanie rozwoju choroby u osób teoretycznie zdrowych (metoda do badań przesiewowych) i ocena progresji schorzenia u osób już zdiagnozowanych z rozpoznaniem Arytmogenicznej Kardiopatii Prawej Komory (z Narodowym Instytutem Kardiologii)
- Czy da się przewidzieć odrzucenie przeszczepu serca na podstawie objawów elektrofizjologicznych? (z Kliniką Transplantologii GUMed)
- Czy da się określić, czy arytmia komorowa o źródle w przegrodzie międzykomorowej pochodzi bardziej z prawej czy bardziej z lewej komory? (ze Szpitalem Dzieciątka Jezus WUM)
- Czy da się ocenić progresję niewydolności serca u pacjentów z wszczepionym stymulatorem CRT na podstawie zapisów 12-odprowadzeniowego EKG? (ze Szpitalem Wolskim)

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Wykrywanie i predykcja występowania migotania przedsionków na podstawie nieinwazyjnej rejestracji sygnałów fizjologicznych
- Porównanie metod elektrokardiografii i magnetokardiografii w diagnostyce chorób serca
- Opracowanie modelu sygnału EKG uwzględniającego przemieszczenie elektrod pomiarowych
- System do równoległej akwizycji sygnałów MKG i EKG z wykorzystaniem platformy Arduino
- Badania eksperymentalne wpływu hormonów płciowych na aktywność kanałów potasowych typu BK

Minimalne wymagania wobec studenta: mile widziana umiejętność programowania w Python ale nie jest konieczna. Mile widziana komunikacyjna znajomość języka angielskiego. Mile widziana znajomość statystyki ale nie jest konieczna. Konieczna ciekawość świata i umiejętność gry zespołowej oraz rzetelność

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: <https://youtu.be/KETI86MkONM> - film z sympozjum przedstawiającego wyniki pracy zespołu

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: Spotykamy się od 6 lat raz w tygodniu zdalnie na statusie zespołu. Wciąż dołączają nowe osoby co nas bardzo cieszy. Poza wymienionymi tutaj tematami mamy też bardzo dużo tematów z szerokiego wachlarza: od symulacji komputerowych i badań literaturowych do wizyt studyjnych w szpitalach i okazjonalnie konferencji. Mamy rozpoznawalną markę w środowisku polskich kardiologów, uczestniczymy m.in. we władzach nowopowstałej Sekcji Sztucznej Inteligencji i Rozwiązań Cyfrowych Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego. Uczestniczyliśmy też w preinkubacji na PW, w celu komercjalizacji naszych rozwiązań, więc zapraszamy również osoby z doświadczeniem biznesowym i zacięciem produktowym.

Link do naszego wystąpienia z Data Science Summit 2024: <https://youtu.be/codvGBPCalc> i dwa seminaria zakładowe: <https://youtu.be/r2d07A87gYc>, <https://youtu.be/iV3PgVxna-g>

Fizyka układów złożonych

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: prof. dr hab. Agata Fronczak

Kontakt: MS Teams, agata.fronczak@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: układy złożone, sieci złożone, fizyka nowotworów, przemiany fazowe i zjawiska krytyczne

Charakter pracy: symulacje numeryczne, opracowanie danych, praca teoretyczna

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Identyfikacja ukrytych przestrzeni metrycznych leżących u podstaw sieci złożonych takich jak Internet (zob. rys.), WWW, sieci metaboliczne i inne.
- Wsparte danymi klinicznymi modelowanie procesu kancerogenezy.

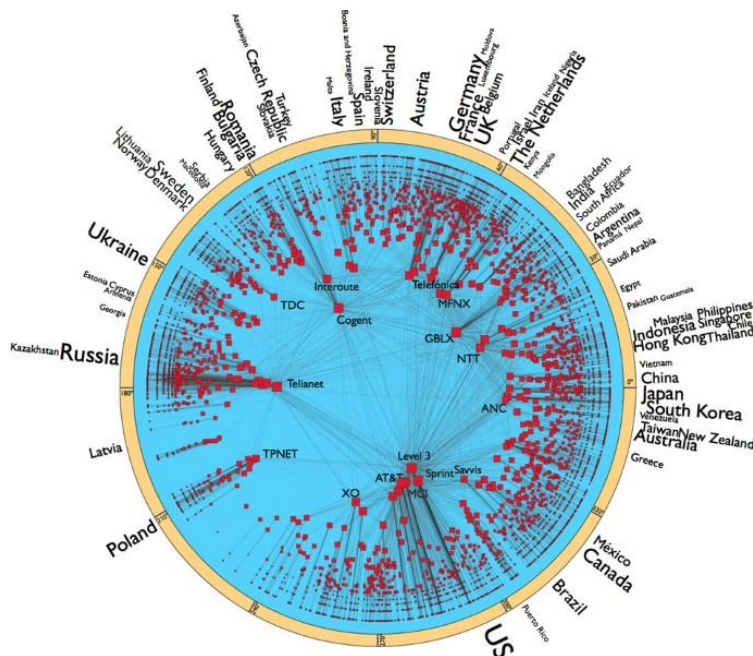
Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- *Wielopoziomowa organizacja i ewolucja Internetu w świetle teorii sieci złożonych* (mgr, w trakcie realizacji)
- *Zastosowanie teorii przemian fazowych Avramiego do modelowania transformacji komórki zdrowej w komórkę nowotworową* (mgr, 2025)
- *Analiza predykcyjna w sieciach społecznościowych* (mgr, 2023, nagroda im prof. Dygasa za najlepszą pracę dyplomową magisterską obronioną na Wydziale Fizyki PW w r. akad. 2022/23)
- *Wymiar fraktalny sieci złożonych* (inż., 2022)
- *Dynamika wirusów RNA - katastrofa błędu w modelu pseudogatunków Eigena–Schustera* (inż., 2022)

Minimalne wymagania wobec studenta: biegła umiejętność programowania w Phythonie, podstawy analizy danych, znajomość języka angielskiego wymagana do czytania i analizy artykułów naukowych

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

Fizyka układów złożonych stanowi fascynujące pole badań, w którym proste lokalne reguły prowadzą do powstawania zaskakująco złożonych zjawisk o charakterze globalnym. Takie układy – choć na poziomie mikroskopowym opisują je nieskomplikowane mechanizmy – potrafią generować bogactwo form i zachowań: od synchronizacji i samoorganizacji po pojawianie się nowych właściwości w skali makroskopowej. Przykładami są zarówno roje owadów, sieci społeczne i systemy komunikacyjne, jak i złożone procesy biologiczne czy rozwój nowotworów. W wielu z tych przypadków obserwowane zjawiska mają charakter przemian fazowych, dzięki czemu narzędzia wypracowane przez fizyków – modele statystyczne, analiza sieci czy teoria skalowania – okazują się niezwykle skuteczne w ich opisie.



Rys. Hiperboliczna mapa Internetu na poziomie systemów autonomicznych

Interdyscyplinarność tej dziedziny sprawia, że fizyka układów złożonych znajduje naturalne zastosowania w naukach o życiu, informatyce, ekonomii i badaniach nad społeczeństwem. Modelowanie dynamiki takich układów, poszukiwanie ich ukrytych struktur geometrycznych oraz zrozumienie mechanizmów kolektywnego zachowania stanowią główny nurt moich badań i zaproszenie do współpracy. Zachęcam do kontaktu osoby ciekawe świata, gotowe łączyć analityczne myślenie z otwartością na interdyscyplinarne wyzwania.

Modelowanie opinii

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr inż. Anna Chmiel

Kontakt: anna.chmiel@pw.edu.pl, możliwość wymiany informacji przez MS Teams

Słowa kluczowe: sieci złożone, dynamika opinii społecznej, modele epidemii

Charakter pracy: opracowanie danych z Internetu, symulacje numeryczne, praca teoretyczna

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Modelowanie opinii : Koewolucja modelu q -Isinga i q -wyborcy na sieciach wielopoziomowych.
- Analiza rozprzestrzenienia się opinii antyszczepionkowych w Internecie

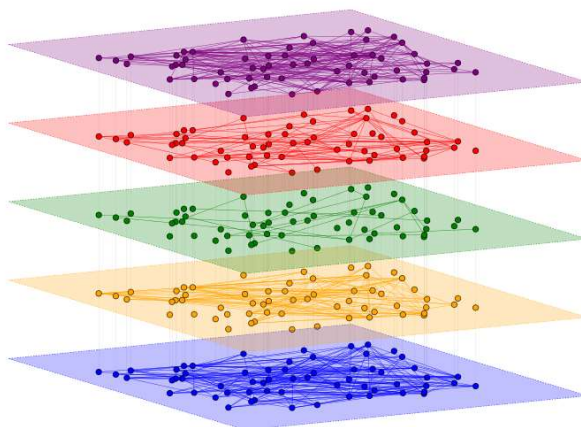
Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Analiza statystyczna i modelowanie cech kontrowersyjnych dyskusji w serwisie Twitter

Minimalne wymagania wobec studenta: umiejętność programowania w C++/python, podstawy analizy danych, znajomość języka angielskiego wymagana do czytania i analizy artykułów naukowych

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: <https://achmiel.pl/index.php?lang=pl>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: W mojej pracy naukowej zajmuje się problemami z różnych dyscyplin naukowych, w których priorytetem jest głównie tworzenie modeli opartych na danych rzeczywistych lub też odnoszących się do konkretnych zjawisk społecznych i ekonomicznych jak również zagadnień powstających na styku społeczeństwa i technologii (ze szczególnym uwzględnieniem tzw. **nowych mediów**). Specjalizuje się w **modelowaniu agentowym układów społecznych**. To dziedzina wysoce interdyscyplinarna, budująca pomost pomiędzy opisem oddziaływań między jednostkami, będącym domeną psychologii społecznej, a opisem różnych struktur i procesów obserwowanych na poziomie społeczeństw, będących domeną socjologii. Dodatkowo do analizy modeli szczególnie użyteczne okazały się metody wypracowane przez dziesięciolecia w ramach fizyki statystycznej, w szczególności teorii przemian fazowych i zjawisk krytycznych. W sieciach rzeczywistych często obserwujemy węzły należące do wielu różnych sieci. Komunikujemy się w Internecie za pomocą poczty elektronicznej czy takich mediów społecznościowych jak Facebook oraz Twitter. Każde z tych narzędzi jest odrębną siecią, jednak pojedyncza osoba może być członkiem kilku z nich jednocześnie. Aby precyzyjnie modelować dynamikę stanu węzłów, należy uwzględnić wpływ wielu sieci, co jest możliwe, jeżeli opiszemy układ za pomocą **sieci wielopoziomowej**.



Zainteresowana osoba może uczestniczyć w następujących działaniach: (a) analiza danych, (b) symulacje numeryczne. Aktywność związana jest z (a) zbieraniem i opracowywaniem danych z Internetu, (b) przeprowadzaniem symulacji numerycznych modeli na zadanej topologii sieci i opisu otrzymanych wyników.

Modelowanie Układów Złożonych

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: Grzegorz Siudem

Kontakt: grzegorz.siudem@pw.edu.pl lub na M\$Teams

Słowa kluczowe: sieci złożone, fizyka statystyczna, uczenie maszynowe, modele agentowe

Charakter pracy: teoretyczna lub symulacyjna lub przetwarzanie i analiza danych

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak modelować strukturę społeczności w sieci cytowań?
- Jak wydajnie algorytmicznie symulować procesy rozprzestrzeniania się epidemii?
- Co oznaczają nierówności w sieciach złożonych i jak je mierzyć?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Probabilistyczne aspekty sieci złożonych (praca inżynierska, Fizyki Technicznej)
- Data mining of cooking recipe networks (praca magisterska, Data Science, MiNI)
- Badanie przestrzeni strategii w grze w kości Blef (praca magisterska, Fizyka Techniczna)
- Analysis and optimization of Warsaw's city bike network (praca magisterska, Data Science, MiNI)
- Memory effects in spreading processes on networks (praca magisterska, Data Science, MiNI)

Minimalne wymagania wobec studenta: zacięcie matematyczne i umiejętności rachunkowe lub sprawność w programowaniu w wybranym środowisku (symulacje lub analiza danych)

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: moja strona jest w remoncie, ale dobrym miejscem na wyrobienie opinii o interesującej mnie tematyce jest strona naszego (wspólnie z prof. Markiem Gagolewskim z MINI) seminarium MADAM: <https://madam.mini.pw.edu.pl/>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: Jestem pół-fizykiem/pół-matematykiem (ukończyłem studia na Wydziale Fizyki i na MiNI, a obecnie kontynuuję współpracę naukową i dydaktyczną pomiędzy tymi dwoma wydziałami). W swojej pracy badawczej zajmuję się przerzucaniem mostów między fizyką statystyczną, teorią układów dynamicznych, kombinatoryką, a ich interdyscyplinarnymi zastosowaniami w modelowaniu układów (w tym sieci) złożonych. Ostatnio widywany byłem najczęściej na pograniczu fizyki statystycznej modelowania i analizy danych (ang. data science). I to w podróż w te rejony chciałbym Państwa zaprosić.

W ramach współpracy będziecie mieli Państwo możliwość poznać warsztat pracy nie tylko fizyka teoretyka nastawionego na zastosowania, którym jestem, ale także metodologię i specyfikę pracy moich współpracowników (informatyków, statystyków). Jestem otwarty na nieszablonowe tematy (z radością poszukam ich wspólnie!) i nieoczywiste zastosowania, tak długo jak towarzyszy im naukowa precyzja i metodologiczny porządek.

Przeciążenie informacyjne w nauce

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr hab. inż. Julian Sienkiewicz, prof. uczelni

Kontakt: MS Teams lub julian.sienkiewicz@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: przeciążenie informacyjne, sieci złożone, naukometria, analiza danych, modelowanie agentowe

Charakter pracy: opracowanie danych (70%), symulacje numeryczne (30%)

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak mierzyć przeciążenie informacyjne w nauce i jak je modelować?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Analiza przeciążenia informacyjnego w sieci cytowań artykułów naukowych
- Wpływ fałszywych wiadomości na przeciążenie informacją
- Analiza statystyczna i modelowanie cech kontrowersyjnych dyskusji w serwisie Twitter.

Minimalne wymagania wobec studenta: umiejętność programowania w pythonie/R, podstawy analizy danych, znajomość języka angielskiego wymagana do czytania i analizy artykułów naukowych

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: <https://fens.org.pl> , <https://jsienkiewicz.pl>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: Zajmuję się badaniami dotyczącymi przeciążenia informacyjnego w nauce, w szczególności w oparciu o dane dotyczące tego, jak i gdzie naukowcy publikują swoje prace. Aktualnie wraz z kolegami z niemieckiego GESIS przygotowaliśmy zbiór danych (<https://zenodo.org/records/17185408>), pokazujący, które tzw. preprinty (wczesne, nierecenzowane wersje artykułów naukowych, deponowane w serwisie bioRxiv) zostają finalnie opublikowane. Interesuje nas jakie cechy leksykalne odróżniają artykuły opublikowane od tych, które nie wyszły poza fazę preprintu. Ponadto, chcielibyśmy także wykonać podobne analizy dla serwisu arXiv, w którym preprinty deponują fizycy, a także opracować proste modele (tzw. modele agentowe), umożliwiające odtworzenie obserwowanych zjawisk.

Modelowanie agentowe procesów społecznych

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr inż. Robert Paluch

Kontakt: robert.paluch@pw.edu.pl lub MS Teams

Słowa kluczowe: sieci złożone, modele agentowe, dynamika opinii, propagacja informacji

Charakter pracy: symulacje numeryczne i opracowanie danych

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Czy da się przewidzieć akty przemocy za pomocą algorytmów i danych z portali społecznościowych?
- Jak szybko odnaleźć źródło konkretnej dezinformacji w Internecie?
- Co to jest przeciążenie informacyjne i jak wpływa na społeczeństwo?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- *Zastosowanie modelu Potts'a do symulacji rynków finansowych*
- *Analiza rynku kryptowalut metodami sieci złożonych*
- *Analiza oddziaływań między członkami grup internetowych metodami sieci złożonych*
- *Rekonstrukcja sieci złożonej w problemie lokalizacji źródła informacji*
- *Wpływ przeciążenia informacyjnego na skuteczność lokalizacji źródła informacji w sieciach złożonych*

Minimalne wymagania wobec studenta: umiejętność programowania w dowolnym języku, podstawy analizy danych

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: <https://fens.org.pl/>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: *Zachęć studentów do współpracy - zajmij tę przestrzeń przedstawiając swoją działalność naukową, osiągnięcia, plany badawcze, itp. – oprócz tekstu można dodać grafiki, rysunki i zdjęcia*

Jestem adiunktem w Pracowni Fizyki w Ekonomii i Naukach Społecznych. W swojej pracy łączę modele sieci złożonych z modelowaniem agentowym. Dzięki temu podejściu mogę symulować różne procesy zachodzące w społeczeństwie, takie jak dynamika opinii lub propagacja informacji. Obecnie większość mojej uwagi zajmuje problem lokalizacji nieznanego źródła propagacji (informacji lub choroby zakaźnej) w sieciach złożonych. Drugim projektem badawczym rozwijanym w Pracowni FENS jest OMINO (Overcoming Multilevel Information Overload). W tym projekcie próbujemy zdefiniować i zmierzyć przeciążenie informacyjne, a następnie zaproponować sposoby na przeciwdziałanie temu zjawisku. Nasz najnowszy projekt, PAPS (Public Area Protection System) skupia się na analizowaniu danych z portali społecznościowych w celu przeciwdziałania potencjalnym aktom przemocy. Jestem otwarty na różne propozycje tematów z pogranicza fizyki i nauk społecznych.

Ciekłokrystaliczne 3D kryształy fotoniczne o sterowalnych właściwościach

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr inż. Kamil Orzechowski

Kontakt: MS Teams lub kamil.orzechowski@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: ciekłe kryształy, faza błękitna, mikrostruktury fotoniczne, nanodomieszki, światłowody

Charakter pracy: doświadczalna (pomiarowa), laboratoryjna, opracowanie danych, symulacje numeryczne

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- W jaki sposób geometria mikrostruktury oraz warunki zewnętrzne wpływają na właściwości optyczne ciekłych kryształów w fazie błękitnej?
- Czy domieszkowanie fazy błękitnej nanocząstkami złota, monomerami lub azozwiązkami może poprawić właściwości i rozszerzyć funkcjonalność ciekłokrystalicznych mikrostruktur fotonicznych?
- Czy ciekłe kryształy w fazie błękitnej mogą być efektywnie wykorzystywane jako ośrodek aktywny w światłowodowych układach czujnikowych lub sterujących propagacją światła?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Sterowane światłem mikrostruktury ciekłokrystaliczne w fazie błękitnej domieszkowane nanocząstkami
- Światłowodowe struktury fotoniczne z mikrownęką ciekłokrystaliczną w fazie błękitnej do kontroli właściwości propagacyjnych
- Modelowanie struktury molekularnej chiralnych ciekłych kryształów w fazie błękitnej w mikrostrukturach fotonicznych

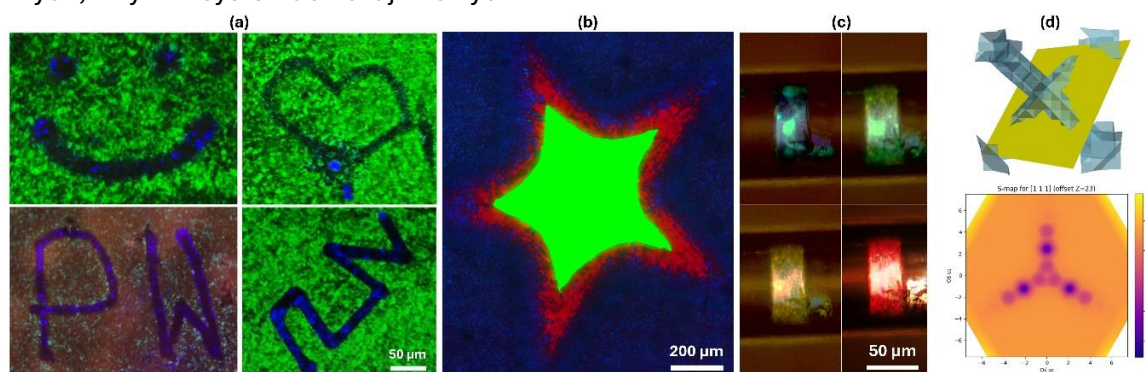
Minimalne wymagania wobec studenta: znajomość języka angielskiego pozwalająca na czytanie artykułów naukowych; chęć do pracy w laboratorium; umiejętność analizy danych.

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: <https://if.pw.edu.pl/~orzechowski>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

W pracy naukowej koncentruję się na analizie właściwości optycznych chiralnych ciekłych kryształów w fazie błękitnej – mezofazie występującej w silnie chiralnych układach ciekłokrystalicznych, typowo pomiędzy fazą chiralną nematyczną a izotropową. Faza błękitna charakteryzuje się samoorganizującą się 3D strukturą o cechach zbliżonych do struktury krystalicznej, wykazując jednocześnie zdolność do dyfrakcji fali EM w zakresie widzialnym oraz optyczną izotropowość.

W ramach współpracy z zespołami chemików z UW i WAT oraz z grupą fotoników z Tajwanu (NSYSU), prowadzimy badania nad modyfikacją właściwości ciekłych kryształów w fazie błękitnej poprzez domieszkowanie ich nanocząstkami o zróżnicowanej charakterystyce fizykochemicznej. Celem tych prac jest zarówno poszukiwanie nowych funkcjonalności materiałowych, jak i poprawa parametrów użytkowych w kontekście zastosowań w technologii wyświetlaczy oraz w przestrajalnych światłowodowych układach fotonicznych, w tym w systemach czujnikowych.



Wyniki badań studentów w ramach prac dyplomowych. Uzyskano: (a) tekstury fazy błękitnej domieszkowanej nanocząstkami złota, umożliwiające tworzenie wzorów za pomocą wiązki UV (wyk. Weronika Milewska); (b) tekstury fazy błękitnej z azozwiązkami pozwalające na zapis wielobarwnych figur dzięki naświetlaniu wiązką UV przez maskę amplitudową (wyk. Anna Goławska); (c) światłowodowy układ z mikrownęką ciekłokrystaliczną w fazie błękitnej pełniącą funkcję termicznie przestrajalnego filtra optycznego (wyk. Konrad Jabłoński); (d) wynik modelowania numerycznego sieci dysklinacji w fazie BPII z mapą uporządkowania direktora ciekłego kryształu (wyk. Adam Bereźnicki).

Trójwymiarowe mikrostruktury foniczne, czujniki światłowodowe, , przestrjalne mikrostruktury ciekłokrystaliczne, mikrodruk 3D, zautomatyzowane układy pomiarowe i urządzenia badawcze

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr hab. inż. Sławomir Ertman, kierownik Laboratorium Nanofotoniki

Kontakt: slawomir.ertman@pw.edu.pl, preferowany kontakt przez MS Teams

Słowa kluczowe: jak w tytule powyżej

Charakter pracy: głównie doświadczalna (pomiarowa) i laboratoryjna, możliwe prace w zakresie symulacji numerycznych oraz oprogramowaniu zautomatyzowanych układów badawczych

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- *Jak efektywnie projektować i wytwarzać przestrjalne mikrostruktury (w tym zintegrowane ze światłowodami)?*
- *Jak wytwarzać trójwymiarowe mikrostruktury wielomateriałowe (w tym z materiałów funkcjonalnych) i jakie unikalne właściwości można uzyskać?*
- *Jak efektywnie integrować funkcjonalne mikrostruktury foniczne i czujnikowe ze światłowodami?*

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- „Optymalizacja techniki wytwarzania trójwymiarowych mikrostruktur przy użyciu selektywnej fotopolimeryzacji”,
„Układ do obrazowania modów światłowodowych i wiązek optycznych pozwalający na wizualizację lokalnych zmian stanu polaryzacji”,
- „Refractive index sensors based on selected types of optical fiber interferometers”

Minimalne wymagania wobec studenta: dyspozycyjność, chęć rozwoju i gotowość do pracy w laboratorium, mile widziana znajomość j. angielskiego

Strona internetowa : <https://ertman.fizyka.pw.edu.pl/>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: Prace badawcze (oraz prace dyplomowe) realizowane są w Laboratorium Fotoniki Światłowodowej (pok. 8A GF) oraz w Laboratorium Nanofotoniki (pok. 1.38, Cezamat). W obu laboratoriach prowadzone są badania związane z wytwarzaniem trójwymiarowych mikrostruktur fonicznych z wykorzystaniem polimeryzacji dwufotonowej (komercyjne urządzenie firmy Nanoscribe) oraz projekcyjnej mikrostereolitografii (układ własnej konstrukcji, rozwijany w celu zwiększenia rozdzielczości i druku wielomateriałowego oraz zapewnienia możliwości wydruku z tzw. materiałów funkcjonalnych). Możliwa jest także współpraca w zakresie badań teoretycznych jak i eksperymentalne w dziedzinie światłowodów, fotoniki, mikro- i nanostruktur fonicznych, optofluidyki, czujników światłowodowych oraz przestrjalnych mikrostruktur fonicznych i przestrjalnych komponentów światłowodowych. Możliwa jest również współpraca w zakresie foto-porządkowania molekuł ciekłokrystalicznych oraz budowy przestrjalnych optycznie mikrostruktur ciekłokrystalicznych, m.in. przy użyciu zautomatyzowanych systemów do tworzenia jedno- i dwuwymiarowych złożonych wzorów ciekłokrystalicznych o mikrometrowej rozdzielczości. Studentów preferujących prace typowo inżynierskie zapraszamy do współpracy przy budowie i oprogramowaniu zautomatyzowanych układów optycznych oraz eksperymentalnych systemów fotomechanicznych (w tym wypadku przydatna może być podstawowa znajomość elektroniki, technik cyfrowych lub programowania lub gotowość do rozwoju tychże umiejętności).

Materiały i układy cienkowarstwowe dla magazynowania energii

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr inż. Michał Struzik

Kontakt: michal.struzik@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: *nanomateriały dla energetyki, cienkie warstwy, struktura krystaliczna, transport jonowy, eksperyment*

Charakter pracy: *doświadczalna 35%, laboratoryjna 35%, opracowanie danych 30%*

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak modyfikować skład i strukturę elektrolitów stałych, aby zwiększyć ich przewodnictwo jonów litu i stabilność chemiczną?
- W jaki sposób zapobiegać powstawaniu dendrytów litu i poprawić kontakt pomiędzy elektrolitem a elektrodami w ogniwach elektrochemicznych wykonanych w technologii ciała stałego?
- Jak opracować i zoptymalizować procesy wytwarzania cienkich warstw materiałów litowych, by uzyskać materiały jednorodne strukturalnie i aktywne elektrochemicznie?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- *Wytworzenie i badania elektrochemiczne katody z LiMn_2O_4 jako materiałem aktywnym do zastosowań w tlenkowych ogniwach litowych*
- *Optymalizacja syntezy metodą zol-żel i badania strukturalne elektrolitu stałego $\text{Li}_{1,5}\text{Al}_{0,5}\text{Ge}_{1,5}(\text{PO}_4)_3$*

Minimalne wymagania wobec studenta: *znajomość języka angielskiego pozwalająca na czytanie artykułów naukowych; chęć do pracy w laboratorium / przy eksperymencie / opracowywaniu danych doświadczalnych; gotowość do pracy w laboratorium CEZAMAT PW*

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: -

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: *Zajmuję się eksperymentalnymi badaniami nad stałymi elektrolitami litowymi, w szczególności tlenkowymi granatami o strukturze typu granatu ($\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$) oraz ich pochodnymi. Interesuje mnie, w jaki sposób struktura krystaliczna, defekty sieciowe i podstawienia kationowe wpływają na przewodnictwo jonowe i elektroniczne oraz stabilność fazową tych materiałów. Szczególną uwagę poświęcam inżynierii międzyfazowej – kontrolowaniu kontaktu pomiędzy elektrolitem a elektrodami poprzez odpowiednie warstwy pośrednie, takie jak LiTaO_3 czy Li_3PO_4 – oraz zjawiskom związanym z mieszanym przewodnictwem jonowo-elektronowym, które decydują o wzroście dendrytów i trwałości ogniw całkowicie stałych.*

W swojej pracy łączę klasyczne podejścia fizyki ciała stałego z nowoczesnymi metodami inżynierii materiałowej i technologii cienkowarstwowych. Opracowuję zarówno ceramiki objętościowe, jak i cienkie warstwy materiałów wytwarzane metodami ablacji laserowej (PLD) i osadzania fizycznego z fazy gazowej (PVD). Interesuje mnie możliwość sterowania strukturą, defektami i przewodnictwem poprzez doping pierwiastkami o zmiennych stopniach utlenienia (np. Nb, Ta, Pr, Co, Ni).

W ramach tworzonego zaplecza badawczego rozwijam kompleksową linię technologiczną do wytwarzania i charakterystyki materiałów funkcjonalnych dla technologii magazynowania i konwersji energii nowej generacji. Dysponujemy wyposażeniem umożliwiającym pełny cykl badań – od syntezy proszków i zagęszczania materiałów polikrystalicznych, przez nanoszenie cienkich warstw, po ich analizę strukturalną i elektrochemiczną.

Celem moich badań jest opracowanie stabilnych, wysoce przewodzących i kompatybilnych chemicznie elektrolitów stałych, które umożliwią budowę bezpiecznych i długowiecznych ogniw całkowicie stałych (ASSB), integrujących się z nowoczesnymi systemami energetycznymi i platformami bezzałogowymi.

Materiały dwuwymiarowe – nanotranzystory – ciepło – fonony

Imię i Nazwisko: dr inż. Arkadiusz Gertych

Kontakt: MStTeams lub arkadiusz.gertych@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: materiały 2D, rozptyw ciepła, nanoelektronika, eksperyment

Charakter pracy: doświadczalna (pomiarowa) 35% / laboratoryjna (wytwarzanie, processing) 35% / opracowanie danych 30%

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuje:

- Jak mierzyć własności warstw o grubości pojedynczych atomów?
- Czy dwuwymiarowe materiały to przyszłość nanoelektroniki?
- Jak projektować materiały z predefiniowanymi własnościami termicznymi?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Technologia wytwarzania tranzystorów 2D z wymiarem krytycznym mniejszym niż 100 nm
- Selektywne trawienie heterostruktur van der Waalsa za pomocą ablacji laserowej
- Wyznaczanie temperatury dwuwymiarowego dwusiarczku molibdenu oparte na pomiarach ramanowskich

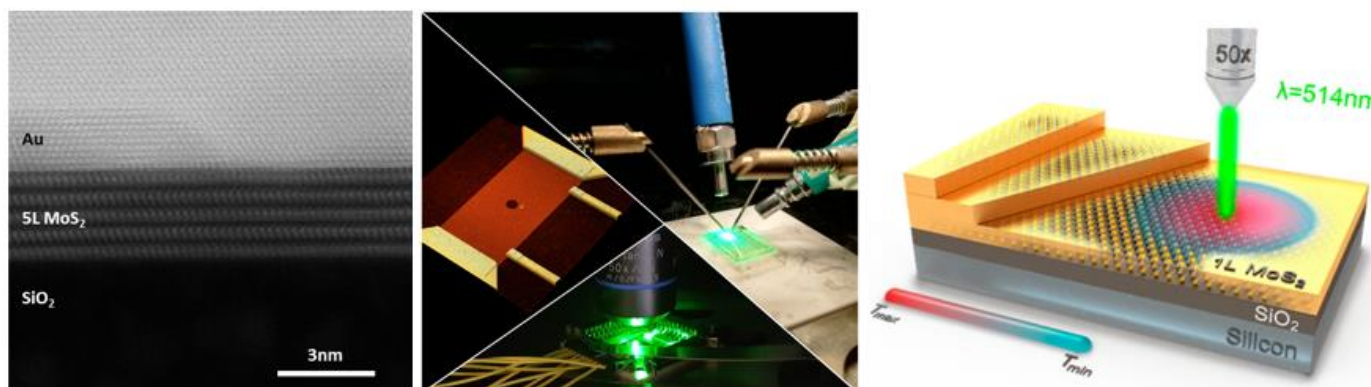
Minimalne wymagania: znajomość języka angielskiego pozwalająca na czytanie artykułów naukowych; chęć do pracy w laboratorium / przy eksperymencie / opracowywaniu danych doświadczalnych

Strona: <https://nano2025.fizyka.pw.edu.pl/>

Opis: Zajmuję się eksperymentalnym badaniem materiałów dwuwymiarowych, czyli takich, które posiadają grubość pojedynczych atomów. Zastanawiam się, w jaki sposób właściwości tych materiałów zmieniają się, gdy dochodzimy do granicy atomowej oraz w jaki sposób możemy wykorzystać te materiały w przyszłości, w szczególności skupiając się na zastosowaniach w nanoelektronice.

Osobiście najbardziej interesują mnie fonony – drgania sieci krystalicznej odpowiedzialne za właściwości termiczne. W szczególności, w jaki sposób możemy projektować kanapki z materiałów 2D, by manipulować właściwościami termicznymi, rozwijając mniej znaną dziedzinę obok fotoniki i elektroniki – fononikę. Jest to istotny element projektowania nowoczesnych tranzystorów, gdyż obecnie procesory strasznie się grzeją!

W naszej grupie posiadamy kompletną linię technologiczną pozwalającą na wytworzenie nanotranzystorów zaczynając od materiału, przez definicję kształtu aż po ostateczne pomiary charakterystyk elektrycznych. Korzystamy z maszyn, urządzeń i eksperymentów standardowo wykorzystywanych do badania cienkich półprzewodników. Na co dzień wykorzystujemy: mikroskop sił atomowych, mikroskop elektronowy, litografię elektronową, spektroskopię Ramana i układ do pomiarów właściwości elektrycznych próbki – stację ostrzową i kriostaty. Jeśli jesteś zainteresowany laboratorium i skalą nano – zapraszam do współpracy.



Zdjęcie z transmisyjnego mikroskopu elektronowego naparowanego złota na 5 warstw MoS₂. Zdjęcia urządzeń, przejściówki i igieł na stacji ostrzowej podczas pomiarów elektrycznych z oświetleniem. Model badania rozptywu ciepła w materiałach dwuwymiarowych wykorzystujący laser jako źródło ciepła i rozproszone światło ramanowskie jako termometr.

Baterie litowo-jonowe – wytwarzanie i badanie właściwości materiałów elektrochemicznych

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr inż. Przemysław Michalski

Kontakt: MS Teams lub mailowo: przemyslaw.michalski@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: wytwarzanie materiałów, charakteryzacja, baterie Li-ion, magazynowanie energii

Charakter pracy: doświadczalna, laboratoryjna, opracowanie danych (w równych proporcjach)

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak zaprojektować materiał, by miał pożądane właściwości elektrochemiczne?
- Jaki wpływ na właściwości strukturalne i elektryczne materiału mają domieszki innych atomów?
- Jak parametry syntezy materiału wpływają na jego właściwości?

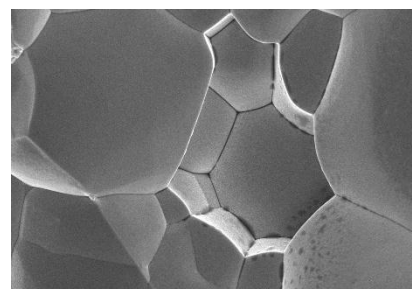
Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Analiza widm ramanowskich tlenku litowo-lantanowo-cyrkonowego domieszkowanego żelazem
- Analiza strukturalna tlenku litowo-lantanowo-cyrkonowego domieszkowanego żelazem i tantalem
- Badania elektryczne tlenku litowo-lantanowo-cyrkonowego domieszkowanego żelazem i skandem

Minimalne wymagania wobec studenta: przede wszystkim – dobre chęci i czas! Dodatkowo - znajomość języka angielskiego. Nie jest wymagana wiedza z dziedziny.

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

Naukowo zajmuję się materiałami elektroceramicznymi – jest to grupa twardych materiałów posiadających jednak interesujące właściwości elektryczne. Standardowo znane nam ceramiki (np. kubek czy cegła) są izolatorami elektrycznymi; te badane przeze mnie przewodzą zarówno jony litu jak i elektrony. Dzięki temu są wykorzystywane jako materiały aktywne w bateriach litowo-jonowych. Baterie te znajdziemy w przenośnej elektronice, pojazdach elektrycznych oraz w magazynach energii – pełnią więc ważną rolę, umożliwiając mobilność i zieloną transformację energetyczną.



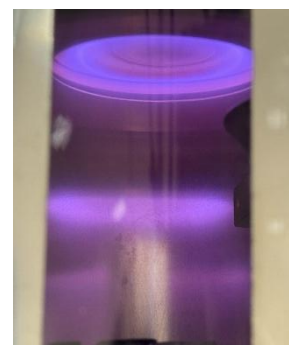
Zdjęcie z mikroskopu elektronowego – przylegające do siebie ziarna w ceramice



Materiał po syntezie – żel

Bezpośrednio interesuje mnie synteza i właściwości materiałów. Moja praca polega na rozważaniu, jak zmiana sposobu syntezy lub składu chemicznego wpłynie na jego właściwości oraz zrozumienie, dlaczego tak się dzieje. Badam m.in. materiały domieszkowane – czyli takie, w których część atomów została zastąpiona innymi pierwiastkami. Jeśli zrozumiemy jak zmiany wpływają na właściwości – będziemy w stanie budować lepsze baterie, o większej pojemności i dłuższym czasie życia.

W swojej pracy korzystam z bardzo różnorodnego sprzętu, rozsianego w Gmachu Fizyki, Gmachu Mechatroniki oraz Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT. Nasza grupa dysponuje zapleczem, które pozwala otrzymywać materiały różnymi metodami, a następnie badać ich właściwości strukturalne, elektryczne i elektrochemiczne. Wykorzystujemy szereg technik pomiarowych, tj. analiza termiczna, dyfraktometria rentgenowska, spektroskopia impedancyjna, spektroskopia Ramana, cyklowanie ogniwi czy obrazowanie mikroskopią elektronową.



Napylanie złotych elektrod przed badaniami elektrycznymi

Unikalne właściwości szkieł tlenkowych i nanomateriałów

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr hab. inż. Tomasz K. Pietrzak, prof. PW

Kontakt: tomasz.pietrzak@pw.edu.pl – e-mail lub MS Teams

Słowa kluczowe: szkła tlenkowe, nanokrystalizacja, nowe nanomateriały

Charakter pracy: doświadczalna (pomiarowa) 40%, laboratoryjna (syntezy własnych materiałów) 40%, opracowanie danych 20%

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jakie unikalne właściwości wykazują szkliste analogi znanych materiałów funkcjonalnych?
- Jak przeprowadzić (zoptymalizować) proces ich nanokrystalizacji, aby były jeszcze lepsze?
- Jakie zjawiska (przewodnictwo elektryczne, stabilizacja faz krystalicznych) możemy w nich zaobserwować? A może nadprzewodnictwo?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

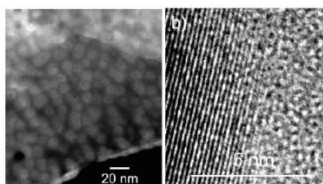
- Optymalizacja właściwości elektrycznych i elektrochemicznych nanokrystalizowanego szkła LiVOPO_4
- Synteza i nanokrystalizacja szkieł $\text{Na}_{2+x}\text{VFe}_2(\text{PO}_4)_{3-x}(\text{SiO}_4)_x$ typu alluaudyty
- Wpływ wybranych czynników szklotwórczych na proces otrzymywania szkieł bizmutanowych oraz ich krystalizacji
- Numeryczne wyznaczanie przewodności cieplnej szkła SiO_2 poddanego ultra-wysokiemu ciśnieniu metodami dynamiki molekularnej
- Właściwości elektryczne i elektrochemiczne zoptymalizowanych szklistych i nanokrystalicznych materiałów katodowych LiFePO_4

Minimalne wymagania wobec studenta: ciekawość świata, zainteresowanie pracą laboratoryjną (eksperymentalną), pasja i kreatywność, zacięcie do tworzenia rzeczy nowych i nieodkrytych, znajomość języka angielskiego wymagana do czytania artykułów naukowych, sumienność i skrupulatność.

Strona internetowa: <https://www.if.pw.edu.pl/~topie/>

Opis działalności naukowej: Ulubionym zajęciem członków Zespołu Materiałów Amorficznych i Nanokrystalicznych jest „polowanie” na krystaliczne materiały funkcjonalne o interesujących właściwościach (elektrycznych, strukturalnych, elektrochemicznych itd.), które następnie próbujemy zsyntezować w naszym laboratorium w postaci szkieł (materiałów amorficznych) o analogicznym składzie chemicznym. Potem skrupulatnie przeprowadzamy ich termiczną nanokrystalizację (czasami pod wysokim ciśnieniem) i w ten sposób otrzymujemy nanomateriały o znacznie polepszonych właściwościach. Zjawisko to związane jest z uwięzieniem nanokrystalitów w pozostałościach matrycy szklistej. Choć fascynują nas głównie procesy i zjawiska fizyczne zachodzące w naszych nanomateriałach, często sprawdzamy ich właściwości w prototypowych „urządzeniach”, takich jak baterie litowo/sodowo-jonowe lub białe diody LED. Nasze eksperymenty uzupełniamy symulacjami komputerowymi (dynamika molekularna).

Nasze laboratorium posiada szeroką gamę pieców używanych do syntez oraz bogaty wachlarz przyrządów do badania właściwości otrzymanych nanomateriałów. Współpracujemy także z renomowanymi ośrodkami z Polski, USA, Kanady, Francji, Litwy. Dużą wagę przywiązujemy do serdecznej i życzliwej atmosfery w młodym (studenci, doktoranci), dynamicznie rozwijającym się zespole naukowym.



Szklą metaliczne w magazynowaniu wodoru

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr inż. Przemysław Dziegielewski

Kontakt: przemyslaw.dziegielewski@pw.edu.pl, MSTeams - tak

Słowa kluczowe: szklą metaliczne, magazynowanie wodoru, teoria funkcyjonału gęstości, dynamika molekularna

Charakter pracy: symulacje numeryczne, elementy pracy teoretycznej

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- *W jaki sposób szklą metaliczne adsorbują wodór – w postaci atomowej czy cząsteczkowej?*
- *Jak przebiega dyfuzja wodoru w głąb materiału i jak zależy od składu szklą metalicznego?*
- *Jak dyfuzja wodoru wpływa na właściwości mechaniczne szkieł metalicznych?*
- *Jak kontrolować proces desorpcji?*

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- *Kinetyka i oddziaływanie wodoru z dwuskładnikowymi szklami metalicznymi – praca mgr., w toku*
- *Badanie lokalnej struktury atomowej szkieł metalicznych Ni-Zr w warunkach wysokiego ciśnienia metodami dynamiki molekularnej – praca mgr.*
- *Właściwości termodynamiczne i strukturalne stopu Zr₆₇Cu₃₃ otrzymanego w symulacji chłodzenia w warunkach wysokiego ciśnienia metodą dynamiki molekularnej – praca inż.*
- *Obliczenia gęstości stanów elektronowych amorficznego stopu Zr-Cu w warunkach wysokiego ciśnienia – praca inż.*

Minimalne wymagania wobec studenta: *umiejętność programowania w języku Python, znajomość podstaw systemów unixowych, znajomość języka angielskiego wymagana do czytania i analizy artykułów naukowych, podstawowa wiedza o metodach numerycznych*

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: *nie dotyczy*

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: Szklą metaliczne są interesującymi materiałami o unikalnych właściwościach mechanicznych, elektrycznych i chemicznych. Ze względu na nieuporządkowaną strukturę atomową i skomplikowaną strukturę elektronową stanowią wyzwanie eksperymentalne i obliczeniowe. Badamy te materiały unikalnymi technikami pomiarowymi wykorzystując promieniowanie synchrotronowe i lasery na swobodnych elektronach. Sesje pomiarowe zapewniają nam dziesiątki TB danych, których analiza i zrozumienie nie są możliwe bez podejścia teoretycznego i symulacyjnego. Tą stroną badań chciałbym Cię zainteresować – wchodzimy na zupełnie nowe pole badań czyli poszukiwania zastosowań szkieł metalicznych w magazynowaniu wodoru. Naszym celem jest znalezienie takich materiałów, które pozwolą obniżyć koszty produkcji magazynów wodoru i przyczynią się do rozwoju technologii wodorowych.



Rysunek 1 Nasz zespół badawczy w czasie pomiarów w synchrotronie Diamond Light Source, UK. Na zdjęciu są przedstawiciele PW, IF PAN, Uniwersytetu Bristolskiego i Uniwersytetu Cranfield. Jestem na zdjęciu drugi od lewej.

Proponujemy udział w pilotażowych badaniach prowadzonych metodami obliczeniowymi. Twoim zadaniem będzie wykonywanie symulacji i analiza danych, w szczególności przeprowadzania symulacji kwantowej dynamiki molekularnej wspomaganą uczeniem maszynowym (Machine Learning). Nauczymy Cię podstaw Teorii Funkcyjonału Gęstości, pokażemy jak przeprowadzać obliczenia na dużych klastrach obliczeniowych i przede wszystkim, jak poprawnie analizować dane i wyciągać z nich wnioski.

Sztuczna inteligencja a fizyka materiałów

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: Marcin Kryński

Kontakt: marcin.krynski@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, modelowanie komputerowe, ab initio

Charakter pracy: symulacje numeryczne oraz opracowanie danych

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

1. Jak lokalna struktura atomowa materiałów wpływa na ich właściwości?
2. Czemu niektóre konfiguracje atomów są bardziej stabilne od innych?
3. W jaki sposób przyspieszyć kosztowne obliczenia kwantowo-mechaniczne za pomocą metod sztucznej inteligencji?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

1. Badania ab initio warstw tlenku krzemu stosowanych w urządzeniach RRAM w inżynierii neuromorficznej
2. Interpolacja danych z detektorów ENA satelity IBEX metodą regresji procesu gaussowskiego
3. Komputerowe modelowanie struktury elektronowej granicy fazy krystalicznej i amorficznej w tlenku cerowo-prazeodymowym
4. Badanie ruchliwości jonów tlenu na granicy fazy krystalicznej i amorficznej tlenku cerowo-prazeodymowego przy wykorzystaniu modelowania komputerowego

Minimalne wymagania wobec studenta: np. umiejętność programowania (preferowalnie Python), podstawy analizy danych, podstawy fizyki i matematyki

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: orcid.org/0000-0003-1593-0369

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

Zajmujemy się jako grupa badaniem, jak poruszają się jony w ciałach stałych – w materiałach, które mogą stać się podstawą nowych generacji baterii, czujników czy ogniw paliwowych. Choć na pierwszy rzut oka kryształy wydają się sztywne i nieruchome, w rzeczywistości ich wnętrza tętni ruchem. Atomy drgają, a jony potrafią przeskakiwać z miejsca na miejsce, tworząc złożone ścieżki przewodnictwa. To właśnie ten „taniec jonów” próbujemy zrozumieć i opisać.

Wykorzystujemy do tego symulacje komputerowe oparte na mechanice kwantowej (DFT), które pozwalają nam spojrzeć na materiały z perspektywy pojedynczych atomów i elektronów. Dzięki takim obliczeniom możemy śledzić, jak defekty sieci krystalicznej, domieszki czy granice ziaren wpływają na przewodnictwo jonowe. Aby badać zjawiska zachodzące w większej skali i przez dłuższy czas, korzystamy również z metod uczenia maszynowego, które uczą się „fizyki” na podstawie wyników obliczeń kwantowych i potrafią z dużą dokładnością odtwarzać energię układu atomowego. W naszej pracy łączymy fizykę, chemię i informatykę, tworząc modele, które opisują ruch atomów w materiałach często zbyt złożonych, by można je było w pełni zbadać standardowymi metodami. Nie poprzestajemy jednak na samych badaniach teoretycznych. W każdym projekcie staramy się ściśle współpracować z zespołami eksperymentalnymi.

Ostateczny cel? Zaprojektować materiały, które przewodzą jony tak dobrze, że zrewolucjonizują energetykę przyszłości. Twoja rola będzie zależeć od twoich preferencji. Możesz skupić się na modelowaniu kwantowo-mechanicznym elektrolitów stałych, na analizie wcześniej wygenerowanych danych, na tworzeniu modeli fizycznych przewodnictwa czy na aplikacji sztucznej inteligencji do rozwiązywania wcześniej nie osiągalnych problemów. Pytania i wyzwania nam się nie kończą!

Jak drgają atomy w materiałach 2D? Symulacje fononów i wpływ temperatury

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr inż. Konrad Wilczyński

Kontakt: konrad.wilczynski@pw.edu.pl lub kontakt poprzez MS Teams

Słowa kluczowe: materiały 2D, symulacje kwantowo-mechaniczne, ruch drgający, wpływ temperatury, AI

Charakter pracy: praca teoretyczna, symulacje numeryczne, programowanie, opracowanie danych

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak właściwości fizyczne materiałów 2D (i ich „kanapek”), takie jak rozszerzalność termiczna i przewodnictwo cieplne, zależą od drgań sieci krystalicznej?
- Czy drgania atomów można „podrasować” pod kątem pożądanych właściwości fizycznych – np. poprzez naprężenia, zdefektowanie, ładunki elektryczne albo manipulację geometrią struktury?
- Jak szybko i wydajnie symulować wszystkie właściwości drgań sieci krystalicznej w bardziej skomplikowanych materiałach 2D, wspomagając się fizyką kwantową i narzędziami AI?

Minimalne wymagania wobec studenta: chęć do pracy z systemem *Linux* i serwerem obliczeniowym, podstawowe programowanie (np. *Python*), umiejętność czytania artykułów naukowych w jęz. angielskim

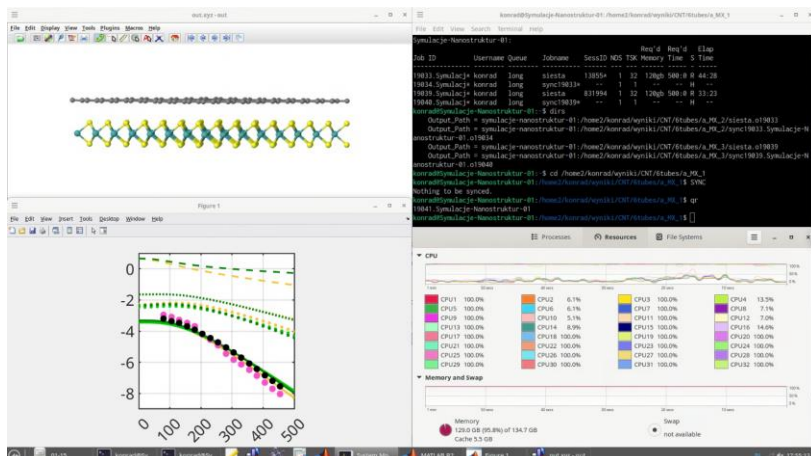
Strona internetowa zespołu (Zespół Badań Nanostruktur): <https://nano.fizyka.pw.edu.pl>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

Od przyznania Nagrody Nobla za przełomowe badania nad grafenem (pojedynczą warstwą atomów węgla w graficie) inne materiały 2D przyciągnęły uwagę badaczy i inwestorów. Można je tak dobrać, a nawet sztucznie ulepszyć, aby zapewnić im najlepsze właściwości fizyczne do najważniejszych zastosowań, jak elastyczna elektronika, superszybkie komputery, czy sterowanie przepływem ciepła. Dlatego potrzebujemy materiałów z najlepszym... wszystkim: najlepszą przewodnością elektryczną, najlepszą stałą dielektryczną, najlepszym przewodnictwem cieplnym, najlepszym kolorem (ściślej: najlepszą przerwą energetyczną), a także najlepszą... ceną. Materiały 2D są szczególnie ciekawe, gdyż manipulacja grubością (a tutaj mamy grubość 1-3 atomów) może drastycznie zmienić właściwości fizyczne całej struktury!

Odpowiedzi na te i inne pytania mogą dostarczyć teoretyczne symulacje wykonywane na podstawie podstawowych praw fizyki – a konkretnie na podstawie kwantowo-mechanicznego równania Schrödingera. W poważnej pracy naukowej najczęściej korzysta się ze zgrabnych przybliżeń – takich jak „DFT”, w którym skupiamy na obliczeniu rozkładu gęstości chmury elektronowej w całej strukturze. Wystarcza to do dokładnego wyznaczenia oddziaływań między atomami, ich ruchu oraz drgań – dla dowolnej struktury, o dowolnym składzie atomowym, w dowolnej temperaturze, o dowolnym... wszystkim.

W swojej pracy najczęściej korzystam z gotowych programów pozwalających zrealizować takie symulacje „DFT”, a także badać drgania atomów w strukturach 2D („żyjących” wyłącznie w świecie wirtualnym). Moim celem jest wykonanie takich badań teoretycznych dla wszystkich ciekawych struktur 2D, co pozwoli zaoszczędzić czas i pieniądze przyszłym badaczom eksperymentalnym i inżynierom, a także pomoże im zrozumieć dlaczego uzyskane wyniki pomiarów są takie a nie inne. Dlatego gorąco zachęcam do współpracy, aby „wychodować” wirtualne struktury 2D (które będą naśladować te „rzeczywiste”) i poznać ich właściwości fizyczne, zwłaszcza te zależne od drgań sieci atomowej oraz temperatury.



Rys. 1: Przykładowy interfejs użytkownika w trakcie obliczeń kwantowo-mechanicznych DFT dla materiałów 2D (tu: cienki MoS₂ z „kotłerką” z grafenu).

Modelowanie komputerowe właściwości nowoczesnych materiałów

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr hab. inż. Krzysztof Zborecki

Kontakt: krzysztof.zborecki@pw.edu.pl, możliwość wymiany informacji przez MS Teams

Słowa kluczowe: : materiały topologiczne, ciśnienie, fonony, struktura elektronowa, modelowanie kwantowe

Charakter pracy: : obliczeniowa 70% / analiza danych 30%

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak zmienia się struktura elektronowa (pasmowa) i fononowa (dynamika sieci krystalicznej) związków typu ZrAs_2 pod wpływem zewnętrznego ciśnienia ?
- Czy obserwuje się tzw. topologiczne przejścia fazowe (ETT) ?
- Jakie informacje o ww. materiałach można uzyskać analizując dane spektroskopowe ?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Modelowanie właściwości nanomateriałów jednowymiarowych o strukturze siarczku molibdenu metodami ab-initio
- Przygotowanie oprogramowania dla projektu poszukiwania nowych materiałów metodami globalnej optymalizacji
- Badanie wpływu interkalacji na właściwości elektronowe i magnetyczne wielowarstw dichalkogenków metali przejściowych

Minimalne wymagania wobec studenta:

- Znajomość języka angielskiego na poziomie pozwalającym na czytanie literatury naukowej
- Chęć do nauki metod obliczeniowych oraz pracy z programami obliczeniowymi (np. Quantum Espresso)
- Zainteresowanie fizyką ciała stałego i komputerowym modelowaniem właściwości materiałów

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy

Zajmuję się modelowaniem właściwości kwantowych materiałów, w szczególności tzw. materiałów topologicznych. Materiały topologiczne to specjalna klasa ciał stałych, w których własności elektronów wynikają nie tylko z symetrii kryształu, ale także z tzw. topologii pasm elektronowych. Oznacza to, że ich struktura energetyczna posiada cechy odporne na lokalne zaburzenia (np. domieszki, defekty). Najbardziej znanym przykładem są izolatory topologiczne – w ich wnętrzu elektrony nie przewodzą (jak w zwykłym izolatorze), ale na powierzchni powstają przewodzące stany chronione przez symetrię i topologię. Podobne zjawiska występują w półmetalach topologicznych, np. Diracowskich czy Weylowskich, gdzie nośniki zachowują się jak relatywistyczne cząstki. Dzięki tym właściwościom mogą znaleźć zastosowanie np. w elektronice przyszłości czy komputerach kwantowych.

Interesuje mnie, jak te materiały zmieniają się pod wpływem ciśnienia – czy mogą wtedy pojawić się nowe fazy, np. nadprzewodnictwo albo przejścia topologiczne. W ramach mojej pracy naukowej badam materiały typu ZrX_2 (gdzie $X = \text{P, As, Se, Sb}$) i próbuję przewidzieć ich właściwości za pomocą dokładnych obliczeń kwantowych (tzw. „metody ab initio” – z zasad pierwszych).

Jeśli interesuje Cię fizyka materiałowa, mechanika kwantowa oraz metody doświadczalne fizyki ciała stałego – zapraszam! W pracy nauczysz się, jak przeprowadzać obliczenia kwantowe, analizować strukturę elektronową i fononową oraz interpretować te dane w kontekście metod eksperymentalnych takich jak spektroskopia Ramana.

Modelowanie kwantowej dynamiki układów nadciekłych i nadprzewodzących

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr hab. inż. Gabriel Wlazłowski, prof. uczelni

Kontakt: MSTeams lub e-mail: gabriel.wlazlowski@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: fizyka kwantowa, nadciekłość, nadprzewodnictwo, symulacje komputerowe, superkomputery

Charakter pracy: Udział w projektach badawczych z zakresu fizyki kwantowej. Możliwość pracy nad: rozwojem i testowaniem oprogramowania naukowego (C/C++ lub Python); prowadzeniem symulacji numerycznych nadciekłych i nadprzewodzących układów kwantowych; analizą wyników i porównaniem z danymi eksperymentalnymi.

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak zachowują się wiry kwantowe i przepływy w cieczach nadciekłych? W jaki sposób powstaje turbulencja kwantowa?
- Jak można symulować dynamikę nadprzewodników i nadcieczy przy pomocy równań mechaniki kwantowej?
- Jak wykorzystać superkomputery i obliczenia równoległe w badaniach nad materią kwantową?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Badanie stabilności wirów kwantowych w spinowo-spolaryzowanych gazach Fermiego.
- Zastosowanie metody Pulaya do wyznaczania samozgodnych rozwiązań równań Bogoliubova - de Gennesa.
- Spektrum energii dla stanu turbulencji kwantowej w ultrazimnym gazie atomowym.

Minimalne wymagania wobec studenta: znajomość języka angielskiego pozwalająca na czytanie artykułów naukowych; podstawowy programowania (C lub python); chęć do poszerzania wiedzy z obszaru fizyki kwantowej

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: <https://wlazlowski.fizyka.pw.edu.pl/>,
<https://wslida.fizyka.pw.edu.pl/>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: W mojej grupie badawczej rozwijamy *otwarto-źródłowe oprogramowanie naukowe* służące do rozwiązywania równań mechaniki kwantowej dla układów nadciekłych i nadprzewodzących.

Tworzymy dwa główne pakiety: do symulacji ultrazimnych gazów atomowych ([W-SLDA Toolkit](#)); do badań nad materią jądrową i gwiazdami neutronowymi ([W-BSk Toolkit](#)). Nasze narzędzia są zaprojektowane tak, aby wykorzystywać możliwości największych superkomputerów w Europie. Dzięki nim można badać złożone zjawiska kwantowe, nawet te niedostępne eksperymentalnie: od przepływów w gazach atomowych po dynamikę materii w gwiazdach neutronowych.

Uczestnik programu ION może: **dołączyć do zespołu tworzącego kod** (np. wprowadzać nowe moduły, testować rozwiązania), **lub brać udział w badaniach naukowych**, analizując konkretne zjawiska kwantowe. To świetna okazja, by nauczyć się praktycznej fizyki kwantowej, poznać nowoczesne narzędzia HPC i zdobyć doświadczenie w prawdziwych badaniach naukowych.

Nadciekłość w układach kwantowych

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: Piotr Magierski

Kontakt: możliwość wymiany informacji przez MS Teams: piotr.magierski@pw.edu.pl

Słowa kluczowe:

Nadprzewodnictwo, nadciekłość, wiry kwantowe, układy jądrowe, kwantowe gazy atomowe.

Charakter pracy: symulacje numeryczne, praca teoretyczna

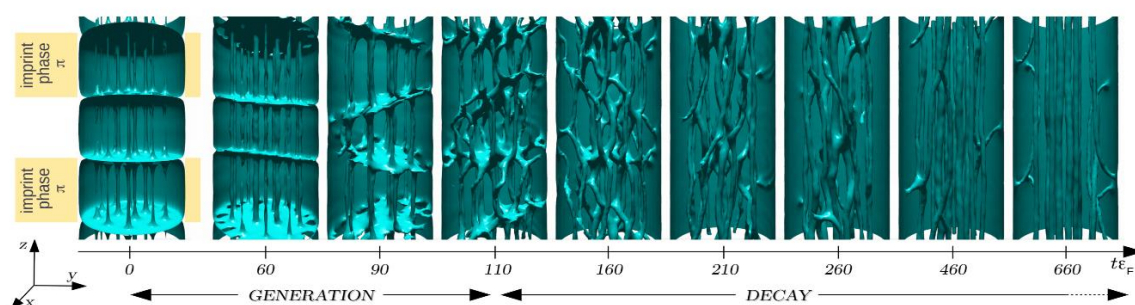
Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Wyznaczenie barier energetycznych dla fuzji wybranych jąder atomowych
- Struktura nadciekłego gazu atomowego z polaryzacją spinową
- Badanie fazy ciekłego kryształu LOFF w ultrazimnych gazach

Minimalne wymagania wobec studenta: np. umiejętność programowania w C++, znajomość języka angielskiego wymagana do czytania i analizy artykułów naukowych

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: www.magierski.fizyka.pw.edu.pl

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: Prace badawcze dotyczą zjawisk kwantowych w silnie oddziałujących układach materii, takich jak ultrazimne gazy Fermiego oraz zderzenia ciężkich jąder atomowych przy niskich energiach. W obu przypadkach kluczową rolę odgrywa powstawanie i dynamika **par Coopera**, prowadzących do powstania stanów **nadciekłych** i **nadprzewodzących**. Celem badań jest zrozumienie, w jaki sposób te pary wpływają na ruch **wirów kwantowych**, rozwój **turbulencji kwantowej** (patrz obrazek przedstawiający kreację i zanikanie turbulencji), a także na przebieg reakcji jądrowych, w tym **procesy syntezy jąder superciężkich**. W ultrazimnych gazach Fermiego badamy wpływ **nierównowagi spinowej** na zachowanie wirów oraz mechanizmy powstawania i zanikania turbulencji. Interesuje nas szczególnie oddziaływanie niesparowanych cząstek z rdzeniami wirów, które prowadzi do złożonej dynamiki przepływu i rozpraszania energii. Z kolei w zderzeniach jąder analizujemy, jak dynamika par Coopera modyfikuje **energie kinetyczne i wzbudzeń fragmentów**, wpływa na **przekroje czynne na fuzję** oraz ujawnia nowe formy **nadprzewodnictwa jądrowego**. Do opisu tych zjawisk stosowana jest głównie mikroskopowa teoria funkcjonału gęstości energii (DFT) dla



układów nadciekłych, umożliwiającą realistyczne odwzorowanie dynamiki cząstek. Wyniki prac badawczych pozwolą lepiej zrozumieć naturę przepływów i reakcji w materii kwantowej — od ultrazimnych gazów w laboratoriach po wnętrza **gwiazd neutronowych**.

Fizyka Zderzeń Ciężkich Jonów – oddziaływania barion-antybarion

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: prof. dr hab. inż. Adam Kisiel

Kontakt: MS Teams lub Adam.Kisiel@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: zderzenia ciężkich jonów, Wielki Zderzacz Hadronów CERN, antymateria

Charakter pracy: doświadczalna (obsługa wielkiego eksperymentu fizycznego) 10%, opracowanie danych (50%), symulacje numeryczne (40%)

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak oddziałują ze sobą bariony i antybariony, szczególnie te zawierające kwarki dziwne?
- Czy bariony i antybariony mogą tworzyć układy związane?
- Jak znajomość tych oddziaływań może poszerzyć naszą wiedzę na temat pochodzenia materii w kosmosie (dlaczego nie ma w nim antymaterii?) oraz zachowania materii we wnętrzach gwiazd neutronowych?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Pomiar funkcji korelacyjnych dla par lambda-antylambda w eksperymencie ALICE w CERN
- Pomiar funkcji korelacyjnych dla par proton-Omega w eksperymencie ALICE w CERN

Minimalne wymagania wobec studenta: umiejętność programowania w C++, wskazany również Python, podstawy analizy danych, znajomość języka angielskiego pozwalająca na pracę w międzynarodowym zespole badawczym

Strona internetowa eksperymentu: <https://alice-collaboration.web.cern.ch>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: Nasz zespół z Zakładu Fizyki Jądrowej od ponad 20 lat uczestniczy w realizacji jednego z największych przedsięwzięć naukowych na świecie – kompleksu badawczego Wielkiego Zderzacza Hadronów w CERN. PW jest członkiem eksperymentu ALICE który koncentruje się na badaniu zderzeń ciężkich jonów – np. ołowiu przy największych osiągniętych dotychczas przez człowieka energiach – do 5.36 TeV na nukleon. System powstały w takich zderzeniach jest niezwykle gęsty i gorący. W tych warunkach powstaje nowy stan materii: plazma kwarkowo-gluonowa, która istniała ok. 1 mikrosekundy po Wielkim Wybuchu. Układ ten szybko się ochładza i rozszerza, a ze skoncentrowanej w nim energii tworzą się cząstki i antycząstki, w tym bariony wszelkich rodzajów.

Osobiście od lat zajmuję się tematyką korelacji dwucząstkowych, tzw. femtoskopii. Tradycyjnie była ona używana do określania rozmiaru powstałego w zderzeniach systemu – a jest on rzędu femtometrów (10^{-15} m). Od niedawna jest ona jednak używana także do badania oddziaływań między cząsteczkami. Jest to szczególnie ciekawe dla par składających się z barionów i antybarionów, z których przynajmniej jeden ma liczbę kwantową dziwności różną od zera. Znajomość takich oddziaływań to fundamentalny problem fizyczny, który jest trudny lub niemożliwy do zbadania w jakimkolwiek innym eksperymencie.

Praca w naszym zespole to możliwość bezpośredniego udziału w jednym z największych międzynarodowych eksperymentów na świecie – eksperymencie ALICE w CERN.



Cząstki krótkożyciowe w eksperymencie NA61/SHINE

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr inż. Angelika Tefelska

Kontakt: MStTeams lub angelika.tefelska@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: *cząstki krótkożyciowe, rezonanse, V^0 , fizyka zderzeń ciężkich jonów, CERN,*

Charakter pracy: *opracowanie danych (70%), symulacje numeryczne (30%).*

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- *Jaka jest ewolucja czasowo-przestrzenna materii tworzącej się w zderzeniach ciężkich jonów?*
- *Czy w zderzeniach jądrowych o wysokiej energii dochodzi do łamania symetrii izospinowej – jednej z fundamentalnych symetrii oddziaływań silnych?*
- *Jakie nowoczesne metody analizy danych można zastosować, aby odkryć subtelne efekty w zderzeniach cząstek?*

Tematy ukończonych prac dyplomowych:

- „Badanie produkcji mezonu K^0_S w zderzeniach $Ar+Sc$ w eksperymencie NA61/SHINE”
- „Automatyzacja procesu produkcji danych symulowanych w eksperymencie NA61/SHINE”
- „Badanie produkcji mezonów $\rho(770)^0$ w eksperymencie NA61/SHINE”
- Badanie produkcji mezonu K^0_S w zderzeniach $Ar+Sc$ przy pędzie wiązki 150A GeV/c w eksperymencie NA61/SHINE

Minimalne wymagania wobec studenta: znajomość języka angielskiego pozwalającego na czytanie artykułów naukowych i prezentowania wyników podczas spotkań on-line, znajomość języka C++, podstawowa znajomość CERN ROOT. Nie musisz być ekspertem od początku – wystarczy otwartość na naukę i chęć zmierzenia się z danymi z prawdziwych eksperymentów!

Strona eksperymentu: <https://shine.web.cern.ch/>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

Zajmuję się badaniem **cząstek krótkożyciowych**, czyli takich, które istnieją niezwykle krótko, a mimo to potrafią powiedzieć nam bardzo dużo o fundamentalnych procesach w fizyce jądrowej.

- **Rezonanse** – to cząstki powstające w zderzeniach, które rozpadają się ekstremalnie szybko, w czasie rzędu 10^{-23} s. Ze względu na ten błyskawiczny rozpad nie możemy ich zarejestrować bezpośrednio w detektorach – poznajemy je analizując ich produkty rozpadu.
- **Cząstki typu V^0** – rozpadają się znacznie wolniej, w czasie 10^{-8} – 10^{-10} s, a ich ślady w detektorze układają się charakterystycznie w kształt litery „V”, co pozwala je rozpoznać.

Dlaczego to fascynujące?

Produkcja rezonansów daje nam **unikalne narzędzie do badania ewolucji materii powstałej w zderzeniach ciężkich jonów**. Na przykład: stosunek liczby cząstek $K^*(892)^0$ do liczby zwykłych kaonów pozwala oszacować, ile czasu mija pomiędzy tzw. **wymrożeniem chemicznym** (koniec reakcji nieelastycznych) a **wymrożeniem kinetycznym** (koniec zderzeń sprężystych). To klucz do zrozumienia, jak przebiega ostatnia faza życia plazmy kwarkowo-gluonowej. [EPJ C80 (2020) 5, 460]

Drugim obszarem moich badań są cząstki V^0 a tym badanie zachowania **symetrii izospinowej** – zasada, zgodnie z którą oddziaływania silne traktują podobnie kwarki górne (u) i dolne (d). Gdyby symetria ta była doskonała, produkcja kaonów naładowanych (K^+ i K^-) i neutralnych (K^0 i anty- K^0) powinna być taka sama. Jednak najnowsze wyniki eksperymentu **NA61/SHINE** pokazują coś innego – znacznie więcej kaonów naładowanych jest produkowanych niż neutralnych. To może oznaczać, że ta fundamentalna symetria jest w pewnych warunkach łamana! [Nature Commun. 16 (2025) 1, 2849].

Fundamental symmetries and matter and antimatter imbalance

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr hab Georgy Kornakov, Prof. PW

Kontakt: *Georgy.Kornakov@pw.edu.pl, oraz MS Teams*

Słowa kluczowe: antymateria, egzotyczne atomy, eksperymenty kwantowe, fundamentalne symetrie, nowe technologie detekcji i pomiaru

Charakter pracy: *doświadczalna (pomiarowa), laboratoryjna, opracowanie danych, symulacje numeryczne*

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Fundamentalne właściwości antymaterii i różnice w porównaniu z materią
- Spektroskopia i właściwości stanów związanych materia–antymateria
- Badania typu „blue sky” nad czujnikami kwantowymi do eksperymentów fizycznych
- Ultra precyzyjna fizyka jądrowa i rozwój femtotechnologii

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Analiza oddziaływań antyprotonów z gazem o małej gęstości w eksperymencie AEgIS w CERN
- Charakterystyka oddziaływania promieniowania gamma ze scyntylatorami BGO
- Fotooderwanie w układach anionowych w Borealis w CERN
- Porównanie klasycznych i kwantowych sieci neuronowych w rozwiązywaniu problemów mechaniki kwantowej
- Oprogramowanie systemu kontroli źródła jonów dla eksperymentu AEgIS w CERN

Minimalne wymagania: Podstawowa znajomość Pythona jest mile widziana, dobra znajomość języka angielskiego jest niezbędna do współpracy międzynarodowej.

Strony: <https://aeqis.web.cern.ch/> <https://drd5.web.cern.ch/>

Opis: U zarania naszego wszechświata, według naszych najlepszych teorii, materia i antymateria zostały stworzone w równych ilościach. Coś jednak wydarzyło się później, co sprawiło, że prawie cała antymateria zniknęła — do tego stopnia, że obecnie jest uznawana za najdroższą substancję znaną człowiekowi. Nasza grupa jest częścią międzynarodowej współpracy z siedzibą w CERN, która bada właściwości antymaterii i opracowuje nowe metody jej manipulacji.

Eksperyment ten znajduje się na styku fizyki jądrowej, atomowej, cząstek, fotoniki i nauki o materiałach. W związku z tym w badaniach wykorzystywane są techniki i metody wszystkich tych dziedzin. Nasz zespół jest obecnie odpowiedzialny za koordynację techniczną eksperymentu (wszystkie kwestie dotyczące instrumentacji i codziennej pracy), za utrzymanie autonomicznego systemu sterowania opartego na otwartym sprzęcie i oprogramowaniu (Sinara/ARTIQ) oraz za koordynację prac związanych z programem atomów antyprotonowych w ramach eksperymentu.

Oprócz działalności bezpośrednio związanej z badaniem antymaterii, interesujemy się również technologiami detekcji — zarówno poszukiwaniem nowych zastosowań dla istniejących technologii wykraczających poza fizykę cząstek (takich jak monitorowanie i pomiar promieniowania kosmicznego), jak i pracami badawczo-rozwojowymi nad nowymi koncepcjami, które mogą być wykorzystywane w nadchodzących dekadach: czujnikami kwantowymi.

Możesz wziąć udział w prowadzonych przez nas badaniach na światowym poziomie — od planowania, projektowania, implementacji, budowy, symulacji, poprzez obsługę i analizę danych z eksperymentów, które realizujemy. Większość pracy odbywa się we współpracy z zagranicznymi instytucjami, takimi jak CERN (Genewa), DESY (Berlin), INFN (Trydent, Mediolan), CSIC (Barcelona, Madryt), LIP (Coimbra), Uniwersytet Oksfordzki, Uniwersytet w Siegen i inne.

Badanie diagramu silnie oddziałującej materii jądrowej metodami femtoskopii korelacyjnej

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: prof. dr hab. inż. Hanna Zbroszczyk

Kontakt: MS Teams lub hanna.zbroszczyk@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: zderzenia ciężkich jonów, oddziaływania silne, chromodynamika kwantowa, femtoskopia, antymateria, RHIC (BNL), FAIR/GSI.

Charakter pracy: doświadczalna (pomiarowa), opracowanie danych, symulacje numeryczne.

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jaki jest charakter oddziaływań silnych między hadronami?
- Jakie jest równanie stanu opisujące wnętrze gwiazdy neutronowej?
- Symetrie w oddziaływaniach materii i antymaterii

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Analiza korelacji femtoskopowych par identycznych mezonów π w eksperymencie HADES.
- Analiza możliwości wykonania pomiarów korelacji femtoskopowych mezonów π przy pędach wiązki $P = 4,4$ i 12 GeV.
- Femtoskopowe korelacje par p - K w eksperymencie STAR na akceleratorze RHIC
- Adaptacja modelu hydrodynamicznego iHKM do programu Beam Energy Scan w eksperymencie STAR
- Wykorzystanie metod uczenia maszynowego do identyfikacji cząstek w eksperymencie CBM

Minimalne wymagania wobec studenta: umiejętność programowania w C++, podstawy analizy danych, znajomość języka angielskiego wymagana do czytania i analizy artykułów naukowych oraz komunikacji w międzynarodowym środowisku

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium:

<https://www.star.bnl.gov/>

<https://www.cbm.gsi.de/>

<https://hades.gsi.de/>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: W naszych laboratoriach w **BNL** i **FAIR/GSI** odtwarzamy warunki panujące tuż po Wielkim Wybuchu albo we wnętrzu gwiazd neutronowych. Służą do tego eksperymenty zderzeń ciężkich jonów, prowadzone przy energiach od kilku do kilkuset GeV na parę nukleon-nukleon. Jednym z narzędzi, które pozwalają nam „zajrzeć” do wnętrza takiego zderzenia, są **femtoskopowe korelacje**. Dzięki nim badamy obszary wielkości rzędu **femtometra** ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$) i uzyskujemy informacje o czaso-przestrzennej ewolucji gęstej materii tworzącej się w trakcie zderzenia. Odpowiednio dobierając energię zderzeń, możemy w warunkach laboratoryjnych badać zarówno materię przypominającą tę z pierwszych chwil Wszechświata (zawierającą także antymaterię), jak i tę istniejącą we wnętrzu gwiazd neutronowych. Tak szerokie spektrum badań jest możliwe dzięki ogromnym projektom międzynarodowym, takim jak **STAR** w Brookhaven National Laboratory (USA) oraz **HADES/CBM** w FAIR/GSI (Niemcy). Studenci i młodzi naukowcy mogą włączyć się w te badania, poprzez udział w eksperymentach, analizę danych oraz wspólne dyskusje w ramach cyklicznych spotkań międzynarodowych kolaboracji. Grupa z Politechniki Warszawskiej aktywnie uczestniczy w tych projektach, zarówno zdalnie, jak i na miejscu.

Podróż do początków Wszechświata – od zderzeń cząstek do sztucznej inteligencji w eksperymencie ALICE@LHC

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: Łukasz Graczykowski

Kontakt: lukasz.graczykowski@pw.edu.pl lub MS Teams

Słowa kluczowe: CERN, LHC, ALICE, AI, korelacje cząstek

Charakter pracy: analiza danych ALICE, symulacje, wykorzystanie AI w symulacjach i analizie danych

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Dlaczego bariony (np. protony, podstawowe składniki materii) są produkowane zupełnie inaczej niż przewidują to modele teoretyczne?
- Jakie są parametry oddziaływań między nimi (czy istnieją stany związane barion-antybarion - heksakwarki?)
- Jak sztuczna inteligencja może nam pomóc jeszcze wydajniej badać początki Wszechświata?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Analysis of angular correlations of protons with ϕ mesons in proton-proton collisions in the ALICE experiment
- An interface for automated production and testing of neural networks for particle identification in the ALICE experiment at CERN
- Investigating the mechanism of hadron production by measuring angular correlations of mesons with hidden strangeness in the ALICE experiment
- Integracja metod klasyfikacji cząstek za pomocą modeli sztucznej inteligencji w systemie O² eksperymentu ALICE

Minimalne wymagania wobec studenta: bardzo dobra znajomość C++, bash, Linux, podstawy analizy danych, dobra znajomość języka angielskiego (wymagana do kumunikacji w CERN i we współpracy ALICE oraz w naszej grupie), umiejętność pracy w grupie

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: <https://alice-collaboration.web.cern.ch/>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

Zajmuję się analizą danych z eksperymentu **ALICE (A Large Ion Collider Experiment)** prowadzonego na **Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC)** w **CERN (Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych)**. ALICE to międzynarodowy projekt skupiający setki naukowców z całego świata, którego celem jest badanie plazmy kwarkowo-gluonowej – stanu materii, który istniał tuż po Wielkim Wybuchu. W ramach ALICE jestem kierownikiem (Team Leader) zespołu z PW w eksperymencie.

W moich badaniach koncentruję się na analizie korelacji cząstek – zarówno tzw. femtoskopii, pozwalającej badać rozmiary i czas życia układów cząstek, jak i korelacjach kątowych, które pomagają zrozumieć, jak powstają i oddziałują ze sobą cząstki w ekstremalnych warunkach.

Dodatkowo, wraz z naukowcami z wydziałów MiNI oraz EiTI, zajmuję się metod AI w analizie danych eksperymentu ALICE – m.in. do identyfikacji cząstek. Dzięki nowoczesnym algorytmom uczenia maszynowego możemy szybciej i dokładniej odkrywać subtelne wzorce ukryte w danych.

Jeśli interesuje Cię fizyka, analiza danych, programowanie lub zastosowania AI w nauce – zapraszam do współpracy! Wspólnie możemy pracować nad rzeczywistymi danymi z CERN, tworzyć nowe narzędzia badawcze i uczestniczyć w międzynarodowych projektach naukowych.

Dołącz do nas i odkrywaj, jak działa Wszechświat w jego najmniejszych skalach!



Praca eksperymentalna w eksperymencie NA61/SHINE w CERN

(podaj tytuł lub ogólny obszar badawczy proponowanej współpracy w ramach programu studia z ION)

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr inż. Maja Maćkowiak-Pawłowska

Kontakt: MStTeams i maja.pawlowska@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: analizie dużych zbiorów danych eksperymentalnych, fizyka cząstek, fizyka zderzeń ciężkich jonów, badania podstawowe, NA61/SHINE, CERN

Charakter pracy: doświadczalna, opracowanie danych, symulacje numeryczne, metodyka analiz danych - zależy od indywidualnych preferencji

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Produkcja cząstek oraz fluktuacje w ich produkcji w zderzeniach proton-proton oraz jądro-jądro przy energiach relatywistycznych
- Symulacje Monte-Carlo dużych zbiorów danych
- Dekonwolucja rozkładów i wykorzystanie w niej technik AI w badaniach podstawowych

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Analysis of the rapidity dependence of identified hadron fluctuations in p+p interactions at 158 GeV/c beam momentum collected by the NA61/SHINE experiment
- Analysis of the energy dependence of identified hadron fluctuations in p+p interactions collected by the NA61/SHINE experiment
- Identyfikacja cząstek w reakcjach p+p przy pędzie wiązki 158 GeV/c
- Zbadanie zależności fluktuacji krotności i netto-ładunku od akceptacji w pospieszności w zderzeniach p+p przy pędzie wiązki 158 GeV/c

Minimalne wymagania wobec studenta: umiejętność programowania lub chęć szybkiego opanowania C++, podstawy analizy danych, znajomość języka angielskiego wymagana do czytania i analizy artykułów naukowych oraz spotkań z w ramach międzynarodowej kolaboracji, gotowość do uczestniczenia w spotkaniach kolaboracji NA61/SHINE, ciekawość i otwartość na pracę w dużym międzynarodowym zespole,

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium: <https://shine.web.cern.ch/>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

Moje zainteresowania badawcze skupiają się na fizyce wysokich energii, w szczególności na zderzeniach ciężkich jonów przy energiach relatywistycznych, gdzie badam fluktuacje i korelacje obserwowalnych wielkości jako czułe sondy przejść fazowych w chromodynamice kwantowej (QCD) oraz szukam możliwego punktu krytycznego silnie oddziałującej materii. Od lat aktywnie współpracuję w międzynarodowym eksperymencie NA61/SHINE na akceleratorze SPS w Europejskim Ośrodku Badań Jądrowych (CERN), wnosząc wkład w analizy skanu w energii i rozmiarze systemu (od p+p po zderzenia ołów+ołów), a także rozwijając metody badania wyższych momentów rozkładów (kumulantów) krotności i netto-ładunku oraz fluktuacji pędu poprzecznego, które mogą dostarczyć unikalnych sygnałów krytyczności. Zajmuję się również opracowaniem narzędzi metodologicznych – korekty na centralność, redukcję biasów detektorowych, uwzględnianie ograniczonej akceptancji – jak i porównania z modelami teoretycznymi. W ramach eksperymentu działam również w opracowaniu symulacji dużych układów detekcyjnych oraz rozwoju analizy zebranych zbiorów danych. Obszary, gdzie zapraszam Państwa do współpracy to analizy danych eksperymentalnych pod kątem wrażliwych obserwacji, walidacja predykcji modeli teoretycznych na podstawie wyników eksperymentalnych, a także rozwój metod statystycznych i narzędzi analitycznych do badania własności silnie oddziałującej materii w ramach współpracy w dużej kolaboracji eksperymentalnej, NA61/SHINE działającej w CERN. Wybór konkretnej tematyki zależy od preferencji kandydata.

Analiza danych eksperymentalnych zderzeń rejestrowanych przez eksperyment ALICE na Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN

Imię i nazwisko opiekuna naukowego: dr hab. inż. Małgorzata Janik

Kontakt: malgorzata.janik@pw.edu.pl, możliwy kontakt przez MS Teams

Słowa kluczowe: fizyka cząstek, ALICE, CERN, zderzenia ciężkich jonów

Charakter pracy: opracowanie danych (eksperymentalnych i/lub symulowanych)

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak wyglądał Wszechświat po Wielkim Wybuchu (jakie są własności plazmy kwarkowo-gluonowej)?
- W jaki sposób produkowane są bariony i dlaczego nie potrafimy odtworzyć tego w symulacjach teoretycznych?
- Pomiar oddziaływania silnego pomiędzy egzotycznymi cząstkami (zawierającymi kwarki dziwne i powabne).

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

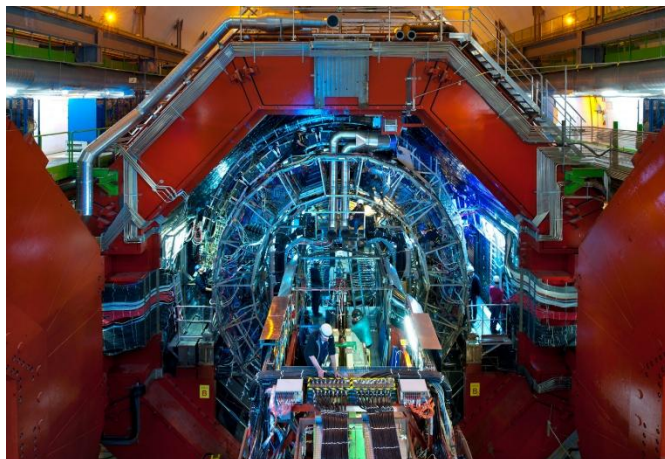
- Korelacje femtoskopowe antyproton- Ξ w zderzeniach Pb-Pb o energii $\sqrt{s_{NN}} = 5.36$ TeV w eksperymencie ALICE
- Wpływ wydajności rekonstrukcji śladów cząstek na kątowe funkcje korelacyjne w oprogramowaniu Run 3 w eksperymencie ALICE
- Badanie produkcji mezonów Φ w zderzeniach pp o energii $\sqrt{s}=13$ TeV w eksperymencie ALICE

Minimalne wymagania wobec studenta: np. podstawowa umiejętność programowania w C++, znajomość języka angielskiego (język komunikacji w eksperymencie!), pracujemy na linuxach

Strona internetowa eksperymentu: <https://alice-collaboration.web.cern.ch/>

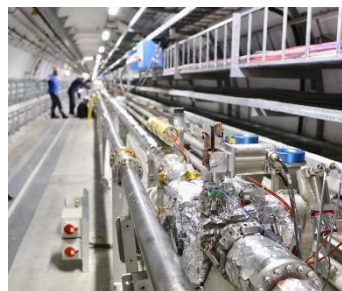
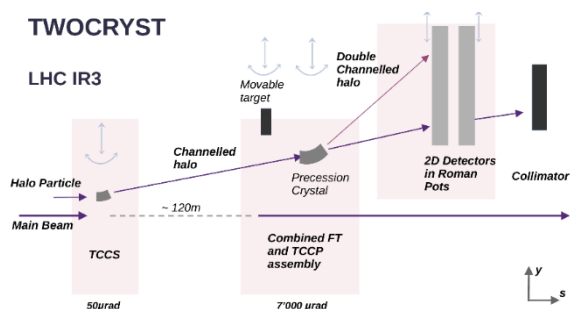
Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

ALICE (A Large Ion Collider Experiment) jest jednym z 4 głównych eksperymentów zlokalizowanych na Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) w ośrodku CERN w Genewie. Głównym celem badawczym eksperymentu jest próba zrozumienia najbardziej podstawowych mechanizmów opisujących jedną z faz rozwoju wczesnego Wszechświata, gdy cała materia znajdowała się w stanie plazmy kwarkowo-gluonowej (czyli takim stanie materii, w którym kwarki i gluony nie były związane w cięższych cząstkach – hadronach). Tego typu warunki odtwarzane są eksperymentalnie w LHC poprzez zderzenia przyspieszonych do ogromnych energii ciężkich jonów oraz protonów.



W proponowanym projekcie student będzie miał możliwość analizy najnowszych danych pochodzących z eksperymentu ALICE i/lub wykonania analizy na danych symulowanych.

Fizyka akceleratorów cząstek – sterowanie trajektorią przy pomocy zakrzywionych kryształów krzemowych w akceleratorze LHC i SPS



Imię i nazwisko opiekuna naukowego: Marcin Patecki

Kontakt: Marcin.Patecki@pw.edu.pl, MS Teams

Słowa kluczowe: akceleratory cząstek, dynamika wiązki, LHC, zakrzywione kryształy krzemowe

Charakter pracy: symulacje numeryczne, opracowanie danych, potencjalny udział w sesjach pomiarowych

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Jak wysterować wiązkę w LHC, żeby zwiększyć liczbę cząstek przechwytywanych przez kryształ?
- Jak wykorzystać zakrzywiony kryształ krzemowy do zbudowania systemu kolimacji w SPS?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- Skupianie wysokoenergetycznej wiązki elektronowej przy użyciu kryształów do zastosowań w radioterapii – obroniona w 2023.
- Separacja wiązki jonów ołowiu w LHC przy pomocy zakrzywionego kryształu na potrzeby zderzeń ze stacjonarną tarczą w eksperymencie ALICE – w realizacji.
- Kolimacja wiązki protonów w akceleratorze Super Proton Synchrotron przy użyciu zakrzywionych kryształów krzemowych – zgłoszona do realizacji, czeka na studenta.

Minimalne wymagania wobec studenta: podstawy programowania (np. python), podstawy analizy danych, znajomość języka angielskiego wymagana do czytania i analizy artykułów naukowych.

Strona internetowa zespołu/grupy/laboratorium:

<http://fizykbiega.pl/fixedtargetland/> <https://twocryst.web.cern.ch/>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy: Jestem fizykiem akceleratorowym. Przez 7 lat pracowałem w CERN (Szwajcaria) przy akceleratorach kołowych SPS i LHC oraz w KEK (Japonia) przy akceleratorze liniowym. Wciąż aktywnie współpracuję z grupą Accelerators and Beam Physics z CERN. W 2024r. PW, z mojej inicjatywy, przystąpiła do współpracy TWOCRIST, której celem jest przetestowanie układu pomiarowego w LHC do przechwytywania protonów z halo wiązki przy pomocy kryształu krzemowego, kierowane cząstki na tarczę gdzie produkowane będą egzotyczne bariony powabne, a następnie badanie precesji spinu tych cząstek w drugim kryształ krzemowym. W tym projekcie zajmuję się zagadnieniami dynamiki wiązki i czynnikami wpływającymi na populację cząstek przechwyconych przez kryształ. Pracuję też przy wykorzystaniu kryształów do kolimacji wiązki, zaangażowany jestem w opracowanie systemu kolimacji dla SPS.

Badania prowadzone są przy pomocy narzędzi numerycznych do symulacji pracy akceleratora np. MADX/XSuite/SixTrack oraz weryfikowane są eksperymentalnie na akceleratorach w CERN. Istnieje możliwość wyjazdu do CERN np. na pomiary. Istnieje też możliwość nawiązania dłuższej współpracy z grupami z CERN – wypromowana przeze mnie studentka magisterska aktualnie robi doktorat w CERN w zespole kolimacji. Wyniki badań publikowane są w czasopiśmie recenzowanych i na konferencjach. Chętnie zaopiekuję się indywidualnie studentem, który chciałby wykształcić się na fizyka akceleratorowego i potencjalnie współpracować przy podejmowanych przeze mnie oraz w CERN projektach.

Komputery w fizyce - AI w eksperymentach - oprogramowanie eksperymentów - symulacje komputerowe i GPU

Imię i nazwisko: dr inż. Marcin Słodkowski

Kontakt: MS Teams lub marcin.slodkowski@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: cząstki elementarne, zderzenia jądrowe, CERN, eksperyment, rezonanse, hydrodynamika relatywistyczna, systemy operacyjne, technologie webowe

Charakter pracy: eksperymentalna (CERN) 25% / obliczeniowa (modelowanie) 25% / programowanie 25% / analiza danych off-line/on-line 25%

Pytania badawcze nad którymi obecnie pracuję:

- Czy modele sztucznej inteligencji mogą pomóc w identyfikacji cząstek w eksperymentach akceleratorowych?
- Jak można symulować zaburzenia materii jądrowej za pomocą równań hydrodynamiki relatywistycznej?
- W jaki sposób uchwycić w eksperymencie NA61/SHINE w CERN produkcję krótkożyciowych cząstek – tzw. rezonansów?

Tematy prowadzonych lub ukończonych prac dyplomowych:

- *Analiza zastosowania sieci neuronowych (transformerów) w problemach identyfikacji cząstek w oprogramowaniu SHINE Offline w eksperymencie NA61/SHINE*
- *Modelowanie dynamiki zderzeń ciężkich jonów z zastosowaniem modelu hydrodynamicznego uruchamianego na procesorze graficznym (GPU)*
- *Badanie oddziaływań dżetów z materią jądrową w zderzeniach ciężkich jonów przy użyciu modelu hydrodynamicznego*
- *Analiza produkcji rezonansów K^* i anty- K^* w zderzeniach $p+p$ oraz $Pb+Pb$ przy energiach wiązki 40, 80 i 158 GeV z wykorzystaniem modelu UrQMD*
- *Badanie produkcji rezonansów $\rho(770)$ w zderzeniach $p+p$ przy pędzie wiązki 158 GeV/c w eksperymencie NA61/SHINE*

Minimalne wymagania wobec studenta: znajomość języka angielskiego pozwalająca na czytanie artykułów, dokumentacji i tutoriali / umiejętność programowania / łączenie wiedzy informatycznej z fizyczną / entuzjazm wobec otwartego oprogramowania / chęć pracy nad analizą danych eksperymentalnych lub symulacyjnych

Strona internetowa: <https://www.if.pw.edu.pl/~slodkow>

Opis działalności naukowej i propozycji współpracy:

Moje zainteresowania badawcze łączą fizykę eksperymentalną, obliczeniową i informatykę stosowaną. Badam własności materii jądrowej w ekstremalnych warunkach, analizując produkcję krótkożyciowych rezonansów hadronowych (np. $K^*(892)$, $\rho(770)$) w zderzeniach ciężkich jonów, wykorzystując dane z eksperymentu **NA61/SHINE w CERN**. Celem jest pogłębianie wiedzy o właściwościach **plazmy kwarkowo-gluonowej (QGP)** – stanu materii, w którym kwarki i gluony są uwolnione. Równolegle rozwijam modele **hydrodynamiki relatywistycznej**, przyspieszane obliczeniami na **GPU**, oraz metody **sztucznej inteligencji** (CNN, DNN, grafowe transformatory), które wspierają identyfikację cząstek i analizę danych w eksperymentach akceleratorowych. Oprócz tego tworzę oprogramowanie eksperymentalne – m.in. bazy danych i aplikacje webowe ułatwiające pracę zespołów badawczych, jak system **Shift Scheduler**.