

INSTYTUT FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ
Propozycje tematów prac licencjackich dla studentów studiów I
stopnia w roku akademickim 2015/16

Zakład Dydaktyki Fizyki

(dla studentów kierunku Fizyka, specjalność nauczycielska)

Zastosowanie zdjęć z kamery termowizyjnej na lekcjach fizyki

Opiekun: dr Anna Kaczorowska

Kontakt: Anna.Kaczorowska@fuw.edu.pl

Tematem pracy jest opracowanie konkretnych tematów lekcji fizyki, na których pomocą byłyby zdjęcia wykonane kamerą termowizyjną. Student musiałby te zdjęcia samodzielnie wykonać i napisać szczegółowe konspekty lekcji, na których byłyby one wykorzystane.

Przygotowanie pokazu zjawiska fizycznego (temat do doprecyzowania)

Opiekun: dr Krzysztof Karpierz

Kontakt: Krzysztof.Karpierz@fuw.edu.pl

Celem pracy jest przygotowanie i opisanie pokazu demonstrującego wybrane zjawisko fizyczne.

Zakład Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych

Mechanizmy tworzenia sztucznych wiązek neutrinowych

opiekun: dr Magdalena Posiadała-Zezula

Fizycy potrafią tworzyć sztuczne wiązki neutrinowe w wielkich ośrodkach badawczych. Praca będzie polegała na opisie mechanizmów tworzenia takich wiązek neutrinowych na przykładzie istniejących eksperymentów akceleratorowych jak też planowanych *fabryk neutrin* czy wiązek *beta*.

Dlaczego używamy bliskiego detektora w eksperymentach neutrinowych?

opiekun: dr Magdalena Posiadała-Zezula / dr Justyna Łagoda (NCBJ)

Przemiany (oscylacje) neutrin, ulotnych cząstek elementarnych, to zjawisko intensywnie badane w tzw. eksperymentach z długą bazą, gdzie poszukuje się oscylacji w odległości kilkuset kilometrów od źródła neutrin, w tzw. dalekim detektorze.

Tematem pracy jest wyjaśnienie, dlaczego oprócz dalekiego detektora używany jest również drugi, położony blisko źródła, na podstawie przykładowego japońskiego eksperymentu T2K.

Przyszłe wielkie eksperymenty w fizyce neutrin

opiekun : dr Magdalena Posiadała-Zezula / dr Paweł Przewłocki (NCBJ)

Fizyka neutrin to dynamicznie rozwijająca się dziedzina fizyki cząstek elementarnych. Wiąże się z projektowaniem olbrzymich eksperymentów w których uczestniczą naukowcy z całego świata. Praca będzie polegać na zestawieniu i porównaniu dwóch największych projektów Hyper-Kamiokande w Japonii i DUNE w USA.

Eksperymenty te będą badać oscylacje neutrin i szukać łamania symetrii CP.

Co się aktualnie mierzy w fizyce neutrin – eksperymenty z długą bazą

opiekun: dr Magdalena Posiadała-Zezula / dr Joanna Zalipska (NCBJ)

Co się aktualnie mierzy w fizyce neutrin – niskoenergetyczne neutrina

opiekun: dr Magdalena Posiadała-Zezula

Liczne działające eksperymenty badają właściwości neutrin.

Praca będzie polegała na opisanu i zestawieniu wyników z wybranych projektów: oscylacji neutrin mionowych akceleratorowych (tzw. eksperymenty z długą bazą) lub niskoenergetycznych (anty)neutrin elektronowych (słonecznych i reaktorowych).

Detekcja pośrednia cząstek ciemnej materii przy japońskim detektorze neutrin Super-Kamiokande

opiekun: dr Magdalena Posiadała-Zezula / dr Piotr Mijakowski (NCBJ)

Super-Kamiokande to ogromny wodny detektor neutrin, znajdujący się w podziemnym laboratorium Kamioka w Japonii. Rejestruje on neutrina pochodzące z wielu źródeł: neutrina słoneczne, atmosferyczne oraz ze sztucznie wyprodukowanej wiązki. Przy jego pomocy można również szukać cząstek Ciemnej Materii – sygnałem byłaby obserwacja neutrin pochodzących z anihilacji cząstek reliktowych w przestrzeni kosmicznej. Warszawska grupa neutrinowa od wielu lat zaangażowana jest w prace przy detektorze Super-Kamiokande, specjalizując się w studiach z dziedziny astrofizyki cząstek.

Praca licencjacka będzie polegała m.in. na ocenie charakterystyk sygnału od Ciemnej Materii w oparciu o zbiory symulacji Monte Carlo przygotowane dla detektora. Wpisze się one w realizowaną obecnie przez grupę tematykę poszukiwań Ciemnej Materii.

Do realizacji zadań będzie używany pakiet do analizy danych ROOT. Dobrze widziana znajomość języka C/C++.

Analiza jednorodności licznika scyntylicyjnego dla potrzeb pomiaru korelacji spinowych w rozpraszaniu e-e-.

Opiekun: prof. dr hab. Jacek Ciborowski, dr Marta Włodarczyk

Proponujemy udział w przygotowaniu i przeprowadzeniu pionierskiego pomiaru relatywistycznych korelacji spinowych par elektronów. Pomiar spinu dokonywany będzie przy wykorzystaniu polarymetrii Motta.

Praca będzie polegała na przetestowaniu liczników scyntylicyjnych wchodzących w skład polarymetru pod kątem ich jednorodności.

Analiza danych symulacyjnych pomiaru kwantowych korelacji spinowych w rozpraszaniu e-e-.

Opiekun: prof. dr hab. Jacek Ciborowski, dr Marta Włodarczyk

Proponujemy udział w przygotowaniu i przeprowadzeniu pionierskiego pomiaru relatywistycznych korelacji spinowych par elektronów. Pomiar spinu dokonywany będzie przy wykorzystaniu polarymetrii Motta.

Podczas planowania eksperymentu i optymalizacji kształtu polarymetru Motta wykorzystywane są symulacje Monte Carlo (Geant4). Przedmiotem pracy będzie analiza danych symulacyjnych pod kątem ich zgodności z wynikami testów oraz dalszy rozwój programu symulacyjnego.

Analiza przewidywań teoretycznych pomiaru kwantowych korelacji spinowych w rozpraszaniu e-e-.

Opiekun: prof. dr hab. Jacek Ciborowski, dr Marta Włodarczyk

Proponujemy udział w przygotowaniu i przeprowadzeniu pionierskiego pomiaru relatywistycznych korelacji spinowych par elektronów. Pomiar spinu dokonywany będzie przy wykorzystaniu polarymetrii Motta.

Tematem pracy będzie analiza stanu po rozproszeniu Mollera pod kątem polaryzacji i zawartości splątania.

Wizualizacja przypadków produkcji bozonu Higgsa zarejestrowanych przez eksperyment CMS

Opiekun: dr hab. Artur Kalinowski

W lipcu 2012 roku eksperymenty ATLAS i CMS ogłosiły w laboratorium CERN odkrycie cząstki której własności są zgodne z poszukiwanym od kilkadziesiąt lat bozonem Higgsa. Praca licencjacka będzie polegała na przygotowaniu wizualizacji danych zebranych przez eksperyment CMS działający w CERNie przy Wielkim Zderzaczu Hadronów (ang. LHC). Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych. Wykonując Pracę student będzie miał też bezpośredni kontakt z jednym z największych odkryć naukowych ostatnich lat.

Poszukiwanie bozonu Higgsa w danych zebranych przez eksperyment CMS

Opiekun: dr hab. Artur Kalinowski

W lipcu 2012 roku eksperymenty ATLAS i CMS ogłosiły w laboratorium CERN odkrycie cząstki, której własności są zgodne z poszukiwanym od kilkadziesiąt lat bozonem Higgsa. Praca licencjacka będzie polegała na analizie danych zebranych przez eksperyment CMS działający w CERNie przy Wielkim Zderzaczu Hadronów (ang. LHC) i selekcji przypadków produkcji bozonu Higgsa. Praca będzie polegała na przygotowaniu uproszczonego formatu danych, a następnie analizie danych eksperymentu CMS i zapisie ich w zaproponowanym przez studenta formacie danych. Praca będzie doskonałym wstępem do pracy magisterskiej poświęconej poszukiwaniom bozonu Higgsa.

Rekonstrukcja przypadków produkcji par $t\bar{t}$ w przyszłym zderzaczu liniowym e^+e^-

Opiekun: prof. dr hab. A.F.Żarnecki

Po odkryciu w roku 2012 cząstki Higgsa głównym celem eksperymentów przy LHC, a także proponowanych eksperymentów przy planowanych przyszłych zderzaczach, stało się jak najdokładniejsze sprawdzenie przewidywań Modelu Standardowego. Jednak jednym z kluczowych parametrów modelu jest masa kwarku t , która musi być w tym celu wyznaczona z dużo większą precyzją. W eksperymentach przy LHC można wyprodukować bardzo wiele kwarków t , jednak ich precyzyjne pomiary są trudne ze względu na wysoki poziom tła. Znacznie korzystniejsze warunki do badania produkcji kwarku t będą w eksperymentach przy przyszłych zderzaczach liniowych e^+e^- : ILC i CLIC, w szczególności pomiar przekroju czynnego na produkcję par $t\bar{t}$ na progu powinien umożliwić wyznaczenie masy z niepewnością statystyczną rzędu 10^{-4} .

Celem proponowanej pracy będzie zaproponowanie, w oparciu o wyniki pełnej symulacji komputerowej, kryteriów selekcji i optymalnych parametrów rekonstrukcji przypadków produkcji par $t\bar{t}$ w eksperymentach przy zderzaczach ILC i CLIC. W szczególności należy wziąć pod uwagę dokładność rekonstrukcji masy w różnych kanałach rozpadu, a także efektywność odrzucania

przypadków tła. Istotnym elementem selekcji jest wykorzystanie algorytmów znakowania jetów inicjowanych przez kwarki b (b -tagging).

Testy nowej aparatury detekcyjnej Pi of the Sky +

Opiekun: prof. dr hab. A.F.Żarnecki

Celem projektu "Pi of the Sky" jest obserwacja błysków optycznych towarzyszących błyskom gamma (Gamma Ray Bursts, GRB) oraz innych krótkotrwałych lub szybkozmiennych zjawisk optycznych na niebie. W tym celu prowadzone są obserwacje dużych obszarów nieba przy użyciu kamer CCD o dużym polu widzenia. Obecnie projekt prowadzi obserwacje korzystając z teleskopów zainstalowanych w Chile (San Pedro de Atacama) i w Hiszpanii (ośrodek INTA koło Huelva). Jednocześnie prowadzone są też prace nad budową nowego teleskopu, Pi of the Sky +, wyposażonego w dużo silniejszy obiektyw i szybszą kamerę CCD.

Celem pracy byłoby wykonanie testowych obserwacji przy pomocy obiektywów o ogniskowej 200 mm i nowych kamer CCD firmy FLI. W tym celu należy zestawić układ umożliwiający przeprowadzenie obserwacji, przygotować i przetestować oprogramowanie do kontroli funkcji kamery i zbierania danych. Zebrane dane powinny następnie posłużyć do oceny dokładności pomiaru jasności i pozycji w funkcji wybranego czasu ekspozycji i jasności obiektu.

Algorytmy wyznaczania prędkości dryfu w detektorach gazowych eksperymentu NA61/SHINE

Opiekun: prof. dr hab. W. Dominik

NA61/SHINE to eksperyment działający przy akceleratorze SPS w laboratorium CERN. Badania eksperymentu skupiają się wokół zderzeń ciężkich jonów w zakresie energii 13 - 158 GeV na nukleon. Eksperyment wykonuje unikalny skan w funkcji energii oraz rozmiaru układu zderzanych jonów. Głównymi celami fizycznymi eksperymentu wyznaczenie progu na produkcję plazmy kwarkowo-gluonowej i odnalezienie punktu krytycznego silnie oddziałującej materii. Oprócz tego, NA61/SHINE zajmuje się także wykonywaniem pomiarów referencyjnych dla takich eksperymentów jak: T2K, Pierre Auger Observatory i KASCADE. Układ detekcyjny Eksperymentu NA61/SHINE składa się przede wszystkim z komór projekcji czasowej – Time Projection Chamber (TPC), czyli detektorów gazowych pozwalających uzyskać trójwymiarową rekonstrukcję przypadków eksperymentalnych. Dla celów rekonstrukcji niezbędne są precyzyjne pomiary warunków panujących w detektorach TPC, takich jak temperatura, ciśnienie i prędkości dryfu elektronów w mieszaninie gazowej.

Celem pracy są zbadanie i optymalizacja algorytmów wyznaczania prędkości dryfu elektronów w gazie oraz wyznaczenie minimalnej liczby przebiegów czasowych, które należy przeanalizować, aby wynik był wiarygodny. Realizacja pracy wymaga znajomości podstaw programowania (C++, ROOT lub Gnuplot).

Badanie emisji światła w optycznych detektorach gazowych.

Opiekun: prof. dr hab. W. Dominik

Celem pracy jest pomiar względnej intensywności światła emitowanego w detektorach gazowych w warunkach pracy dla różnych mieszanek gazowych. Realizacja pracy wymaga znajomości podstaw programowania (C++, ROOT lub Gnuplot). Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się z budową i zasadą działania detektorów gazowych (powszechnie wykorzystywanych w eksperymentach fizyki jądrowej i cząstek elementarnych), a także sposobem analizy danych eksperymentalnych.

Dedicated electronics for Time Projection Chamber for experiment at ELI-NP laboratory

Opiekun: prof. dr hab. Wojciech Dominik, dr Mikołaj Ćwiok

W Bukareszcie budowane jest obecnie nowe Europejskie laboratorium Extreme Light Infrastructure – Nuclear Physics (ELI-NP). Laboratorium umożliwi prowadzenie badań procesów jądrowych z wykorzystaniem skolimowanych wiązek monoenergetycznych spolaryzowanych fotonów o energiach do 20 MeV i intensywnościach do 10^8 s^{-1} . Wiązka wysokoenergetycznych fotonów wytwarzana będzie w odwrotnym rozproszeniu Comptona światła laserowego na wiązce elektronów. Będzie to unikatowa w skali światowej infrastruktura służąca między innymi badaniom reakcji astrofizycznych. Zespół Wydziału Fizyki UW uczestniczy w przygotowaniu koncepcji eksperymentów oraz projektowaniu i wykonaniu aparatury doświadczalnej, która posłuży nam do przeprowadzenia badań, gdy laboratorium ELI-NP. zostanie uruchomione (2017 rok).

Koncentrujemy koncepcję aparatury doświadczalnej wokół techniki gazowych detektorów Time Projection Chambers ze specjalnymi elektrodami odczytu informacji. Wielokanałowy układ elektroniki odczytu sygnałów i potokowego przetwarzania informacji jest jedną z ważniejszych kwestii aparaturowych projektu badawczego. Zadania w ramach pracy licencjackiej polegać będą między innymi na badaniu charakterystyk wielokanałowego układu opracowanego przez francuską kolaborację GET oraz analizie zdolności pomiaru wybranych reakcji.

Identyfikacja kwazielastycznych oddziaływań neutrin w eksperymencie MINOS+ za pomocą transformacji Hough'a.

Opiekun: dr Katarzyna Grzelak

Praca polegać będzie na włączeniu się w poszukiwania neutrin taonowych w eksperymencie

MINOS+. Podstawowym celem pracy będzie zastosowanie transformacji Hough'a (efektywnie w jednym wymiarze) do identyfikacji oddziaływań kwazielastycznych, w wyniku których w stanie końcowym produkowany jest tylko proton i taon.

Eksperyment MINOS+ zajmuje się badaniem zjawiska oscylacji neutrin. Mionowe neutrina produkowane są w akceleratorze w ośrodku Fermilab koło Chicago i rejestrowane w dwóch detektorach: Bliskim, około kilometra od źródła wiązki i Dalekim, 735km dalej, w kopalni Soudan w Minnesocie. Oczekuje się, że po przebyciu kilkuset kilometrów, część neutrin mionowych powinna zamienić się w neutrina taonowe. W eksperymencie MINOS+ szukamy dowodu na to że tak się dzieje. MINOS+ rozpoczął działanie na jesieni 2013 roku i korzysta z wiązki neutrin o energii i intensywności bardziej niż jakikolwiek inny eksperyment dopasowanej do poszukiwań neutrin taonowych.

Praca wymaga umiejętności programowania w języku C++ na średnio-zaawansowanym poziomie. Student będzie miał okazję zastosowania w praktyce tego języka programowania.

Wykorzystywany będzie program root powszechnie używany w doświadczalnej fizyce cząstek elementarnych.

Więcej informacji dostępnych jest na stronie [www: http://www.fuw.edu.pl/~minos](http://www.fuw.edu.pl/~minos)

Analiza danych w eksperymencie współpracy COMPASS w CERN: czynnik „rozcieńczenia” materiału tarczy. (Target dilution factor in the COMPASS experiment at CERN)

Opiekun: prof. dr hab. Barbara Badełek

Praca będzie związana z analizą pomiarów prowadzonych przez międzynarodową współpracę COMPASS w CERN, a dokładniej z ilościowym opisem własności największej na świecie (i najzimniejszej! zaledwie milikelwiny powyżej zera bezwzględnego!) tarczy spolaryzowanej. Tarcza jest obecnie używana w doświadczeniu nad spinem kwarków, prowadzonym przez COMPASS (COmmon Muon and Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy). Obliczenia takie (i odpowiednie programy) już istnieją; chodzi o ich rozszerzenie i dokładną dokumentację.

Przewidywana zawartość pracy:

1. Zrozumienie następujących aspektów obliczeń czynnika rozcieńczenia dla spolaryzowanej tarczy deuteronowej i protonowej:

- a) uwzględnienie polaryzacji domieszek do materiałów tarczy;
- b) sposób uwzględnienia efektów radiacyjnych w tych materiałach.

2. Próba włączenia zależności od parametrów kinematycznych cząstki produkowanej w oddziaływaniu padających, ultra-szybkich mionów z tarczą (np. od jej pędu poprzecznego).

3. Opracowanie i napisanie (razem z opiekunką) noty podsumowującej metodę i wyniki obliczeń. Nota będzie umieszczona na stronie [www współpracy COMPASS](http://www.fuw.edu.pl/~minos).

Praca pozwoli zrozumieć kilka aspektów analizy danych w dużym, nowoczesnym doświadczeniu z dziedziny fizyki wysokich energii a także nauczyć się pisanie (w języku angielskim) dokumentacji nieodzownej w pracy w dużym zespole międzynarodowym.

Zależne i niezależne od spinu rozkłady partonów w nukleonie (Spin dependent and spin independent parton distributions in the nucleon)

Opiekun: prof. dr hab. Barbara Badełek

Praca będzie usystematyzowanym zbiorem informacji o rozkładach kwarków i gluonów w nukleonie swobodnym i związanym w materii jądrowej. Rozkłady te są konieczne do analizowania danych zebranych w doświadczeniach wysokich energii i do prowadzenia obliczeń teoretycznych. Samych rozkładów nie da się uzyskać z teorii; trzeba je mierzyć w doświadczeniu.

Przewidywana zawartość pracy:

1. definicje rozkładów partonów w różnych rzędach rachunku przybliżeń QCD (LO, NLO, ...); definicje funkcji struktury;
2. główne typy dopasowań do danych (MRST, CTEQ, LSS, ...);
3. znalezienie publicznie dostępnych źródeł rozkładów partonów (baz danych) i sposoby ich użycia; konstrukcja funkcji struktury;
4. główne cechy różnych dopasowań (użyte zestawy danych, zakresy kinematyczne);
5. porównanie różnych rozkładów (wykresy);
6. rozkłady partonów modyfikowane przez materię jądrową.

Praca pozwoli zaznajomić się z fundamentalnymi pojęciami fizyki kwarków i gluonów, z bazami danych a także opanować zaawansowane i popularne narzędzie ułatwiające wizualizację rozkładów: CERN-owski pakiet graficzny ROOT.

ZAKŁAD FIZYKI CIAŁA STAŁEGO

Wytwarzanie i charakteryzacja optyczna mikrowętek półprzewodnikowych i laserów polarytonowych (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

Opiekun: dr Wojciech Pacuski

Tematem pracy jest wytworzenie struktur fotonicznych ze studniami kwantowymi i zastosowanie ich do wytworzenia laserów polarytonowego [patrz np. J.-G. Rousset et al., Applied Physics Letters 107, 201109 (2015)]. Student weźmie udział w pracy technologicznej w laboratorium epitaksji z wiązek molekularnych (MBE) i w pomiarach optycznych w laboratorium ultra-szybkiej magnetospektroskopii.

Poszukiwanie przewodnictwa powierzchniowego izolatorów topologicznych metodami pojemnościowymi (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

Osoba odpowiedzialna: **prof. Michał Baj** (baj@fuw.edu.pl)

Celem niniejszej pracy jest przeprowadzenie pomiarów tzw. pojemności kwantowej związanej ze skwantowaną polem magnetycznym gęstością stanów elektronowych w przypowierzchniowej warstwie nowej klasy materiałów – tzw. izolatorów topologicznych. Ze względu na to, że pomiary pojemności kondensatora, którego jedną okładką jest badana próbka, a drugą metaliczna bramka osadzona na cienkim dielektryku próbującej relatywnie cienką warstwę próbki, jest duża szansa, że w ten sposób zaobserwuje się powierzchniowy gaz elektronowy, który powinien być obecny w izolatorze topologicznym. Przewodnictwo tego gazu bardzo trudno jest dostrzec w standardowych pomiarach magnetotransportowych, ze względu na maskujący wpływ przewodzącej objętości

próbek. W ramach pracy licencjackiej trzeba będzie: (1) – przygotować do pomiarów próbki (napyłanie dielektryka i metalizacji), (2) – przeprowadzić pomiary magnetopojemności w polach magnetycznych do 12 T. Badane będą próbki PbSnSe oraz być może także Bi₂Se₃.

Pomiary szumów elektronicznych w układzie chłodziarki rozcieńczalnikowej (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

Osoba odpowiedzialna: **dr Jacek Przybytek** (jp@fuw.edu.pl)

Chłodziarka rozcieńczalnikowa umożliwia wykonywanie pomiarów elektrycznych w niskich temperaturach >15mK. Przedmiotem pracy licencjackiej byłoby zapoznanie się z fizycznymi zasadami działania układu chłodziarki rozcieńczalnikowej i/lub udział w pomiarach szumu elektronicznego pochodzącego od różnego rodzaju elementów elektronicznych. W najprostszym przypadku opornika pomiar jego szumu termicznego umożliwia pomiar temperatury w układzie, natomiast pomiar fluktuacji prądu/napięcia w bardziej złożonych elementach elektronicznych (takich jak np. diody tunelowe) daje dodatkowe informacje o kwantowych mechanizmach transportu elektronów. Badanie fluktuacji/ dynamiki elektronów ma szczególne znaczenie zwłaszcza w układach meso- i nanoskopowych, gdzie w badanym układzie znajduje się stosunkowo niewielka liczba nośników ładunku i wszelkie fluktuacje parametrów opisujących układ wpływają na ten transport i dają dodatkowe możliwości opisu tego układu, komplementarne w stosunku do standardowych pomiarów stacjonarnych charakterystyk prądowo-napięciowych.

Rentgenowskie badania interkalowanych wielowarstw grafenowych. (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

Opiekun: dr hab. Grzegorz Kowalski, tel. (22) 55 32 789, kowal@fuw.edu.pl lub dr Mateusz Tokarczyk tel. (22) 55 32 790, mateusz.tokarczyk@fuw.edu.pl

Grafen to pojedyncza warstwa atomowa węgla. Technologicznie uzyskuje się od 1 do kilkunastu warstw nałożonych na siebie. Ich własności silnie zależą od odległości międzypłaszczyznowych i obecności między warstwami innych atomów lub cząsteczek. Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych we współpracy z Wydziałem Fizyki UW pracuje nad nowymi układami grafenu na podłożach z węgla krzemu. Materiał ten kryje w sobie wiele zagadek i stanowi bardzo interesujący obiekt badań. Intercalacją to kontrolowane umieszczanie innych atomów lub cząsteczek w obszarach międzypłaszczyznowych w procesach wzrostu lub po jego zakończeniu.

W ramach pracy licencjackiej będzie możliwość wykorzystania różnych metod rentgenowskich do badania interkalowanych warstw grafenowych. Badania z wykorzystaniem rentgenowskiego dyfraktometru i ew. modelowania komputerowego wyników eksperymentalnych.

Wysokorozdzielcze rentgenowskie badania warstw otrzymywanych metodą MBE lub metodą MOVPE (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

Opiekun: dr hab. Grzegorz Kowalski, tel. (22) 55 32 789 , kowal@fuw.edu.pl lub dr Mateusz Tokarczyk tel. (22) 55 32 790 , mateusz.tokarczyk@fuw.edu.pl

Rentgenowskie badania dyfrakcyjne pozwalają m.in. na określenia jakości krystalicznej badanego materiału. Dzięki pomiarom wysokorozdzielczym można uzyskać informacje m.in. o składzie, naprężeniach i grubości warstw epitaksjalnych. Wykonanie na dyfraktometrze rentgenowskim wysokorozdzielczych pomiarów dyfrakcyjnych warstw otrzymanych metodą MBE lub MOVPE pozwala na wyznaczenie podstawowych parametrów sieciowych badanych struktur. Własności strukturalne wielowarstw otrzymywanych metodami MBE lub MOVPE silnie wpływają np. na ich

własności optyczne, magnetyczne. Kropki i studnie kwantowe otrzymywane w w/w procesach są zwykle częścią struktur wielowarstwowych. W ramach pracy licencjackiej będzie możliwość wykorzystania różnych metod rentgenowskich i ew. modelowania komputerowego wyników eksperymentalnych.

Badania odbicia i fotoluminescencji sprzężonych mikrownęk optycznych (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

Opiekun: dr Jan Suffczyński (Jan.Suffczynski@fuw.edu.pl)

W ramach pracy planowane są pomiary mapowania fotoluminescencji i odbicia struktur na bazie półprzewodników II-VI zawierających sprzężone mikrownęki optyczne. Celem pracy jest wyznaczenie siły sprzężenia między wnękami w funkcji takich parametrów jak odległość przestrzenna między wnękami, odstrojenie energetyczne modów czy współczynnik dobroci wnęk.

Badanie ogniw fotowoltaicznych na bazie materiałów perowskitowych. (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

opiekun: prof. dr hab. Maria Kamińska, student: Filip Chudzyński

Ogniwa słoneczne z materiałów perowskitowych znajdują się w centrum zainteresowania organicznej fotowoltaiki ze względu na rekordową wydajność w skali laboratoryjnej, która na dzień dzisiejszy zbliża się do wydajności nieorganicznych ogniw krzemowych i wynosi 20%. Celem pracy licencjackiej będzie konstrukcja i optymalizacja ogniw fotowoltaicznych na bazie perowskitu $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Cl}_x$. Główne metody badawcze to pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych oraz fotoprądu.

Badanie ogniw fotowoltaicznych na bazie materiałów kopolimerowych. (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

opiekun: prof. dr hab. Maria Kamińska, student: Adam Wincukiewicz

Od kilkunastu lat rośnie zainteresowanie fotowoltaiką organiczną. Podstawową wadą ogniw organicznych jest ich niestabilność termiczna i degradacja w kontakcie z tlenem i wodą. W związku z tym prowadzi się prace nad materiałami aktywnymi odpornymi na wymienione czynniki. Jednym z takich materiałów jest kopolimer - PCDTBT. Celem pracy będzie konstrukcja ogniw na bazie kopolimeru i zmierzenie charakterystyk prądowo-napięciowych i fotoprądu.

Porównanie własności optycznych materiałów polimerowych: czystych i wbudowanych w ogniwa. (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

opiekun Krzysztof Korona- Do wykonywania pracy zgłosił się pan Wojciech Mech

Badane będą półprzewodniki polimerowe otrzymane dzięki współpracy z Instytutem Elektrotechniki z Wrocławia. Planowane są pomiary dynamiki luminescencji, a także absorpcji i fotochromizmu. metodami tymi porównanie zostaną własności materiałów czystych i wbudowanych w ogniwa. Na ogniwach może być zmierzony także fotoprąd oraz wpływ przyłożonego napięcia na fotoluminescencję.

Własności optyczne struktur azotkowych do produkcji diod świecących. (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

opiekunowie Mariusz Rudziński ITME, Krzysztof Korona UW - Do wykonywania pracy zgłosiła się pani Anna Piekarz

Mierzone będą struktury GaInN/GaN zawierające studnie kwantowe, przygotowane z myślą o wytwarzaniu diod świecących. materiał wyhodowany będzie w Instytucie technologii Materiałów Elektronicznych (ITME). Własności optyczne badane będą przy pomocy foto- i elektroluminescencji (w tym czasowo rozdzielczej) przewidziane są także pomiary fotoprądu i rozpraszania ramanowskiego.

Badanie wpływu osadzania nanocząstek na właściwości elektrochemiczne materiałów litowych (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

opiekunowie: Dominika Ziółkowska, Krzysztof Korona - Do wykonywania pracy zgłosił się pan Sebastian Popłoński

Mierzone będą materiały litowe przeznaczone do wykonywania elektrod w bateriach litowo-jonowych i superkondensatorach, między innymi będzie to LiFePO₄ pokryty srebrem. Planowane są pomiary elektrochemiczne (zależność od C-rate, po 5 -10 cykli przy danym prądzie), wykonanie map rozpraszania ramanowskiego na najlepszych i najgorszych próbkach, a także zdjęć z mikroskopu elektronowego (SEM).

Tlenek grafenu – własności optyczne w podczerwieni. (Kierunek – Fizyka, Inżynieria Nanostruktur)

Opiekunowie: prof. Dariusz Wasik, prof. Andrzej Wysmołek

Tlenek grafenu, podobnie jak grafen jest materiałem budzącym w ostatnich latach duże zainteresowanie ze względu na obserwowane w nim fundamentalne zjawiska fizyczne jak i potencjalne możliwości zastosowań praktycznych. Materiał ten też interesujące własności optyczne w zakresie podczerwieni. Własności te można istotnie modyfikować przez wprowadzanie tzw. funkcjonalnych grup tlenowych. W ramach pracy licencjackiej należy wykonać za pomocą spektrometru fourierowskiego pomiary absorpcji w zakresie podczerwieni w szerokim zakresie temperatur oraz efektu Ramana na serii próbek tlenku grafenu. Badania te będą wykonywane we współpracy z Politechniką Warszawską, gdzie będące przedmiotem badań materiały zostaną wyhodowane.

Spektroskopia optyczna centrów emisyjnych wytwarzanych w MoS₂ za pomocą światła laserowego

Opiekun: Andrzej Wysmołek

(temat zarezerwowany)

Własności magnetyczne nanoproszków $Ga_{1-x}Mn_xN$ (Fizyka lub Inżynieria Nanostruktur)

Opiekun: **prof. A.Twardowski** (3.32, andrzej.twardowski@fuw.edu.pl)

$Ga_{1-x}Mn_xN$ jest materiałem półprzewodnikowym, który zachowuje półprzewodnikowe własności azotku galu, a na skutek zastąpienia niektórych jonów galu jonami manganu staje się materiałem o silnych własnościach magnetycznych. Z tego punktu widzenia jest perspektywnym materiałem dla elektroniki spinowej (spintroniki).

Celem pracy jest zbadanie magnetyzacji nanoproszków $Ga_{1-x}Mn_xN$, o różnych koncentracjach Mn, w funkcji pola magnetycznego ($0 < B < 7T$) i temperatury ($2 < T < 400K$). Pomiarów wykonanych będą techniką magnetometrii interferometru kwantowego (SQUID). Otrzymane wyniki będą interpretowane przy uwzględnieniu wkładu paramagnetycznego $Ga_{1-x}Mn_xN$ oraz obecności faz ferromagnetycznej i antyferromagnetycznej. Magnetyzacja fazy paramagnetycznej modelowana będzie w oparciu o funkcję Brillouina. Uzyskane wyniki będą podstawą do publikacji w czasopiśmie międzynarodowym.

Przejścia optyczne w studniach kwantowych $Pb_{1-x}Sn_xTe/CdTe$ otrzymanych metodą MBE.

Opiekunowie : **dr hab. Andrzej Witowski , dr Michał Szot** (PAN)

(Do wykonywania pracy zgłosiła się pani Karolina Połczyńska)

Wytwarzanie i charakteryzacja optyczna nanostruktur na bazie $Pb_{1-x}Sn_xSe$

Opiekunowie : **dr hab. Andrzej Witowski , dr Michał Szot** (PAN)

(Do wykonywania pracy zgłosiła się pani Anna Socha)

Badania optyczne nanostruktur hybrydowych $MoS_2/h-BN$

Opiekun: Andrzej Wysmołek

(temat zarezerwowany)

Zakład Fizyki Jądrowej

Proponowane tematy dotyczą wszystkich kierunków

"Badanie rozkładów emisji kaonów naładowanych ze zderzeń jądro-jądro przy energii 1,9 GeV/nukleon"

Opiekun: dr Krzysztof Piasecki

Wymagane: podstawy programowania w języku C++.

Mezony $K^\pm$ są najlżejszymi cząstkami zawierającymi kwark dziwny (s). Obszar energii wiązki u progu ich produkcji jest szczególnie interesujący, gdyż wytwarzanie kaonów przebiega przez nietrywialne kanały produkcji, a w warunkach gęstej i gorącej materii jądrowej ich podstawowe własności (takie jak masa i stała rozpadu) ulegają modyfikacjom.

W toku pracy Student przeprowadzi identyfikację mezonów K^+ i K^- wyemitowanych ze zderzeń jąder Ni+Ni przy energii wiązki 1,9 GeV na nukleon. Student pozna podstawy szeroko wykorzystywanego środowiska analizy danych ROOT, opartego na C++, w którym opracuje dane z eksperymentu. Równolegle, z pomocą opiekuna, przeprowadzi symulację produkcji cząstek ze źródła termicznego o zadanych parametrach i oszacuje wydajność rejestracji kaonów, z uwzględnieniem ich rozpadów na drodze od tarczy do detektora czasu przelotu. Na wyniki symulacji zostanie nałożona eksperymentalna mapa wydajności na łączenie torów między Centralną Komorą Dryfową a detektorami czasu przelotu (wyznaczona w toku wcześniejszych analiz i dostępna).

Cele analizy danych, zależnie od stopnia zaawansowania prac, obejmują: wyznaczenie wstępnych rozkładów przestrzeni fazowej mezonów K^+ i K^- (w reprezentacjach „energia–kąt polarny” i/lub „pęd poprzeczny–pospieszność”), rekonstrukcja całkowitej krotności emitowanych kaonów (w opcji rozszerzonej: zależność krotności od klasy centralności zderzenia Ni+Ni oraz wyznaczenie stosunku rozkładów energii kinetycznych K^- do K^+).

"Symulacja komputerowa identyfikacji mezonów ϕ w detektorze FOPI"

Opiekun: dr Krzysztof Piasecki

Wymagane: podstawy programowania w języku C++.

Mezon ϕ jest cząstką o dziwności $S = 0$, ale złożoną z kwarków s i anty-s. Gdyby zderzenie ciężkich jonów odpowiadało sumie indywidualnych zderzeń nukleonów, to przy energii wiązki 1.9 GeV/nukleon mezony ϕ nie powinny powstawać. Obserwacja tych cząstek w powyższym obszarze energii możliwa jest wyłącznie dzięki podprogowym procesom ich produkcji. Stosunkowo niewielka krotność mezonów ϕ produkowanych w zderzeniu wymaga szczególnego sprawdzenia precyzji detekcji oraz poprawności użytych algorytmów służących do identyfikacji cząstek, dedykowanych dla detektora FOPI.

Zadaniem Studenta będzie symulacja rozpadu mezonów ϕ w kanale $\phi \rightarrow K^+K^-$ (BR = 49 %) i rekonstrukcja tych cząstek w ramach zadanej akceptancji detektora FOPI, wraz z uwzględnieniem rozpadów kaonów na drodze do detektorów czasu przelotu. Mezony ϕ zostaną zidentyfikowane na wykresie masy niezmienniczej, wraz z oszacowaniem tła metodą mieszania zdarzeń. Na wyniki symulacji zostanie nałożona eksperymentalna mapa wydajności na łączenie torów między Centralną Komorą Dryfową a detektorami czasu przelotu (wyznaczona w toku wcześniejszych analiz i dostępna).

Celem pracy będzie oszacowanie wydajności na rejestrację mezonów ϕ przez układ FOPI. Sprawdzona będzie zdolność algorytmów do rekonstrukcji pierwotnie zadanych rozkładów kinematycznych (np. energii kinetycznej). Dane zostaną opracowane przy użyciu szeroko wykorzystywanego systemu analizy danych ROOT, opartego na języku C++.

"Przekroje czynne na produkcję najbardziej neutrono-deficytowych izotopów germanu"

Opiekun: prof. Marek Pfützner, dr Chiara Mazzocchi

Zrozumienie przekrojów czynnych na produkcję egzotycznych jąder w reakcji fragmentacji przy średnich energiach wiązki (100-200 AMeV) jest bardzo ważne dla planowania przyszłych eksperymentów mających na celu wytwarzanie nowych izotopów i badanie nowych rodzajów promieniotwórczości. Modele teoretyczne, które próbują odtworzyć znane przekroje, często zawodzą w przypadku jąder o dużym nadmiarze protonów. W szczególności jest tak dla najbardziej neutrono-deficytowych izotopów germanu. W przeprowadzonym niedawno eksperymencie w laboratorium NSCL/MSU (USA) wykorzystano wiązkę ^{78}Kr o energii około 150 AMeV do wytworzenia izotopów germanu $^{60-62}\text{Ge}$. W ramach pracy przewiduje się wyznaczenie przekrojów czynnych na produkcję tych izotopów i porównanie ich z teoretycznymi przewidywaniami najbardziej popularnych obliczeń (EPAX).

"Badanie jąder Rh z wykorzystaniem separacji w pułapce jonowej"

Opiekun: dr hab. Jan Kurpeta

Poznanie struktury jąder atomowych, z których zbudowana jest otaczająca nas materia, wymaga badania nuklidów, które nie występują w naturze. Wytwarza się je w warunkach laboratoryjnych a następnie bada promieniowanie, które emitują ulegając rozpadowi promieniotwórczym. Wykonanie proponowanej pracy licencjackiej będzie polegało na analizie danych zawierających informacje o koincydencjach promieniowania gamma i cząstek beta wysyłanych przez radioaktywne izotopy rod. Dane do analizy pochodzą z unikalnego układu doświadczalnego, który jest połączeniem magnetycznego separatora masowego z pułapką jonową typu Penning'a.

"Najważniejsze emitery neutronów opóźnionych w środowisku reaktorów jądrowych"

Opiekun: dr Krzysztof Miernik

Zjawisko emisji neutronów opóźnionych po rozpadzie beta jest jednym z kluczowych zjawisk niezbędnych do kontrolowania reaktorów. Wiele z fragmentów rozszczepienia uranu i plutonu wykazuje tę właściwość. Celem pracy jest znalezienie, na podstawie międzynarodowych baz danych używanych przy projektowaniu i użytkowaniu reaktorów jądrowych, najważniejszych emitterów neutronów opóźnionych w środowisku reaktorów jądrowych, podsumowanie aktualnych danych eksperymentalnych na ich temat, oraz zaproponowanie eksperymentów uzupełniających naszą wiedzę.

"Potencjał Woodsa-Saxona"

Opiekun: dr Krzysztof Miernik

Nukleony tworzące jądro oddziałują poprzez tzw. oddziaływanie jądrowe silne. Niestety nie znamy dokładnej postaci tego oddziaływania i możemy używać tylko pewnych przybliżeń do kwantowego opisu jądra atomowego. Jednym z podstawowych przybliżeń jest model cząstek niezależnych, w którym zakładamy, że na dany nukleon działa jedynie uśredniony potencjał pochodzący od wszystkich

pozostałych nukleonów. W ten sposób otrzymujemy równania Schrödingera dla cząstki swobodnej w pewnym potencjale, które potrafimy rozwiązać. Jednym z najczęściej używanych potencjałów jest tak zwany potencjał Woodsa-Saxona, który opisuje skończoną studnię potencjału o łagodnych brzegach. Parametry tego fenomenologicznego potencjału można dobrać tak, aby możliwie najlepiej opisywały wybrane eksperymentalnie zmierzone właściwości jąder. Istnieje wiele parametryzacji tego potencjału, a niektóre z nich pochodzą nawet sprzed 50 lat. Celem pracy jest przeanalizowanie potencjału Woodsa-Saxona w świetle najnowszych wyników eksperymentalnych, wybór najlepszych parametryzacji, oraz ewentualnie zaproponowanie własnej wersji.

Jądra super-ciężkie - analiza prawdopodobieństwa przypadkowych zdarzeń w eksperymencie

Opiekun: dr Krzysztof Miernik

Najcięższe znane pierwiastki, takie jak niedawno odkryte atomy o liczbie protonów $Z = 117$ i 118 nie występują naturalnie i są wytwarzane w laboratoriach w procesach fuzji pocisku ^{48}Ca oraz tarczy wykonanej z aktynowców. Prawdopodobieństwo wytworzenia jądra super-ciężkiego jest bardzo małe i eksperymenty, w których są one produkowane są niezwykle długie. Podstawową metodą wykrywania jąder super-ciężkich jest detekcja łańcucha skorelowanych rozpadów alfa. Jednocześnie podczas bombardowania tarczy produkowane są licznie inne jądra, które mogą również rozpadać się poprzez emisję cząstek alfa. Zadaniem jest przeprowadzenie obliczeń (symulacji), która oszacuje prawdopodobieństwo uzyskania w eksperymencie losowego łańcucha, który może zostać pomyłony z rozpadem jądra super-ciężkiego.

"Neutronowa analiza aktywacyjna szkła"

Opiekun: dr Krzysztof Miernik

Neutronowa analiza aktywacyjna materiałów polega na naświetleniu próbki strumieniem neutronów, a następnie na pomiarze emitowanego promieniowania z powstałych w reakcjach jądrowych niestabilnych izotopów. Dzięki tej metodzie możliwe jest niedestrukcyjne zbadanie zawartości niektórych pierwiastków w próbce, dzięki czemu stosuje się ją w archeologii, badaniach dzieł sztuki oraz kryminalistyce. Zadaniem jest wykorzystanie tej metody do pomiarów różnych gatunków szkła i określenie możliwości jej stosowania z wykorzystaniem źródła neutronów i detektorów dostępnych na Wydziale Fizyki UW.

"Badanie defektu wysokości impulsu w detektorach krzemowych zainstalowanych w układzie CHIMERA"

Opiekun: prof. dr hab. Krystyna Siwek-Wilczyńska

Multi-detektor CHIMERA znajduje się w ośrodku badawczym INFN LNS w Katanii na Sycylii i jest zbudowany z 1192 podwójnych modułów detekcyjnych (detektor krzemowy + detektor scyntylacyjny) pokrywających 94% pełnego kąta bryłowego. Układ jest wykorzystywany do badania dynamiki zderzeń jądro-jądro w szerokim zakresie energii pocisków i charakteryzuje się bardzo niskimi progami energetycznymi na rejestrację naładowanych fragmentów.

Celem pracy jest zbadanie odpowiedzi detektorów krzemowych na rejestrację ciężkich jonów o bardzo różnych liczbach masowych (^{16}O , ^{27}Al , ^{58}Ni , ^{197}Au) i różnych energiach uzyskanych poprzez przyspieszanie w akceleratorze typu tandem. Odpowiedź detektorów krzemowych na rejestrację ciężkich fragmentów o liczbach atomowych $Z > 10$ nie jest liniowa, tzn. amplitudy powstających sygnałów energetycznych nie są wprost proporcjonalne do energii deponowanych przez ciężkie jony. Wielkość odstępstw zależy między innymi od ładunku, masy i energii rejestrowanego

jonu i wyraża się w osłabieniu amplitudy sygnału wyjściowego. Efekt ten określa się mianem defektu wysokości impulsu. Główny nacisk w pracy będzie położony na zbadanie i opisanie tego efektu w detektorach zainstalowanych w układzie CHIMERA oraz na zaproponowaniu metody uwzględniania poprawek z nim związanych w określaniu energii rejestrowanych fragmentów.

"Badanie reakcji fuzji podwójnie magicznego jądra 48-Ca ze stabilnymi izotopami Pb"

Opiekun: prof. dr hab. Krystyna Siwek-Wilczyńska

Ołów posiada cztery stabilne izotopy o liczbach atomowych 204, 206, 207 i 208. W wyniku bombardowania Pb jądrami 48-Ca możliwe jest wytworzenie różnych izotopów superciężkiego pierwiastka No ($Z = 102$) w reakcjach kompletnej fuzji (utworzenie jądra złożonego) po których następuje wyparowanie od jednego do kilku neutronów. Reakcje te są wyjątkowo interesujące ze względu na własności jąder pocisku, tarczy oraz wytwarzanego jądra końcowego. Jako pocisk wykorzystuje się jądro 48-Ca (jądro podwójnie magiczne), które jak wskazują istniejące dane doświadczalne w reakcjach fuzji wykazuje znacznie większe wartości przekrojów czynnych na wytworzenie jądra złożonego niż sąsiednie nuklidy. Tarcze ołowiu o różnych liczbach masowych, począwszy od podwójnie magicznego 208-Pb powinny umożliwić badanie wpływu struktury jądra tarczy na możliwości uzyskania jąder superciężkich. Ponadto wytwarzane izotopy Nobelium będą posiadały liczbę neutronów w pobliżu zdeformowanej powłoki $N=152$, co umożliwia zbadanie wpływu tej powłoki na strukturę, właściwości i możliwości syntezy ciężkich jąder atomowych.

Celem pracy jest wyznaczenie krzywych wzbudzenia (zależność przekroju czynnego od energii pocisku) przy pomocy modelu FBD 'fuzji przez dyfuzję' i testowanie tego modelu wykorzystując wszystkie istniejące dane eksperymentalne, w których w reakcjach fuzja-wyparowanie uzyskiwano różne izotopy No w reakcjach wywołanych jądrami 48-Ca na różnych izotopach Pb. Główny nacisk zostanie położony na określenie prawdopodobieństwa fuzji i badanie zależności tego prawdopodobieństwa od asymetrii pocisk-tarcza w kanale wejściowym.

"Badanie funkcji odpowiedzi detektora MTAS na neutrony emitowane po rozpadzie beta"

Opiekun: dr hab. Marek Karny

Detektor MTAS jest największym na świecie detektorem typu TAS (Total Absorption Spectrometer) używanym do badań rozpadu beta. Podczas badań rozpadów beta neutrono-nadmiarowych jąder pochodzących z rozszczepienia ^{235}U obserwowanych jest wiele izotopów, które emitują tzw. neutrony opóźnione. Zadaniem pracy jest wzbogacenie aktualnie używanego kodu symulującego funkcje odpowiedzi detektora MTAS na promieniowanie gamma o możliwość symulacji zdarzeń w których emitowany jest neutron. Kod symulacyjny napisany został w oparciu o pakiet GEANT4 w języku C++.

Wymagania: Zaliczone przedmioty związane z fizyką jądrową wymagane przez program oraz umiejętność programowania w C++.

"Korelacje kątowe w pomiarach fizyki jądrowej"

Opiekun: dr Agnieszka Korgul

Badanie korelacji kątowych kwantów gamma jest ważnym narzędziem pozwalającym określić spin poziomów wzbudzonych w jądrze. Celem pracy jest przygotowanie i przetestowanie układu do

pomiaru korelacji kątowych składających się z 2 detektorów scyntylacyjnych z kryształem NaI oraz oscyloskopu cyfrowego. Dodatkowo, praca może być rozszerzona o analizę kątową kątowych kwantów gamma emitowanych ze stanów wzbudzonych ^{69}Zn . Eksperyment został wykonany w laboratorium ILL Grenoble (Francja).

Zakład Fizyki Biomedycznej

Patrz: Tematy prac licencjackich proponowane przez Zakład Fizyki Biomedycznej studentom kierunku ZFBM specjalności Fizyka medyczna i Neuroinformatyka.

TEMATY PRAC LICENCJACKICH Z EKONOFIZYKI specjalność Metody fizyki w ekonomii (Ekonofizyka)

Analiza uskoków bifurkacyjnych na rynkach finansowych metodami fizyki statystycznej

Opiekun: prof. Ryszard Kutner (email: erka@fuw.edu.pl)

Opis

W pracy należałoby zbadać dynamiczne przemiany fazowe typu bifurkacyjnego (pierwszego rodzaju) jakie towarzyszą tworzeniu się baniek giełdowych. Praca miałaby głównie charakter empiryczny - składałaby się z części wstępnej w której należałoby wyłowić taką przemianę wśród notowań giełdowych i z części zasadniczej w której dokonywana byłaby jej analiza przy udziale teorii katastrof.

[1] Z.R. Struzik, *Catastrophic events that matter*, Book of Abstracts oraz Prezentacja, 8 Sympozjum FENS, Rzeszów 2015, webpage: <http://science24.com/event/fens2015/>

[2] M. Kozłowska et al., *Empirical symptoms of catastrophic bifurcations on financial markets: A phenomenological approach*, arXiv:1402.4047 [q-fin.ST].

Więcej informacji u opiekuna pracy.

Badanie nadmiernych (ponad-progowych) strat rynkowych metodami fizyki statystycznej

Opiekun: prof. Ryszard Kutner (email: erka@fuw.edu.pl)

(Temat zarezerwowany Dominik Klockowski)

Opis

Zasadniczym celem pracy jest badanie nadmiernych (ponadprogowych) strat na różnych rynkach a w tym zwłaszcza analiza ich uniwersalnych własności przejawiających się w postaci własności

skalowania. Detekcja warunków, w tym mikroskopowych, w jakich wspomniana własność skalowania pojawia się jest zasadniczym zadaniem pracy.

[1] R. Kutner, *Universality of market superstatistics. Superscaling*, Book of Abstracts oraz Prezentacja, 8 Sympozjum FENS, Rzeszów 2015, webpage:

<http://science24.com/event/fens2015/>

[2] M. Denys, M. Jagielski, T. Gubiec, R. Kutner, H.E. Stanley, *Universality of market superstatistics*, arXiv:1509.06315

Więcej informacji u opiekuna pracy.

Analiza ataków terrorystycznych metodami teorii grafów

Opiekun: prof. Ryszard Kutner (email: erka@fuw.edu.pl)

Opis

Zasadniczymi celami pracy są: 1) zbadanie odporności sieci złożonej na przypadkowe wyłączenia węzłów, czyli zbadanie podatności sieci na jej rozpójnienie oraz 2) zbadanie roli najlepiej usieciwionych węzłów w sytuacji ataku terrorystycznego na sieć. W obu sytuacjach chodzi o znalezienie warunków krytycznych funkcjonowania sieci oraz zbudowanie diagramu fazowego ułatwiającego badanie globalnych własności sieci.

[1] A. Fronczak, P. Fronczak, *Świat sieci złożonych. Od fizyki do internetu*, rozdz. 5.3.2, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.

[2] D. Horvatic, *The Cost of Attack in Competing Networks*, Book of Abstracts oraz Prezentacja, 8 Sympozjum FENS, Rzeszów 2015, webpage: <http://science24.com/event/fens2015/>

Więcej informacji u opiekuna pracy.

Badanie ewolucji kultur i subkultur metodami fizyki statystycznej

Opiekun: dr Tomasz Gubiec (email: tomasz.gubiec@fuw.edu.pl) lub prof. Ryszard Kutner (email: erka@fuw.edu.pl)

Opis

Chodzi o zbadanie dwóch skrajnych sytuacji: z jednej strony konwergencji kultur i subkultur z drugiej strony ich separacji. Oba rozwiązania należy zbadać na drodze symulacji numerycznych w ramach kanonicznego modelu Axelroda [1] lub jego bezpośredniego rozszerzenia.

[1] R. Axelrod, *The Dissemination of Culture: A. Model with Local Convergence and Global Polarization*, J. Conflict Resolution 41(2), 203-226 (1997).

Zakład Optyki

Propozycje dla kierunku Fizyka

Fotojonizacja ośrodka ultrakrótkim impulsem laserowym – modelowanie z użyciem kart graficznych

Opiekun: prof. Czesław Radzewicz, dr Tomasz Kardaś

Wysokoenergetyczny ultrakrótki impuls światła może jonizować ośrodek w którym się porusza. Prowadzi to do powstania w ośrodku nici świecącej plazmy - filamentów. W Zakładzie Optyki rozwijane jest narzędzie pozwalające na równoległe rozwiązywanie zwyczajnych równań różniczkowych metodami implícite. Narzędzie zaimplementowane jest z użyciem technologii CUDA – obliczeń na kartach graficznych.

Praca polegać będzie na implementacji metody o zmiennym kroku czasowym oraz użycie nowej metody do rozwiązania zagadnienia fotojonizacji. Konieczna znajomość podstaw programowania obiektowego w języku C++.

Propagacja impulsów poza przybliżeniem przyosiowym

Opiekun: prof. Czesław Radzewicz, dr Tomasz Kardaś

Przy generacji splątanych par fotonów, w procesie wzmacniania parametrycznego i przy sumowaniu częstości stosowane są konfiguracje doświadczalne, gdzie oddziałują ze sobą niewspółosiowo poruszające się wiązki światła. Oddziaływania te dobrze opisuje rozwijany w Zakładzie Optyki model propagacji impulsów. Dla wiązek poruszających się względem siebie pod dużym kątem załamuje się stosowane w obecnym modelu przybliżenie przyosiowe.

Praca polegać będzie na zaimplementowaniu poprawki pozwalającej na wyjście poza przybliżenie przyosiowe i jej integrację z istniejącym modelem. Mile widziana znajomość języka Matlab.

Modelowanie wzmocnienia emisji spontanicznej w laserze ultraszybkim

Opiekun: prof. Czesław Radzewicz, dr Tomasz Kardaś

We wnętrzu ultraszybkiego lasera ultrakrótki impuls światła okresowo przebiega przez ośrodek laserowy. Co dzieje się w podczas jego nieobecności? W ośrodku rośnie populacja stanów wzbudzonych i następuje wzmacnianie fotonów emisji spontanicznej.

Praca polegać będzie na implementacji modelu ośrodka laserowego opartego o znane równania różniczkowe cząstkowe oraz wykonaniu obliczeń dla współczesnych laserów światłowodowych opartych na szkłe domieszkowanym iterbem.

Kompensacja dyspersji we wzmacniaczach światłowodowych.

Opiekun: dr hab. Yuriy Stepanenko

Szkło krzemionkowe, z którego wykonywany jest rdzeń większości standardowych światłowodów komunikacyjnych posiada dodatni współczynnik dyspersji trzeciego rzędu. Ten rząd dyspersji nie może być kompensowany za pomocą powszechnie używanych kompresorów siatkowych lub pryzmatycznych używanych do sprowadzania rozciągniętego w czasie impulsu laserowego do ultrakrótkiego czasu trwania. Celem pracy jest wykorzystanie światłowodowej siatki Bragga z ujemnym współczynnikiem dyspersji III rzędu by zniwelować jej wpływ na czasową obwiednię impulsu.

W ramach pracy konieczne będzie zapoznanie się z teorią propagacji ultrakrótkich impulsów laserowych w materiałach o różnej dyspersji oraz przeprowadzenie eksperymentu mającego na celu niwelację fazy III rzędu i uzyskanie najkrótszego impulsu - zbliżonego do czasu trwania wynikającego z transformaty Fouriera widma impulsu.

Optyczna detekcja biomarkerów nowotworowych w powietrzu

wydychanym z płuc

Opiekun: prof. dr hab. Tadeusz Stacewicz

Wczesna diagnoza chorób, a szczególnie chorób nowotworowych, jest czynnikiem decydującym o skuteczności leczenia. Obecnie brakuje metod pozwalających przeprowadzać skuteczne badania przesiewowe w dużej grupie pacjentów. Rozwiązaniem może być zastosowanie współczesnej optoelektroniki spektroskopii laserowej.

W powietrzu wydychanym przez człowieka, już na wczesnym etapie choroby nowotworowej, mogą pojawiać się w nadmiarowych koncentracjach pewne związki chemiczne (jak formaldehyd, etan, pentan itp.), świadczące o stanie pacjenta. Ich skuteczne wykrywanie może być przeprowadzone metodami optycznymi. Badania takie są bezinwazyjne, bezbolesne, a rezultaty otrzymuje się w po kilkuminutowej analizie próbki powietrza.

Praca licencjacka polegać będzie na analizie widm absorpcji markerów nowotworowych występujących w oddechu ludzkim i określeniu metod spektroskopii laserowej najlepiej nadających się do wykrywania tych związków. Niewykluczone są prace doświadczalne na ten temat.

Budowa ultrajasnego źródła par splątanych fotonów

Opiekun: dr Radosław Łapkiewicz

W procesie spontanicznego parametrycznego podziału częstości (ang. Spontaneous parametric down conversion, SPDC) fotony są emitowane w parach. Suma energii dwóch fotonów z pary jest równa energii fotonu pompy, co oznacza, że przy wąskopasmowej pompie, suma energii jest dobrze zdefiniowana. Dodatkowo, fotony z jednej pary są skorelowane w czasie, a czas korelacji dany jest przez ich czas spójności, który może być bardzo krótki. Umożliwia to efektywną absorpcję dwufotonową przy niskich natężeniach.

W ramach projektu zostanie zaprojektowane, zbudowane i scharakteryzowane źródło SPDC o możliwie największej jasności, co w dalszych częściach projektu (wykraczających poza pracę licencjacką) umożliwi obserwację procesów nieliniowych z udziałem splątanych fotonów. Źródło będzie pompowane laserem pracy ciągłej o wąskim widmie, a kryształy będą dobrane do szerokowidmowego podziału częstości. W konsekwencji, otrzymamy bardzo wąską antykorelację energii i fotonów z par (o szerokości danej przez szerokość widma lasera pompującego) i wąską korelację w czasie (daną przez czas spójności pojedynczych fotonów z par).

Wymagam wytrwałości w pracy laboratoryjnej i zrozumienia podstaw optyki kwantowej. Oferuję uczestnictwo w ambitnym projekcie badawczym i możliwość opanowania najnowszych technik optyki.

Pomiary przestrzennych i spektralnych własności światła kwantowego z użyciem kamery ze wzmacniaczem obrazu

Opiekun: dr Radosław Łapkiewicz

W ostatnich latach szybki rozwój technologii umożliwił wkroczenie optyki (kwantowej) na nowy obszar. Kamery czułe na pojedyncze fotony z nanosekundową rozdzielczością czasową umożliwiają rejestrację par fotonów z rozdzielczością przestrzenną. To z kolei pozwala na łączenie efektów kwantowych z obrazowaniem i spektroskopią.

Celem projektu jest uruchomienie i charakteryzacja układu detekcji par fotonów z rozdzielczością przestrzenną i nanosekundową rozdzielczością czasową opartego na kamerze sCMOS ze wzmacniaczem obrazu. Do testów układu użyte zostanie źródło par fotonów oparte na procesie spontanicznego parametrycznego podziału częstości. Podobne źródła były w ostatnich dekadach wykorzystywane w licznych eksperymentach z optyki i informacji kwantowej.

Projekt jest wymagający, dlatego konieczne jest pełne zaangażowanie i gotowość do uczenia się nowych technik doświadczalnych i szybkiego przyswajania wiedzy z publikacji naukowych. Zastosowanie kamer do obserwacji zjawisk optyki kwantowej może prowadzić do ciekawych wyników i rozwinięcia nowych technik.

Macierz światłowodów jednomodowych do chłodzenia laserowego ultrazimnych mieszanin.

Opiekun: dr Mariusz Semczuk

Wiązki laserowe używane w eksperymentach z ultrazimnymi atomami najczęściej wytwarzane są w fizycznie odseparowanych lokalizacjach i następnie muszą zostać pokryte przestrzennie w obszarze, gdzie znajdują się atomy. W wielu eksperymentach konieczne jest pokrycie przestrzenne wiązek o długościach fal różniących się o zaledwie 1 pikometr (np. pracując z mieszaninami izotopowymi) przy jednoczesnym zapewnieniu jednakowej polaryzacji wszystkich wiązek i minimalizacji strat mocy. Wymogi powyższe uniemożliwiają wykorzystanie luster dichroicznych czy elementów polaryzacyjnych.

Celem pracy będzie zbudowanie macierzy składającej się z 2-10 światłowodów jednomodowych zachowujących polaryzację, to jest konstrukcja urządzenia podobnego do komercyjnie dostępnych macierzy używających światłowodów wielomodowych. Konieczne będzie opracowanie metody orientacji i trwałego połączenia światłowodów tak, by ich osie optyczne były równoległe. Po dodaniu soczewki kolimującej wiązkę opuszczającą światłowodów, powstałe urządzenie będzie kompatybilne ze standardowymi uchwytami optomechanicznymi. Mimo małego przesunięcia środków poszczególnych, skolimowanych wiązek nie stanowi to ograniczenia w typowych eksperymentach używających wiązek o średnicy rzędu 1 cm. Metoda produkcji i protokół testowy powinny być opracowane tak, by możliwe stało się łatwe wytwarzanie wielu układów tego rodzaju.

Jest to praca typowo doświadczalna dla osoby, która nie boi się „pobrudzić sobie rąk” i jednocześnie jest zainteresowana zdobyciem doświadczenia w pracy z laserami, światłowodami, urządzeniami do detekcji promieniowania optycznego oraz chciałaby poznać podstawy optyki – doświadczenie takie jest bardzo przydatne np. w przemyśle optoelektronicznym.

Potencjalna użyteczność tego typu urządzenia w fizyce eksperymentalnej jest bardzo duża, prawdopodobne jest zatem powstanie artykułu naukowego bazującego na wynikach pracy licencjackiej.

Układ laserowy do chłodzenia i pułapkowania atomów potasu w pułapce magneto-optycznej

Opiekun: dr Mariusz Semczuk

Przypadkowo zapytany człowiek z pewnością stwierdzi, że światło lasera podgrzewa materię. Wbrew codziennemu doświadczeniu okazuje się jednak, że lasery mogą być wykorzystane również do chłodzenia. Ta koncepcja, zaproponowana w latach 70tych, do dnia dzisiejszego jest szeroko wykorzystywana przez rzesze naukowców zajmujących się precyzyjnymi pomiarami, symulacjami kwantowymi, detekcją fal grawitacyjnych czy też interferometrią atomową. Technika chłodzenia laserowego była również nagrodzona nagrodą Nobla w 1997 roku i pośrednio przyczyniła się do otrzymania wyników nagrodzonych nagrodą Nobla w roku 2001.

Celem pracy będzie zbudowanie układu laserowego, który zostanie wykorzystany w nowopowstającym laboratorium do chłodzenia atomów **potasu** w pułapce magneto-optycznej. Najważniejsze zadania, których wykonanie jest elementem proponowanej pracy licencjackiej to: a) uruchomienie lasera MOPA (*Master Oscillator Power Amplifier*) i wystabilizowanie częstości generowanego światła do linii D2 **potasu**, co zapewnia pracę na częstości rezonansowej z przejściem atomowym, b) ustawienie torów optycznych odpowiadających wiązkom do spowalniania atomów w spowalniaczu Zeemana, ich chłodzenia w pułapce magneto-optycznej i do obrazowania absorbcyjnego, c) przesunięcie częstości wiązek laserowych w poszczególnych torach optycznych przy użyciu modulatorów akusto-optycznych d) charakteryzacja szybkości włączania/wyłączania wiązek

laserowych, gdzie rolę przesłony blokującej światło będą pełniły modulatory akusto-optyczne, e) sprzęgnięcie wiązek laserowych do światłowodów jednomodowych.

Praca umożliwi zapoznanie się z technikami laserowymi wykorzystywanymi w eksperymentach z ultrazimnymi atomami, umożliwiając nabycie doświadczenia w pracy z wąskopasmowymi laserami pracy ciągłej oraz metodami diagnostyki i charakteryzacji wiązek laserowych przy użyciu oscyloskopów, analizatorów widma i mierników mocy. Dodatkowo narzędzia, które będą wykorzystane w pracy licencjackiej (komercyjne układy firmy Toptica), są szeroko stosowane zarówno w wielu dziedzinach fizyki jak i w przemyśle, zwłaszcza w optoelektronice i telekomunikacji.

Należy podkreślić, że zbudowany układ będzie wykorzystany do wytwarzania cząsteczek KCs, zatem przez najbliższe 5-10 lat będzie integralną częścią unikalnego w skali światowej układu eksperymentalnego.

Układ laserowy do chłodzenia i pułapkowania atomów cezu w pułapce magneto-optycznej **Opiekun: dr Mariusz Semczuk**

Przypadkowo zapytany człowiek z pewnością stwierdzi, że światło lasera podgrzewa materię. Wbrew codziennemu doświadczeniu okazuje się jednak, że lasery mogą być wykorzystane również do chłodzenia. Ta koncepcja, zaproponowana w latach 70tych, do dnia dzisiejszego jest szeroko wykorzystywana przez rzesze naukowców zajmujących się precyzyjnymi pomiarami, symulacjami kwantowymi, detekcją fal grawitacyjnych czy też interferometrią atomową. Technika chłodzenia laserowego była również nagrodzona nagrodą Nobla w 1997 roku i pośrednio przyczyniła się do otrzymania wyników nagrodzonych nagrodą Nobla w roku 2001.

Celem pracy będzie zbudowanie układu laserowego, który zostanie wykorzystany w nowopowstającym laboratorium do chłodzenia atomów **cezu** w pułapce magneto-optycznej. Najważniejsze zadania, których wykonanie jest elementem proponowanej pracy licencjackiej to: a) uruchomienie lasera MOPA (*Master Oscillator Power Amplifier*) i wystabilizowanie częstości generowanego światła do linii D2 **cezu**, co zapewnia pracę na częstości rezonansowej z przejściem atomowym, b) ustawienie torów optycznych odpowiadających wiązkom do spowalniania atomów w spowalniaczu Zeemana, ich chłodzenia w pułapce magneto-optycznej i do obrazowania absorbcyjnego, c) przesunięcie częstości wiązek laserowych w poszczególnych torach optycznych przy użyciu modulatorów akusto-optycznych d) charakteryzacja szybkości włączania/wyłączania wiązek laserowych, gdzie rolę przesłony blokującej światło będą pełniły modulatory akusto-optyczne, e) sprzęgnięcie wiązek laserowych do światłowodów jednomodowych.

Praca umożliwi zapoznanie się z technikami laserowymi wykorzystywanymi w eksperymentach z ultrazimnymi atomami, umożliwiając nabycie doświadczenia w pracy z wąskopasmowymi laserami pracy ciągłej oraz metodami diagnostyki i charakteryzacji wiązek laserowych przy użyciu oscyloskopów, analizatorów widma i mierników mocy. Dodatkowo narzędzia, które będą wykorzystane w pracy licencjackiej (komercyjne układy firmy Toptica), są szeroko stosowane zarówno w wielu dziedzinach fizyki jak i w przemyśle, zwłaszcza w optoelektronice i telekomunikacji.

Należy podkreślić, że zbudowany układ będzie wykorzystany do wytwarzania cząsteczek KCs, zatem przez najbliższe 5-10 lat będzie integralną częścią unikalnego w skali światowej układu eksperymentalnego.

Zintegrowany układ modulatora akusto-optycznego z podwójnym przejściem

Opiekun: dr Mariusz Semczuk

Przesuwanie częstotliwości światła laserowego często opiera się na dyfrakcji światła w materiale, którego współczynnik załamania jest modulowany przez fale dźwiękowe. W efekcie światło np. w pierwszym rzędzie dyfrakcyjnym jest przesunięte o częstość fali dźwiękowej (rzędu 100 MHz) i opuszcza materiał pod pewnym kątem względem wiązki początkowej. Urządzenia wykorzystujące to zjawisko, tzw. modulatory akusto-optyczne, umożliwiają zatem kontrolowane przesuwanie częstości światła. Ceną za to jest jednak zmiana kierunku propagacji wiązki (gdyż kąt dyfrakcji ulega zmianie wraz ze zmianą częstości fali dźwiękowej).

W wielu zastosowaniach wymagających sprzęgania światła do światłowodów konieczne jest *jednoczesne* przesuwanie częstości i utrzymanie stabilności kierunku propagacji wiązki, co osiąga się używając modulatorów akusto-optycznych w konfiguracji z podwójnym przejściem. Jednak takie rozwiązanie ma również wady, gdyż konfiguracja z podwójnym przejściem wymaga długich dróg optycznych, zajmując cenną przestrzeń w laboratorium. Wiąże się z tym także pewna niestabilność układu. W związku z tym rozwiązania takie są ograniczone niemal wyłącznie do warunków laboratoryjnych, w przeciwieństwie do układów z pojedynczym przejściem, które mogą być np. całkowicie oparte o światłowody, przez co są kompaktowe i mało wrażliwe na warunki zewnętrzne.

Celem pracy będzie zbudowanie zintegrowanego układu modulatora akusto-optycznego z podwójnym przejściem, w którym drogi optyczne będą odpowiednio zakrzywione przy pomocy zwierciadeł, aby zminimalizować powierzchnię zajmowaną przez układ. Wiązka wejściowa będzie pochodziła ze światłowodu jednomodowego. Do światłowodu tego typu sprzężona zostanie również wiązka wyjściowa. Elementy optyczne będą rozmieszczone tak, by umożliwić miniaturyzację i uczynić układ jak najbardziej monolitycznym, przybliżając go do standardów oczekiwanych od urządzeń komercyjnych. Docelowo układ powinien pracować bez zakłóceń nawet gdy będzie potrząsany – w idealnym przypadku przejdzie testy na stole wibracyjnym. Tym samym możliwe będzie wykazanie jego użyteczności do układów mobilnych.

Jeśli parametry zbudowanego układu sprostają oczekiwaniom, prawdopodobne jest powstanie artykułu opartego na przeprowadzonych badaniach. Dodatkowo, zostanie wtedy zbudowanych kilka takich urządzeń, które zostaną wykorzystane w układach laserowych w nowopowstającym laboratorium.

Fotoasocjacja ultrazimnych atomów i jej zastosowania

Opiekun: prof. dr hab. Paweł Kowalczyk

Fotoasocjacja stała się w ostatnich latach potężnym narzędziem służącym do wytwarzania ultrazimnych cząsteczek dwuatomowych, homo i heterojądrowych, w wybranych stanach energetycznych, w tym również w absolutnym stanie podstawowym. Tematem pracy będzie wyjaśnienie podstaw fizycznych metody fotoasocjacji i omówienie możliwości jej zastosowań, zarówno bezpośrednich (np. w spektroskopii wysokiej zdolności rozdzielczej), jak i pośrednich (jako

przygotowanie do dalszych eksperymentów, np. z dziedziny tzw. zimnej chemii lub informatyki kwantowej). Celem pracy będzie zapoznanie się z najnowszymi eksperymentami z ultrazimnymi cząsteczkami tworzonymi metodą fotoasocjacji, jak również zaletami i ograniczeniami tej metody w porównaniu do metod komplementarnych (np. magnetoasocjacji).

Obecnie w naszym laboratorium planowane są liczne doświadczenia z "zimną materią". Student, który wykaże się zaangażowaniem i znajomością tematu, będzie miał możliwość włączenia się w aktualnie prowadzone i zakrojone na szeroką skalę prace, mające na celu zbudowanie układu pozwalającego w pierwszym etapie na pułapkowanie dwóch rodzajów atomów metali alkalicznych w nakrywających się pułapkach magnetoptycznych (MOT). Następnym krokiem będzie fotoasocjacja oraz przejęcie kontroli nad stanami energetycznymi wytwarzanych cząsteczek. Budowa tego układu, zaplanowana na najbliższe kilka lat, jest finansowana z funduszy Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka "Fizyka u podstaw nowych technologii". Stwarza to doskonałą możliwość kontynuowania prac badawczych w czasie studiów magisterskich i doktoranckich.

Spektroskopia laserowa dwuatomowych cząsteczek metali alkalicznych

Opiekun: prof. dr hab. Paweł Kowalczyk

Przedmiotem pracy będzie wyznaczenie, na podstawie obserwowanych doświadczalnie widm wzbudzenia cząsteczek, tzw. stałych cząsteczkowych (energii wzbudzenia, częstości oscylacji i rotacji cząsteczki, odległości między jądrami) oraz zależności energii chmury elektronowej od odległości międzyjądrowej dla jednej z dwuatomowych cząsteczek metali alkalicznych badanych w Zakładzie Optyki. Wielkości takie mają podstawowe znaczenie dla przewidywania przebiegu szeregu procesów fizycznych, między innymi laserowego chłodzenia i pułapkowania atomów oraz tworzenia z nich ultrazimnych molekuł. Są też istotne dla testowania wyników obliczeń teoretycznych struktury energetycznej cząsteczek, prowadzonych metodami chemii kwantowej. Przewidujemy możliwość włączenia się studenta w aktualnie prowadzone prace doświadczalne – obserwację widm wzbudzenia cząsteczek techniką laserowej spektroskopii polaryzacyjnej. W Laboratorium Badań Molekularnych badamy cząsteczki dwuatomowe, obserwując ich widma optyczne nowoczesnymi metodami spektroskopii laserowej. Zajmujemy się przede wszystkim cząsteczkami metali alkalicznych (np. Na_2 , NaLi , KLi , NaRb , LiCs , NaCs), które są szczególnie ciekawe i dla eksperymentatorów, i dla teoretyków. Jako najprostsze cząsteczki dwuatomowe po cząsteczce wodoru są to doskonałe obiekty do rozwijania teoretycznych metod chemii kwantowej – nasze wyniki doświadczalne są więc nieodzowne do testowania poprawności modeli teoretycznych. Z drugiej strony, osiągnięta w ostatnich latach kondensacja Bosego-Einsteina w parach metali alkalicznych, oraz prace nad tworzeniem ultrazimnych cząsteczek i nad kondensatem molekularnym, stwarzają duże zapotrzebowanie na dokładne dane spektroskopowe dotyczące cząsteczek metali alkalicznych – takich danych dostarczają nasze doświadczenia. Na podstawie obserwowanych widm umiemy wyznaczyć odległość jąder w cząsteczce, częstość ich drgań, częstość obrotów cząsteczki, a przede wszystkim zależność siły oddziaływania atomów tworzących cząsteczkę od ich odległości. Wszystkie te wiadomości zawarte są w tzw. krzywej energii potencjalnej, charakteryzującej dany stan cząsteczki. Krzywa ta z jednej strony obrazuje zależność energii oddziaływania atomów tworzących cząsteczkę od odległości między nimi, z drugiej przedstawia jamę potencjału, w której drgają jądra składowych atomów.

Wyznaczenie kształtu takich krzywych jest głównym celem naszych doświadczeń.

Spektroskopia optoakustyczna i optotermiczna

Opiekun: prof. dr hab. Paweł Kowalczyk

Technika spektroskopii optoakustycznej pozwala na wykrywanie znikomych koncentracji cząsteczek jednego rodzaju w obecności innych cząsteczek o znacznie większej koncentracji.

Przykładem jej zastosowania jest detekcja zanieczyszczeń gazowych w atmosferze. Metoda spektroskopii optotermicznej pozwala z kolei wykryć obecność wzbudzonych cząsteczek w innych skrajnych warunkach – w tzw. strumieniu cząsteczkowym. Planowana praca powinna zawierać omówienie zasad obu technik i przedstawić przegląd ich wybranych zastosowań w oparciu o dostępną literaturę przedmiotu.

Konstrukcja dyspersyjnego spektrometru o wysokiej rozdzielczości

Opiekun: dr Michał Karpiński

Celem pracy będzie skonstruowanie spektrometru wykorzystującego mapowanie widmo-czas w ośrodku o wysokiej dyspersji. Jako ośrodek dyspersyjny wykorzystane zostanie włókno optyczne z siatką Braggowską o zmiennym okresie [Muriel99]. Podczas realizacji projektu zapoznasz się ze spawaniem światłowodów, czasoworozdzielczym zliczaniem pojedynczych fotonów i wykorzystasz te techniki do realizacji spektrometru. Wykonasz również interfejs graficzny w środowisku LabView.

[Muriel99] M. A. Muriel, J. Azaña, A. Carballar, *Real-time Fourier transformer based on fiber gratings*, Opt. Lett. **24**, 1 (1999).

Przegląd literatury nt. ultraszybkiego optycznego przetwarzania informacji

Opiekun: dr Michał Karpiński

Techniki całkowicie optycznego przetwarzania informacji są obecnie niezwykle intensywnie rozwijane [Torres11]. Celem pracy będzie dokonanie przeglądu istniejącej literatury dotyczącej wykorzystania tych technik w zastosowaniach telekomunikacyjnych. Ponadto celem pracy będzie zidentyfikowanie narzędzi mogących znaleźć zastosowanie w układach komunikacji kwantowej.

[Torres11] V. Torres-Company, J. Lancis, P. Andrés, Space-time analogies in optics, w: Progress in Optics, Elsevier, vol. 56, ss. 1-80 (2011).

Przegląd literatury nt. wykorzystania ultraszybkiej spektrometrii i obrazowania w zastosowaniach biomedycznych

Opiekun: dr Michał Karpiński

Techniki ultraszybkich całkowicie optycznych metod pomiarów widmowych i obrazowania [Goda13] zaczynają znajdować zastosowania w badaniu układów biologicznych. Celem pracy będzie dokładny przegląd istniejącej literatury dotyczącej wykorzystania tych technik do próbkowania układów biologicznych i na jego podstawie zidentyfikowanie obszarów, gdzie możliwe są ich nowe zastosowania. W przypadku szybkiego zidentyfikowania ciekawego zagadnienia możliwe będzie rozszerzenie projektu o składnik eksperymentalny.

[Goda13] K. Goda, B. Jalali, *Dispersive Fourier transformation for fast continuous single-shot measurements*, Nature Photon. **7**, 102 (2013).

Detekcja fotoakustyczna absorpcji światła w cieczech

Opiekun: dr Piotr Fita

W ramach pracy licencjackiej badany będzie tzw. efekt fotoakustyczny, który polega na wzbudzeniu fali akustycznej w ośrodku modulowaną wiązką światła (np. w postaci ciągu impulsów laserowych). Poprzez detekcję fali akustycznej za pomocą odpowiedniej sondy (mikrofonu lub hydrofonu) można wykrywać bardzo słabą absorpcję światła: absorpcja światła powoduje lokalne nagrzewanie ośrodka, co skutkuje zmianą jego gęstości, prowadzącą do wzbudzenia fali akustycznej. Ponieważ jest to technika bez tła (brak absorpcji odpowiada zerowej amplitudzie fali akustycznej), pozwalająca na zastosowanie detekcji fazoczułej, skutecznie eliminującej szumy, możliwe jest osiągnięcie bardzo wysokiej czułości.

Celem pracy licencjackiej będzie zbudowanie układu pomiarowego pozwalającego na badanie absorpcji światła w roztworach barwników organicznych i jego optymalizacja pod kątem maksymalnej czułości. Ponieważ w ramach pracy konieczne będzie samodzielne wykonanie hydrofonu i komórki pomiarowej od studenta oczekiwana jest sprawność w drobnych pracach mechanicznych i znajomość podstaw elektroniki.

Zjawiska optyczne w ośrodkach niejednorodnych

Opiekun: dr Piotr Fita

W ośrodkach niejednorodnych, takich jak np. emulsje i zawiesiny, wiele cząsteczek znajduje się na granicy dwóch faz (na powierzchni kropelek, nanocząstek). Własności obszaru rozdzielającego dwie fazy mogą być zdecydowanie inne niż własności ośrodków tworzących te fazy, występujących samodzielnie. Może to prowadzić do takich efektów jak zmiana czasu życia stanu wzbudzonego cząsteczek na granicy faz lub zmiana ich widma absorpcji i emisji. Ponadto, ze względu na złamaną na powierzchni symetrię inwersyjną, możliwe jest tzw. rozpraszanie hiper-Rayleigha, w którym fotony rozproszone mają dwa razy większą energię niż fotony padające na ośrodek.

Praca licencjacka ma charakter doświadczalny i obejmuje zbudowanie układu pomiarowego pozwalającego na detekcję światła rozproszonego lub wyemitowanego przez cząsteczki zaadsorbowane na granicy faz w zawiesinie, emulsji lub roztworze miceli. Ze względu na bardzo małe natężenia światła, które trzeba rejestrować, jednym z wyzwań będzie zbudowanie układu pomiarowego o odpowiednio dużej czułości i niewrażliwego na światło docierające z otoczenia. Uruchomiony i scharakteryzowany układ pomiarowy zostanie wykorzystany w oryginalnych badaniach naukowych.

Konstrukcja elektronicznej aparatury pomiarowej

Opiekun: dr Piotr Fita

W ostatnich latach powstało wiele otwartych platform umożliwiających łatwe wykorzystanie nowoczesnej technologii mikroprocesorowej oraz programowalnych układów cyfrowych. Na platformy te składają się gotowe płytki elektroniczne z układami programowalnymi wprost z komputera PC i bezpośrednio dostępnymi portami wejścia/wyjścia a także środowiska umożliwiające ich programowanie w języku wysokiego poziomu (np. C). Zakres dostępnych urządzeń rozciąga się od układów wykorzystujących małe mikrokontrolery po komputery o dużej mocy obliczeniowej oraz złożone układy logiki programowalnej (FPGA). Niska cena tych urządzeń oraz bardzo obszerna baza już gotowych rozwiązań udostępnionych przez skupione wokół tych platform środowisko pozwala w

łatwy i tani sposób wykorzystywać je w laboratoriach badawczych, zastępując wielokrotnie bardziej kosztowne i mniej elastyczne rozwiązania komercyjne.

Celem pracy licencjackiej jest skonstruowanie i oprogramowanie prostego urządzenia elektronicznego wykorzystywanego w optycznych układach doświadczalnych w oparciu o platformę Arduino (ewentualnie inną, w porozumieniu z opiekunem).

Trójwymiarowa, dwufotonowa fotolitografia – możliwości i ograniczenia

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Praca przede wszystkim doświadczalna. Poznanie technik wytwarzania oraz charakteryzacji mikrostruktur optycznych w Pracowni Nanostruktur Fotonicznych. Samodzielne zaprojektowanie, wykonanie i zbadanie własności prostych struktur, np. siatek fazowych (M. Nawrot, Ł. Zinkiewicz, B. Włodarczyk, and P. Wasylczyk, "Transmission phase gratings fabricated with direct laser writing as color filters in the visible," Opt. Express 21, 31919- 31924 (2013)).

Zbadanie możliwości i ograniczeń dostępnej technologii fotolitografii. Możliwość nauczania się solidnego warsztatu badawczego (współczesne układy optyczne, laserowe, skaningowa mikroskopia elektronowa), będzie też może coś do policzenia (rozwiązywanie równań propagacji światła w strukturach fotonicznych).

Trójwymiarowa fotolitografia z użyciem wiązek kształtowanych holograficznie

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (3 miesiące), przygotowanie i charakteryzację wiązek kształtowanych przy pomocy masek fazowych (1 miesiąc) oraz wykonanie (1 miesiąc) i badanie (1 miesiąc) trójwymiarowych mikro- i nano struktur polimerowych. Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin).

W zamian oferuję możliwość opanowania unikalnej technologii, poznanie współczesnych technik badawczych (np. mikroskopia elektronowa), pracę w nowoczesnym laboratorium optycznym i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Sondy światłowodowe wykonane przy pomocy dwufotonowej fotolitografii 3D

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (2 miesiące), zaprojektowanie i wykonanie szeregu sond do mikroskopii bliskiego pola (SNOM) (1 miesiąc) oraz przetestowanie ich w mikroskopie SNOM (1 miesiąc). Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin). W zamian oferuję możliwość opanowania unikalnej w skali świata technologii, pracę w nowoczesnym laboratorium optycznym, poznanie współczesnych technik badawczych (mikroskopia elektronowa, mikroskopia bliskiego pola), i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Polimery ciekłokrystaliczne i ich zastosowanie do wytwarzania trójwymiarowych mikrostruktur

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna z pogranicza fizyki, chemii i inżynierii materiałowej. Planowane jest opanowanie od podstaw technologii ciekłokrystalicznych polimerów i wykonanie przy ich pomocy mikrostruktur (mechanicznych, fotonicznych) za pomocą dwufotonowej fotolitografii 3D. Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) i gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin).

W zamian oferuję możliwość udziału w pionierskich pracach przy nowej technologii, poznanie współczesnych technik badawczych (mikroskopia elektronowa i optyczna), i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Sondy do testowania materiałów w mikroskali wykonane przy pomocy dwufotonowej fotolitografii 3D

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (2 miesiące), zaprojektowanie i wykonanie szeregu sond (taranów) które będą używane, w połączeniu z pęsetą optyczną do testowania własności materiałów (np. sztywności błony komórkowej) w mikroskali (2 miesiąc). Część pomiarów we współpracy z Politechniką Wrocławską. Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin).

W zamian oferuję możliwość opanowania unikalnej w skali świata technologii, pracę w nowoczesnym laboratorium optycznym, poznanie współczesnych technik badawczych (mikroskopia elektronowa, technologia pęsety optycznej), i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Mikrorezonatory pierścieniowe wykonane techniką Direct Laser Writing

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Planowane jest wykonanie przy pomocy techniki trójwymiarowej fotolitografii układów rezonatorów pierścieniowych o rozmiarach rzędu pojedynczych mikrometrów i zbadanie ich zachowania przy wzbudzeniu tzw. whispering gallery modes. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (2 miesiące), projektowanie i wykonanie struktur rezonatorów (2 miesiące) oraz zbadanie ich właściwości optycznych (1 miesiąc). Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) i gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium.

W zamian oferuję możliwość opanowania współczesnych technik fabrykacji (DWL) i charakteryzacji (mikroskopia SEM) w mikroskali i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Badanie absorpcji optycznej naturalnych i syntetycznych diamentów jubilerskich

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Planowane jest wykonanie układu pomiarowego, jego przetestowanie i wykonanie pomiarów absorpcji w świetle widzialnym naturalnych i syntetycznych diamentów jubilerskich. Przewiduję projekt, budowę i uruchomienie układu pomiarowego (2 miesiące), pomiary i kalibrację układu (2 miesiące) oraz analizę zebranych danych (1 miesiąc). Konieczna cierpliwość i dokładność, zapał do majsterkowania i gotowość do wyłożonej pracy w laboratorium. W zamian oferuję możliwość udziału w unikatowym projekcie badawczym we współpracy z przemysłem i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Propozycje dla kierunku Inżynieria Nanostruktur

Detekcja fotoakustyczna absorpcji światła w cieczech

Opiekun: dr Piotr Fita

W ramach pracy licencjackiej badany będzie tzw. efekt fotoakustyczny, który polega na wzbudzeniu fali akustycznej w ośrodku modulowaną wiązką światła (np. w postaci ciągu impulsów laserowych). Poprzez detekcję fali akustycznej za pomocą odpowiedniej sondy (mikrofonu lub hydrofonu) można wykrywać bardzo słabą absorpcję światła: absorpcja światła powoduje lokalne nagrzewanie ośrodka, co skutkuje zmianą jego gęstości, prowadzącą do wzbudzenia fali akustycznej. Ponieważ jest to technika bez tła (brak absorpcji odpowiada zerowej amplitudzie fali akustycznej), pozwalająca na zastosowanie detekcji fazoczułej, skutecznie eliminującej szumy, możliwe jest osiągnięcie bardzo wysokiej czułości.

Celem pracy licencjackiej będzie zbudowanie układu pomiarowego pozwalającego na badanie absorpcji światła w roztworach barwników organicznych i jego optymalizacja pod kątem maksymalnej czułości. Ponieważ w ramach pracy konieczne będzie samodzielne wykonanie hydrofonu i komórki pomiarowej od studenta oczekiwana jest sprawność w drobnych pracach mechanicznych i znajomość podstaw elektroniki.

Zjawiska optyczne w ośrodkach niejednorodnych

Opiekun: dr Piotr Fita

W ośrodkach niejednorodnych, takich jak np. emulsje i zawiesiny, wiele cząsteczek znajduje się na granicy dwóch faz (na powierzchni kropelek, nanocząstek). Własności obszaru rozdzielającego dwie fazy mogą być zdecydowanie inne niż własności ośrodków tworzących te fazy, występujących samodzielnie. Może to prowadzić do takich efektów jak zmiana czasu życia stanu wzbudzonego cząsteczek na granicy faz lub zmiana ich widma absorpcji i emisji. Ponadto, ze względu na złamaną na powierzchni symetrię inwersyjną, możliwe jest tzw. rozpraszanie hiper-Rayleigha, w którym fotony rozproszone mają dwa razy większą energię niż fotony padające na ośrodek.

Praca licencjacka ma charakter doświadczalny i obejmuje zbudowanie układu pomiarowego pozwalającego na detekcję światła rozproszonego lub wyemitowanego przez cząsteczki zaadsorbowane na granicy faz w zawiesinie, emulsji lub roztworze miceli. Ze względu na bardzo małe natężenia światła, które trzeba rejestrować, jednym z wyzwań będzie zbudowanie układu pomiarowego o odpowiednio dużej czułości i niewrażliwego na światło docierające z otoczenia. Uruchomiony i scharakteryzowany układ pomiarowy zostanie wykorzystany w oryginalnych badaniach naukowych.

Konstrukcja elektronicznej aparatury pomiarowej

Opiekun: dr Piotr Fita

W ostatnich latach powstało wiele otwartych platform umożliwiających łatwe wykorzystanie nowoczesnej technologii mikroprocesorowej oraz programowalnych układów cyfrowych. Na platformy te składają się gotowe płytki elektroniczne z układami programowalnymi wprost z komputera PC i bezpośrednio dostępnymi portami wejścia/wyjścia a także środowiska umożliwiające ich programowanie w języku wysokiego poziomu (np. C). Zakres dostępnych urządzeń rozciąga się od układów wykorzystujących małe mikrokontrolery po komputery o dużej mocy obliczeniowej oraz złożone układy logiki programowalnej (FPGA). Niska cena tych urządzeń oraz bardzo obszerna baza już gotowych rozwiązań udostępnionych przez skupione wokół tych platform środowisko pozwala w łatwy i tani sposób wykorzystywać je w laboratoriach badawczych, zastępując wielokrotnie bardziej kosztowne i mniej elastyczne rozwiązania komercyjne.

Celem pracy licencjackiej jest skonstruowanie i oprogramowanie prostego urządzenia elektronicznego wykorzystywanego w optycznych układach doświadczalnych w oparciu o platformę Arduino (ewentualnie inną, w porozumieniu z opiekunem).

Trójwymiarowa, dwufotonowa fotolitografia – możliwości i ograniczenia

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Praca przede wszystkim doświadczalna. Poznanie technik wytwarzania oraz charakterystyki mikrostruktur optycznych w Pracowni Nanostruktur Fotonicznych. Samodzielne zaprojektowanie, wykonanie i zbadanie własności prostych struktur, np. siatek fazowych (M. Nawrot, Ł. Zinkiewicz, B. Włodarczyk, and P. Wasylczyk, "Transmission phase gratings fabricated with direct laser writing as color filters in the visible," Opt. Express 21, 31919- 31924 (2013)).

Zbadanie możliwości i ograniczeń dostępnej technologii fotolitografii. Możliwość nauczania się solidnego warsztatu badawczego (współczesne układy optyczne, laserowe, skaningowa mikroskopia elektronowa), będzie też może coś do policzenia (rozwiązywanie równań propagacji światła w strukturach fotonicznych).

Trójwymiarowa fotolitografia z użyciem wiązek kształtowanych holograficznie

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (3 miesiące), przygotowanie i charakteryzację wiązek

kształtowanych przy pomocy masek fazowych (1 miesiąc) oraz wykonanie (1 miesiąc) i badanie (1 miesiąc) trójwymiarowych mikro- i nano struktur polimerowych. Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin).

W zamian oferuję możliwość opanowania unikalnej technologii, poznanie współczesnych technik badawczych (np. mikroskopia elektronowa), pracę w nowoczesnym laboratorium optycznym i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Sondy światłowodowe wykonane przy pomocy dwufotonowej fotolitografii 3D

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (2 miesiące), zaprojektowanie i wykonanie szeregu sond do mikroskopii bliskiego pola (SNOM) (1 miesiąc) oraz przetestowanie ich w mikroskopie SNOM (1 miesiąc). Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin). W zamian oferuję możliwość opanowania unikalnej w skali świata technologii, pracę w nowoczesnym laboratorium optycznym, poznanie współczesnych technik badawczych (mikroskopia elektronowa, mikroskopia bliskiego pola), i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Polimery ciekłokrystaliczne i ich zastosowanie do wytwarzania trójwymiarowych mikrostruktur

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna z pogranicza fizyki, chemii i inżynierii materiałowej. Planowane jest opanowanie od podstaw technologii ciekłokrystalicznych polimerów i wykonanie przy ich pomocy mikrostruktur (mechanicznych, fonicznych) za pomocą dwufotonowej fotolitografii 3D. Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) i gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin).

W zamian oferuję możliwość udziału w pionierskich pracach przy nowej technologii, poznanie współczesnych technik badawczych (mikroskopia elektronowa i optyczna), i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Sondy do testowania materiałów w mikroskali wykonane przy pomocy dwufotonowej fotolitografii 3D

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (2 miesiące), zaprojektowanie i wykonanie szeregu sond (taranów) które będą używane, w połączeniu z pęsetą optyczną do testowania własności materiałów (np. sztywności błony komórkowej) w mikroskali (2 miesiąc). Część pomiarów we współpracy z Politechniką Wrocławską. Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin).

W zamian oferuję możliwość opanowania unikalnej w skali świata technologii, pracę w nowoczesnym laboratorium optycznym, poznanie współczesnych technik badawczych (mikroskopia elektronowa, technologia pęsety optycznej), i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Mikrorezonatory pierścieniowe wykonane techniką Direct Laser Writing

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Planowane jest wykonanie przy pomocy techniki trójwymiarowej fotolitografii układów rezonatorów pierścieniowych o rozmiarach rzędu pojedynczych mikrometrów i zbadanie ich zachowania przy wzbudzeniu tzw. whispering gallery modes. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (2 miesiące), projektowanie i wykonanie struktur rezonatorów (2 miesiące) oraz zbadanie ich właściwości optycznych (1 miesiąc). Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) i gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium.

W zamian oferuję możliwość opanowania współczesnych technik fabrykacji (DWL) i charakteryzacji (mikroskopia SEM) w mikroskali i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

Badanie absorpcji optycznej naturalnych i syntetycznych diamentów jubilerskich

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Planowane jest wykonanie układu pomiarowego, jego przetestowanie i wykonanie pomiarów absorpcji w świetle widzialnym naturalnych i syntetycznych diamentów jubilerskich. Przewiduję projekt, budowę i uruchomienie układu pomiarowego (2 miesiące), pomiary i kalibrację układu (2 miesiące) oraz analizę zebranych danych (1 miesiąc). Konieczna cierpliwości i dokładność, zapał do majsterkowania i gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium. W zamian oferuję możliwość udziału w unikatowym projekcie badawczym we współpracy z przemysłem i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).