

**INSTYTUT FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ**  
**Tematy prac licencjackich dla studentów studiów I stopnia w roku**  
**akademickim 2013/14**

**Zakład Struktury Materii Skondensowanej**

**„Badanie anizotropowej rozszerzalności termicznej związków tlenowych żelaza”**

Opiekun: Radosław Przeniosło

Tematem pracy są badania zmian struktury krystalicznej w związkach tlenowych żelaza metodą dyfrakcji neutronów termicznych oraz dyfrakcji promieniowania X i promieniowania synchrotronowego. Pierwsza część pracy dotyczy analizy danych z pomiarów wykonanych wcześniej w naszym Zakładzie we współpracy z European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) w Gernoble oraz z Institut Laue Langevin (ILL) w Grenoble. Celem pracy jest uzyskanie dokładnego opisu struktury krystalicznej a także ewentualna analiza odkształceń struktury w oparciu o metody teorii grup. Tego typu zagadnienia pozostają całkowicie otwarte i są obiektem zainteresowania wielu laboratoriów na świecie. W przypadku interesujących rezultatów możliwa jest kontynuacja i wykonywanie dalszych pomiarów w ESRF oraz ILL Grenoble.

**Zakład Dydaktyki Fizyki**

**„Rola muzeów w popularyzowaniu wiedzy fizycznej”**

Opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska

Kontakt: [stefania.elbanowska@fuw.edu.pl](mailto:stefania.elbanowska@fuw.edu.pl)

Celem pracy jest przegląd wszystkich muzeów technicznych i przyrodniczych w Polsce w których można zorganizować lekcje muzealne z fizyki. Zaprezentowanie zbiorów wybranych muzeów pozwoli zaplanować wycieczki szkolne wzbogacające lekcje fizyki. Lekcjom odbywającym się w muzeach często towarzyszy wsparcie nowoczesnych technologii, co warto jest wyeksponowania. W pracy przedstawione będą scenariusze lekcji z uwzględnieniem konkretnych muzeów.

### **„Poszukiwanie równowagi w eksperymentach szkolnych”**

Opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska

Kontakt: [stefania.elbanowska@fuw.edu.pl](mailto:stefania.elbanowska@fuw.edu.pl)

Celem pracy jest zaprojektowanie eksperymentów, które pozwolą wyjaśnić zachowanie równowagi różnych obiektów fizycznych. Zrozumienie stabilności obiektów architektonicznych, środków transportu a także podstawowych czynności wymaga wyjaśnienia położenia środka ciężkości ciała. Doświadczenia pokazowe i uczniowskie pozwolą przybliżyć pojęcie środka ciężkości oraz rodzajów równowag ciał. Propozycje doświadczeń będą zaprojektowane dla odbiorców w różnych grupach wiekowych.

### **„Badanie kąta polaryzacji w funkcji wartości wektora indukcji dla światła monochromatycznego.”**

Opiekun: dr Anna Kaczorowska

Kontakt: [Anna.Kaczorowska@fuw.edu.pl](mailto:Anna.Kaczorowska@fuw.edu.pl)

Praca przeznaczona dla studenta III roku studiów I stopnia **ZFBM** specjalności **Optyka Okularowa** lub **Fizyka, specjalność nauczycielska**.

Treścią pracy będzie badanie zjawiska Faraday’a z wykorzystaniem zupełnie nowego układu doświadczalnego. Układ należy zestawić i wykonać serię próbnych pomiarów ocenić wartość dydaktyczną. W części teoretycznej przeanalizować zjawisko polaryzacji światła oraz oddziaływanie pomiędzy polem magnetycznym a falą elektromagnetyczną.

## **TEMATY PRAC LICENCJACKICH Z EKONOFIZYKI**

### **Rola uogólnionego wykładnika Hursta jako prekursora krachu**

Opiekun: prof. Ryszard Kutner

Email: [erka@fuw.edu.pl](mailto:erka@fuw.edu.pl)

Jak wiadomo, wykładnik Hursta,  $H$ , stanowi kluczową charakterystykę błędzenia losowego. Dla zwykłego, jednowymiarowego ruchu Browna  $H=1/2$ . Dla antypersystentnego błędzenia losowego, w którym kolejne przemieszczenia błędzącej cząsteczki są skorelowane ujemnie,  $H<1/2$  natomiast dla persystentnego, dla którego kolejne przemieszczenia są skorelowane dodatnio,  $H>1/2$ . Ponieważ szereg czasowy można utożsamiać z jednowymiarowym błędzeniem losowym więc jest interesujące aby zbadać jak zależny od czasu (lokalny) wykładnik Hursta zachowuje się tuż przed i tuż po krachu dla wybranego, rzeczywistego szeregu czasowego pochodzącego z dowolnie wybranej giełdy. Wciąż otwartym problemem jest czy zachowanie się tego wykładnika może stanowić sygnał ostrzegający przed krachem.

Uwaga: niezbędną literaturę można oraz dodatkowe wyjaśnienia można uzyskać od opiekuna.

### **Analiza ułamkowego i multifraktalnego ruchu Browna**

Opiekun: prof. Ryszard Kutner

Email: erka@fuw.edu.pl

Chodzi o symulacje komputerową fraktalnego oraz multifraktalnego ruchu Browna wybranymi algorytmami typu RMDM (ang. Random Midpoint Displacement Method) oraz porównanie zasadniczych własności obu rodzajów błędzeń losowych. Następnie, należy rozważyć wpływ skończonego rozmiaru trajektorii na te własności.

Uwaga: niezbędną literaturę oraz dodatkowe wyjaśnienia można uzyskać od opiekuna.

### **Badanie własności multifraktalnych wybranego szeregu czasowego metodą MF-DFA**

Opiekun: prof. Ryszard Kutner (doktorant Mateusz Denys)

Email: Mateusz.Denys@fuw.edu.pl

Analiza własności multifraktalnych w szeregach czasowych to jedno z głównych podejść do badania układów złożonych generujących takie szeregi. Analizę taką prowadzić można np. najpopularniejszą metodą MF-DFA (ang. Multifractal Detrended Fluctuation Analysis). Chodzi o to, aby wyznaczyć widmo multifraktalności dla wybranego szeregu czasowego tą właśnie metodą i przedyskutować otrzymany wynik.

Uwaga: niezbędną literaturę oraz dodatkowe wyjaśnienia można uzyskać od opiekuna.

### **Analiza zamożności najbogatszych Europejczyków metodami fizyki statystycznej**

Opiekun: prof. Ryszard Kutner (doktorant Maciej Jagielski)

Email: zagielski@gmail.com

Praca polega na skonstruowaniu rankingów bogactwa i dochodów najbogatszych Europejczyków w wybranych latach na podstawie danych uzyskanych z Eurostatu. Rankingi te posłużą do wyznaczenia wykładników Pareto, określających zarówno poziom nierówności społecznych jak też poziom ryzyka towarzyszącego aktywności zawodowej poszczególnych warstw społecznych. Ponadto, wspomniane wykładniki pozwalają precyzyjnie zdefiniować pojęcia kryzysu i krachu. Zatem, należy je porównać dla okresu sprzed kryzysu, w trakcie jego trwania i po nim.

Uwaga: niezbędną literaturę oraz dodatkowe wyjaśnienia można uzyskać od opiekuna.

## **Uogólnienia modelu Isinga ferromagnetyka w modelowaniu rynków finansowych**

Opiekun: dr Tomasz Gubiec (doktorant Mateusz Denys)

Email: [Mateusz.Denys@fuw.edu.pl](mailto:Mateusz.Denys@fuw.edu.pl)

Symulacja rzeczywistych rynków finansowych i próba odtworzenia na tej drodze ich własności, tzw. faktów stylizowanych, to jeden z kanonicznych problemów ekonofizyki. W ramach tego tematu powinien zostać (krótko) omówiony najpierw model Isinga ferromagnetyka, następnie model Potts'a (będący jego uogólnieniem) i wreszcie najważniejsze modele rynków finansowych inspirowane modelem Isinga i modelem Potts'a. W ramach pracy powinny zostać porównane wybrane wyniki otrzymane z przeprowadzenia przykładowych symulacji w ramach wspomnianych modeli.

Uwaga: niezbędną literaturę oraz dodatkowe wyjaśnienia można uzyskać od opiekuna.

## **Zastosowanie ruchu Browna, fraktalnego ruchu Browna i przelotów Levy'ego do analizy rynków finansowych**

Opiekun: prof. Ryszard Kutner (doktorant Mateusz Denys)

Email: [Mateusz.Denys@fuw.edu.pl](mailto:Mateusz.Denys@fuw.edu.pl)

W ramach tego tematu omówione powinny zostać statystyczne modele giełdy oparte na ruchach Browna, fraktalnych ruchach Browna i przelotach Lévy'ego. We wstępie należy opisać ruchy Browna i wyjaśnić je. Następnie na podstawie wybranych prac Smoluchowskiego i Mandelbrota przedstawić zalety i wady zastosowania do badania rynków finansowych podejść opartych na trzech tytułowych błędzeniach losowych.

Uwaga: niezbędną literaturę oraz dodatkowe wyjaśnienia można uzyskać od opiekuna.

## **Modelowanie rozprzestrzeniania się paradygmatów naukowych na statycznych sieciach społecznych**

Opiekun: prof. Ryszard Kutner (doktorant Paweł Kondratiuk)

Email: [Pawel.Kondratiuk@fuw.edu.pl](mailto:Pawel.Kondratiuk@fuw.edu.pl)

Należy zmodyfikować znany model rozprzestrzeniania się nowatorskich idei naukowych w następujący sposób: zamiast losować węzeł przyjmujący stan sąsiada, należy losować węzeł propagujący swój stan do sąsiada. Przeprowadzić symulacje w warunkach niskiego poziomu innowacyjności i sprawdzić jak topologia sieci wpływa na skalowanie się tempa rozprzestrzeniania idei.

Uwaga: niezbędną literaturę oraz dodatkowe wyjaśnienia można uzyskać od opiekuna.

## **Analiza dynamiki wybranego rynku finansowego za pomocą drzewa o minimalnej rozpiętości**

Opiekun: prof. Ryszard Kutner (doktorant Mateusz Wiliński)

Email: [Mateusz.Wiliński@fuw.edu.pl](mailto:Mateusz.Wiliński@fuw.edu.pl)

Technika ewoluujących sieci (grafów) pozwala, dzięki wprowadzeniu metryki korelacyjnej, badać ewolucję giełd. Badanie takiej ewolucji jest szczególnie efektywne gdy używamy tzw. drzewa o minimalnej rozpiętości, które dzięki swoim własnościom nadaje się szczególnie do analizy przemian fazowych na realnych rynkach. Właśnie tego typu analiza jest przedmiotem niniejszej pracy.

Uwaga: niezbędną literaturę oraz dodatkowe wyjaśnienia można uzyskać od opiekuna.

## **Analiza sieci zależności przy użyciu uogólnionego minimalnego drzewa rozpinającego**

Opiekun: dr Tomasz Gubiec

Email: [Tomasz.Gubiec@fuw.edu.pl](mailto:Tomasz.Gubiec@fuw.edu.pl)

Celem pracy jest porównanie minimalnego drzewa rozpinającego i jego uogólnienia zawierającego cykle, jako narzędzia używanego do analizy sieci zależności reprezentowanej przez pełny graf.

Analiza numeryczna przeprowadzona będzie na przykładzie sieci zależności pomiędzy spółkami notowanymi na GPW uzyskanej z macierzy korelacji i korelacji cząstkowej między cenami spółek.

Uwaga: niezbędną literaturę oraz dodatkowe wyjaśnienia można uzyskać od opiekuna.

## **Zakład Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych**

### **Wizualizacja przypadków produkcji bozonu Higgsa zarejestrowanych przez eksperyment CMS**

Opiekun: dr 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 Artur Kalinowski

W lipcu 2012 roku eksperymenty ATLAS i CMS ogłosiły w laboratorium CERN odkrycie cząstki, której własności są zgodne z poszukiwanym od kilkudziesięciu 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.

### **Selekcja cząstek rozpadających się na dwa leptonów z danych zebranych przez eksperyment CMS przy LHC.**

Opiekun: dr Artur Kalinowski, dr Małgorzata Kazana (NCBJ)

Praca będzie polegała na opracowaniu selekcji zarejestrowanych danych pozwalającej na wykrycie cząstek w rozkładach masy pary leptonów i rozpoznanie rodzaju cząstki. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

### **Badanie wzorców czasowych przejścia mionów przez detektor CMS przy LHC.**

Opiekun: dr Artur Kalinowski, dr Małgorzata Kazana (NCBJ)

Mion jest cząstką słabo-oddziałującą z materią - przechodzi przez detektor CMS o rozmiarach dużego domu mieszkalnego. Celem pracy będzie zdefiniowanie wzorców czasowych dla

mionów wychodzących z punktu oddziaływania, mionów z promieniowania kosmicznego oraz dla hipotetycznych cząstek o podobnych właściwościach do mionów, ale o większej masie. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

### **Wykorzystanie kalorymetru elektromagnetycznego detektora CMS przy LHC do precyzyjnego pomiaru czasu docierania do niego cząstek**

Opiekun: dr Artur Kalinowski, dr Małgorzata Kazana (NCBJ)

Celem pracy będzie zbadanie, z jaką dokładnością czasową można mierzyć sygnał w kalorymetrze elektromagnetycznym detektora CMS przy LHC w zależności od ilości energii deponowanej w tym urządzeniu. Dokładność ta dochodzi do ułamków nanosekundy dla dużych depozytów energii. Interesujące jest sprawdzenie, jakiej dokładności można się spodziewać dla depozytów tuż powyżej progu detekcyjnego. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

### **Charakterystyka poza-osiovej wiązki neutrinowej eksperymentu T2K**

Opiekun: dr Magdalena Posiadała

Eksperyment Tokai-2-Kamioka (T2K) w Japonii mierzy parametry oscylacji neutrin. Jako jedyny eksperyment akceleratorowy wykorzystuje poza-osiową wiązkę neutrin wyprodukowaną w ośrodku J-PARC w Tokai i kierowaną do największego na świecie detektora promieniowania Czerenkowa, Super-Kamiokande w miejscowości Kamioka. Praca będzie polegała na zaznajomieniu się z metodą produkcji wiązki neutrinowej w T2K, wyznaczaniu jej głównych charakterystyk jak np: skład wiązki, jej parametry kinetyczne jak pęd neutrin, ich energia.

### **Oddziaływania neutrin w eksperymencie T2K - niepewności w modelowaniu**

Opiekun: dr Magdalena Posiadała, dr Paweł Przewłocki (NCBJ)

Japoński eksperyment T2K, w którym bierze udział Warszawska Grupa Neutrinowa\*, mierzy oscylacje neutrin. Sztuczna wiązka neutrin mionowych przelatuje 300km i jest badana w detektorze Super-Kamiokande.

Celem pracy licencjackiej będzie porównanie modelowania oddziaływań neutrin przy pomocy dwóch komputerowych pakietów symulacyjnych.

\*)<http://neutrino.fuw.edu.pl>

### **Poszukiwanie neutrin taonowych w eksperymencie MINOS+**

Opiekun: dr Katarzyna Grzelak

Praca polegać będzie na włączeniu się w poszukiwania neutrin taonowych w eksperymencie MINOS+.

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 podstawowym 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>

### **Rozpraszanie bozonów W w eksperymentach przy LHC**

Opiekun: Prof. dr hab. Krzysztof Doroba, dr Michał Szleper (NCBJ)

Badanie oddziaływań bozonów W przy wysokich energiach jest uzupełniającym i ostatecznym testem tego, czy odkryty w zeszłym roku w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) bozon o masie około 126 GeV jest bozonem Higgsa od dawna przewidywanym w Modelu Standardowym, czy też bardziej egzotyczną cząstką. Dotyczy ono tego aspektu bozonu Higgsa, na temat którego dotychczas nie mamy żadnych danych doświadczalnych. Praca będzie polegała na zaproponowaniu kryteriów selekcji przypadków z produkcją dwóch twardo oddziałujących bozonów W, na podstawie symulacji wykonanych standardowymi narzędziami używanymi w fizyce wysokich energii, jej celem jest przygotowanie przyszłej analizy, która będzie przeprowadzona na danych zebranych przy energii 14 TeV.

### **Wyznaczanie pozycji satelitów z danych "Pi of the Sky"**

Opiekun: Prof. dr hab. Aleksander Filip Żarnecki

Praca polegałaby na analizie danych z prototypu detektora "Pi of the Sky".

Na zbieranych zdjęciach jest wiele śladów lub błysków pochodzących od satelitów. Trzeba wybrać, a następnie zanalizować przypadki, w których satelita widoczny jest w postaci wyraźnie wydłużonego kształtu (spowodowanego jego ruchem na sferze niebieskiej). Celem pracy byłoby przygotowanie algorytmu, który pozwoliłby na dopasowanie pozycji początku i końca widocznego na klatce odcinka toru, a następnie wyznaczenie na tej podstawie kierunku ruchu i prędkości satelity. Ostatnim krokiem będzie przetestowanie tego algorytmu na dostępnych danych, poprzez porównanie wyznaczanych pozycji z dostępnymi informacjami o orbitach satelitów. Praca wymaga podstawowej umiejętności posługiwania się systemem Linux.

**Spin w fizyce wysokich energii**  
Opiekun: Prof. dr hab. Barbara Badełek

Celem pracy jest nauczenie się czytania i podsumowywania literatury naukowej.

Przewidywana zawartość pracy:

1. Koncept spinu
2. Metody pomiaru spinu mikrocząstek (partonów, fotonu, neutrin,...)
3. Metody eksperymentalne badań spinu przy wysokich energiach; sposoby polaryzacji wiązek i tarcz.
4. Zagadka spinu nukleonu w oparciu o wyniki doświadczalne m.in. grupy warszawskiej, zaangażowanej w badania eksperymentalne w Europejskim Laboratorium Cząstek Elementarnych, CERN.

**Zależne i niezależne od spinu rozkłady partonów w nukleonie**  
Opiekun: Prof. dr hab. Barbara Badełek

Celem pracy jest nauczenie się przeglądania literatury naukowej i pracy z bazami danych.

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 użycia rozkładów partonów; konstrukcja funkcji struktury;
4. główne cechy różnych dopasowań (użyte zestawy danych, zakresy kinematyczne);
5. porównanie różnych rozkładów (wykresy);

### **Czynnik rozcieńczenia materiału tarczy w doświadczeniu COMPASS w CERN**

Opiekun: Prof. dr hab. Barbara Badełek

Celem pracy jest nauczenie się konkretnego elementu analizy danych, języka FORTRAN i C++)

Przewidywana zawartość pracy:

1. definicja czynnika  $f$  dla tarcz 6LiD oraz NH<sub>3</sub>:
  - a) zrozumienie roli poprawek na polaryzację deuteronu w licie oraz na polaryzację domieszek do materiałów tarczy;
  - b) zrozumienie roli i sposobu uwzględnienia efektów radiacyjnych;
  - c) zrozumienie sposobu uwzględnienia "efektu EMC" w przekrojach czynnych;
  - d) próba włączenia zależności  $f$  od parametrów kinematycznych hadronu produkowanego w oddziaływaniu (np. od jego pędu poprzecznego);
2. przepisanie istniejącego kodu obliczającego czynnik  $f$  w języku FORTRAN na język C++ i maksymalna optymalizacja szybkości obliczeń;
3. opracowanie i napisanie (razem z opiekunką) wewnętrznej noty współpracy COMPASS podsumowującej metodę i wyniki obliczeń czynnika  $f$ .

### **Symulacja pomiaru korelacji spinowych w rozpraszaniu e-e- --> e-e- (projekt QUEST)**

Opiekun: Prof. dr hab. Jacek Ciborowski

Celem projektu jest: pomiar spinowych korelacji kwantowych i wyznaczenie funkcji korelacji oraz odpowiadających jej prawdopodobieństw dla par elektronów pochodzących z

rozpraszania Mollera w zakresie ultrarelatywistycznych energii (od kilku do kilkunastu MeV) a następnie porównanie wyników pomiarów z przewidywaniami z przewidywaniami zachowań prawdopodobieństw i funkcji korelacji otrzymanymi przez nas w ramach relatywistycznej mechaniki kwantowej; Nasz projekt jest pierwszą próbą pomiaru efektów relatywistycznych zarówno w funkcji korelacji jak i w prawdopodobieństwach korelacji spinowych. W pierwszej wersji eksperymentu wiązka spolaryzowanych elektronów rozprasza się na elektronach atomowych w tarczy berylowej, a pomiaru rzutów spinów na określone

kierunki dokonuje się metoda polarymetrii Motta -- rozproszenie na tarczy Pb. Celem pracy jest utworzenie opisu detektora i pomiaru korelacji przy pomocy pakietu Geant4.

### **Analiza teoretyczna spinowych korelacji par relatywistycznych elektronów (projekt QUEST)**

Opiekun: Prof. dr hab. Jacek Ciborowski

Celem projektu jest: pomiar spinowych korelacji kwantowych i wyznaczenie funkcji korelacji oraz odpowiadających jej prawdopodobieństw dla par elektronów pochodzących z rozpraszania Mollera w zakresie ultrarelatywistycznych energii (od kilku do kilkunastu MeV), a następnie porównanie wyników pomiarów z przewidywaniami z przewidywaniami zachowań prawdopodobieństw i funkcji korelacji otrzymanymi przez nas w ramach relatywistycznej mechaniki kwantowej; Nasz projekt jest pierwszą próbą pomiaru efektów relatywistycznych zarówno w funkcji korelacji jak i w prawdopodobieństwach korelacji spinowych. W pierwszej wersji eksperymentu wiązka spolaryzowanych elektronów rozprasza się na elektronach atomowych w tarczy berylowej, a pomiaru rzutów spinów na określone kierunki dokonuje się metoda polarymetrii Motta -- rozproszenie na tarczy Pb. Celem pracy jest przeanalizowanie policzonej funkcji korelacji i odpowiadających jej prawdopodobieństw pod kątem znalezienia korzystnych dla pomiaru konfiguracji geometrycznych wektorów pędów i spinów elektronów Mollera oraz wektora polaryzacji wiązki.

## **ZAKŁAD FIZYKI CIAŁA STAŁEGO**

### **Fotoluminescencja wielostudni kwantowych CdTe/CdMgTe.**

opiekun dr hab. Jerzy Łusakowski

Celem pracy jest analiza fotoluminescencji podwójnych studni kwantowych wykonanych metodą MBE na bazie heterostruktur CdTe/CdMgTe. Próbki, którymi dysponujemy różnią się stopniem domieszkowania modulacyjnego i parametrami geometrycznymi studni. Pomiary będą wykonywane w temperaturze ciekłego helu w zależności od pola magnetycznego.

### **Mechanizmy rozpraszania elektronów w strukturach GaAs/GaInAs.**

opiekun dr hab. Jerzy Łusakowski

Celem pracy jest określenie mechanizmów rozpraszania elektronów w studniach kwantowych i warstwach epitaksjalnych wykonanych metodą MBE na bazie heterostruktur GaAs/GaInAs. Z pomiarów efektu Halla wyznaczona będzie zależność ruchliwości i koncentracji elektronów od temperatury (w zakresie 77 K - 300 K). Zależność temperaturowa ruchliwości będzie podstawą analizy mechanizmów rozpraszania elektronów. Dodatkową częścią ćwiczenia jest wykonanie pomiarów efektu Halla i oscylacji Shubnikova - deHaasa w temperaturze ciekłego helu w polu magnetycznym do 10 T i określenie na tej podstawie relacji między kwantowym i transportowym czasem rozpraszania.

### **Detekcja promieniowania THz przez tranzystory polowe.**

opiekun dr hab. Jerzy Łusakowski

Celem pracy jest badanie detekcji promieniowania THz przez tranzystory polowe wykonane na heterostrukturach GaAs/AlGaAs w temperaturze pokojowej i ciekłego helu. Pomiary sygnału detekcji (fotonapięcie źródło - dren pojawiające się pod wpływem promieniowania) będzie badane w zależności od napięcia na bramce tranzystora oraz kwantującego pola magnetycznego (w przypadku pomiarów w temperaturze helowej).

### **Badania własności magnetycznych nanocząstek ferrytu niklowo cynkowego.**

opiekun dr Jacek Szczytko

Projekt dotyczy nanocząstek dla kierowanej terapii medycznej, tj. dostarczania leków w ściśle określone miejsce organizmu przy wykorzystaniu magnetycznych kapsułek przemieszczanych polem magnetycznym.

Badania dotyczą własności magnetycznych kapsułek z polimeru, w środku których znajduje się jest barwnik fluorescencyjny, a w otoczkę wbudowane są nanocząstki ferrytu niklowo cynkowego (Nanocząstki pochodzą z grupy dr Macieja Mazura z Wydziału Chemii UW).

Wykonanie pracy zapozna studenta ze standardowymi metodami i procedurami magnetometrii, dającymi się zastosować dla dowolnych materiałów.

### **Badanie fotomagnetyzmu ZnO implantowanego kobaltom.**

opiekunowie: dr J.Gosk, dr J.Szczytko

Celem pracy będzie zbadanie namagnesowania kryształów krzemu implantowanych manganem ZnO:Co w funkcjach temperatury i pola magnetycznego w obecności dodatkowego podświetlania próbki. Należy przygotować układ do pomiarów fotomagnetycznych oraz porównać namagnesowanie zmierzone przy oświetlaniu próbki i bez niego. Zmierzona magnetyzacja zostanie przeanalizowana w oparciu o efektywną funkcję Brillouina.

Wykonanie pracy zapozna studenta ze standardowymi metodami i procedurami magnetometrii i foto magnetometrii, dającymi się zastosować do innych materiałów.

### **Periodyczne nanostruktury magnetyczne na bazie (Ga,Mn)As i Fe.**

Opiekun: dr K.Dziatkowski

Trawienie skupioną wiązką jonów (ang. focused ion beam, FIB) jest wygodną i wszechstronną techniką wytwarzania mikro- i nanostruktur. W szczególności metoda ta może mieć zastosowanie do wytrawiania periodycznych sieci magnetycznych wysp i antywysp w strukturach epitaksjalnych na bazie (Ga,Mn)As i Fe.

Tematem prac licencjackich mogą być:

- wytworzeniu takich struktur
- zbadanie ich własności magnetycznych - w szczególności anizotropowych - metodami magnetometrii SQUID (ang. superconducting quantum interference device) i/lub spektroskopii rezonansu ferromagnetycznego.
- optymalizacja procesu trawienia FIB oraz charakteryzacja wytworzonych struktur za pomocą mikroskopu sił atomowych.

### **Rentgenowskie badania interkalowanych wielowarstw grafenowych .**

Opiekun: dr hab. Grzegorz Kowalski, tel. (22) 55 32 270 , [kowal@fuw.edu.pl](mailto:kowal@fuw.edu.pl)

#### **FIZYKA lub INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR**

Opis: 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. Interkalacją 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.

### **Badania spintronicznych diod Esakiego.**

Osoba odpowiedzialna: dr Marta Gryglas-Borysiewicz ([marta.borysiewicz@fuw.edu.pl](mailto:marta.borysiewicz@fuw.edu.pl)).

Arsenek galu z manganem jest modelowym półprzewodnikiem dla spintroniki. Atomy Mn wbudowane w sieć GaAs dostarczają nie tylko swobodnych nośników, ale są również źródłem momentów magnetycznych. Dla zawartości Mn powyżej 1% materiał ten w odpowiednich warunkach staje się ferromagnetykiem – zatem wykazuje uporządkowanie magnetyczne dalekiego zasięgu. Uporządkowaniu ulegają zarówno jony magnetyczne (Mn), jak i spiny swobodnych nośników. Stąd GaMnAs może stanowić dobre źródło spinowo spolaryzowanych elektronów (dziur), co potrzebne jest w urządzeniach spintronicznych. Często jednak samo wprowadzanie spinowo spolaryzowanych nośników prowadzi do utraty ich pamięci spinowej. Okazuje się jednak, że wyjątkowo efektywne jest "wstrzykiwanie" ich przez barierę tunelową.

Przedmiotem badań będą diody Esakiego (silnie domieszkowane złącze pn), w których część p jest wykonana z GaMnAs. Badane będą charakterystyki I(V) takich złącz w zależności od pola magnetycznego oraz temperatury.

### **Wyznaczanie temperatury Curie wybranych ferromagnetyków za pomocą miniaturowych czujników hallowskich.**

Osoby odpowiedzialne: prof. Michał Baj ([baj@fuw.edu.pl](mailto:baj@fuw.edu.pl)) i dr Adam Kwiatkowski ([Adam.Kwiatkowski@fuw.edu.pl](mailto:Adam.Kwiatkowski@fuw.edu.pl))

Celem pracy będzie rozeznanie możliwości użycia mikroskopowych rozmiarów (rzędu kilku mikrometrów) wysokoczułych (700 V/A·T) hallotronów do badania lokalnych pól magnetycznych związanych z umieszczonymi w ich pobliżu próbkami materiałów magnetycznych. Badany preparat przemagnesowywany będzie zmiennym (AC) zewnętrznym polem magnetycznym, a jego odpowiedź na to pole badana będzie za pomocą miniaturowego czujnika hallowskiego. Podjęta będzie próba zbadania za pomocą takiego magnetometru AC temperatury Curie wybranych ferromagnetyków.

### **Spektroskopia impedancyjna azotkowych struktur półprzewodnikowych.**

Osoba odpowiedzialna: prof. Michał Baj ([baj@fuw.edu.pl](mailto:baj@fuw.edu.pl)).

Znaczna część współczesnych elektronicznych przyrządów półprzewodnikowych bazuje na heterostrukturach, złożonych z warstw różnych materiałów półprzewodnikowych. Jeśli na górze takiej kanapki zrobione zostaną kontakty elektryczne, a górna warstwa nie przewodzi prądu elektrycznego, lub kontakty są wysokooporowe, to prąd elektryczny pomiędzy takimi kontaktami nie popłynie, pomimo tego, że we wnętrzu może znajdować się materiał wysokoprzewodzący. Pomiar elektryczny wykonany dla prądu przemiennego umożliwia dotarcie do takich przewodzących warstw i wyznaczenie ich własności elektrycznych. Głównym celem pracy będzie zbadanie własności galwanomagnetycznych warstw azotków galu i indu (oporność i efekt Halla) w zakresie częstotliwości do około 200 kHz oraz wymodelowanie rozkładów potencjału prądu przemiennego (amplituda, faza) w celu zrozumienia zależności amplitudy i fazy mierzonych napięć od częstotliwości oraz od własności badanych materiałów.

### **Luminescencji dwuwymiarowych warstw dwusiarczku molibdeny.**

Opiekunowie: dr Jacek Szczytko, dr hab. Adam Babiński, prof. UW

#### **FIZYKA lub INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR**

„Dwusiarczek molibdeny ( $\text{MoS}_2$ ) jest materiałem półprzewodnikowym dobrze znanym i gruntownie przebadanym w swojej trójwymiarowej formie. Mimo, iż podstawowe własności objętościowego  $\text{MoS}_2$  znane są od lat, znacznie mniej informacji dostępnych jest na temat własności cienkich warstw  $\text{MoS}_2$ , a także mono-warstwowej jego formy. Materiał ten posiada heksagonalną strukturę z silnymi wiązaniami kowalencyjnymi wewnątrz warstw S-Mo-S i słabymi wiązaniami van der Waalsa pomiędzy tymi warstwami. Struktura taka powoduje wyjątkowe własności  $\text{MoS}_2$  jako przemysłowego smaru jak również łatwość z jaką można go mechanicznie eksfoliować. Zaproponowano także, że pojedyncza warstwa  $\text{MoS}_2$  mogłaby skutecznie uzupełniać grafen w zastosowaniach wymagających cienkich transparentnych przewodników takich jak optoelektronika i fotowoltaika. Z tego powodu badania własności cienkich warstw  $\text{MoS}_2$  niosą ogromny potencjał z punktu widzenia fizyki materiałów półprzewodnikowych.

Zadaniem studenta będzie otrzymanie pojedynczych warstw molekularnych  $\text{MoS}_2$  metodą eksfoliacji, a następnie zbadanie ich luminescencji w mikroskopie konfokalnym.”

### **Magnetoptyczne badania namagnesowania nanocząstek kobaltu.**

Opiekun: dr Jacek Szczytko

(raczej INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR – wymagana jest umiejętność syntezy chemicznej)  
Pomiar dwójłomności optycznej indukowanej zewnętrznym polem magnetycznym na nanocząstkach Co. W zewnętrznym polu magnetycznym zawieszona nanocząstek ferromagnetyka porządkuje się i zmienia właściwości optyczne ośrodka. Pomiar polegałby na zmierzeniu efektu Faradaya i Cottona-Moutona w funkcji pola magnetycznego i długości fali światła przechodzącego przez zawieszoną nanocząstek, które student by zsyntetyzował na Wydziale Chemii UW.

Na Wydziale Fizyki UW powstała teoria tłumacząca obserwowane zjawisko. Teorię tę można by zastosować także do innych nanocząstek metalicznych (jeśli by je zsyntetyzowano). Właściwości magnetoptyczne pozwalają na wyznaczenie średniego namagnesowania nanocząstki, częstości plazmonu powierzchniowego badanego materiału oraz stężenia nanocząstek w roztworze.

Praca we współpracy z Laboratorium Badań Strukturalnych na Wydziale Chemii UW (grupa prof. Ewy Góreckiej).

### **Luminescencja stanów związanych polarytonów w mikrownękach półprzewodnikowych. opiekun dr Barbara Piętka**

FIZYKA lub INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR

Polaryton jest stanem własnym układu powstałego w wyniku silnego sprzężenia modu fotonowego mikrownęki i ekscytonu umieszczonego w studni kwantowej. Polaryton ma bardzo małą masę efektywną, w wyniku czego struktury wiążące polarytony w układy zero-wymiarowe są rozmiarów kilku mikrometrów. Bardzo łatwe zatem staje się obrazowanie przestrzenne funkcji falowej polarytonów za pomocą standardowej mikroskopii. Celem pracy jest zobrazowanie widma emisji stanów związanych polarytonów w przestrzeni rzeczywistej i w przestrzeni pędów. Pomiarów będą przeprowadzone w niskich temperaturach i w polu magnetycznym.

### **Luminescencja polarytonów w mikrownękach półprzewodnikowych z trzema modami polarytonowymi.**

opiekun dr Barbara Piętka

FIZYKA lub INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR

Projekt dotyczy zbadania możliwości emisji i absorpcji promieniowania THz przez mikrownęki półprzewodnikowe w silnym sprzężeniu polarytonowym dla trzech modów polarytonowych. Polarytony ekscytonowe w takiej strukturze powstają ze sprzężenia modów fotonowych mikrownęki z ekscytonami różnych typów w studni kwantowej. W wyniku tego sprzężenia powstają nowe mody, tzw. dolny, środkowy i górny polaryton. Rozszczepienie poziomów polarytonowych wynosi kilka meV, co odpowiada częstości promieniowania w zakresie THz. Celem pracy będzie analiza siły sprzężenia foton –

ekscyton w takim układzie dla różnych wartości odstrojenia i pola magnetycznego.

### **Badania kropek kwantowych z wieloma jonami magnetycznymi**

Opiekun: Prof. dr hab. Andrzej Golnik ([Andrzej.Golnik@fuw.edu.pl](mailto:Andrzej.Golnik@fuw.edu.pl), tel. 22 55 32127)

#### **FIZYKA lub INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR**

W ramach pracy licencjackiej przewidziane są badania magneto-spektroskopowe kropek kwantowych zawierających więcej niż jeden jon magnetyczny. Próbkki zawierające nowe systemy półmagnetycznych kropek kwantowych wytworzonych z półprzewodników II-VI zostały wytworzone w laboratorium epitaksji z wiązek molekularnych na naszym wydziale.

### **Opracowanie i testy zintegrowanego oprogramowania do badań magnetoptycznych w środowisku LabView**

Opiekun: Prof. dr hab. Andrzej Golnik ([Andrzej.Golnik@fuw.edu.pl](mailto:Andrzej.Golnik@fuw.edu.pl), tel. 22 55 32127)

#### **FIZYKA lub INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR**

W ramach pracy licencjackiej należy scalić istniejące fragmenty oprogramowania sterującego kamerą CCD, spektrometrem i magnesem nadprzewodzącym w całościowy system nadzorujący pomiary magnetoptyczne. Punktem wyjścia będzie przeprowadzenie pomiaru magneto-foto-luminescencji przy użyciu obecnego oprogramowania, zaś testem działania nowego oprogramowania będzie powtórzenie takiego pomiaru z nowym systemem.

### **Badanie dekoherencji elektronów w grafenie metodą bezkontaktową przy zastosowaniu spektrometru EPR**

opiekun dr Aneta Drabińska

W spektrometrze EPR można w prosty sposób wiązać moc odbitej mikrofali od wnęki ze zmianą oporu elektrycznego mierzonej próbki. Stąd możliwość bezkontaktowych pomiarów zmian oporności w funkcji pola magnetycznego, co dla grafenu pozwala na śledzenie efektów słabej lokalizacji i antylokalizacji (interferencje elektronów, częste w strukturze dwuwymiarowej i prowadzące do wzmocnień lub odpowiednio osłabień rozpraszania wstecznego). Pomiary te dają informacje o czasie dekoherencji elektronów oraz mechanizmach ją powodujących (nieelastycznych rozpraszaniach elektron-elektron, rozpraszaniach wewnątrz- i między-dolinowych w paśmie K o dyspersji Diraca w grafenie).

### **Badanie elektronów na powierzchni trójwymiarowych izolatorów topologicznych przy zastosowaniu spektrometru EPR**

opiekun prof. dr hab. Maria Kamińska

W trójwymiarowych izolatorach topologicznych następuje wymrażanie nośników w objętości (izolator), zaś ich topologiczna powierzchnia jest metaliczna o dyspersji liniowej (Diraca). Pomiary przy pomocy spektrometru EPR pozwalają śledzić poziomy Landau'a elektronów na powierzchni w funkcji pola magnetycznego (zależność pierwiastkowa od pola), efekty słabej lokalizacji (wzmocnienie rozpraszania wstecznego), z których wnioskować można o czasach dekoherencji elektronów, oraz badać rezonans spinowy tych elektronów.

### **Badanie procesów przekazu ładunku w kompozytach polimerowo-fullerenowych dla fotowoltaicznych ogniw organicznych przy zastosowaniu spektrometru EPR**

opiekun prof. dr hab. Maria Kamińska

Ogniwa organiczne ze względu na bardzo niskie koszty mają szansę na zastosowanie w pozyskiwaniu energii. O ich efektywności decyduje przede wszystkim przekaz wykreowanych światłem elektronów w polimerze do centrów akceptorowych, jakimi są fulereny. Spektrometr EPR, dzięki któremu obserwować można linie związane ze wzbudzeniami spinowymi od takich elektronów oraz od kreowanych światłem dziur w polimerze, pozwala śledzić procesy przekazu ładunku, badać ich efektywność oraz charakterystyczne czasy.

**Modelowanie metodą Monte Carlo anizotropii magnetycznej nanoklasterów magnetycznych.**

opiekunowie: dr Jacek Szczytko, prof. dr hab. Andrzej Majchofer (ZFCS/IN/Teoria)

Praca związana z modelowaniem metodą Monte Carlo układu nanocząstek magnetycznych o różnej anizotropii magnetycznej. Gotowy jest program liczący anizotropię nanocząstek kobaltu o strukturze kubicznej – w pracy licencjackiej chodziłoby o optymalizację obliczeń (w szczególności z uwzględnieniem obliczeń równoległych)

**Modelowanie metodą Monte Carlo własności magnetycznych nanocząstek Co.**

opiekunowie: dr Jacek Szczytko, prof. dr hab. Andrzej Majchofer  
(ZFCS/IN/Teoria)

Praca związana z modelowaniem metodą Monte Carlo układu nanocząstek ferromagnetycznego kobaltu i wyznaczeniem parametrów anizotropii, które opisują wyniki doświadczalne.

**Porównanie różnych metod pomiarowych w spektroskopii w podczerwieni.**

Opiekun: dr hab. Andrzej Witowski

Temat zarezerwowany.

**Badania spektroskopowe i elektryczne grafenu epitaksjalnego.**

opiekunowie: dr hab. Andrzej Wysmołek, prof. UW, tel. (22) 55 32 101

[Andrzej.Wysmolek@fuw.edu.pl](mailto:Andrzej.Wysmolek@fuw.edu.pl)

prof. dr hab. Roman Stępiewski, tel. 55 32 166 [Roman.Stepniewski@fuw.edu.pl](mailto:Roman.Stepniewski@fuw.edu.pl)

**FIZYKA lub INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR**

Opis: Grafen (pojedyncza, płaska warstwa węglowa o strukturze plastra miodu) jest bardzo obiecującym materiałem do zastosowań w elektronice. Jednocześnie struktury grafenowe są bardzo interesującym systemem z punktu widzenia procesów fizycznych w nim zachodzących. Wiele z nich wymaga wyjaśnienia.

W ramach pracy możliwe jest wybranie różnych kierunków badań takich związanych z aktualnie realizowanymi na Wydziale Fizyki projektami naukowymi. Wśród różnych możliwości są: różnorodne badania grafenu domieszkowanego azotem (do potencjalnych zastosowań biosensorowych), badania grafenowych czujników przepływu (elektryczne, spektroskopowe), badania wpływu niekorzystnych warunków zewnętrznych (temperatura, atmosfera, itd.) na właściwości elektryczne i optyczne struktur grafenowych hodowanych na węgliku krzemu. Zainteresowany badaniami będzie mógł wybrać najbardziej interesujący dla niego aspekt badań.

*Szczegółowy temat zostanie ustalony z opiekunem.*

## **Spektroskopia optyczna struktur niskowymiarowych GaN (studnie, nanodruły, kropki kwantowe).**

opiekunowie prof. dr hab. Roman Stępniewski, tel. 55 32 166

Roman.Stepniewski@fuw.edu.pl, dr hab. Andrzej Wyszomolek, prof. UW (tel. 5532 101)

[Andrzej.Wyszomolek@fuw.edu.pl](mailto:Andrzej.Wyszomolek@fuw.edu.pl)

### **FIZYKA lub INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR**

Badanie azotków i struktur azotkowych (GaN, AlGaN i inne) jest prowadzone w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego (ZFCS) we współpracy z licznymi laboratoriami w Polsce i za granicą od wielu lat. Obecnie we współpracy z firmą Ammono pojawiła się możliwość otrzymywania najwyższej jakości struktur azotowych o obniżonej wymiarowości (studnie kwantowe, kropki kwantowe). W zależności od zainteresowań, kandydat będzie mógł zająć się różnymi aspektami badań, począwszy od procesu wzrostu, pomiarów optycznych, pomiarów z użyciem mikroskopii sił atomowych, pomiarów elektrycznych, jak również mikroluminescencji i spektroskopii ramanowskiej.

*Szczegółowy temat zostanie ustalony z opiekunem.*

## **Zakład Spektroskopii Jądrowej**

### **Temat 1**

#### **„Badanie fluorescencji rentgenowskiej fragmentu meteorytu pułtuskiego”**

opiekun: dr Chiara Mazzocchi, e-mail: mazzocchi@fuw.edu.pl

Obserwacja charakterystycznego promieniowania X emitowanego przez atomy wzbudzone promieniowaniem rentgenowskim oświetlającym powierzchnię próbki dostarcza informacji o jej składzie chemicznym. Metoda ta, nazywana techniką XRF, jest powszechnie używana do nieniszczącego badania np. powierzchni dzieł sztuki, obiektów historycznych/ archeologicznych, składu zanieczyszczeń atmosferycznych osadzanych na powierzchni filtrów. Detektor wykorzystywany do detekcji promieniowania rentgenowskiego może rejestrować promieniowanie X pierwiastków o  $Z > 24$ . Z tego powodu technika XRF jest szczególnie użyteczna do analizy zawartości metali w próbkach. Celem pracy będzie przygotowanie i uruchomienie układu pomiarowego do badania fluorescencji rentgenowskiej oraz przeprowadzenie pomiarów mających na celu określenie zawartości metali w próbce meteorytu pułtuskiego.

### **Temat 2**

#### **„Badanie energii powyłłączeniowej wydzielanej w reaktorach jądrowych”**

opiekun: dr hab. Marek Karny, e-mail: karny@fuw.edu.pl

Zastanawia Cię co sprawiło, że po uderzeniu fali tsunami w elektrownię w Fukushima zapaliły się zużyte pręty paliwowe? W Zakładzie Spektroskopii Jądrowej rozwijamy program do symulacji komputerowych tzw. Ciepła powyłłączeniowego. Ciepło powyłłączeniowe w reaktorach i zużytym paliwie jądrowym pochodzi od energii wydzielanej podczas rozpadu beta produktów rozszczepienia.

Energia ta jest wydzielana jeszcze długo po wyłączeniu reaktora. Wykonując pracę licencjacką poznasz zasady rządzące rozpadami jąder atomowych, z wykorzystaniem istniejącego kodu będziesz poszukiwał(a) tych izotopów, które mają największy wpływ na wielkość ciepła powyłączeniowego w danej chwili czasu.

### **Temat 3**

#### **„Najważniejsze emitery neutronów opóźnionych w środowisku reaktorów jądrowych”**

opiekun: dr Krzysztof Miernik, e-mail: kmiernik@fuw.edu.pl

Zjawisko emisji neutronów opóźnionych po rozpadzie beta jest jednym z kluczowych zjawisk niezbędnych do kontrolowania reaktorów. Większość fragmentów rozszczepienia uranu i plutonu emituje podczas rozpadu beta neutrony. Celem pracy jest znalezienie, na podstawie międzynarodowych baz danych używanych przy projektowaniu i użytkowaniu reaktorów jądrowych, najważniejszych emiterów neutronów opóźnionych, podsumowanie aktualnej eksperymentalnej wiedzy na ich temat, oraz zaproponowanie eksperymentów uzupełniających naszą wiedzę.

### **Temat 4**

#### **„Detektory neutronów”**

Opiekun: dr Krzysztof Miernik, kmiernik@fuw.edu.pl

Neutrony, zgodnie z ich nazwą, są cząstkami nieposiadającymi ładunku. Ta cecha utrudnia ich detekcję, ponieważ niezbędny jest proces pośredni, w którym neutron przekaże swoją energię cząstkom naładowanym, które potrafimy rejestrować. Celem pracy jest podsumowanie współczesnych detektorów neutronów, fizycznych podstaw ich działania, wad i zalet, mierzonych wielkości, dokładności, wydajności oraz możliwości praktycznego stosowania. Praca będzie uzupełniona o eksperymentalny pomiar neutronów za pomocą jednego z dostępnych na Wydziale Fizyki detektorów.

## **Temat 5**

### **„Badanie emisji światła w detektorze OTPC”**

opiekun: prof. Marek Pfützner, e-mail: pfutzner@fuw.edu.pl

Detektor OTPC (z ang. *Optical Time Projection Chamber*) to detektor gazowy stosowany do identyfikacji i badania egzotycznych rozpadów jąder atomowych leżących na granicy świata nuklidów. Detekcja cząstek w komorze OTPC odbywa się poprzez rejestrację światła emitowanego w procesie wzmacniania pierwotnego ładunku jonizacyjnego wytwarzanego podczas spowalniania cząstek w gazie. Sygnał optyczny rejestrowany jest przez kamerę CCD oraz fotopowielacz. Połączenie informacji z obydwu detektorów umożliwia pełną rekonstrukcję torów cząstek, pomiar ich energii i kąta emisji.

Tematem pracy licencjackiej będzie badanie procesu emisji światła w detektorze OTPC. Zadania związane z wykonywaniem licencjatu będą obejmowały uruchomienie układu pomiarowego i przeprowadzenie pomiarów zależności natężenia emitowanego światła od wzmocnienia ładunkowego detektora oraz pomiarów widm energii emitowanego światła dla różnych mieszanek gazowych stosowanych w detektorze OTPC.

## **Temat 6**

### **„Pomiary promieniowania gamma w warunkach niskiego tła”**

opiekun: dr hab. Jan Kurpeta, e-mail: jkurpeta@fuw.edu.pl

W wielu zastosowaniach praktycznych konieczne są pomiary promieniowania gamma o bardzo małym natężeniu. Aby przeprowadzić takie pomiary należy ograniczyć wpływ wszechobecnego tła naturalnego promieniowania gamma, które wywołane jest rozpadami pierwiastków promieniotwórczych występujących w skorupie ziemskiej. Skuteczną metodą redukcji naturalnego tła promieniowania gamma jest prowadzenie pomiarów w specjalnym „domku” zbudowanym z ołowiu. Proponuję wykonanie pomiarów fotonów gamma emitowanych przez wybrane źródła promieniotwórcze w warunkach naturalnego oraz obniżonego promieniowania tła. Analiza uzyskanych wyników będzie stanowiła podstawę przygotowania pracy licencjackiej.

## **Temat 7**

### **„Komputerowa analiza widm energetycznych fotonów gamma”**

opiekun dr hab. Jan Kurpeta e-mail: jkurpeta@fuw.edu.pl

Jądra atomowe zbudowane z protonów i neutronów są podstawowym składnikiem otaczającej nas materii. Ze względu na rozmiary rzędu  $10^{-14}$  metra nie są one dostępne bezpośrednim badaniom. Bardzo wiele informacji o budowie jąder atomowych uzyskuje się badając promieniowanie elektromagnetyczne emitowane w postaci fotonów gamma. Widma energetyczne kwantów gamma są analizowane z użyciem wyspecjalizowanego oprogramowania. Celem pracy jest opanowanie i opisanie wybranego programu komputerowego na przykładzie analizy widma fotonów gamma pochodzącego z jednego z pomiarów przeprowadzonych przez opiekuna pracy. Zainteresowani studenci mogą przeprowadzić własny pomiar z użyciem spektrometru fotonów gamma.

## **Temat 8**

### **„Pułapki jonowe w badaniach nowo odkrywanych jąder atomowych”**

opiekun: dr hab. Jan Kurpeta e-mail: jkurpeta@fuw.edu.pl

Celem pracy jest poznanie i opisanie wykorzystania pułapek jonowych w separacji masowej jąder atomowych na przykładzie badań prowadzonych przez opiekuna pracy w laboratorium Uniwersytetu w Jyväskylä (Finlandia). Poznanie nowych zjawisk zachodzących na poziomie jądrowym jest znacznie łatwiejsze jeśli potrafimy manipulować niewielkimi grupami jonów izotopów radioaktywnych w zależności od ich masy. Rozwijane w ostatnich latach wykorzystanie pułapek jonowych typu Penning'a w badaniach nowo poznawanych izotopów promieniotwórczych pozwala w niektórych przypadkach (tzw. stanów izomerycznych) nawet na odróżnienie masy jądra w stanie wzbudzonym od masy tego samego jądra w stanie podstawowym. Tak ogromna zdolność rozdzielcza pułapek jonowych pozwala obserwować bardzo czyste widma promieniowania jądrowego emitowanego przez wybrane izotopy. Analiza takiego widma może stanowić uzupełnienie proponowanego tematu pracy.

## **Temat 9**

### **„Naturalne tło promieniowania gamma w warunkach laboratoryjnych”**

opiekun: dr hab. Jan Kurpeta e-mail: jkurpeta@fuw.edu.pl

W naszym środowisku występują naturalne źródła promieniowania jonizującego. Są to głównie długożyciowe pierwiastki promieniotwórcze wytworzone w procesach nukleosyntezy, stanowiące teraz składnik skorupy ziemskiej. Radioaktywne produkty ich rozpadu znajdują się w powietrzu, glebie, materiałach budowlanych i innych składnikach naszego otoczenia. Znajomość naturalnego tła promieniowania gamma jest niezbędna dla badań wymagających precyzyjnej identyfikacji izotopów radioaktywnych. Proponowana praca polega na analizie widm tła promieniowania gamma uzyskanych w rzeczywistych pomiarach. Określimy modyfikacje naturalnego tła promieniowania spowodowane przez otoczenie laboratoryjne np. obecność reaktora jądrowego. Zainteresowani studenci mogą wykonać własny pomiar naturalnego widma tła promieniowania gamma zmodyfikowanego obecnością źródła neutronów.

## **Temat 10**

### **„Opracowanie techniki korelacji kątowych dla układu GAMMASPHERE.”**

Opiekun: prof. Waldemar Urban, e-mail: urban@fuw.edu.pl

Na Wydziale Fizyki UW prowadzona jest analiza wieloparametrycznych koincydencji promieniowania gamma zmierzonego za pomocą układu detektorów GAMMASPHERE w Argonne National Laboratory w USA. Analiza ta wymaga obecnie opracowania techniki korelacji kątowych dla układu GAMMASPHERE i napisanie odpowiednich kodów komputerowych. Technika ta użyta będzie do badania własności jąder neutronowo-nadmiarowych produkowanych w rozszczepieniu  $^{252}\text{Cf}$ . Charakter pracy – opracowanie istniejących danych z układu GAMMASPHERE w tym kalibracje techniki korelacji kątowych. Przewiduje się publikację wyników w czasopiśmie Physical Review C.

## **Temat 11**

### **„Badanie korelacji oktopolowych w jądrze $^{147}\text{La}$ .”**

Opiekun: prof. Waldemar Urban, e-mail: urban@fuw.edu.pl

W poprzednich pracach prowadzonych na Wydziale Fizyki UW stwierdzono występowanie efektów oktopolowych w jądrze  $^{147}\text{La}$ . Niedawny przegląd dla jąder o masie  $A=147$ , opublikowany w

czasopiśmie Nuclear Data Sheets, zakwestionował niektóre z tych ustaleń. Istnieją wskazówki, że to zakwestionowanie jest niesłuszne. Celem proponowanej pracy jest ponowne zbadanie własności jądra  $^{147}\text{La}$  z użyciem znacznie lepszych danych doświadczalnych. Dane takie zostały uzyskane w pomiarze promieniowania gamma z rozszczepienia  $^{252}\text{Cf}$ , za pomocą detektora GAMMASPHERE w Argonne National Laboratory w USA.

Charakter pracy - opracowanie istniejących danych z układu GAMMASPHERE. Przewiduje się publikację wyników w czasopiśmie Physical Review C lub podobnym.

## **Zakład Fizyki Biomedycznej**

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

## **Zakład Optyki**

### **Proponowane tematy prac licencjackich w Zakładzie Optyki IFD UW**

#### **1. Badania powierzchni za pomocą generacji drugiej harmonicznej światła**

Prowadzący: dr Piotr Fita  
ul. Hoża 69, pok. 210  
tel. 55 32 330  
email: fita@fuw.edu.pl

Powierzchnie i międzypowierzchnie stanowią środowisko wielu ważnych reakcji chemicznych. Na powierzchniach zachodzi na przykład tak powszechne zjawisko jak korozja, a wpływ na zachowanie komórek organizmów żywych mają procesy zachodzące na granicy błony komórkowej i środowiska.

Jedną z metod badania własności powierzchni i międzypowierzchni jest generacja drugiej harmonicznej światła. Ze względu na symetrię druga harmoniczna światła nie powstaje w ośrodku izotropowym, a jedynie tam, gdzie symetria środkowa jest złamana, czyli w cienkiej warstwie na granicy ośrodków. Dzięki temu można uzyskać bardzo selektywne informacje o własnościach cząsteczek zaadsorbowanych na powierzchni cieczy.

W układzie do generacji drugiej harmonicznej wiązka ultrakrótkich impulsów światła laserowego pada na badaną powierzchnię. Wygenerowane fotony drugiej harmonicznej (od kilku do kilkuset fotonów na impuls) zbierane są za pomocą układu optycznego i poddawane detekcji w czułym detektorze (zdolnym do rejestracji pojedynczych fotonów). Natężenie drugiej harmonicznej

rejestrowane jest w funkcji długości fali i kierunku polaryzacji światła padającego, co pozwala uzyskać informację o wpływie własności środowiska na poziomy energetyczne cząsteczki oraz o ich orientacji.

Celem pracy licencjackiej jest wykonanie serii pomiarów drugiej harmonicznej na międzypowierzchniach rozdzielających dwie ciecz i ich interpretacja w oparciu o istniejące modele zjawiska.

## **2. Spektroskopia emisyjna cząsteczek organicznych**

Prowadzący: dr Piotr Fita  
ul. Hoża 69, pok. 210  
tel. 55 32 330  
email: fita@fuw.edu.pl

Czas życia elektronowych stanów wzbudzonych cząsteczek organicznych zależy zarówno od procesów wewnątrzcząsteczkowych, prowadzących do dezaktywacji stanu wzbudzonego bez emisji fotonu, jak i od oddziaływania cząsteczki ze środowiskiem zewnętrznym, prowadzącego do transferu energii wzbudzenia. Zjawiska te można badać rejestrując widmo i zanik emisji światła z próbki cząsteczek wzbudzonych krótkim impulsem światła laserowego. Zmiana własności środowiska (np. rozpuszczalnika), w którym znajdują się cząsteczki lub modyfikacja struktury cząsteczki prowadzić będą do zmian szybkości zaniku emisji.

Celem pracy jest wykonanie serii pomiarów zaników emisji dla cząsteczek organicznych w roztworach o różnych własnościach (takich jak lepkość, polarność, zdolność do tworzenia wiązań wodorowych) i zbadanie mechanizmów prowadzących do dezaktywacji stanów wzbudzonych w tych cząsteczkach.

## **3. Cyfrowa analiza i przetwarzanie sygnałów elektrycznych**

Prowadzący: dr Piotr Fita  
ul. Hoża 69, pok. 210  
tel. 55 32 330  
email: fita@fuw.edu.pl

Rozwój szybkich układów cyfrowych o dużej mocy obliczeniowej pozwala obecnie zastępować układy analogowe do przetwarzania sygnałów układami cyfrowymi, w których przebiegi analogowe są digitalizowane, a ich dalsza obróbka (np. filtracja, modulacja, demodulacja, całkowanie, różniczkowanie) odbywa się na poziomie oprogramowania. W ten sposób można tworzyć uniwersalne układy pomiarowe, w których część analogowa, niekiedy bardzo skomplikowana, jest zastąpiona przetwornikiem analogowo-cyfrowym i układem cyfrowym z odpowiednim oprogramowaniem. Dzięki temu w prosty sposób można budować złożone układy pomiarowe, umożliwiające łatwą zmianę realizowanych zadań, dzięki wymianie oprogramowania.

Praca licencjacka obejmuje stworzenie oprogramowania do przetwarzania sygnałów elektrycznych w wybranym języku programowania, odpowiednim do zastosowanego sprzętu. Układ ten ma w szczególności pozwolić na komputerową rejestrację przebiegów elektrycznych o dużej częstotliwości wytwarzanych przez szybkie detektory światła. Działanie układu w zakresie dużych częstotliwości ma być ponadto zademonstrowane na przykładzie odbioru sygnałów radiowych (cyfrowe radio – tzw. SDR - Software Defined radio).

#### **4. Konstrukcja sterownika aparatury pomiarowej**

Prowadzący: dr Piotr Fita  
ul. Hoża 69, pok. 210  
tel. 55 32 330  
email: fita@fuw.edu.pl

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 kontrolera aparatury optycznej (np. spektrometru, stabilizatora temperatury) w oparciu o platformę Arduino (ewentualnie inną, w porozumieniu z opiekunem).

#### **5. Fotoasocjacja ultrazimnych atomów i jej zastosowania**

Prowadzący – prof. dr hab. Paweł Kowalczyk lub dr hab. Anna Grochola  
adresy email: Pawel.Kowalczyk@fuw.edu.pl  
Anna.Grochola@fuw.edu.pl  
Hoża, pokój 120 (parter)

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 magneto optycznych (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.

## **6. Spektroskopia laserowa dwuatomowych cząsteczek metali alkalicznych**

Prowadzący – prof. dr hab. Paweł Kowalczyk lub dr hab. Anna Grochola

adresy email: Pawel.Kowalczyk@fuw.edu.pl

Anna.Grochola@fuw.edu.pl

Hoża, pokój 120 (parter)

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 pułpkowania 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<sub>2</sub>, 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.

## **7. Trójwymiarowa, dwufotonowa fotolitografia – możliwości i ograniczenia**

Prowadzący: dr Piotr Wasylczyk  
ul. Hoża 69, pok. 210  
tel. 55 32 330  
email: [Piotr.Wasylczyk@fuw.edu.pl](mailto:Piotr.Wasylczyk@fuw.edu.pl)

Praca przede wszystkim doświadczalna. Poznanie technik wytwarzania oraz charakteryzacji mikrostruktur optycznych w laboratoriach Pracowni Nanostruktur Fotonicznych. Samodzielne zaprojektowanie, wykonanie i zbadanie własności prostych struktur, np. siatek fazowych i/lub kryształów fotonicznych (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 nauczenia się solidnego warsztatu badawczego (współczesne układy optyczne, laserowe, skaningowa mikroskopia elektronowa), będzie też może coś do policzenia (rozwiązywanie równań propagacji światła w strukturach fotonicznych).

## **8. Dynamika laserów femtosekundowych**

Prowadzący: dr Piotr Wasylczyk  
ul. Hoża 69, pok. 210  
tel. 55 32 330  
email: [Piotr.Wasylczyk@fuw.edu.pl](mailto:Piotr.Wasylczyk@fuw.edu.pl)

Praca przede wszystkim doświadczalna. Kontynuacja rozpoczętych niedawno w naszej grupie badań nad dynamiką (samodzielnie zbudowanych) laserów impulsowych (Ł. Zinkiewicz, F. Ozimek, P. Wasylczyk, Witnessing the pulse birth — transient dynamics in a passively mode-locked femtosecond laser, Laser Phys. Lett. 10, 125003 (2013)) . Zaprojektowanie, zbudowanie i przetestowanie lasera Yb:KYW oraz układu diagnostycznego. Badania przejścia od pracy ciągłej do impulsowej. Jeśli wystarczy czasu, bezpośrednie pomiary soczewkowania Kerra w kryształach laserowym podczas pracy lasera. Prace nad modelem numerycznego lasera czteropoziomowego z pasywną synchronizacją modów.

## **8. Mikrostruktury optyczne na światłowodach**

Prowadzący: dr Piotr Wasylczyk

ul. Hoża 69, pok. 210

tel. 55 32 330

email: [Piotr.Wasylczyk@fuw.edu.pl](mailto:Piotr.Wasylczyk@fuw.edu.pl)

Praca przede wszystkim doświadczalna. Poznanie technik wytwarzania oraz charakteryzacji mikrostruktur optycznych w laboratoriach Pracowni Nanostruktur Fotonicznych. Zaprojektowanie, wykonanie i zbadanie własności struktur wytwarzanych bezpośrednio na włóknie światłowodowym. Możliwość nauczenia się solidnego warsztatu badawczego (współczesne układy optyczne, laserowe, skaningowa mikroskopia elektronowa), przede wszystkim jednak możliwość wykonania i zbadania unikatowych mikroukładów optycznych w najbardziej zaawansowanych technologiach.