

**INSTYTUT FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ**  
**Tematy prac licencjackich dla studentów studiów I stopnia w roku**  
**akademickim 2014/15**

**Zakład Dydaktyki Fizyki**

**Rola eksperymentów fizycznych w rozwoju myślenia uczniów**

Opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska

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

Praca ma na celu przegląd teorii poznawczych: J. Piageta, J. Brunera oraz ich odniesienie do rozwoju myślenia uczniów. Omówione zostaną eksperymenty, które wpływają na nabywanie dojrzałej formy myślenia dzieci i młodzieży.

Zgodnie z teorią Piageta zostaną omówione stadia rozwoju inteligencji: sensoryczno-motorycznej (I stadium), przedoperacyjne (stadium II), operacji konkretnych (stadium III) oraz operacji formalnych (stadium IV).

Zgodnie z teorią J. Brunera zostaną omówione główne sposoby wewnętrznego reprezentowania świata: enaktywny, ikoniczny i symboliczny.

Poprzez dobór odpowiednich eksperymentów zostanie dokonana analiza porównawcza teorii poznawczej Piageta oraz Brunera.

**Modele integracji wiedzy przyrodniczej na różnych etapach nauczania**

Opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska

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

Praca ma na celu dokonanie integracji treści programowych na przykładzie lekcji przyrody, matematyki i fizyki w szkole podstawowej, gimnazjum i liceum.

Odwołując się do modeli integracji wiedzy: jednoprzedmiotowej, wieloprzedmiotowej

i międzyprzedmiotowej dokonana zostanie analiza treści „Podstawy programowej” ze wskazaniem możliwych integracji.

Przedstawione zostaną autorskie propozycje integracji z punktu widzenia nauczycieli wymienionych trzech przedmiotów.

### **Metody aktywizujące na lekcjach przyrody na przykładzie zjawisk elektrycznych i magnetycznych**

Opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska

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

Praca ma na celu wskazanie metod aktywizujących uczniów podczas realizacji treści przyrodniczych związanych ze zjawiskami elektrycznymi i magnetycznymi.

Propozycje będą dotyczyły gier dydaktycznych, projektów, burzy mózgów oraz innych prac zespołowych.

### **Zastosowanie programów komputerowych i zasobów Internetu w nauczaniu przyrody w szkole podstawowej.**

Opiekun: dr Anna Kaczorowska

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

Temat pracy adresowany do przyszłego nauczyciela przyrody. Należałoby przeanalizować ofertę największych wydawnictw dotyczącą programów edukacyjnych na płytkach CD i DVD oferowanych nauczycielom i uczniom oraz zaproponować zasoby w Internecie, które byłyby dobrą ilustracją na lekcjach przyrody. W pracy powinny się znaleźć propozycje konkretnych tematów, które można by było wzbogacić w ten sposób. Jednocześnie należałoby wskazać takie programy, które są szkodliwe w procesie edukacyjnym.

### **Wykorzystanie matematyki na lekcjach przyrody w szkole podstawowej.**

Opiekun: dr Anna Kaczorowska

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

Temat adresowany do przyszłego nauczyciela matematyki i przyrody. Głównym problemem jest zbadanie korelacji programu matematyki i przyrody zatwierdzonego przez MEN, zaproponowanie ciekawych form przenikania treści obu przedmiotów. W pracy powinna się znaleźć propozycja zamkniętego cyklu lekcji, w których autor połączy realizację dwóch przedmiotów.

### **Poznawanie fizyki poprzez programowanie w Scratch'u**

Opiekun: dr Piotr Nieżurawski

Kontakt: [Piotr.Niezurawski@fuw.edu.pl](mailto:Piotr.Niezurawski@fuw.edu.pl)

Głównym celem pracy jest przygotowanie 8-10 projektów w środowisku Scratch, które wprowadzałyby w wybrane zagadnienia fizyczne w sposób odpowiedni dla dzieci. Projekty uruchamiane i „remiksowane” przez uczniów szkół podstawowych i gimnazjów służyłyby zapoznawaniu się z fizyką poprzez programowanie. Coraz więcej szkół wprowadza zajęcia z programowania w Scratch'u, co stwarza nowe możliwości na polu dydaktyki fizyki. Praca pisemna zawierałaby opis stworzonych projektów oraz zebrane doświadczenia programistyczne i dydaktyczne, a na platformie Scratch zostałyby najważniejsze owoce twórczego wysiłku autora. (do 3 prac licencjackich)

### **Paradoksalne eksperymenty**

Opiekun: dr Piotr Niezurawski

Kontakt: [Piotr.Niezurawski@fuw.edu.pl](mailto:Piotr.Niezurawski@fuw.edu.pl)

Głównym celem jest zebranie, zilustrowanie i opisanie paradoksalnych eksperymentów, które można prezentować w warunkach szkolnych. Autor powinien być w stanie samodzielnie przygotować i wykonać każdy pokaz. Oprócz pracy pisemnej należy stworzyć stronę internetową zawierającą wyniki pracy: przedstawienie pokazów, ich ilustrację, wyjaśnienie zjawisk.

## **Zakład Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych**

**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>

### **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.

### **Charakterystyka poza - osiowej wiązki neutrinowej w eksperymencie T2K.**

Opiekun: dr Magdalena Posiadała –Zezula

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 –Zezula, 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.

### **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  $10^8 \text{ s}^{-1}$ . Wiazka 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.

### **Analiza danych z teleskopów sieci GLORIA**

Opiekun: prof. dr hab. A.F. Żarnecki

Opis:

We wrześniu 2014 zakończyło się tworzenie europejskiej sieci teleskopów-robotów GLORIA. Wydział Fizyki uczestniczył w ramach tego projektu w przygotowaniu systemu do analizy zbieranych danych. Głównym elementem tego systemu jest stworzony na UW pakiet Luiza. Zawiera on zestaw standardowych narzędzi, które użytkownik może dobierać zgodnie ze swoimi potrzebami. Dotychczas pakiet testowany był głównie na danych projektu "Pi of the Sky". Celem pracy byłoby zebranie potrzebnych danych z różnych teleskopów sieci GLORIA, a następnie przetestowanie wybranych narzędzi do analizy zdjęć nieba, w szczególności różnych algorytmów analizy fotometrycznej (pomiaru jasności obiektów). Ostatecznym wynikiem będzie porównanie czułości i precyzji różnych teleskopów.

### **Analiza danych z aparatury detekcyjnej "Pi of the Sky"**

Opiekun: Prof. dr hab. Aleksander Filip Żarnecki

Od lipca 2013 cztery detektor nowej aparatury detekcyjnej "Pi of the Sky", każdy wyposażony w cztery kamery CCD, monitorują niebo na południu Hiszpanii w poszukiwaniu błysków optycznych towarzyszących błyskom gamma (Gamma Ray Bursts, GRB) oraz innych krótkotrwałych zjawisk optycznych na niebie. Wykonywane zdjęcia nieba mogą też być wykorzystywane do prowadzenia innych analiz, w szczególności poszukiwania i badania gwiazd zmiennych. Przygotowane zostały różne procedury umożliwiające analizę tych danych. Celem pracy byłoby sprawdzenie długookresowej stabilności działania poszczególnych detektorów oraz porównanie różnych metod analizy danych, głównie pod kątem minimalizacji błędów pomiarowych. Zweryfikowane muszą też zostać metody wykorzystywane do oceny jakości zbieranych danych.

### **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 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.

### **Selekcja cząstek rozpadających się dwa leptonów za pomocą analizy danych eksperymentu CMS przy LHC.**

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

Praca będzie polegała na opracowaniu selekcji zarejestrowanych danych pozwalającej na wykrycie w rozkładach masy pary leptonów cząstek i rozpoznanie jakie to są 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 mion przez detektor CMS przy LHC.**

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

Mion jest cząstka słabo-oddziaływającą z materią, która bez problemu 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 czasowa można mierzyć sygnał w kalorymetrze elektromagnetycznym detektora CMS przy LHC w zależności od ilości energii deponowanej w tym urządzeniu. Dokładność ta dochodzi od 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.

## **ZAKŁAD FIZYKI CIAŁA STAŁEGO**

### **"Badania optyczne azotku boru hodowanego metodą MOCVD na podłożach szafirowych"**

Opiekun: dr hab. prof. UW Andrzej Wysmołek

Azotek boru (BN) jest bardzo obiecującym do zastosowań w optoelektronice (detektory, źródła światła) działającej w ultrafiolecie. Monowarstwy heksagonalnej odmiany BN są bardzo atrakcyjne jako przekładki izolujące w strukturach wielowarstwowych z grafenem, MoS<sub>2</sub> oraz innymi kryształami dwuwymiarowymi (szeroko badanymi na świecie). BN jest jednak bardzo trudnym technologicznie materiałem i wymaga szeroko zakrojonych badań.

Praca licencjacka obejmuje badania z użyciem mikroskopii optycznej, absorpcji optycznej, odbicia oraz efektu Ramana na kryształach BN hodowanych metodą epitaksji ze związków metaloorganicznych (MOCVD) na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.  
(Temat zarezerwowany)

**„Metoda wyznaczania temperatury Curie w GaMnAs za pomocą pomiarów szumu elektronicznego.”**

Opiekun: **dr Jacek Przybytek** ([jp@fuw.edu.pl](mailto:jp@fuw.edu.pl))

GaMnAs jest półprzewodnikiem półmagnetycznym o potencjalnie szerokim polu zastosowań spintronicznych. Warunkiem zastosowań praktycznych jest wysoka temperatura przejścia paramagnetyk-ferromagnetyk w tym materiale. Praca dotyczyłaby nowych metod wyznaczania tej temperatury za pomocą pomiarów szumu elektronicznego w warunkach niewielkiego przemiennego pola magnetycznego. Fluktuacje oporu związane z przemagnesowywaniem ferromagnetyka (histereza) są silne w stanie ferromagnetycznym i zanikają, kiedy próbka przechodzi do stanu paramagnetycznego. Przedmiotem pracy byłoby opracowanie metody wyznaczania temperatury Curie na podstawie zależnych od temperatury oraz pola magnetycznego pomiarów fluktuacji oporu próbki. Ewentualne rozszerzenie tej metody mogłoby polegać na pomiarach trzeciej harmonicznej oporu próbki w odpowiedzi na harmoniczne zaburzenie zewnętrznym polem magnetycznym. Przewidywana jest publikacja bazująca na wynikach tych pomiarów.

**„Własności magnetotransportowe izolatora topologicznego (Pb,Sn)Se.”**

Opiekun: **prof. Dariusz Wasik** ([daw@fuw.edu.pl](mailto:daw@fuw.edu.pl))

Selenek ołowiu z cyną należy do nowej klasy materiałów nazywanych topologicznymi izolatorami krystalicznymi. Są to materiały, które w objętości mogą być dobrymi izolatorami elektrycznymi, natomiast na ich powierzchni w pewnych warunkach tworzy się stan metaliczny. W ramach pracy licencjackiej należy wykonać pomiary oporu podłużnego i oporu poprzecznego w niskiej temperaturze (ciełego helu) w funkcji pola magnetycznego skierowanego pod różnymi kątami do powierzchni próbki (próbka będzie umieszczona w specjalnym uchwycie – rotatorze, który umożliwia obrót próbki względem kierunku pola magnetycznego).

**„Poszukiwanie przewodnictwa powierzchniowego izolatorów topologicznych metodami pojemnościowymi”**

Opiekun: **prof. Michał Baj** ([baj@fuw.edu.pl](mailto: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 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.

**„Badania fotomagnetyczne ciekłokrystalicznych rodników”** Opiekun: Jacek Szczytko ([Jacek.Szczytko@fuw.edu.pl](mailto:Jacek.Szczytko@fuw.edu.pl)) (praca licencjacka, ZFCS/IN/Teoria)

Pomiar własności magnetycznych ciekłokrystalicznych rodników na magnetometrze SQUID. Materiały będące przedmiotem badań są oparte o stabilny rodnik werdazyłowy i charakteryzują się dużą różnorodnością strukturalną i supramolekularną (tworzą różne fazy ciekłokrystaliczne). Własności magnetyczne tych materiałów zmieniają się z podświetleniem. Zadaniem badawczym będą pomiary w magnetometrze SQUID w funkcji temperatury, pola magnetycznego oraz mocy pobudzającego próbkę światła.

**„Modelowanie metodą Monte Carlo własności magnetycznych nanocząstek Co”**

Opiekunowie: Jacek Szczytko, ([Jacek.Szczytko@fuw.edu.pl](mailto:Jacek.Szczytko@fuw.edu.pl)) Andrzej Majhofer (praca licencjacka)

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

## **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

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 reakcji, a w warunkach gęstej i gorącej materii jądrowej ich podstawowe własności ulegają modyfikacji.

Instalacja przy spektrometrze FOPI detektora czasu przelotu o doskonałej czasowej zdolności rozdzielczej i bardzo dobrej rozdzielczości przestrzennej umożliwiła identyfikację mezonów  $K^\pm$  w szerokim zakresie pędów. Otwiera to drogę do rekonstrukcji i analizy rozkładów tych cząstek w szerokim obszarze przestrzeni fazowej.

Celem pracy będzie identyfikacja i analiza mezonów  $K^+$  i  $K^-$  wyemitowanych w zderzeniach 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.

## **"Symulacja komputerowa identyfikacji mezonów $\phi$ w detektorze FOPI"**

Opiekun: dr Krzysztof Piasecki

Mezon  $\phi$  jest cząstką o dziwności  $S = 0$ , lecz 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  $\phi$  nie powinny powstawać. Obserwacja tych cząstek w powyższym obszarze energii możliwa jest wyłącznie dzięki podprogowym procesom ich produkcji. Stosunkowo niewielka krotność mezonów  $\phi$  produkowanych w zderzeniu wymaga szczególnego sprawdzenia precyzji detekcji oraz poprawności użytych algorytmów służących do identyfikacji cząstek, stworzonych dla detektora FOPI.

Zadaniem studenta będzie symulacja rozpadu mezonów  $\phi$  w kanale  $\phi \rightarrow K^+ K^-$  (BR = 49 %) i rekonstrukcja tych cząstek na wykresie masy niezmienniczej wraz z oszacowaniem tła metodą mieszania zdarzeń, a następnie analiza rozkładów kinematycznych. Dane zostaną opracowane przy użyciu szeroko wykorzystywanego systemu analizy danych ROOT, opartego na C++.

## **"Emisja cząstek naładowanych ze zderzeń jądro-jądro przy energii 1,9 GeV/nukleon"**

Opiekun: dr Krzysztof Piasecki

Rozkłady zmiennych kinematycznych większości cząstek naładowanych emitowanych ze zderzeń jądro-jądro nie dają się opisać poprzez modele termiczne, nawet po uwzględnieniu ruchu kolektywnego rozprężania materii po jej ściśnięciu. Charakterystyczne wydłużenie rozkładów pospieszności sugeruje częściowe przenikanie się materii bez dochodzenia do zderzenia (zjawisko „transparentacji”), a zarazem częściowe zachowanie przez układ pamięci o stanie przed zderzeniem.

Zadaniem studenta będzie rekonstrukcja rozkładów pędu poprzecznego i pospieszności protonów i deuterionów, emitowanych ze zderzeń ciężkich jonów przy energii 1,9 GeV/nukleon i zarejestrowanych przez układ detekcyjny FOPI. W analizie przedyskutowane zostaną kolejne wkłady do wydajności na rejestrację cząstek. 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  $^{78}\text{Kr}$  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 fluorescencji rentgenowskiej"**

Opiekun: dr Chiara Mazzocchi

Obserwacja charakterystycznego promieniowania X emitowanego przez atomy wzbudzone promieniowaniem rentgenowskim padającym na 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 i archeologicznych, czy 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 różnych próbkach.

### **"Modelowanie przebiegu reakcji jądrowych przy energiach astrofizycznych, wywołanych przez kwanty gamma w aktywnej tarczy"**

Opiekun: prof. Zenon Janas, dr Chiara Mazzocchi

Dostępność intensywnych wiązek wysokoenergetycznych kwantów gamma umożliwia badanie kluczowych reakcji jądrowych typu  $(p,\gamma)$  i  $(\alpha,\gamma)$ , ważnych dla procesów syntezy pierwiastków w gwiazdach poprzez badanie reakcji odwrotnych  $(\gamma,p)$  i  $(\gamma,\alpha)$ . Podstawową zaletą wykorzystywania kwantów gamma jako pocisków jest uniezależnienie pomiarów przekrojów czynnych od efektów związanych z istnieniem bariery kulombowskiej. W jednym z proponowanych eksperymentów naładowane produkty reakcji wywołanych przez kwanty gamma będą rejestrowane w komorze dryfowej z projekcją czasu. Celem pracy jest modelowanie reakcji jądrowych zachodzących w gazie wypełniającym komorę dryfową oraz w innych materiałach detektora.

## **Wyznaczanie ciepła rozpadu wydzielanego w czasie użytkowania paliwa jądrowego z uwzględnieniem mocy i długości pracy reaktora.**

Opiekun: dr hab. Marek Karny

Ciepło rozpadu to energia wydzielana w prętach paliwowych pochodząca z rozpadu beta. Jest ono generowane nawet po wyłączeniu reaktora. Znajomość wartości ciepła rozpadu jest kluczem do symulacji zachowań wypalonego paliwa jądrowego w przypadku wypadków typu LOCA. W ramach pracy licencjackiej przewidywane jest rozszerzenie istniejącego programu do obliczeń ciepła rozpadu poprzez uwzględnienie czasu pracy i mocy reaktora.

## **"Komputerowa analiza widm energetycznych fotonów gamma"**

Opiekun: dr hab. Jan Kurpeta

Jądra atomowe zbudowane z protonów i neutronów są podstawowym składnikiem otaczającej nas materii. Jako obiekty kwantowe o rozmiarach rzędu  $10^{-14}$  metra nie są one dostępne bezpośrednim obserwacjom. 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 wykorzystania wybranych programów komputerowych do analizy widm fotonów gamma pochodzących z pomiarów przeprowadzonych przez opiekuna pracy.

## **"Badanie własności stanów wzbudzonych $^{86}\text{Rb}$ populowanych w reakcji $(n,\gamma)$ "**

Opiekun: dr Agnieszka Korgul

Celem pracy jest uzyskanie informacji o energiach oraz spinach stanów wzbudzonych w  $^{86}\text{Rb}$  populowanych w wyniku wychwytu neutronów przez jądra  $^{85}\text{Rb}$ . Realizacja tego celu będzie wymagała przeprowadzenia analizy danych z eksperymentu wykonanego w laboratorium ILL Grenoble. Praca może być rozszerzona o analizę korelacji kątowych kwantów gamma emitowanych ze stanów wzbudzonych  $^{86}\text{Rb}$ .

## **"Charakterystyki neutronowe rdzenia reaktora MARIA. Analiza modelem dyfuzyjnym"**

Opiekun: dr Agnieszka Korgul oraz dr Zuzanna Marcinkowska  
NCBJ, e-mail: zuzanna.marcinkowska@ncbj.gov.pl

Charakterystyki neutronowe rdzenia pracującego reaktora do wykorzystywane do analizy bezpieczeństwa oraz sprawdzeniu, czy spełnione są limity eksploatacyjne. Należą do nich: współczynnik mnożenia całego układu, rozkład strumienia neutronów, rozkład mocy w poszczególnych elementach rdzenia oraz prędkość i sposób wypalania elementów paliwowych. Parametry te można otrzymać na podstawie rachunku modelem dyfuzyjnym. Dokładność wyników zależy m.in. od gęstości zastosowanej siatki obliczeniowej.

Celem pracy jest sprawdzenie, jak na wyżej wymienione charakterystyki wpływa sposób zdefiniowania materiału moderatora, w szczególności zagęszczenie siatki obliczeniowej w obszarze moderatora. Analiza dotyczy rdzenia reaktora MARIA, a przewidywania zostaną porównane z danymi eksperymentalnymi.

### **"Zaprojektowanie uniwersalnej stacji pomiarowej dla metody PIXE"**

Opiekun: dr Agnieszka Korgul oraz prof. Henryk Mach NCBJ,  
e-mail: Henryk.Mach@ncbj.gov.pl

Metoda PIXE (Proton Induced X-ray Emission) jest szeroko używana w badaniach stosowanych w archeologii, geologii, analizach materiałowych i innych dziedzinach w celu określenia składu pierwiastkowego próbki. Proponowany projekt zawiera przegląd nowoczesnych pomiarów PIXE dokonywanych na świecie, a w szczególności przegląd używanych stacji pomiarowych oraz zaprojektowanie nowej stacji pomiarowej dla badań PIXE przy akceleratorze LECH w Warszawie. W miarę możliwości nastąpi budowa takiej stacji i wstępne pomiary testowe.

### **"Kalibracja i ustawienie detektorów do pomiarów metodą PIXE"**

Opiekun: dr Agnieszka Korgul oraz prof. Henryk Mach NCBJ,  
e-mail: Henryk.Mach@ncbj.gov.pl

Krytyczne dla badań stosowanych metodą PIXE (Proton Induced X-ray Emission), której celem jest określenie składu pierwiastkowego badanych próbek, jest właściwe ustawienie i kalibracja detektorów promieniowania X. Proponowany projekt zawiera przegląd różnych typów detektorów używanych do pomiarów PIXE oraz metod ich kalibracji. W drugiej części projektu nastąpi ustawienie i kalibracja detektora PIXE, pomiar na wiązce protonowej i określenie czułości pomiaru na zawartość różnych domieszek.

## **"Zaprojektowanie i wykonanie pomiaru zanieczyszczeń w powietrzu przy użyciu analizy elementów śladowych metodą PIXE na filtrach powietrza"**

Opiekun: dr Agnieszka Korgul oraz prof. Henryk Mach NCBJ,  
e-mail: Henryk.Mach@ncbj.gov.pl

Metoda PIXE (Proton Induced X-ray Emission) jest szeroko używana do pomiaru zanieczyszczeń powietrza przez użycie cząstek zatrzymanych w cienkich filtrach. Projekt zawiera przegląd metod pomiarowych zanieczyszczeń powietrza ze szczególnym uwzględnieniem metody PIXE. W drugiej części projekt obejmuje zebranie na filtry próbek powietrza z kilku różnych środowisk w Warszawie, i nie tylko, oraz poddanie ich analizie PIXE przy użyciu akceleratora LECH. Zadaniem końcowym jest próba określenia czułości tych pomiarów na zawartość kilku niebezpiecznych substancji.

## **"Najważniejsze emitery neutronów opóźnionych w środowisku reaktorów jądrowych"**

Opiekun: dr Krzysztof Miernik

Zjawisko emisji neutronów opóźnionych po rozpadzie beta jest jednym z kluczowych zjawisk dla kontrolowania reaktorów jądrowych. 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 emiterów 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 pojedynczej cząstki 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 parametryzacji potencjału Woodsa-Saxona w świetle najnowszych wyników eksperymentalnych, wybór najlepszych propozycji, oraz ewentualnie zaproponowanie własnej wersji.

## **"Produkcja i rozpad beta izotopu $^{165}\text{Dy}$ "**

Opiekun: dr Krzysztof Miernik

Dysproz to pierwiastek należący do ziem rzadkich, posiadający 7 stabilnych izotopów. Ze względu na duży przekrój czynny na wychwyt neutronu używany jest m.in. w prętach kontrolnych w reaktorach jądrowych. Najcięższy ze stabilnych izotopów dysprozu to  $^{164}\text{Dy}$ , występujący w ok. 28%. Po reakcji wychwytu neutronu z tego izotopu otrzymujemy  $^{165}\text{Dy}$ , który ulega rozpadowi beta minus z czasem połowicznego zaniku 2,3 godziny. Celem pracy jest wytworzenie tego niestabilnego izotopu w źródle neutronów, a następnie pomiar i analiza promieniowania gamma emitowanego w jego rozpadzie.

## **"Poszukiwanie i analiza efektów siły kulombowskiej w reakcji $^1\text{H}(\text{d},\text{pp})\text{n}$ przy energii 160 MeV"**

Opiekun: dr Izabela Skwira-Chalot

W 2010 roku w KVI w Groningen odbył się eksperyment, w którym tarczę wodorową bombardowano deuteronami o energii 160 MeV. W wyniku takiego zderzenia zachodzi reakcja breakupu  $^1\text{H}(\text{d}, \text{pp})\text{n}$ . Analiza danych z tego eksperymentu pozwoli na badanie, w szerokim zakresie przestrzeni fazowej, różnych aspektów dynamiki układów kilkunukleonowych, jak oddziaływania 3-nukleonowe czy wpływ oddziaływania kulombowskiego, istotnego w szczególności w obszarze małych kątów polarnych. Głównym zadaniem będzie zbadanie efektów siły kulombowskiej przez porównanie eksperymentalnych rozkładów różniczkowego przekroju czynnego z istniejącymi przewidywaniami teoretycznymi uwzględniającymi (lub nie) oddziaływanie kulombowskie.

## **Stan neutronowy $i13/2$ - wzbudzenia w jądrze $^{137}\text{Xe}$**

Opiekun: prof. Waldemar Urban

Stan neutronowy (intruder)  $i13/2$  w okolicy podwójnie magicznego rdzenia  $^{132}\text{Sn}$  jest szczególnie ciekawy ponieważ w jądrze  $^{133}\text{Sn}$  (jeden neutron na zewnątrz rdzenia) leży on powyżej energii wiązania. Jak wysoko nie wiadomo. Wydaje się że tuż nad zerem, w związku z czym pojawia się możliwość badania tzw. układów otwartych (jądro + niezwiązany stan jądrowy). Aby stwierdzić obecność tego stanu i jego energię w jądrze  $^{133}\text{Sn}$  należy zaobserwować ten stan, jako stan związany w innych jądrach w okolicy  $^{132}\text{Sn}$ . Stan taki jest związany w jądrze  $^{134}\text{Sb}$  ponieważ energia wiązania neutronu rośnie wraz z liczbą protonów. W jądrze  $^{137}\text{Xe}$  stan  $i13/2$  powinien być jeszcze bardziej związany i widoczny. Jest już jeden kandydat, ale oczekuje się tam więcej stanów wzbudzonych zawierających orbital  $i13/2$ . Celem proponowanej pracy jest identyfikacja takich wzbudzeń.

Praca jest kontynuacją badań stanu neutronowego  $i13/2$  w okolicy podwójnie magicznego rdzenia  $^{132}\text{Sn}$  prowadzonych w Zakładzie Fizyki Jądrowej na Wydziale Fizyki UW od kilku lat. Do tej pory ukazało się kilka naszych publikacji w międzynarodowych czasopismach na ten temat. Oczekujemy, że proponowana praca również zostanie opublikowana w międzynarodowym czasopiśmie.

Charakter pracy to opracowywanie zmierzonych danych i pomoc w pisaniu publikacji. Dane pochodzą z dużego pomiaru z użyciem wielodetektorowego układu Gammasphere w Narodowym Laboratorium w Argonne w USA.

Istnieje możliwość kontynuacji tej tematyki w ramach pracy magisterskiej w Zakładzie Fizyki Jądrowej Wydziału Fizyki UW.

### **Wibracje gamma w jądrze $^{138}\text{Te}$**

Opiekun: prof. Waldemar Urban

Jądro  $^{138}\text{Te}$  leży w pobliżu podwójnie magicznego rdzenia  $^{132}\text{Sn}$ . Oczekuje się że jądro to, które ma tylko 2 protony i dwa neutrony walencyjne, będzie miało wzbudzenia typu jednocząstkowego. Tymczasem, istnieją wskazówki że może ono wykazywać wyraźne wzbudzenie wibracyjne typu gamma. Celem pracy jest potwierdzenie tych sugestii. Byłaby to ważna wskazówka dla badań powstawania deformacji jądrowej.

Praca jest kontynuacją badania mechanizmów powstawania deformacji jądrowej prowadzonych w Zakładzie Fizyki Jądrowej na Wydziale Fizyki UW od wielu lat. Do tej pory ukazało się kilkanaście naszych publikacji w międzynarodowych czasopismach na ten temat. Oczekujemy, że proponowana praca zostanie opublikowana w czasopiśmie Physical Review C. W roku 2013/14 podobna praca (badanie  $^{140}\text{Xe}$ , który jest izotonom  $^{138}\text{Te}$ ) była tematem pracy licencjackiej wykonanej w Zakładzie Fizyki Jądrowej przez studenta kierunku Energetyka i Chemia Jądrowa (obecnie trwa spisywanie publikacji do Physical Review C.).

Charakter pracy to opracowywanie zmierzonych danych i pomoc w pisaniu publikacji. Dane pochodzą z dużego pomiaru z użyciem wielodetektorowego układu Eurogam w Instytucie Fizyki Jądrowej w Strasburgu we Francji.

Istnieje możliwość kontynuacji tematyki powstawania deformacji jądrowej w ramach pracy magisterskiej w Zakładzie Fizyki Jądrowej Wydziału Fizyki UW.

### **Precyzyjne wyznaczenie energii rozpadu beta jądra $^{115}\text{In}$**

Opiekun: prof. Teresa Rząca-Urban

Precyzyjne pomiary rozpadu beta mogą dostarczyć istotnych danych nt. masy neutrina. Pomiary takie należy prowadzić dla jąder, dla których energia rozpadu beta jest bardzo mała. Rozpad beta jądra  $^{115}\text{In}$  do pierwszego stanu wzbudzonego  $2^+$  w jądrze  $^{115}\text{Sn}$  ma najmniejszą energię spośród wszystkich znanych rozpadów beta i dlatego jest bardzo interesującym kandydatem dla pomiarów masy neutrina. Projekt taki to duże przedsięwzięcie i należy najpierw dobrze zbadać parametry rozpadu, tj. przede wszystkim jego energię. Znana energia tego rozpadu beta jest obciążona dużą niepewnością. Celem proponowanej pracy jest dokładniejsze wyznaczenie tej energii.

Charakter pracy to opracowywanie zmierzonych danych i pomoc w pisaniu publikacji. Dane pochodzą z pomiaru z użyciem wielodetektorowego układu w Instytucie Laue-Langevin w

Grenoble we Francji. Przewiduje się opublikowanie wyników pracy w czasopiśmie Physical Review C.

Tematyka ta będzie kontynuowana w Zakładzie Fizyki Jądrowej Wydziału Fizyki UW. M.in. przewidywane są dalsze pomiary w Instytucie Laue-Langevin w Grenoble.

### **Poszukiwanie stanów wzbudzonych jądra 91Kr**

Opiekun: prof. Teresa Rząca-Urban

Trwają intensywne prace mające na celu wyznaczenie własności jądra  $^{78}\text{Ni}$ , które jest jednym z dwóch ostatnich (obok jądra  $^{100}\text{Sn}$ ) nieznanymi rdzeni podwójnie magicznych. Oczekuje się że stany wzbudzone w jądrze  $^{78}\text{Ni}$  zostaną zaobserwowane w najbliższych latach. Aby tego dokonać należy dobrze przygotować projekt pomiarów tego jądra. To wymaga wiarygodnych przewidywań jego własności w ramach modelu powłokowego. Do wykonania takich obliczeń potrzebna jest dobra znajomość energii wzbudzeń protonów i neutronów w potencjale  $^{78}\text{Ni}$ . Niektóre z tych energii wymagają lepszego wyznaczenia. Dotyczy to orbitala neutronowego  $g_{7/2}$ . Jego energia w jądrze  $^{91}\text{Kr}$  będzie cennym uzupełnieniem istniejących danych. Jądro  $^{91}\text{Kr}$ , mimo że łatwo dostępne eksperymentalnie jest bardzo słabo znane. Celem proponowanej pracy jest wyznaczenie stanów wzbudzonych w jądrze  $^{91}\text{Kr}$ , w tym stanu zawierającego orbital neutronowy  $g_{7/2}$ . Istnieją wskazówki jak tego dokonać.

Charakter pracy to opracowywanie zmierzonych danych i pomoc w pisaniu publikacji. Dane pochodzą z pomiaru z użyciem wielodetektorowego układu w Eurogam w Instytucie Fizyki Jądrowej w Strasburgu we Francji i układu Gammasphere w Narodowym Laboratorium w Argonne w USA. Przewidujemy opublikowanie wyników pracy w czasopiśmie Physical Review C.

Istnieje możliwość kontynuacji tematyki wyznaczania energii orbitali neutronowych i protonowych w ramach pracy magisterskiej w Zakładzie Fizyki Jądrowej Wydziału Fizyki UW.

Tematyka ta będzie kontynuowana, m.in. przewidywane są dalsze pomiary w Instytucie Laue-Langevin w Grenoble.

## **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)**

## **Zastosowania Teorii Macierzy Przypadkowych w Finansach**

Opiekun: (główny) dr Tomasz Gubiec (email: [tomasz.gubiec@fuw.edu.pl](mailto:tomasz.gubiec@fuw.edu.pl) ),

(pomocniczy): mgr Mateusz Wiliński (email: [mateusz.wilinski@fuw.edu.pl](mailto:mateusz.wilinski@fuw.edu.pl) )

### Opis

Teoria Macierzy Przypadkowych znalazła rozliczne zastosowania zarówno w fizyce (m.in. fizyka jądrowa i fizyka ciała stałego), matematyce (m.in. statystyka, metody numeryczne) jak i finansach (m.in. analiza portfelowa). Praca będzie się koncentrować na analizie struktury korelacji na polskiej giełdzie, w różnych skalach czasowych. Szczególnie interesujące będzie sprawdzenie istotności uzyskanych korelacji poprzez analizę rozkładu wartości własnych macierzy korelacji. Z kolei analiza głównych składowych wspomnianej macierzy zostanie przetestowana pod kątem tworzenia optymalnych portfeli inwestycyjnych.

## **Zastosowanie modelu „przebiegłych inwestorów” do imitowania finansowych szeregów czasowych**

Opiekun: (główny) prof. Ryszard Kutner (email: [erka@fuw.edu.pl](mailto:erka@fuw.edu.pl) )

(pomocniczy): mgr Mateusz Denys (email: [Mateusz.Denys@fuw.edu.pl](mailto:Mateusz.Denys@fuw.edu.pl) )

### Opis

Celem pracy będzie zbadanie (drogą symulacji komputerowych) socjo- i ekonofizycznego modelu rynków finansowych, opartego na modelu magnetyka Isinga (Lenz, 1920) pod kątem jego przydatności do odtwarzania finansowych szeregów czasowych cen i stóp zwrotu. W modelach tego typu, należących do klasy tzw. modeli agentowych, inwestorzy giełdowi utożsamiani są ze spinami na sieci krystalicznej, gdzie moi sąsiedzi w sieci są moimi znajomymi. Wyróżnikiem modelu „przebiegłych inwestorów” (Denys, Gubiec, Kutner, *Act Phys Pol A* 123 (3), 2013), będącego obiektem badań w pracy, jest socjologiczna interpretacja wartości spinu – nie jest to, jak zazwyczaj, decyzja inwestycyjna inwestora (np. +1 - kupuję, -1 - sprzedaję), tylko stan jego portfela i jednocześnie porada inwestycyjna, którą przekazuje on swoim sąsiadom (+1 – kupiłem akcje, wierzę, że cena wzrośnie, więc doradzam innym kupno, -1 – sprzedałem akcje, wierzę, że cena spadnie, więc doradzam sprzedaż). Jedną z konsekwencji takiego podejścia jest przebiegłość inwestorów, czyli doradzanie kupna w sytuacji, gdy ja sam mogę tylko sprzedać akcje i sprzedaży, gdy ja sam mogę jedynie je kupić.

## **Badanie multifraktalności quasi-finansowych szeregów czasowych metodą MF-DFA**

Opiekun: (główny) prof. Ryszard Kutner (email: [erka@fuw.edu.pl](mailto:erka@fuw.edu.pl) )

(pomocniczy): mgr Mateusz Denys (email: [Mateusz.Denys@fuw.edu.pl](mailto:Mateusz.Denys@fuw.edu.pl) )

## Opis

Fraktale to obiekty geometryczne o nieskończonej złożoności, charakteryzujące się własnością samopodobieństwa, czyli składające się z pomniejszych kopii samych siebie. W przypadku finansowych szeregów czasowych oznaczałoby to, że np. wykres ceny spółki giełdowej wygląda tak samo w różnych skalach czasowych (minutowej, dziennej, rocznej itd.). Okazuje się jednak, że tego typu szeregi giełdowe są nie fraktalami, a multifraktalami – obiektami jeszcze bardziej złożonymi niż fraktale, mającymi całe spektrum wymiarów skalowania czasowego. Celem pracy będzie zbadanie multifraktalności szeregów czasowych z symulacji rynku giełdowego. Do badania wykorzystana zostanie popularna metoda MF-DFA (ang. Multifractal Detrended Fluctuation Analysis).

## **Badanie krachów i minikrachów w szeregach czasowych metodami fizyki statystycznej**

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

## Opis

Zasadniczym elementem pracy jest analiza szeregów czasowych związanych z różnymi krachami giełdowymi rozpatrywanymi w różnych skalach czasowych. Celem pracy jest znalezienie potencjalnych sygnałów ostrzegawczych przed tymi krachami. Główne narzędzia badawcze to logarymiczna periodyczność i centralne twierdzenie graniczne.

## **Modele agentowe na sieciach złożonych**

Opiekun: dr Tomasz Gubiec (email: [Tomasz.Gubiec@fuw.edu.pl](mailto:Tomasz.Gubiec@fuw.edu.pl) )

## Opis

Celem pracy jest przeprowadzenie symulacji wybranego modelu agentowego na sieci typu Barabási-Albert wraz z interpretacją wyników. Wybrany model agentowy może opisywać np.: ewolucję epidemii, poparcie polityczne lub stan systemu finansowego. Wymagana jest umiejętność programowania w Pythonie lub w C++ i samodzielnego czytania ze zrozumieniem dokumentacji nowych bibliotek.

# **Zakład Optyki**

## **Obrazowanie przez ośrodki rozpraszające światło**

Opiekun: dr Piotr Fita

Jednym z intensywnie badanych problemów współczesnej optyki jest obrazowanie poprzez ośrodki silnie rozpraszające światło. Z zagadnieniem tym ma się do czynienia np. w mikroskopii, podczas prób obrazowania tkanek. Klasyczna mikroskopia wymaga wykonania preparatu na tyle cienkiego, by światło przechodziło przez niego nie ulegając znaczącemu rozproszeniu, co praktycznie uniemożliwia obrazowanie większych organizmów żywych. W ostatnich latach odkryto jednak, że wykorzystując korelacje występujące w świetle rozproszonym można, za pomocą odpowiednich metod analizy sygnału, odtworzyć obraz znajdujący się za ośrodkiem całkowicie rozpraszającym światło (warstwą tkanek, matową szybą itp.).

Praca licencjacka ma charakter doświadczalny. Jej celem jest zbudowanie układu doświadczalnego umożliwiającego obrazowanie poprzez ośrodki silnie rozpraszające światło i zbadanie warunków, w jakich jest to możliwe. Będzie się to wiązało ze zbudowaniem odpowiedniego źródła światła i obrazującego układu optycznego oraz napisaniem programu do odtwarzania obrazu przedmiotu z zarejestrowanego obrazu światła rozproszonego. Z tego względu wymagana jest biegłość w posługiwaniu się wybranym programem matematycznym lub językiem programowania.

### **Struktury przestrzenne w reakcjach na powierzchniach**

**Opiekun: dr Piotr Fita**

W odpowiednich warunkach reakcje chemiczne mogą prowadzić do powstawania struktur przestrzennych różniących się stężeniem reagentów, obserwowanych gołym okiem jako pierścienie, pasy lub mniej regularne kształty. Przypuszcza się, że efekt ten mógł mieć wpływ na procesy prowadzące do powstania życia. Zjawisko to obserwuje się między innymi wówczas, gdy substraty reakcji znajdują się w różnych fazach (np. w dwóch niemieszających się cieczach) – struktury przestrzenne powstają wtedy na powierzchni rozdzielającej fazy.

Celem pracy licencjackiej jest znalezienie układów chemicznych, w których można zaobserwować powyższe zjawisko oraz zbadanie warunków wpływających na kształt i intensywność powstających struktur. Struktury przestrzenne na powierzchni można obserwować za pomocą kamery i stosując nowoczesne metody analizy obrazów podjąć próbę opisanie ich dynamiki. Rezultaty pracy zostaną wykorzystane w badaniach powierzchni za pomocą optyki nieliniowej.

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

**Opiekun: dr Piotr Fita**

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 licenjacka 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).

## **Konstrukcja sterownika 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 kontrolera aparatury optycznej (np. spektrometru, stabilizatora temperatury) 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 (rozwiązanie 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 wyłożonej 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 wyłożonej 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 wyłożonej 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 wyłożonej 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 wytężonej 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).

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

Prowadzący – prof. dr hab. Paweł Kowalczyk

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

Pasteura 5, pokój 3.22

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.

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

Prowadzący – prof. dr hab. Paweł Kowalczyk

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

Pasteura 5, pokój 3.22

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.  $\text{Na}_2$ ,  $\text{NaLi}$ ,  $\text{KLi}$ ,  $\text{NaRb}$ ,  $\text{LiCs}$ ,  $\text{NaCs}$ ), 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.