

INSTYTUT FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ

Tematy prac licencjackich dla studentów studiów indywidualnych I stopnia w roku akademickim 2015/16

Zakład Fizyki Biomedycznej

1. Badanie zjawisk krytycznych na sieciach złożonych na przykładzie modelu Isinga

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

Należy porównać przewidywania zachowania krytycznego w stanie równowagi w ramach teorii pola średniego dla modelu Isinga na sieci regularnej i sieci złożonej z odpowiednimi wynikami symulacji komputerowych metodą Monte Carlo. Dokładniej rzecz biorąc chodzi tutaj o wyznaczenie wartości wykładników krytycznych rządzących krytycznością.

Uwaga: wszelkie materiały znajdują się u opiekuna.

2. Analiza stacjonarnej przemiany fazowej na przykładzie modelu epidemicznego typu SIS

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

Należy porównać przewidywania teorii pola średniego dla stanu stacjonarnego w dwustanowym - zarażony (infected, I), zdrowy (survived, S), modelu epidemicznym typu SIS z wynikami symulacji komputerowej metodą Monte Carlo. Dokładniej rzecz biorąc, chodzi tutaj o zbudowanie (na drodze teoretycznej i numerycznej) diagramu fazowego i wyznaczenie punktu krytycznego w funkcji parametru kontrolnego jakim jest tempo rozprzestrzeniania się epidemii.

Uwaga: wszelkie materiały znajdują się u opiekuna.

3. Badanie zjawiska małych światów w różnych sieciach złożonych

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

Charakterystyczną cechą wielu sieci rzeczywistych jest łatwość porozumiewania się ze sobą nawet bardzo odległych węzłów sieci (efekt małych światów). Oznacza to, że średnia droga pomiędzy dwoma dowolnymi węzłami mierzona liczbą mijanych po drodze węzłów pośrednich jest krótka, rosnąc wolno z całkowitą liczbą węzłów. Celem pracy jest sprawdzenie jakie własności sieci prowadzą do efektu małych światów a jakie pozbawiają sieć tego efektu.

Uwaga: wszelkie materiały znajdują się u opiekuna.

4. Porównanie własności sieci złożonych z analogicznymi uszkodzonymi atakami terrorystycznymi.

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

Celem pracy jest zbadanie jak uszkodzenia sieci (np. atakami terrorystycznymi) obniżają zdolność sieci do transmisji informacji. Konkretnie chodzi o sprawdzenie jak uszkodzenia (czyli eliminacja węzłów sieci) wpływa na stacjonarny diagram fazowy w wybranym modelu epidemicznym (np. typu SIS). Sprawdzenia tego należy dokonać zarówno na drodze symulacji komputerowej jak też na drodze analitycznej i porównać otrzymane wyniki.

Uwaga: wszelkie materiały znajdują się u opiekuna.

5. Analiza trendów wznoszących i opadających baniek giełdowych za pomocą funkcji logarytmiczno-periodycznych

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

Funkcja logarytmiczno-periodyczna stanowi dzisiaj jedno z kluczowych narzędzi badania baniek giełdowych. Wynika to z faktu, że może być stosowana w obszarach krytycznych – obszary krachów utożsamia się z nimi. Celem niniejszej pracy będzie zbadanie bessy i hossy właśnie za pomocą tej funkcji a zwłaszcza możliwie dokładne wyznaczenie daty krachu. Ponadto, chodzi o tutaj o opracowanie (przynajmniej zgrubne) metodologii predykcji krachu. Uwaga: wszelkie materiały znajdują się u opiekuna.

Zakład Biofizyki

1. „Badanie zmian strukturalnych białek spowodowanych zmianami pH roztworu metodami spektroskopii dichroizmu kołowego i dynamiki molekularnej”

opiekun: prof. dr hab. Jan Antosiewicz; e-mail: jantosi@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 786

Opis: Białka to liniowe polimery zbudowane z połączonych wiązaniami peptydowymi aminokwasów. Częsteczka aminokwasu, oprócz grupy aminowej i grupy karboksylowej uczestniczących w tworzeniu wiązania peptydowego z aminokwasem poprzedzającym i następującym w łańcuchu, odpowiednio, posiada specyficzną grupę boczną, stanowiącą o jej fizyko-chemicznych właściwościach. Niektóre z tych grup są zdolne do przyłączania i odłączania protonów, co prowadzi do zmiany ich ładunku elektrycznego, między +1 i 0 (ładunki podane w jednostkach ładunku elementarnego) w przypadku aminokwasów zasadowych (jak lizyna czy arginina) lub między 0 i -1 w przypadku aminokwasów kwasowych (jak kwas glutaminowy czy kwas asparaginowy). Obecność takich grup bocznych prowadzi do fluktuacji rozkładu ładunku elektrycznego w obrębie cząsteczki białka, zmian całkowitego ładunku średniego ze zmianami pH roztworu i ma bardzo duży wpływ na jej strukturę i funkcjonowanie. Zbadanie zmian strukturalnych białka o nazwie rybonukleaza pod wpływem zmian pH w granicach 8-12, metodami spektroskopii dichroizmu kołowego (CD), stacjonarnej i kinetycznej, i dynamiki molekularnej w stałym pH (z użyciem pakietów Gromacs i Charmm) jest przedmiotem proponowanej pracy licencjackiej. Rybonukleazy to białka enzymatyczne dzielące cząsteczki RNA na krótsze łańcuchy lub pojedyncze nukleotydy przez hydrolizę wiązań fosfodiesterowych. Nas interesują z uwagi na zależność od pH widm absorpcji promieniowania UV w zakresie 240-320 nm, przez roztwory rybonukleazy. Taką zależność opisał na przykład prof. D. Shugar w pracy „The Ultraviolet Absorption Spectrum of Ribonuclease” opublikowanej w Biochemical Journal (52:142-149, 1952). Rybonukleaza nie zawiera tryptofanów, absorbowanie przez nią światła UV w okolicach 280 nm jest zdominowane przez tyrozyny (tryptofan, tyrozyna i fenyloalanina to aminokwasy, których grupy boczne są związkami pierścieniowymi zawierającymi podwójne wiązania chemiczne). Obserwowane przez D. Shugara zmiany widm absorpcji roztworów rybonukleazy w zakresie pH 7-12.5 są wynikiem zmian strukturalnych prowadzących do przemieszczania się reszt tyrozynowych z wnętrza białka na powierzchnię, czemu towarzyszy dysocjacja protonu grupy hydroksylowej (pH równowagi 50%:50% stanu uprotonowania i zdeprotonowania dla izolowanej tyrozyny to 11.6, zwykle dla grup ukrytych we wnętrzu białka ta wartość jest znacznie wyższa) i zmiana warunków absorpcji światła przez tę grupę w związku z reorganizacją struktury elektronowej pierścienia tyrozyny po dysocjacji protonu. W części doświadczalnej pracy licencjackiej będzie powtórzony eksperyment D. Shugara, rozszerzony o pomiar sygnału dichroizmu kołowego i fluorescencji, jak również będzie zbadana kinetyka procesów zachodzących w rybonukleazie po skokowej zmianie pH, metodami spektroskopii

zatrzymanego przepływu, z pomiarami sygnałów absorpcji, CD i fluorescencji. W części symulacyjnej, metodami dynamiki molekularnej w stałym pH, będą generowane trajektorie fluktuacji strukturalnych rybonukleazy w danym pH i zmiany strukturalne będące odpowiedzią na skokowe zmiany pH. W symulacjach tych jako struktury startowe białka będą użyte struktury zdeponowane w Protein Data Bank, otrzymane metodami rozpraszania promieni X na kryształach.

2. „Rola badań nad oddziaływaniem enzymów z inhibitorami w projektowaniu potencjalnych leków o selektywnych własnościach terapeutycznych”

opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk; e-mail: borys@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 784

Opis: Absorpcja i emisja (fluorescencja) fotonów zależą od własności białka i jego asocjacji (oddziaływania elektrostatycznego) z inhibitorem zarówno w stanie podstawowym jak i wzbudzonym. Na podstawie interpretacji zmian emisji białka można zidentyfikować czynniki fizyczne (strukturalne, konformacyjne, dysocjację i asocjację protonów) decydujące o selektywnym rozpoznawaniu i silnym wiązaniu inhibitorów. Wyniki takich badań są wykorzystywane w projektowaniu inhibitorów (leków) o selektywnych właściwościach terapeutycznych wobec enzymów izolowanych z pasożytów (np. nicieni) i mikroorganizmów chorobotwórczych (bakterii, wirusów), na podstawie różnic między enzymami ludzkimi i ich odpowiednikami w mikroorganizmach chorobotwórczych. Zbadanie tych różnic strukturalnych i kinetycznych między enzymami ludzkimi, zwierzęcymi i z mikroorganizmów (bakterii, wirusów) przyczynia się także do lepszego zrozumienia mechanizmu reakcji katalitycznej. Ponadto różnice między enzymami ludzkimi i z mikroorganizmów mogą być wykorzystane do ulepszenia metod stosowanych w terapii genowej nowotworów za pomocą wszczepienia do tkanki nowotworowej mniej specyficznego „samobójczego” genu enzymu z mikroorganizmu. Zadaniem enzymu będącego produktem tego genu jest aktywacja nietoksycznego analogu substratu do toksycznego produktu tylko w komórkach nowotworowych, podczas gdy zarówno substrat jak i produkt są nieaktywne wobec enzymów ludzkich, tj. tkanek zdrowych. W pracy licencjackiej należy zmierzyć i opisać właściwości emisyjne wybranego białka (enzymu) i jego mutantów, wykorzystać je w charakterystyce oddziaływania tego białka z inhibitorem (ligandem) oraz identyfikacji preferowanych struktur ligandów, ich form konformacyjnych i jonowych, które uczestniczą w powstawaniu stabilnych kompleksów enzym-ligand, katalizie enzymatycznej lub hamowaniu (inhibicji) reakcji enzymatycznej. Projekt pracy licencjackiej przewiduje także wprowadzenie do metodologii pracy z białkami i zapoznanie się z nowoczesnymi technikami spektroskopowymi. Projekt ten może być rozszerzony do **pracy magisterskiej** pod warunkiem uzyskania pozytywnych wyników w realizacji pracy licencjackiej.

3. „Zastosowanie spektroskopii emisyjnej w badaniach właściwości fizycznych chloroplastów wybranej rośliny”

opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk, e-mail: borys@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 784

Opis. Absorpcja i emisja (fluorescencja) fotonów zależą od właściwości fizycznych badanej cząsteczki i jej oddziaływania z innymi cząsteczkami (otoczeniem), zarówno w stanie podstawowym jak i wzbudzonym. Wybór spektroskopii emisyjnej jako podstawowego narzędzia badawczego wynika m.in. z następujących obserwacji. Po pierwsze, chociaż metody spektroskopii emisyjnej stanów elektronowych cząsteczek biologicznych i ich kompleksów nie udzielają tak precyzyjnej informacji o strukturze jak krystalografia lub spektroskopia wielowymiarowego magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), to można je uznać za komplementarne, a nawet posiadające większe możliwości. Dostarczają one informacji o strukturze, oddziaływaniach i dynamice układów cząsteczkowych w roztworze, tj. w warunkach zbliżonych do takich jakie są w żywych komórkach i tkankach. Projekt pracy licencjackiej przewiduje wprowadzenie do metodologii pracy z chloroplastami roślin i zapoznanie się z nowoczesnymi technikami laserowej konfokalnej mikroskopii emisyjnej. Celem pracy licencjackiej jest wykonanie wysokiej rozdzielczości obrazowania przestrzennego chloroplastów izolowanych z roślin żyjących w warunkach naturalnych

i stresowych (np. chłodu, słabego oświetlenia, niskiego stężenia jonów magnezu). Można to osiągnąć poprzez zastosowanie laserowej fluorescencyjnej mikroskopii konfokalnej do trójwymiarowego obrazowania struktury chloroplastów roślinnych za pomocą przestrzennego rozkładu czasów życia chlorofilu w stanie wzbudzonym (*Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy, FLIM*). Laboratorium FLIM znajduje się w Zakładzie Biofizyki. Badania te mogą być rozszerzone do **pracy magisterskiej** o własności układów fotosyntetycznych roślin za pomocą fluorescencyjnej spektroskopii korelacyjnej (*Fluorescence Correlation Spectroscopy, FCS*).

4. „Badania właściwości emisyjnych białek i ich wykorzystanie w charakterystyce oddziaływań z ligandami”

opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk, e-mail: borys@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 784

Opis: Wysoki stopień skomplikowania białek (enzymów) oraz niski poziom wiedzy (bio)fizycznej o podstawowych oddziaływaniach fizycznych (np. wewnątrz- i między-cząsteczkowych oddziaływaniach elektrostatycznych) jest najczęstszym źródłem wielu konkurencyjnych i wzajemnie wykluczających się modeli rozpoznawania się enzymów i ligandów (substratów, inhibitorów) jak również nieściśłych i sprzecznych modeli reakcji enzymatycznych. W związku z tym, celem niniejszego projektu jest jednoznaczne rozstrzygnięcie, który z modeli jest prawdziwy w przypadku fosforylasy nukleozydów purynowych (PNP). W badaniach tych uwzględniamy następujące zjawiska fizyczne i ich ewentualny wpływ na emisję (fluorescencję) enzymów i ich kompleksów z ligandami, w tym takie jak:

- (a) Kinetyka rozpoznawania się (asocjacji) enzymów z ligandami na podstawie wpływu zmieszania składników kompleksu na ich fluorescencję;
- (b) Wpływ oddziaływań na delokalizację gęstości elektronowej, przyłączenie protonu (protonację) i odłączenie protonu (dysocjację) oraz przeniesienie protonu wewnątrz cząsteczek liganda (tautomerię);
- (c) Oddziaływania elektrostatyczne, np. typu wiązań wodorowych;
- (d) Bezpromieniste (rezonansowe) przeniesienie energii wzbudzenia w wyniku oddziaływania dipol-dipol między donorem w stanie wzbudzonym i akceptorem w stanie podstawowym.

Praca licencjacka dotyczy określenia wymagań strukturalnych wybranego enzymu PNP i sformułowania na tej podstawie modelu mechanizmu reakcji enzymatycznej przez niego katalizowanej na bazie precyzyjnych informacji o strukturze i własnościach fizycznych enzymu, ligandów i asocjacji enzym-ligand, ze szczególnym uwzględnieniem wzajemnego wpływu enzymu na ligand(y) i *vice versa*. Podjęte będą także próby uogólnienia obserwacji na wszystkie enzymy danej klasy. Projekt pracy licencjackiej przewiduje wprowadzenie do metodologii pracy z cząsteczkami biologicznymi (białkami) i zapoznanie się z nowoczesnymi technikami spektroskopowymi. Projekt ten może być rozszerzony do **pracy magisterskiej**.

5. „Analiza własności spektralnych kompleksów LHCII – obrazowanie strukturalne”

opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk; e-mail: borys@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 784

Opis: Chloroplasty są to obiekty makromolekularne składające się między innymi z chromoforów (kilku typów chlorofilu, karotenoidów), białek i błon lipidowych. O ich własnościach spektralnych i funkcjonalnych decydują głównie własności kompleksów białkowo-chromoforowych. Kompleksy białkowo-chromoforowe absorbują i emitują fotony światła widzialnego, odpowiednio w zakresie 350-750 i 620-800 nm. Ponadto zainteresujemy się także rozpraszaniem światła oraz porównamy absorpcję, emisję i rozpraszanie w przypadku chloroplastów izolowanych z różnych roślin, np. wrażliwych i odpornych na chłód. Nauczymy się jak przestrzenny rozkład charakterystycznych czasów zaniku emisji fotonów (fluorescencji) może być podstawą obrazowania przestrzennego chloroplastów za pomocą fluorescencyjnej mikroskopii konfokalnej (ang. *Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy, FLIM*). Zbadamy czy środowisko wpływa na strukturę chloroplastów oraz czy ten wpływ ma znaczenie dla ich roli biologicznej. Praca licencjacka będzie wykonana we współpracy

z prof. Maćkiem Garstką i dr Radkiem Mazurem w Instytucie Biochemii (Wydział Biologii UW) w zakresie preparatyki kompleksów LHCII ze szpinaku, pomidorów i Arabidopsis oraz hodowli roślin w Fitotronie.

6. „Wyznaczanie odległości między białkiem (enzymem) i ligandem (inhibitorem) na podstawie rezonansowego transferu energii wzbudzenia fluorescencji”

opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk; e-mail: borys@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 784

Opis: W połowie XX wieku Theodore Foerster opracował fizyczne podstawy transferu energii wzbudzenia fluorescencji (ang. *Fluorescence Resonance Energy Transfer*, FRET) między molekułami zwanymi odpowiednio donorem i akceptorem energii. Głównym elementem teorii Foerстера jest oddziaływanie dipol-dipol między stanem wzbudzonym donora i podstawowym akceptora. Foerster pokazał, że transfer ten jest **rezonansowy**, tzn. widmo emisji donora powinno chociaż częściowo przykrywać się z widmem absorpcji akceptora. Jako konsekwencja oddziaływania dipolowego, wydajność transferu energii powinna być proporcjonalna do czynnika orientacji wzajemnej ($\cos^2$) dipolowych momentów przejść - emisyjnego w przypadku donora i absorpcyjnego w przypadku akceptora oraz odwrotnie proporcjonalna do szóstej potęgi odległości (R^6) między nimi. Badając te dwie zależności poznamy podstawy modelu Foerстера oraz jego zastosowania do analizy transferu energii wzbudzenia między resztą tyrozyny enzymu i jego inhibitorem w kompleksie enzym-inhibitor.

7. „Modele fałdowania białek”

opiekun: dr Beata Wielgus-Kutrowska. e-mail: beata@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 789

Opis: Aby białka mogły prawidłowo pełnić swoją biologiczną rolę muszą zwinąć się do zwykle jedynej aktywnej biologicznie struktury. Zgodnie z paradoksem Levinthala: „Jeśli założymy, że każda reszta aminokwasowa może przybierać tylko dwie różne konformacje przestrzenne to dla niewielkiego białka o długości 100 aminokwasów, całkowita ilość struktur jakie może przyjąć wynosi 2100, a czas potrzebny na ustalenie optymalnej struktury (przy założeniu, że przekształcenie jednej struktury w drugą zachodzi w czasie 10-12s) jest dłuższy niż wiek wszechświata”. Tymczasem przyjęcie przez białko struktury aktywnej biologicznie następuje w ułamkach sekund. Na pytanie dlaczego tak się dzieje poszukują odpowiedzi specjaliści różnych dziedzin nauki opisując różne modele zwijania. Praca będzie polegała na przeglądzie literatury dotyczącej problemu przyjmowania przez białka struktury aktywnej biologicznie i opisanie dostępnych modeli fałdowania białek

8. „Charakterystyka wybranego enzymu z rodziny Nudix hydrolizującego strukturę kapu”

opiekun: dr Maciej Łukaszewicz, mlukas@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 781

Opis: Usunięcie struktury kapu (7-metyloguanozyny przyłączonej do pierwszego transkrybowanego nukleotydu mostkiem trifosforanowym, m7GpppN) jest jednym z kluczowych etapów regulujących stabilność mRNA w komórce. Jednym z enzymów hydrolizujących strukturę kapu jest Dcp2 – fosfohydrolaza z rodziny Nudix (Nucleoside Diphosphate linked to X). Dcp2 hydrolizuje kap przyłączony do długich łańcuchów mRNA zawierających powyżej 25 nukleotydów (odcina m7Gpp) i tym samym inicjuje degradację w kierunku 5'→3'. Ostatnio opisano nowe enzymy z rodziny Nudix zaangażowane w hydrolizę struktury kapu i kontrolę jakości kapowania mRNA (np. hNudt16, hNudt12, hNudt15 czy Dxo1), co sugeruje że regulacja procesu degradacji mRNA (a tym samym stabilność mRNA) odbywa się na wielu ścieżkach, które mogą być specyficzne w zależności od typu transkryptu RNA czy typu komórki. Dokładna wiedza na temat regulacji degradacji mRNA w komórkach staje się dziś niezwykle ważna ze względu na coraz szersze wykorzystanie mRNA jako cząsteczki terapeutycznej. Praca będzie związana z otrzymywaniem oczyszczonego wybranego enzymu z rodziny Nudix, a następnie charakterystyki jego specyficzności substratowej w wybranych warunkach reakcji oraz wyznaczenie podstawowych parametrów kinetycznych.

**9. „Modyfikowane analogi struktury kapu 5'-końca mRNA jako potencjalne inhibitory kap-
zależnej translacji - badania w układach translacji *in vitro*”**

opiekun: dr Maciej Łukaszewicz. e-mail: mlukas@biogeo.uw.edu.pl tel: 55 40 781

Opis: Modyfikowane analogi struktury kapu 5'-końca mRNA są badane pod kątem zastosowań terapeutycznych: jako inhibitory białka eIF4E nadprodukowanego w niektórych typach nowotworów, i jako element struktury mRNA terapeutycznego poprawiający jego stabilność w warunkach komórkowych i właściwości translacyjne (np. Piecyk, Łukaszewicz, Darżynkiewicz, Jankowska-Anyszką: „*Triazole-containing monophosphate mRNA cap analogs as effective translation inhibitors.*” RNA 2014). Praca będzie dotyczyła charakterystyki nowych serii modyfikowanych analogów kapu, m. in: analizy ich właściwości inhibitorowych w układzie translacji *in vitro* oraz analizy oporności na enzymy dekapujące (DcpS, Nudt), w celu wytypowania związków do testów *in vivo*.

10. „Przegląd gruboziarnistych modeli dynamiki molekularnej”

opiekun: prof. dr hab. Bogdan Lesyng, e-mail: lesyng@icm.edu.pl tel. 55 40 809

Opis: Metody dynamiki molekularnej stosuje się do symulacji ruchów atomów w (bio)molekułach wynikających z molekularnych sił. Niestety, jeżeli podstawowymi obiektami są atomy długość kroku całkowania równań ruchu musi być bardzo mała – mniejsza o rząd wielkości od okresu najszybszych oscylacji, które zachodzą w układzie - w praktyce rzędu 10^{-14} s. Obejściem problemu jest uwzględnienie większych fragmentów molekularnych, np. reszt aminokwasowych, jako podstawowych elementów strukturalnych. W tym przybliżeniu trzeba jednak umieć generować efektywne siły działające na te fragmenty. Problem jest na tyle ważny i interesujący, że stanowi przedmiot badań wielu grup badawczych. Celem pracy jest dokonanie przeglądu najnowszych publikacji dotyczących tej tematyki oraz w miarę możliwości wykonanie prostych demonstracyjnych symulacji obrazujących fizykę badanego problemu.

11. „Przegląd modeli Monte-Carlo stosowanych w metodach molekularnego modelowania”

opiekun: prof. dr hab. Bogdan Lesyng e-mail: lesyng@icm.edu.pl tel. 55 40 809

Opis: Metody Monte-Carlo (MC) stosowane są do numerycznej estymacji wielowymiarowych całek, m.in. średnich po zespole Boltzmanna. Ostatnio w literaturze pojawiło się wiele rozszerzeń konwencjonalnego algorytmu Metropolis, np. tzw. metody wymiany replik (*replica exchange method*). Celem pracy jest wykonanie przeglądu literaturowego najbardziej efektywnych metod Monte-Carlo stosowanych w badaniach złożonych układów (bio)molekularnych oraz w miarę możliwości wykonanie prostych demonstracyjnych symulacji obrazujących fizykę badanego problemu.

12. „Próba uzyskania struktury przestrzennej heksamerycznej fosforylasy nukleozydów purynowych z miejscem aktywnym wolnym od ligandu”

opiekun: prof. dr hab. Maria Agnieszka Bzowska e-mail: abzowska@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 789

Opis: Fosforylasy nukleozydów purynowych (PNP) to kluczowe enzymy metabolizmu składników kwasów nukleinowych. PNP znajduje się praktycznie w każdej żywej komórce. Fosforylasy izolowane z różnych źródeł oraz silne selektywne inhibitory fosforylaz z tkanek ludzkich czy organizmów chorobotwórczych mają potencjalne ogromne znaczenie praktyczne, głównie w medycynie, np. jako leki immunosupresyjne czy przeciwpasożytnicze, a także – mniej specyficzne fosforylasy z niektórych bakterii - w chemii nukleozydów purynowych oraz w opracowywanej terapii

genowej niektórych nowotworów. Głównym celem projektu realizowanego przez naszą grupę jest poznanie biofizycznych podstaw działania fosforylaz, co ma m.in. prowadzić do syntezy serii silnych inhibitorów PNP ludzkiego o potencjalnych praktycznych zastosowaniach oraz zrozumienia na poziomie molekularnym, dlaczego białka te są zbudowane z trzech lub sześciu identycznych, w sensie sekwencji aminokwasowej, podjednostek. W projekcie stosujemy interdyscyplinarne podejście do badań fosforylaz: od inżynierii genetycznej pozwalającej na uzyskanie dużych ilości modelowej fosforylasy i jej mutantów, poprzez różnorodne biofizyczne metody eksperymentalne, takie jak pomiary kinetyczne aktywności enzymu, pomiary zaniku fluorescencji i fluorescencji stacjonarnej, spektroskopia zatrzymanego przepływu, dyfrakcja promieniowania X na kryształach białka, jak i komputerowe modelowanie w celu zaprojektowania inhibitorów o potencjalnym zastosowaniu terapeutycznym. Fosforylasy heksameryczne wykazują negatywną kooperację pomiędzy podjednostkami białka [1], jednak rola tego oddziaływania w katalizie nie jest znana.

Ambitnej osobie zainteresowanej wykonaniem pracy licencjackiej w roku akademickim 2015/2016 proponujemy podjęcie próby uzyskania struktury przestrzennej heksamerycznej fosforylasy nukleozydów purynowych z *E. coli* z wolnym od ligandu miejscem wiązania substratu, fosforanu. Wszystkie do tej pory znane i zdeponowane z bazy Protein Data Bank struktury kompleksów tego białka z ligandami uzyskano z jonem siarczanowym lub fosforanowym, jako precypitantem [np. 1,2,3], a więc obecnym w bardzo dużym stężeniu (rzędu 2 M). Uniemożliwia to badanie oddziaływań w warunkach fizjologicznych. Jedyna struktura uzyskana dla formy *apo* białka nie podaje warunki krystalizacji, których nie udaje się powtórzyć [4]. Białko do prób krystalizacyjnych zostanie przygotowane samodzielnie przez licencjata na Politechnice Warszawskiej pod opieką dr hab. Joanny Cieśla. Następnie prowadzona będzie (na Wydziale Fizyki) optymalizacja warunków krystalizacji wstępnie określonych przez mgr Martę Narczyk. Jeśli uda się uzyskać odpowiednie kryształy, zostanie sprawdzona ich zdolność dyfrakcyjna przy pomocy dyfraktometru SuperNova (w Zakładzie Biofizyki) i w przypadku odpowiedniej zdolności rozdzielczej (minimum 2.8 Å) – zebrane pełne dane dyfrakcyjne. Praca ta może przerodzić się w **pracę magisterską**, polegającą na:

a) rozwiązaniu i udokładnieniu struktury - jeżeli w wyniku optymalizacji warunków wstępnie określonych przez mgr Martę Narczyk uzyskany zostanie kryształ o zdolności rozdzielczej minimum 2.8 Å

b) użyciu screenów krystalizacyjnych i powtórzeniu procedury krystalizacji, optymalizacji i zbierania danych - jeżeli w wyniku optymalizacji warunków wstępnie określonych przez mgr Martę Narczyk nie uda się uzyskać kryształu o zdolności rozdzielczej minimum 2.8 Å

Literatura:

[1] Mikleušević, G., Štefanić, Z., Narczyk, M., Wielgus-Kutrowska, B., *et al.*, Validation of the catalytic mechanism of *Escherichia coli* purine nucleoside phosphorylase by structural and kinetic studies. *Biochimie* 2011, 93, 1610-1622.

[2] Štefanić, Z., Mikleušević, G., Narczyk, M., Wielgus-Kutrowska, B., *et al.*, Still a Long Way to Fully Understanding the Molecular Mechanism of *Escherichia coli* Purine Nucleoside Phosphorylase. *Croatica Chemica Acta* 2013, 86, 117-127.

[3] Koellner, G., Bzowska, A., Wielgus-Kutrowska, B., Luić, M., *et al.*, Open and closed conformation of the *E. coli* purine nucleoside phosphorylase active center and implications for the catalytic mechanism. *Journal of Molecular Biology* 2002, 315, 351-371.

[4] Mao, C., Cook, W. J., Zhou, M., Koszalka, G. W., *et al.*, The crystal structure of *Escherichia coli* purine nucleoside phosphorylase: a comparison with the human enzyme reveals a conserved topology. *Structure* 1997, 5, 1373-1383.

13. „Zastosowanie spektroskopii dichroizmu kołowego w badaniach oddziaływania czynnika inicjacji translacji eIF4E z inhibitorowym białkiem 4E-BP1 oraz analogami kapu”

opiekun: dr Anna Modrak-Wójcik, e-mail: ankam@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 779

Inicjacja translacji w komórkach eukariotycznych jest złożonym procesem tworzenia kompleksów wielu białek oraz RNA i determinuje wypadkową szybkość biosyntezy białek. Szczególną rolę

odgrywa białkowy czynnik translacyjny eIF4E, który inicjuje translację przyłączając się do charakterystycznej struktury kapu na 5'-końcu mRNA. Podwyższone stężenie eIF4E występuje w wielu rodzajach komórek nowotworowych. Białko 4E-BP1 (4E binding protein), poprzez utworzenie kompleksu z eIF4E i uniemożliwienie przyłączania się kolejnych czynników translacyjnych, prowadzi do zahamowania procesu translacji. Znajomość molekularnego mechanizmu oddziaływania białek eIF4E i 4E-BP1 może okazać się istotna z medycznego punktu widzenia. Dotychczasowe badania wykazały, że miejsca wiązania kapu i 4EBP1 w eIF4E, choć przestrzennie odległe, nie są niezależne. Wyniki te sugerują zachodzenie reorganizacji strukturalnej w miejscu wiązania 4E-BP1 na skutek związania kapu i *vice versa* – w miejscu wiążącym kap po przyłączeniu 4E-BP1. Praca będzie dotyczyła obserwacji tworzenia kompleksów podwójnych 4E-BP1/eIF4E i eIF4E/kap oraz potrójnych 4E-BP1/eIF4E/kap z wykorzystaniem spektroskopii dichroizmu kołowego w dalekim i bliskim ultrafiolecie (far-UV i near-UV CD).

14. „Badania właściwości substratowych i inhibitorowych enzymów degradujących strukturę kapu”.

opiekun: Prof. dr hab. Edward Darzynkiewicz; e-mail: edek@biogeo.uw.edu.pl
tel. 55 40 787

Opis: Kluczowym etapem procesu degradacji mRNA jest hydroliza kapu (końca 5' - mostka 5'-5' trifosforanowego łączącego 7-metyloguanozynę z nicią mRNA), katalizowana przez specyficzne hydrolazy HIT (DcpS, Dcs1, HIT45) oraz NUDIX (Dcp2, Nudt16, Nudt12). Proponujemy badania właściwości substratowych i inhibitorowych tych enzymów wobec krótkich oligonukleotydów (3-20 nt), zakończonych strukturą kapu. Praca polegałaby na syntezie za pomocą automatycznego syntezyatora DNA/RNA odpowiednio dobranych fragmentów RNA oraz na chemicznym dołączaniu do tak otrzymanych RNA struktury kapu, zwykłego ($m^7Gppp...$) oraz modyfikowanego w obrębie 7-metyloguanozyny lub/i mostka trifosforanowego. Zsyntetyzowane obiekty będą badane w testach aktywności hydrolitycznej enzymów DcpS i Nudt16 (*H. sapiens*). Szerszym celem badań podatności na hydrolizę oligonukleotydowych analogów kapu zawierających modyfikacje w 7-matyloguanozynie oraz mostku fosforanowym jest wyselekcjonowanie puli związków odpornych na enzymatyczne trawienie. Związki te zostaną wykorzystane do badania procesów inhibicji wybranych białek (HIT i NUDIX), tworzenia z nimi stabilnych kompleksów (procesów asocjacji) oraz badania ich struktury w kryształach i roztworach.

Zakładu Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych

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

Opiekun: prof. dr hab. A.F. Żarnecki

Opis:

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

Celem proponowanej pracy będzie zaproponowanie, w oparciu o wyniki pełnej symulacji komputerowej, kryteriów selekcji i optymalnych parametrów rekonstrukcji przypadków produkcji par $t\bar{t}$ w eksperymentach przy zderzaczach ILC i CLIC. W szczególności należy wziąć pod uwagę dokładność rekonstrukcji masy w różnych kanałach rozpadu, a także efektywność odrzucania przypadków tła. Istotnym elementem selekcji jest wykorzystanie algorytmów znakowania jetów inicjowanych przez kwarki b (b -tagging).

Badanie rzadkich rozpadów kwarku t w przyszłym zderzaczu liniowym e^+e^-

Opiekun: prof. dr hab. A.F.Żarnecki

Opis:

Po odkryciu w roku 2012 cząstki Higgsa głównym celem eksperymentów przy LHC, a także proponowanych eksperymentów przy planowanych przyszłych zderzaczach, stało się jak najdokładniejsze sprawdzenie przewidywań Modelu Standardowego. Dotyczy to nie tylko własności i procesów z udziałem bozonu Higgsa, ale też produkcji i rozpadów kwarku t . Kwark t (ang.: top quark) jest bardzo szczególną cząstką, najcięższą jaką do tej pory udało nam się znaleźć. Choć odkryty został już 20 lat temu, wciąż nie wszystko o nim wiemy. W eksperymentach przy LHC można wyprodukować bardzo wiele kwarków t , jednak poszukiwanie ich rzadkich rozpadów może być trudne ze względu na wysoki poziom tła. Znacznie korzystniejsze warunki do badania rozpadów kwarku t będą w eksperymentach przy przyszłych zderzaczach liniowych e^+e^- : ILC i CLIC. Jednocześnie rzadkie rozpady kwarku t są bardzo czułe na możliwe rozszerzenia Modelu Standardowego, procesy tzw. "nowej fizyki".

Celem proponowanej pracy będzie sprawdzenie, w oparciu o wyniki uproszczonej symulacji komputerowej, możliwości wykrycia egzotycznych rozpadów kwarku t w eksperymentach przy zderzaczach ILC i CLIC. W szczególności należy porównać rozkłady różnych zmiennych kinematycznych dla przypadków sygnału i przypadków tła, a następnie zaproponować kryteria selekcji przypadków, które pozwolą na wyznaczenie najsilniejszych ograniczeń na badane kanały. Wyznaczone ograniczenia należy porównać dla różnych założeń dotyczących parametrów detektora oraz różnych energii zderzenia.

Testy nowej aparatury detekcyjnej Pi of the Sky +

Opiekun: prof. dr hab. A.F.Żarnecki

Opis:

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

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

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

Opiekun: dr Katarzyna Grzelak

Opis:

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 dobrym poziomie. Student będzie miał okazję zastosowania w praktyce tego języka programowania. Praca wymaga poznania podstaw programu root <http://root.cern.ch> powszechnie używanego w doświadczalnej fizyce cząstek elementarnych.

Więcej informacji dostępnych jest na stronie www: <http://www.fuw.edu.pl/~minos>

Opracowanie nowych danych ze spolaryzowanego rozpraszania Drella-Yanna, pochodzących z nowego doświadczenia współpracy COMPASS w CERN

Opiekun: Prof. dr hab. Barbara Badełek

Cel: nauczanie się podstawowych metod redukcji i testowania danych zebranych przez wielki detektor

Opis:

Współpraca COMPASS, której członkiem jest grupa warszawska, zaczyna jesienią 2014 nowy program eksperymentalny, którego celem jest zrozumienie niezbadanych dotąd aspektów zachowania się spinu partonów w nuleonie.

W pierwszym etapie należy przetestować detektor i elektroniczny system zbierania danych. Student zapozna się z najnowszymi sposobami opracowania i prezentowania wyników pomiarów, w ścisłej współpracy z innymi członkami COMPASS-a.

Spin w fizyce wysokich energii

Opiekun: Prof. dr hab. Barbara Badełek

Celem pracy jest nauczanie 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 Badelek

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 Badelek

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

Przewidywana zawartość pracy:

1. definicja czynnika f dla tarcz 6LiD oraz NH₃:
 - 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 .

Ocena depolaryzacji elektronów przy przechodzeniu przez materię

Opiekun: Prof. dr hab. Jacek Ciborowski

Opis:

Celem eksperymentu jest pomiar korelacji spinowych elektronów w rozpraszaniu Mollera $e-e \rightarrow e-e$, przy użyciu spolaryzowanej wiązki elektronów padającej na cienką, niespolaryzowaną tarczę (rozpraszanie na elektronach atomowych). Polaryzacja wiązki i elektronów w stanie końcowym ulega zmianie wskutek przechodzenia przez materiał tarczy (Be). Oceny dokonuje się przy użyciu istniejącego programu symulacyjnego PEBSI.

Ocena niepewności doświadczalnych wyznaczenia funkcji korelacji w rozpraszaniu Mollera $e-e \rightarrow e-e$

Opiekun: Prof. dr hab. Jacek Ciborowski

Opis:

Celem eksperymentu jest pomiar korelacji spinowych elektronów w rozpraszaniu Mollera $e-e \rightarrow e-e$, przy użyciu spolaryzowanej wiązki elektronów padającej na cienką, niespolaryzowaną tarczę (rozpraszanie na elektronach atomowych). Korelacje spinowe mierzone są za pomocą dedykowanego polarymetru dwuramiennego metodą wstecznego rozpraszania Motta.

Wizualizacja przypadków produkcji bozonu Higgsa zarejestrowanych przez eksperyment CMS

Opiekun: dr hab. Artur Kalinowski

Opis:

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.

Analiza parzystości kombinowanej (CP) w rozpadach neutralnych cząstek na dwa leptonu tau eksperyment CMS

Opiekun: dr hab. Artur Kalinowski

Opis:

Odkrycie cząstki Higgsa w 2012 roku stanowi dopiero pierwszy krok na drodze do szczegółowego zbadania jej własności. Podstawowym zadaniem jakie teraz stoi przed badaczami zajmującymi się bozonem Higgsa jest wyznaczenie jego liczb kwantowych, w szczególności parzystości kombinowanej CP. Celem pracy będzie analiza dostępnych algorytmów wieloparametrowej (ang. Multivariate Analysis, MVA) analizy danych pod kątem wydajności w odróżnianiu różnych hipotez CP cząstki Higgsa w rozpadzie na dwa leptonu tau. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

Mionowy system wyzwalania detektora CMS.

Opiekun: dr hab. Marcin Konecki

Opis:

W latach 2013 – 2015 miała miejsce przerwa techniczna w działaniu akceleratora LHC. W tym czasie podjęto także prace na ulepszeniu detektorów działających przy tym zderzacz. W ramach tej aktywności Warszawska grupa eksperymentu CMS podjęła się zadania skonstruowania nowego układu wyzwalania opartego na detekcji mionów w obszarze gdzie są czynne trzy rodzaje detektorów mionów. Celem pracy będzie analiza selekcji mionów w nowym układzie wyzwalania. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

Algorytmy wyznaczania prędkości dryfu w detektorach gazowych eksperymentu NA61/SHINE

Opiekun: prof. dr hab. W. Dominik

Opis:

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

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

Zakład Fizyki Ciała Stałego

1. Wpływ otoczenia atmosferycznego na własności fizyczne warstw grafenowych. (dla 2 osób), opiekun: dr Marta Borysiewicz

Od pewnego czasu w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego prowadzone są badania grafenu, otrzymywanego epitaksjalnie na węglu krzemu (SiC). Właściwości tego materiału można w szerokim zakresie zmieniać już podczas wzrostu: od struktury z liniową, dirakowską zależnością dyspersyjną (monowarstwa) do struktur z zależnością paraboliczną (dwuwarstwa), od typu n do p, od materiału jednonośnikowego do wielonośnikowego. Dysponując szerokim spektrum próbek, chcemy ustalić, jak zewnętrzne czynniki, takie jak wilgotność, rodzaj gazu, wpływają na ich własności, czy zmiany są odwracalne, czy nie. Jest to szczególnie ważne w kontekście zastosowań grafenu do czujników, zarówno gazowych, jak i np. pola magnetycznego, gdzie stabilność parametrów próbki jest kluczowa.

W ramach pracy licencjackiej wykonane zostaną systematyczne badania polegające na ciągłym monitorowaniu in situ jednocześnie przewodnictwa i koncentracji halowskiej próbek w funkcji dokonywanych w kontrolowany sposób zmian składu atmosfery, w której przetrzymywane będą próbki. Pomiary wykonywane będą z zastosowaniem przemiennego pola magnetycznego i przemiennego prądu próbki za pomocą woltomierzy typu lock-in pracujących w modzie „tandem demodulation”. Zdobyta wiedza pozwoli wnioskować na temat mikroskopowych procesów oddziaływania atomów gazu z powierzchnią grafenu (np. ustalenie, czy mamy do czynienia z adhezją, czy interkalacją).

2. **"Wpływ jonów manganu znajdujących się w barierze na relaksację ekscytonów w kropce kwantowej CdSe/ZnSe".**

Opiekun **dr hab. Piort Kossacki**. Praca dedykowana dla Kacpra Oreszczuka.

3. **Wpływ wzbudzeń międzypasmowych na dyspersję magnetoplazmonów w struktach dwuwymiarowych.**

Opiekun: **dr hab. Jerzy Łusakowski**

Niskoenergetyczne wzbudzenia dwuwymiarowego gazu elektronowego (2DEG) w polu magnetycznym - magnetoplazmony - są generowane przez absorpcję promieniowania THz. Zależność częstości magnetoplazmonu od wektora falowego (czyli zależność dyspersyjna) zależy od koncentracji elektronów 2D oraz geometrii próbki, która określa mechanizm kwantowania wektora falowego magnetoplazmonu. Temat pracy związany jest z precyzyjnym określeniem wpływu pobudzeń pasmo walencyjne - pasmo przewodnictwa na relację dyspersyjną magnetoplazmonów. Zasadniczym pytaniem jest, czy i na ile za pomocą takich pobudzeń można kontrolować relację dyspersyjną magnetoplazmonów. W zakresie technik eksperymentalnych wykorzystany zostanie układ z magne-
sem

nadprzewodzącym i insertem umożliwiającym jednoczesną ekscytację promieniowaniem VIS-IR oraz THz. Mierzony będzie fotoprąd VIS-IR i THz, magnetoprzewodność oraz fotoluminescencja w temperaturze ciekłego helu i silnym polu magnetycznym.

4. **Detekcja promieniowania THz za pomocą tranzystorów polowych wyposażonych w anteny planarne.**

Opiekun: **dr hab. J. Łusakowski**

Tranzystory polowe są stosowane jako detektory promieniowania THz w temperaturze pokojowej. Mechanizm detekcji związany jest ze wzbudzeniami plazmy elektronowej w kanale tranzystora. Dzięki zastosowaniu anten planarnych uzyskuje się zwiększenie czułości detektora. Celem pracy jest zbadanie zależności odpowiedzi serii tranzystorów wyposażonych w różnorodne anteny od napięcia polaryzującego bramkę oraz częstotliwości promieniowania THz. Pomiary wykonywane będą techniką ostrzową, w temperaturze pokojowej. Sygnał detekcji (fotonapięcie źródło - dren) będzie mierzony techniką detekcji fazowej. Wyniki będą analizowane w oparciu o model teoretyczny nierezonansowych wzbudzeń plazmowych w tranzystrze polowym.

5. **Struktury fotoniczne dla solotroniki**

Opiekun: **dr Wojciech Pacuski**

Tematem pracy jest wytworzenie struktur fotonicznych z kropkami kwantowymi i zastosowanie ich do badania pojedynczych domieszek metali przejściowych. Praca składa się z części technologicznej w laboratorium epitaksji z wiązek molekularnych i z części optycznej w laboratorium ultra-szybkiej magnetospektroskopii.

6. Magnetoluminescencja mikroniek półprzewodnikowych.

Opiekun: **dr Barbara Piętko**

Fizyka mikroniek półprzewodnikowych jest szczególnie interesująca z powodu odkrycia kondensatu Bosego - Einsteina i stanu nadciekłego polarytonów. Polaryton jest kwazicząstką powstającą w półprzewodniku w wyniku silnego sprzężenia modu fotonowego mikronieki i ekscytonu umieszczonego w studni kwantowej. W pracy badane będzie widmo emisji polarytonów w przestrzeni rzeczywistej i w przestrzeni pędów. Pomiarów będą przeprowadzone w niskich temperaturach i w polu magnetycznym. Prace będą zmierzały w kierunku wytworzenia kondensatu Bosego-Einsteina i zbadania efektu Meissnera w takiej strukturze.

7. Przemiany strukturalne w warstwach epitaksjalnych ZnO bombardowanych jonami ziem rzadkich (RE) (praca we współpracy z Narodowym Centrum Badań Jądrowych)

Opiekunowie: **dr Renata Ratajczak** (NCBJ) tel. 32 365, **dr Jan Suffczyński** (FUW) tel. 32 707

Praca powiązana jest z projektem badawczym dotyczącym możliwości wytworzenia źródeł światła białego nowej generacji na bazie warstw ZnO domieszkowanych wybranymi pierwiastkami ziem rzadkich. Domieszkowanie ZnO dokonywane będzie na drodze implantacji jonów. W ramach pracy planowane jest badanie procesów towarzyszących implantacji jonów takich jak tworzenie defektów, transformacje defektów oraz możliwości ich usuwania. Szczególnie ważna rola takich badań wynika z decydującego wpływu jaki mają defekty na parametry i niezawodność wytwarzanych przyrządów półprzewodnikowych. Stosowane metody badawcze: RBS/c, HRXRD, HRTEM, SEM, CL, PL. Badane materiały: warstwy epitaksjalne ZnO osadzone metodą ALD.

8. Badanie właściwości struktur hybrydowych GaN/grafen

Opiekunowie: dr hab. Andrzej Wysmołek, prof. UW, prof. dr hab. Roman Stępiewski,

9. Badanie właściwości optycznych ferrofluidów

Opiekun: **dr hab. Jacek Szczytko**

W ostatnich latach zawiesiny nanocząstek magnetycznych budzą zainteresowanie ze względu na potencjalne zastosowanie w medycynie i diagnostyce medycznej – nowe strategie dostarczania leków, hipertermii i analiz medycznych wymagają kontrolowania właściwości nanocząstek: ich rozmiarów i namagnesowania. Cechą charakterystyczną ferrofluidów jest zjawisko silnej polaryzacji magnetycznej pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego. Student w ramach pracy wykona pomiary efektu Faradaya [1] i efektu Cottona-Moutona [2] na zawiesinie nanocząstek ferromagnetycznych w funkcji długości fali i natężenia zewnętrznego pola magnetycznego. Analiza wyników pozwala na oszacowanie namagnesowania nanocząstek i pośrednio wyznaczenie ich rozmiarów. W ramach pracy możliwe jest wykonanie syntezy nanocząstek ferromagnetycznych wg przepisu podanego w literaturze.

Literatura:

[1] J.Szczytko, N. Vaupotič, K.Madrak, P.Sznajder, E.Górecka, Magnetic moment of a single metal nanoparticle determined from the Faraday effect, Phys. Rev. E 87, 033201(2013)

[2] J. Szczytko, N. Vaupotič, M. Osipov, K. Madrak, E. Górecka, Effect of dimerization on the field-induced birefringence in ferrofluids, *Phys. Rev. E*, 87(6), (2013)

10. Badanie właściwości magnetycznych nanocząstek up-konwertujących na magnetometrze SQUID.

Opiekun: **dr hab. Jacek Szczytko**

Nanocząstki up-konwertujące (NaYF_4 z Er^{3+} , Yb^{3+} i Gd^{3+} oraz $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Er}^{3+}, \text{Yb}^{3+}$ i $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Er}^{3+}, \text{Yb}^{3+}$) stanowią nową klasę materiałów wykorzystywanych w biologii i medycynie do obrazowania wnętrza komórek i badania zachodzących w nich procesów biochemicznych. Up-konwersja światła pozwala na uniknięcie problemów z luminescencją tkanek zwiększając tym samym czułość obrazowania. Zsyntetyzowane w IF PAN nanocząstki zostaną poddane pomiarom namagnesowania w magnetometrze SQUID. W ramach pracy studentka lub student wykona pomiar i dopasowując krzywe teoretyczne do wyników pomiarów wyznaczy koncentrację jonów magnetycznych Yb, Er, Gd. Literatura: Bożena Sikora, Krzysztof Fronc, Izabela Kamińska, et al. Transport of $\text{NaYF}_4:\text{Er}^{3+}, \text{Yb}^{3+}$ up-converting nanoparticles into HeLa cells *Nanotechnology* 24 (2013) 235702

11. Badanie mikroluminescencji pojedynczych warstw dichalkogenków metali przy użyciu mikroskopu konfokalnego.

Opiekun: **dr hab. Jacek Szczytko**

Mikroskopia konfokalna pozwala na obrazowanie z rozdzielczością przestrzenną rzędu $\lambda/3$ (λ to długość fali światła lasera użytego do obrazowania). Zadaniem studenta będzie zobrazowanie pojedynczych warstw dichalkogenków metali MX_2 (M – metal przejściowy, X=S, Se) na mikroskopie konfokalnym oraz wykonanie pomiarów widma luminescencji.

Literatura:

Grzeszczyk, M; Golasa, K; Pietka, B; Babinski, A; Szczytko, J *Confocal Microscope Studies of MoS₂ Layer Thickness* *Acta Physica Polonica A* Volume: 126 Issue: 5 Pages: 1207-1208 (2014)

12. „Modelowanie metodą Monte Carlo własności magnetycznych nanocząstek o anizotropii kubicznej” .

Opiekunowie: **dr hab. Jacek Szczytko, prof. dr hab. Andrzej Majhofer**

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

Literatura: Magdalena Wońska, Jacek Szczytko, Andrzej Majhofer, Jacek Gosk, Konrad Dziatkowski, and Andrzej Twardowski *Magnetic interactions in an ensemble of cubic nanoparticles: A Monte Carlo study* *PHYSICAL REVIEW B* **88**, 144421 (2013)

13. Własności magnetotransportowe izolatora topologicznego (Pb,Sn)Se poddanego napromieniowaniu wiązką elektronów.

Opiekunowie: **Prof. dr hab. Dariusz Wasik, Dr Adam Kwiatkowski**

Proponowana praca licencjacka wiąże zagadnienia fizyki półprzewodników z elementami fizyki jądrowej - dotyczy badań izolatorów topologicznych napromieniowanych wiązką elektronów o energii 2.5 MeV. Tematyka izolatorów topologicznych jest aktualnie tzw. gorącym tematem fizyki ciała stałego. Będące przedmiotem badań kryształy PbSnSe należą 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 tworzą się powierzchniowe stany metaliczne. Celem pracy licencjackiej jest przestudiowanie i zrozumienie zjawisk fizycznych rządzących procesem kreacji defektów w kryształach PbSnSe w czasie naświetlania elektronami. Interesująca jest np. zmiana typu nośników z n na p po napromieniowaniu i powrót do wyjściowych własności po wygrzewaniu w temperaturze powyżej 100° C. Proces ten silnie zależy od składu cyny i dawki promieniowania. W ramach pracy licencjackiej należy wykonać pomiary oporu podłużnego i oporu poprzecznego w niskiej temperaturze (ciepłego helu) w funkcji pola magnetycznego próbek napromieniowanych elektronami. Badania te będą prowadzone we współpracy z Instytutem Fizyki PAN oraz Ecole Polytechnique w Palaiseau we Francji.

14. Badanie właściwości struktur hybrydowych GaN/grafen

Opiekunowie:

dr hab. Andrzej Wysmolek, prof. UW, prof. dr hab. Roman Stępiewski

Zakład Fizyki Jądrowej

"Badanie mechanizmów powstawania deformacji w jądrach atomowych"

Opiekun: prof. dr hab. Waldemar Urban

Jadro atomowe, które ma rozmiary o cztery rzędy wielkości mniejsze od klasycznego układu kwantowego jakim jest atom, jest obiektem ekstremalnie kwantowym. Według wczesnych wyobrażeń, jądro powinno mieć kształt sferyczny, bo taką symetrię mają oddziaływania jądrowe. Jednak jak pokazano doświadczalnie, większość znanych jąder jest zdeformowana i zaczyna przeważać pogląd, że deformacja jest stanem naturalnym dla jąder, a kształt sferyczny czymś egzotycznym. Powodem deformacji są silne efekty kwantowe obecne we wszystkich jądrach. Tylko w niewielu przypadkach, gdy liczby protonów lub neutronów osiągają tzw. wartości magiczne, efekty te uśredniają się pozwalając jądru przyjąć kształt sferyczny. Szczególnie ciekawe są sytuacje, gdy jądra sferyczne sąsiadują z jądrami silnie zdeformowanymi. Z jednej strony tacy sąsiedzi są podobni, ze względu na podobny skład nukleonowy, a z drugiej strony bardzo się różnią kształtem. Pojawia się wtedy także możliwość, że jądro może przybierać oba kształty. Badanie takich jąder jest szczególnie cenne dla poznania mechanizmów kwantowych tworzących deformacje. Izotop ^{98}Sr jest jądrem z takiego pogranicza.

Proponowany temat obejmuje potwierdzenie kształtu sferycznego w jądrze ^{98}Sr , w którym zaobserwowano wcześniej kształt zdeformowany. Jest to praca doświadczalna, polegająca na analizie już zmierzonych danych, z ciekawym programem interpretacyjnym, który jednak nie wykracza poza podstawowe zagadnienia mechaniki kwantowej jak np. mieszanie dwóch stanów kwantowych.

Wyniki analizy będą opublikowane w międzynarodowym czasopiśmie. Istnieje możliwość dalszego rozwijania tego tematu w pracy magisterskiej.

"Badanie egzotycznych jąder atomowych w pobliżu ścieżki astrofizycznego procesu nukleosyntezy"

Opiekun: dr hab. Jan Kurpeta

Proponowany temat jest związany z badaniami struktury jąder atomowych znajdujących się w pobliżu ścieżki astrofizycznego procesu r , który jest odpowiedzialny za występowanie we Wszechświecie około połowy pierwiastków cięższych od żelaza. Uzyskane wyniki mają znaczenie dla poszerzania wiedzy z zakresu fizyki jądrowej oraz astrofizyki.

Wykonanie pracy będzie polegało na analizie danych zawierających informacje o koincydencjach promieniowania gamma i cząstek beta wysyłanych przez radioaktywne jądra atomowe. Dane do analizy pochodzą z unikalnego układu doświadczalnego, który jest połączeniem magnetycznego separatora masowego z pułapką jonową typu Penning'a.

Osoby zainteresowane metodami eksperymentalnymi mogą w ramach pracy licencjackiej zapoznać się z nowoczesnym, cyfrowym systemem zbierania danych. Możliwe jest kontynuowanie zaproponowanej tematyki w ramach współpracy z laboratorium Uniwersytetu w Jyväskylä (Finlandia) i Institut Laue-Langevin w Grenoble (Francja). Ostateczny temat, zakres i sposób wykonania pracy ustalane są w rozmowie z opiekunem, proszę o kontakt na adres jkurpeta@mimuw.edu.pl.

"Naturalne źródła promieniowania gamma w otoczeniu człowieka."

Opiekun: dr hab. Jan Kurpeta

Promieniowanie jonizujące występuje powszechnie w naszym otoczeniu. Największy wkład do natężenia naturalnego promieniowania gamma pochodzi z rozpadu promieniotwórczych izotopów występujących w skorupie ziemskiej. Pomiarów metodami spektroskopii gamma pozwalają wykryć i zidentyfikować promieniotwórcze izotopy występujące w środowisku człowieka. Dzięki istnjącemu w naszym Zakładzie stanowisku do pomiarów niskotłowych, możliwe jest precyzyjne określenie parametrów promieniowania gamma emitowanego przez wybrane próbki materiałów występujących w naszym otoczeniu. Proponowany temat obejmuje wykonanie pomiarów energii i natężenia fotonów gamma emitowanych przez wybrane próbki oraz opracowanie uzyskanych wyników. Ostateczny temat, zakres i sposób wykonania pracy ustalane są w rozmowie z opiekunem, proszę o kontakt na adres jkurpeta@mimuw.edu.pl.

"Pułapki jonowe w badaniach nowo odkrywanych jąder atomowych"

Opiekun: dr hab. Jan Kurpeta

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). Poznawanie 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 wzbudzonego 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. Ostateczny temat, zakres i sposób wykonania pracy ustalane są w rozmowie z opiekunem, proszę o kontakt na adres jkurpeta@mimuw.edu.pl.

Badanie własności stanów wzbudzonych ^{86}Rb populowanych w reakcji (n,γ)

Opiekun: dr Agnieszka Korgul

Celem pracy jest uzyskanie informacji o energiach oraz spinach stanów wzbudzonych ^{86}Rb , populowanych w wyniku wychwytu neutronów przez jądra ^{85}Rb . Realizacja tego celu będzie wymagała przeprowadzenia analizy danych z eksperymentu wykonanego w laboratorium ILL Grenoble i ustalenia relacji koincydencyjnych oraz korelacji kątowych kwantów gamma emitowanych ze stanów wzbudzonych ^{86}Rb .

Neutronowa analiza aktywacyjna

Opiekun: dr Krzysztof Miernik

Neutronowa analiza aktywacyjna to metoda badania materiałów polegająca na naświetleniu próbki wiązką neutronów. Na drodze reakcji wychwytu neutronu część ze stabilnych nuklidów przemienia się w jądra ulegające przemianom beta minus. Podczas tej przemiany emitowane jest charakterystyczne promieniowanie gamma, które możemy rejestrować i na podstawie jego intensywności oceniać zawartość danego pierwiastka w badanej próbce. Oczywiście nie każdy pierwiastek nadaje się do detekcji tą metodą, ale jej dużą zaletą jest możliwość czułego i niedestrukcyjnego badania przedmiotów i dlatego jest stosowana w różnych gałęziach nauki i życia takich jak geologia, archeologia, czy kryminalistyka. Praca licencjacka ma na celu zaplanowanie eksperymentu, przygotowanie detektorów i zbadanie wybranych przez studenta próbek substancji lub materiałów.

Rutherfordowskie rozpraszanie ciężkich jonów

Prowadzący: prof. K. Rusek (ŚLCJ), dr I. Skwira-Chalot

Temat doświadczalny polegający na wykonaniu pomiarów przy użyciu wiązki jonów cyklotronu U200P w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów. Celem pracy jest wykonanie pomiarów rozkładów kątowych elastycznego rozpraszania jonów ^{12}C , ^{14}N , ^{16}O , ^{22}Ne na tarczy ^{197}Au w celu przygotowania aparatury (komory rozproszeń i detektorów) do wykonania oryginalnych pomiarów reakcji jądrowych.

Praca obejmuje:

- a) zaprojektowanie geometrii układu eksperymentalnego w oparciu o oszacowania teoretyczne
- b) sprawdzenie i kalibrację detektorów przy użyciu źródeł
- c) montaż aparatury
- d) wykonanie pomiarów z wiązką
- e) interpretację – porównanie rozkładów kątowych ze wzorem Rutherforda
- f) określenie kąta granicznego stosowalności wzoru Rutherforda.

Praca pozwoli zapoznać się z aparaturą i metodami pomiarów z wykorzystaniem akceleratorów w nauce i technice. W szczególności prowadzeniem i diagnostyką wiązki jonów, uzyskiwaniem próżni, nowoczesnymi detektorami półprzewodnikowymi, analizą widm produktów rozpraszania.

Badanie rzadkich przemian jądrowych przy użyciu komory dryfowej z odczytem optycznym

Prowadzący: prof. dr hab. Marek Pfützner

We współpracy z Zakładem Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych zbudowaliśmy specjalny detektor gazowy, który umożliwia rejestrację torów cząstek naładowanych emitowanych podczas przemian promieniotwórczych. Ta unikatowa (w skali światowej) konstrukcja powstała głównie w celu badania promieniotwórczości dwuprotonowej, ale z powodzeniem jest stosowana także do badania innych egzotycznych przemian. Na jesieni 2015 planujemy pomiary przemian beta z emisją opóźnionych protonów dla kilku nuklidów bardzo neutrono-deficytowych. Tematem pracy będzie częściowa analiza wyników tego eksperymentu. Przy okazji będzie można zapoznać się z nowoczesnymi metodami badania nuklidów dalekich od stabilności i z nowatorską techniką detekcyjną, która jest ciągle rozwijana.

Badanie rozkładów emisji kaonów naładowanych ze zderzeń ciężkich jonów przy energii 1,9 GeV/nukleon

Prowadzący: 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 produkcji, a w warunkach gęstej i gorącej materii jądrowej ich podstawowe własności (takie jak masa i stała rozpadu) ulegają modyfikacjom. Zainstalowanie przy spektrometrze FOPI detektora czasu przelotu o bardzo dobrej czasowej i pozycyjnej zdolności rozdzielczej umożliwiło 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. Równolegle, z pomocą opiekuna, przeprowadzi symulację produkcji cząstek ze źródła termicznego o określonych parametrach i oszacuje wydajność rejestracji kaonów.

Symulacja komputerowa identyfikacji mezonów ϕ w detektorze FOPI

Prowadzący: dr Krzysztof Piasecki

Mezon ϕ jest cząstką o dziwności $S = 0$, ale złożoną z kwarków s i anty-s. Gdyby zderzenie ciężkich jonów odpowiadało sumie indywidualnych zderzeń nukleonów, to przy energii wiązki 1.9 GeV/nukleon mezony ϕ nie powinny powstawać. Obserwacja tych cząstek w powyższym obszarze energii możliwa jest wyłącznie dzięki podprogowym procesom ich produkcji. Stosunkowo niewielka krotność mezonów ϕ produkowanych w zderzeniu wymaga szczególnego sprawdzenia precyzji detekcji oraz poprawności użytych algorytmów służących do identyfikacji cząstek, dedykowanych dla detektora FOPI. Zadaniem Studenta będzie symulacja rozpadu mezonów ϕ w kanale $\phi \rightarrow K^+ K^-$ (BR = 49 %) i rekonstrukcja tych cząstek w ramach akceptancji detektora FOPI. Mezony ϕ zostaną zidentyfikowane na wykresie masy niezmienniczej, wraz z oszacowaniem tła metodą mieszania zdarzeń. Następnie zrekonstruowane zostaną rozkłady kinematyczne (np. energii kinetycznej). Dane zostaną opracowane przy użyciu szeroko wykorzystywanego systemu analizy danych ROOT, opartego na języku C++

Zakład Optyki

1. Detekcja śladowych ilości gazów z użyciem ultraczułej spektroskopii laserowej.

Opiekun - prof. dr hab. Tadeusz Stacewicz

W ostatnich latach obserwuje się szybki rozwój ultraczułych technik detekcji śladowych ilości gazów z wykorzystaniem laserowej spektroskopii absorpcyjnej. Mają one zastosowanie w badaniach atmosfery, badaniach czystości środowiska, a ostatnio - w detekcji markerów chorobowych w oddechu ludzkim, dzięki czemu możliwe jest wykrycie stanów chorobowych (raka, astmy, cukrzycy, chorób jelit i innych) na wczesnym etapie. Proponowana praca licencjacka dotyczyć będzie nowych technik laserowych stosowanych w tym celu.

2. Badania reakcji chemicznych na powierzchniach za pomocą spektroskopii nieliniowej

Opiekun: dr Piotr Fita

Powierzchnie i międzypowierzchnie oddzielające dwie fazy skondensowane 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 jest generacja drugiej harmonicznej, czyli światła o częstotliwości dwukrotnie większej niż częstota światła padającego na powierzchnię. Ze względu na symetrię proces ten nie zachodzi 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 pomiarowym wiązka impulsów światła laserowego pada na badaną powierzchnię, a natężenie wygenerowanej drugiej harmonicznej rejestrowane jest w funkcji długości fali i kierunku polaryzacji światła padającego. Pozwala to uzyskać informację o koncentracji cząsteczek zaadsorbowanych na powierzchni, ich orientacji oraz wpływie środowiska na poziomy energetyczne cząsteczek. W układzie, w którym na powierzchni zachodzi reakcja chemiczna, możliwe jest dzięki temu bezpośrednie monitorowanie stężenia substratów i produktów tej reakcji.

Celem pracy licencjackiej jest skonstruowanie układu do generacji drugiej harmonicznej na powierzchniach, charakteryzacja i optymalizacja jego własności oraz wykonanie serii pomiarów. Analiza ich wyników pozwoli uzyskać informacje o własnościach cząsteczek zaadsorbowanych na powierzchni cieczy i wpływie środowiska na dynamikę procesów fizykochemicznych w nich zachodzących.

3. Modelowanie optycznych procesów nieliniowych na powierzchniach

Opiekun: dr Piotr Fita

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 jest generacja drugiej harmonicznej światła (fali o częstości dwukrotnie większej niż częstość fali padającej). 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 impulsów światła laserowego pada na badaną powierzchnię. Wygenerowane fotony drugiej harmonicznej 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 praktyczne zastosowanie istniejących modeli teoretycznych opisujących generację drugiej harmonicznej na powierzchniach i skonfrontowanie ich z wynikami pomiarów, w celu ich interpretacji.

4. Badania ultraszybkiej dynamiki procesów zachodzących w cząsteczkach organicznych

Opiekun: dr Piotr Fita

Wiele reakcji chemicznych zachodzi pod wpływem światła – absorpcja fotonu przez reagujące cząsteczki dostarcza energii potrzebnej do zapoczątkowania procesów fotochemicznych, prowadzących np. do zmiany struktury lub powstania nowych cząsteczek. Poznanie tych procesów może pozwolić na kontrolowanie przebiegu reakcji, w szczególności reakcji prowadzących do zamiany energii świetlnej na energię chemiczną lub elektryczną i mogących stanowić podstawę działania metod terapeutycznych (terapia fotodynamiczna nowotworów) lub nowych źródeł energii (organiczne baterie słoneczne).

Procesy decydujące o przebiegu tych reakcji często zachodzą w czasach rzędu femto- i pikosekund, dlatego wymagane są specjalne metody ich badania, w których wykorzystuje się źródła ultrakrótkich impulsów laserowych. W metodach tych próbkę cząsteczek chemicznych wzbudza się impulsem światła o czasie trwania rzędu 100 fs, a inny impuls, opóźniony w stosunku do pierwszego, monitoruje przebieg procesu. Zmieniając odstęp czasu pomiędzy impulsami w przedziale od zera do kilkuset pikosekund można odtworzyć przebieg badanej reakcji.

Celem pracy licencjackiej jest zbudowanie układu pomiarowego do badania dynamiki procesów zachodzących w cząsteczkach organicznych oraz jego wykorzystanie do śledzenia zjawisk takich jak np. przeniesienie protonu i elektronu.

5. 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 optycznego 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 układu obrazującego oraz napisaniem programu do odtwarzania obrazu przedmiotu z zarejestrowanego obrazu światła rozproszonego. W wersji bardziej zaawansowanej możliwe jest podjęcie próby odtworzenia kształtu przedmiotów trójwymiarowych metodami tomograficznymi. Do wykonania pracy wymagana jest biegłość w posługiwaniu się wybranym programem matematycznym lub językiem programowania, w celu zaimplementowania algorytmów odtwarzających obraz.

6. Konstrukcja elektronicznej aparatury pomiarowej

Opiekun: dr Piotr Fita

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

Celem pracy licencjackiej jest skonstruowanie i oprogramowanie kontrolera aparatury optycznej (np. spektrometru, stabilizatora temperatury) lub urządzenia do akwizycji danych i obróbki cyfrowej sygnału oraz wykorzystanie go do budowy układu.

7. Trójwymiarowa, dwufotonowa fotolitografia – możliwości i ograniczenia

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Praca przede wszystkim doświadczalna. Poznanie technik wytwarzania oraz charakterystyki mikrostruktur optycznych w laboratoriach Pracowni Nanostruktur Fotonicznych. Samodzielne zaprojektowanie, wykonanie i zbadanie własności prostych struktur, np. siatek

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

8. Mikrostruktury optyczne na światłowodach

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

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 nauczania się solidnego warsztatu badawczego (współczesne układy optyczne, laserowe, skaningowa mikroskopia elektronowa), przede wszystkim jednak możliwość wykonania i zbadania unikatowych mikroukładów optycznych w zaawansowanych technologiach.

9. Optycznie sterowane układy mikromechaniczne

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna z pogranicza chemii, fizyki i inżynierii materiałowej. Planowane jest zbudowanie od podstaw układu mikromechanicznego na bazie ciekłokrystalicznych elastomerów. Przewiduję opracowanie kompozycji polimeru, zbadanie podstawowych jego własności (3 miesiące) i wykonanie prostego układu, np. mikropompy (3 miesiące). Konieczny zapał do majsterkowania, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) i gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium. W zamian oferuję możliwość zbudowania unikalnego układu, pionierskie prace przy nowych technologiach (w Pracowni Nanostruktur Fotonicznych w CENT I) i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

10. Fotoniczne mikrostruktury polimerowe o zmiennym kształcie

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna z pogranicza fizyki, chemii i inżynierii materiałowej. Dzięki pokryciu powierzchni (np. szkła) odpowiednimi polimerami, których własności zmieniają się z temperaturą, możliwe jest wytwarzanie powierzchni, których kształt może się zmieniać w mikroskali. Przewiduję wykonanie kilku przykładowych struktur, np. "wyłączanych" siatek dyfrakcyjnych, być może również integrację z układami mikroprzepływowymi. Możliwe przygotowanie pracy w języku angielskim.

11. Elementy polaryzacyjne wytwarzane techniką dwufotonowej fotolitografii 3D

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (3 miesiące), oraz wykonanie (1 miesiąc) i badanie własności optycznych (2 miesiące) mikrostruktur o własnościach polaryzacyjnych. Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyteźonej pracy w laboratorium. W zamian oferuję możliwość opanowania unikalnej w skali świata technologii, pracę w nowoczesnym laboratorium optycznym (Pracownia Nanostruktur Fotonicznych w CENT I) i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

12. Fotoasocjacja ultrazimnych atomów i jej zastosowania

Opiekun – prof. dr hab. Paweł Kowalczyk

Fotoasocjacja stała się w ostatnich latach potężnym narzędziem służącym do wytwarzania ultrazimnych cząsteczek dwuatomowych, homo i heterojądrowych, w wybranych stanach energetycznych, w tym również w absolutnym stanie podstawowym. Tematem pracy będzie wyjaśnienie podstaw fizycznych metody fotoasocjacji i omówienie możliwości jej zastosowań, zarówno bezpośrednich (np. w spektroskopii wysokiej zdolności rozdzielczej), jak i pośrednich (jako przygotowanie do dalszych eksperymentów, np. z dziedziny tzw. zimnej chemii lub informatyki kwantowej). Celem pracy będzie zapoznanie się z najnowszymi eksperymentami z ultrazimnymi cząsteczkami tworzonymi metodą fotoasocjacji, jak również zaletami i ograniczeniami tej metody w porównaniu do metod komplementarnych (np. magnetoasocjacji). Obecnie w naszym laboratorium planowane są liczne doświadczenia z "zimną materią". Student, który wykaże się zaangażowaniem i znajomością tematu, będzie miał możliwość włączenia się w aktualnie prowadzone i zakrojone na szeroką skalę prace, mające na celu zbudowanie układu pozwalającego w pierwszym etapie na pułapkowanie dwóch rodzajów atomów metali alkalicznych w nakrywających się pułapkach 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.

13. Spektroskopia laserowa dwuatomowych cząsteczek metali alkalicznych

Opiekun – prof. dr hab. Paweł Kowalczyk

Przedmiotem pracy będzie wyznaczenie, na podstawie obserwowanych doświadczalnie widm wzbudzenia cząsteczek, tzw. stałych cząsteczkowych (energii wzbudzenia, częstości oscylacji i rotacji cząsteczki, odległości między jądrami) oraz zależności energii chmury elektronowej od odległości międzyjądrowej dla jednej z dwuatomowych cząsteczek metali alkalicznych badanych w Zakładzie Optyki. Wielkości takie mają podstawowe znaczenie dla przewidywania przebiegu szeregu procesów fizycznych, między innymi laserowego chłodzenia i pułapkowania atomów oraz tworzenia z nich ultrazimnych molekuł. Są też istotne

dla testowania wyników obliczeń teoretycznych struktury energetycznej cząsteczek, prowadzonych metodami chemii kwantowej. Przewidujemy możliwość włączenia się studenta w aktualnie prowadzone prace doświadczalne – obserwację widm wzbudzenia cząsteczek techniką laserowej spektroskopii polaryzacyjnej. W Laboratorium Badań Molekularnych badamy cząsteczki dwuatomowe, obserwując ich widma optyczne nowoczesnymi metodami spektroskopii laserowej. Zajmujemy się przede wszystkim cząsteczkami metali alkalicznych (np. Na_2 , NaLi , KLi , NaRb , LiCs , NaCs), które są szczególnie ciekawe i dla eksperymentatorów, i dla teoretyków. Jako najprostsze cząsteczki dwuatomowe po cząsteczce wodoru są to doskonałe obiekty do rozwijania teoretycznych metod chemii kwantowej – nasze wyniki doświadczalne są więc nieodzowne do testowania poprawności modeli teoretycznych. Z drugiej strony, osiągnięta w ostatnich latach kondensacja Bosego-Einsteina w parach metali alkalicznych, oraz prace nad tworzeniem ultrazimnych cząsteczek i nad kondensatem molekularnym, stwarzają duże zapotrzebowanie na dokładne dane spektroskopowe dotyczące cząsteczek metali alkalicznych – takich danych dostarczają nasze doświadczenia. Na podstawie obserwowanych widm umiemy wyznaczyć odległość jąder w cząsteczce, częstość ich drgań, częstość obrotów cząsteczki, a przede wszystkim zależność siły oddziaływania atomów tworzących cząsteczkę od ich odległości. Wszystkie te wiadomości zawarte są w tzw. krzywej energii potencjalnej, charakteryzującej dany stan cząsteczki. Krzywa ta z jednej strony obrazuje zależność energii oddziaływania atomów tworzących cząsteczkę od odległości między nimi, z drugiej przedstawia jamę potencjału, w której drgają jądra składowych atomów. Wyznaczenie kształtu takich krzywych jest głównym celem naszych doświadczeń.

Zakład Struktury Materii Skondensowanej

Czy rozdrabnianie krystalitów zmienia ich strukturę krystaliczną? (opiekun: Radosław Przeniosło)

Wstępne badania wykonane metodą dyfrakcji rentgenowskiej dla Fe_2O_3 oraz Cr_2O_3 pokazały że ich struktura krystaliczna ulega zmianom podczas rozdrabniania. Wyniki tych analiz pokazały, że symetria struktury krystalicznej Fe_2O_3 i Cr_2O_3 jest jednoskośna a nie trygonalna (jak podają tablice i podręczniki) a to z kolei ma wpływ na opis wielu zjawisk (np. magnetycznych, optycznych, elektrycznych itd.) w tych materiałach. Dla innych związków typu A_2O_3 pytania te są otwarte. Planowana jest kontynuacja eksperymentu w którym R.-J. Haüy przez nieuwagę upuścił duży kryształ na podłogę (circa 1780 r.). Kryształ się rozpadł na wiele mniejszych krystalitów, ale R.J. Haüy zauważył podobieństwo ich kształtów i w ten sposób zaobserwował kształt komórki elementarnej. Badania będą prowadzone z użyciem polikrystalicznych (proszkowych) związków typu A_2O_3 . Zamiast upuszczania na podłogę, stosowane będzie mechaniczne rozdrabnianie. Badania będą prowadziły do analizy struktury krystalicznej oraz ilościowego opisu naprężeń w w/w materiałach.

**Analiza symetrii struktury magnetycznej i symetrii struktury krystalicznej
w związkach tlenowych metali przejściowych.
(opiekun: Radosław Przeniosło)**

Badania będą dotyczyły symetrii struktury krystalicznej oraz symetrii struktury magnetycznej wybranych węglanów metali przejściowych jak np. MnCO_3 , NiCO_3 , FeCO_3 . Zgodnie z obecną wiedzą z tablic i podręczników symetria struktury krystalicznej w/w związków jest trygonalna. Przewidywane są badania doświadczalne struktury krystalicznej w/w związków metodą dyfrakcji rentgenowskiej oraz analizy danych literaturowych na temat ich własności magnetycznych. Ważną częścią pracy będzie sprawdzenie zgodności między symetrią struktury krystalicznej a symetrią struktury magnetycznej. Wstępne badania wykonane dla Fe_2O_3 oraz Cr_2O_3 pokazały że symetria struktury krystalicznej Fe_2O_3 i Cr_2O_3 jest jednoskośna a nie trygonalna (jak podają tablice i podręczniki) a to z kolei ma wpływ na opis wielu zjawisk (np. magnetycznych, optycznych, elektrycznych itd..) w tych materiałach. W związkach typu MCO_3 może również dochodzić do zmiany symetrii struktury krystalicznej. Pytania te są na razie otwarte.