

INSTYTUT FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ

Tematy prac licencjackich dla studentów studiów indywidualnych I stopnia w roku akademickim 2012/13

Zakład Biofizyki

1. „Badanie zmian strukturalnych białek spowodowanych zmianami pH roztworu metodami spektroskopii dichroizmu kołowego i dynamiki molekularnej”, opiekun: prof. dr hab. Jan Antosiewicz.

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 dysocjacji 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. „Fluorescencyjne pomiary oddziaływań z ligandami mutantów białek z rodziny PNP (fosforylazy nukleozydów purynowych) - ważnych enzymów targetowych w terapii chorób nowotworowych i chorób układu immunologicznego”, opiekun: dr hab. Maria Agnieszka Bzowska.

Opis: Fosforylazy nukleozydów purynowych (PNP) to kluczowe enzymy metabolizmu składników kwasów nukleinowych. PNP znajduje się praktycznie w każdej żywej komórce. Fosforylazy 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 przeciw pasożytnicze, a także – mniej specyficzne fosforylazy z niektórych bakterii - w chemii nukleozydów purynowych. Głównym celem projektu realizowanego przez naszą grupę jest poznanie biofizycznych podstaw działania fosforylaz, co ma m.in. prowadzić do syntezy serii silnych inhibitorów PNP o potencjalnych praktycznych zastosowaniach. 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 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. Osobie zainteresowanej wykonaniem pracy licencjackiej w ramach projektu proponujemy zbadanie oddziaływania jednego z mutantów białka z wybranym ligandem przy wykorzystaniu fluorescencyjnej metody detekcji powstającego kompleksu.

3. „Od biofizycznych badań czynników determinujących selektywne i silne wiązanie się inhibitorów z enzymami do skuteczniejszych leków”, opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk.

Opis: Absorpcja fotonów przez cząsteczki biologiczne, np., białka (enzymy) powoduje przejście grup bocznych aminokwasów tyrozyny i tryptofanu w tych białkach ze stanu podstawowego do wzbudzonego, natomiast przejście odwrotne jest realizowane poprzez emisję fotonów zwaną fluorescencją. Absorpcja i emisja 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 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.

4. „Zastosowanie spektroskopii emisyjnej w badaniach właściwości fizycznych chloroplastów wybranej rośliny”, opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk.

Opis: Absorpcja fotonów przez cząsteczki biologiczne (np., barwniki roślinne) powoduje przejście tych cząsteczek ze stanu podstawowego do wzbudzonego, natomiast przejście odwrotne jest realizowane poprzez emisję fotonów zwaną fluorescencją. Absorpcja i emisja 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 (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 o badania własności cząsteczek biologicznych za pomocą fluorescencyjnej spektroskopii korelacyjnej (*Fluorescence Correlation Spectroscopy, FCS*).

5. „Fizyczna interpretacja zaniku fluorescencji cząsteczek biologicznych”, opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk

Opis: Układy cząsteczek biologicznych po wzbudzeniu do stanu elektronowego posiadają inaczej zorientowany i znacznie większy moment dipolowy niż w stanie podstawowym oraz wykazują złożone relaksacje, będące wynikiem między innymi oddziaływania wzbudzonych cząsteczek z otoczeniem i czasowo zależnej migracji energii. Wzbudzenia. Dotychczasowe badania złożonych zaników fluorescencji cząsteczek pokazały wiele przypadków, gdzie zastosowanie tradycyjnej wielo-wykładniczej analizy jest niepoprawne. Związek pomiędzy poszczególnymi komponentami wykładniczymi a opisywanym układem jest niejasny a parametry definiowane w sposób arbitralny. Heterogeniczność konformacyjna białek, ich dynamika, procesy zachodzące w stanie wzbudzonym oraz oddziaływanie cząsteczki fluoryzującej (fluoroforu) ze środowiskiem to tylko najważniejsze z przyczyn odstępstw od powyższego modelu. W takich przypadkach odzwierciedleniem interakcji wzbudzonych cząsteczek z otoczeniem jest ciągły rozkład stałych szybkości dezaktywacji ich stanów wzbudzonych, bardziej adekwatny niż suma dyskretnych eksponentów. W wyniku intensywnych badań pokazaliśmy, że najbardziej prawdopodobnym rozkładem spełniającym więzy narzucone przez eksperyment jest rozkład gamma. Otrzymana w wyniku uwzględnienia fluktuacji charakterystycznego czasu życia, funkcja opisująca zaniki stanów wzbudzonych ma analityczną postać potęgową

$$I(t) = I_0 \left[1 - (1-q) \frac{t}{\tau_0} \right]^{1/(1-q)} \quad \text{funkcja potęgowa zaniku fluorescencji}$$

będącą dobrą alternatywą do tradycyjnego wielowykładniczego podejścia. Funkcja ta jednoznacznie opisuje zaniki emisji za pomocą średniego czasu życia stanu wzbudzonego (τ_0) odpowiadającego średniej wartości rozkładu ($1/\tau_0$) stałych szybkości ($1/\tau$) oraz parametru heterogeniczności (q) związanego z wariancją rozkładu (ω)

$$q = 1 + \frac{\langle (1/\tau - \langle 1/\tau \rangle)^2 \rangle}{\langle 1/\tau \rangle^2} = 1 + \omega \quad \text{definicja parametrów } q$$

Średni czas zaniku emisji (τ_e) określony jest za pomocą τ_0 i q , tj. $\tau_e = \tau_0/(3-2q)$. Warto zauważyć, że w granicy gdy $q \rightarrow 1$, tj. wariancja rozkładu dąży do zera i $\tau_e \rightarrow \tau_0$, a funkcję potęgową dobrze aproksymuje zanik jednowykładniczy. Użyte parametry posiadają przejrzystą interpretację fizyczną przez co mogą dostarczyć wiele nowych informacji o badanym systemie.

Celem pracy licencjackiej jest zastosowanie funkcja potęgowa zaniku fluorescencji do opisu kinetyki emisyjnej dezaktywacji elektronowego stanu wzbudzonego tyrozyny i tryptofanu w różnych środowiskach oraz w interesującego z fizycznego i biomedycznego punktu widzenia tyrozynowego białka, fosforylasy nukleozydów purynowych (PNP) z *E. coli*. Głównym celem

naukowym niniejszego projektu jest sprawdzenie czy funkcja potęgowa dobrze opisuje dezaktywację stanów wzbudzonych tego enzymu i może stanowić dobrą alternatywę dla modeli wielowykładniczych. Ponadto podjeta będzie także interpretacja wyników doświadczalnych dotyczących dezaktywacji stanów wzbudzonych w białku i jego kompleksie z ligandami, ze szczególnym uwzględnieniem parametru heterogeniczności zaniku (q) związanego z wariancją rozkładu oraz średniego czasu zaniku emisji (τ_e) (zobacz wyżej).

6. „Badania właściwości emisyjnych białek i ich wykorzystanie w charakterystyce oddziaływań z ligandami”, opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk.

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 badaniach tych uwzględniamy następujące zjawiska fizyczne i ich ewentualny wpływ na emisję (fluorescencję) enzymów i ich kompleksów z ligandami:

- (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 (tautomerię);
- (c) Oddziaływania elektrostatyczne, np. typu wiązań wodorowych;
- (d) Bezpromienne (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 i sformułowania na tej podstawie modelu mechanizmu reakcji enzymatycznej przez niego katalizowanej na bazie precyzyjnych informacji o strukturze i własnościach fizycznych enzymu, ligandów i asocjatu 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.

7. „Optymalizacja warunków faldowania wybranego mutantu zielono fluoryzującego białka”, opiekun: dr Beata Wielgus-Kutrowska.

Opis: Zielono białko fluoryzujące (ang. *green fluorescent protein, GFP*) jest małym białkiem (238 aminokwasów) pochodzącym z meduzy *Aequorea victoria*. W 2008 roku za jego

odkrycie, badania właściwości i zastosowania została przyznana Nagroda Nobla w dziedzinie chemii. Ze względu na intensywną fluorescencję w zakresie widzialnym chromofora zawartego w GFP jest ono powszechnie używane w naukach medycznych, biologicznych i biotechnologii jako znacznik ekspresji genów, lokalizacji innych białek i jako wskaźnik oddziaływania białko-białko. GFP jest skłonne do nieprawidłowego zwijania i agregacji. Zagregowane GFP jest bezużyteczne jako marker, dlatego poszukiwane są mutanty o zwiększonej wydajności prawidłowego zwijania. Przedmiotem pracy będzie eksperymentalne poszukiwanie warunków w których fałdowanie wybranego mutanta GFP (przyjmowanie struktury aktywnej biologicznie) będzie przebiegało z najwyższą wydajnością. Sprawdzimy warunki takie jak stężenie białka, temperatura fałdowania, skład chemiczny roztworu reakcyjnego. Metodami spektroskopowymi ocenimy wydajność fałdowania.

8. „Modele fałdowania białek”, opiekun: dr Beata Wielgus-Kutrowska..

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 2^{100} , a czas potrzebny na ustalenie optymalnej struktury (przy założeniu, że przekształcenie jednej struktury w drugą zachodzi w czasie 10^{-12} s) 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 opisanu dostępnych modeli fałdowania białek.

9. "Rozszerzenie środowiska Tav4SB o funkcjonalność umożliwiającą analizę wrażliwości stochastycznych modeli szlaków sygnałowych"

opiekun: prof.dr hab. Bogdan Lesyng

Opis: Celem pracy jest rozszerzenie rozwijanego w zespole środowiska Tav4SB (<http://bioputer.mimuw.edu.pl/tav4sb/>) o funkcjonalność umożliwiającą analizę wrażliwości stochastycznych modeli szlaków sygnałowych. Efektywny algorytm pozwalający liczyć współczynniki wrażliwości oparty na dekompozycji wariancji systemu został zaproponowany ostatnio w pracy magisterskiej Pana Tomasza Badowskiego (obronionej w 2011 roku na Wydziale MIM UW) i jest dalej rozbudowywany przez niego w ramach drugiej pracy magisterskiej na Wydziale Fizyki pod moim kierunkiem.

Praca licencjacka będzie polegała na zintegrowaniu implementacji wspomnianego już algorytmu ze środowiskiem Tav4SB poprzez dodanie odpowiednich przepływów pracy, oraz

na przeprowadzeniu serii eksperymentów obliczeniowych uzasadniających przydatność proponowanych rozwiązań w symulacji deterministycznych procesów kinetycznych oraz procesów stochastycznych.

Zakład Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych

1. Selekcja oddziaływań neutrin taonowych, z taonami rozpadającymi się na pion w neutrinowym eksperymencie MINOS+

opiekun dr Katarzyna Grzelak

MINOS+ jest eksperymentem badającym zjawisko oscylacji neutrin po przebyciu drogi 735 km z ośrodka Fermilab niedaleko Chicago do kopalni Soudan, Minnesota.

Eksperyment MINOS+ jest kontynuacją eksperymentu MINOS. Będzie zbierał dane od połowy 2013 roku. Wyższa energia wiązki neutrin od tej, której używał eksperyment MINOS daje możliwość potwierdzenia, że neutrina mionowe oscylują w taonowe. Na znaczącym statystycznie poziomie, do tej pory nie pokazał tego jeszcze żaden eksperyment.

Tematem pracy będzie rozwój algorytmu do identyfikacji pionów powstałych z rozpadów taonów pochodzących z oddziaływań neutrin taonowych. Wymagana jest dobra znajomość języka programowania C++. W czasie pracy wykorzystywany będzie program root (root.cern.ch).

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

2. Analiza danych astronomicznych w projekcie GLORIA

Opiekun: prof. dr hab. A.F.Żarnecki

W październiku 2011 rozpoczęła się budowa europejskiej sieci teleskopów-robotów GLORIA. Wydział Fizyki koordynuje w ramach tego projektu przygotowanie systemu do analizy zbieranych danych. Głównym elementem tego systemu jest tworzony właśnie pakiet Luiza. Zakłada się, że będzie on zawierał zestaw standardowych narzędzi, które użytkownik będzie mógł następnie dobierać zgodnie ze swoimi potrzebami. Celem pracy byłaby implementacja i przetestowanie (w oparciu o dostępne dane "Pi of the Sky" oraz innych teleskopów sieci GLORIA) wybranych narzędzi do analizy zdjęć nieba, w szczególności różnych algorytmów analizy fotometrycznej (pomiaru jasności obiektów).

3. Badanie metod analizy i dekonwolucji obrazu nieba dla danych

eksperymentu "Pi of the Sky"

Opiekun: prof. dr hab. A.F.Żarnecki

Celem projektu "Pi of the Sky" jest obserwacja błysków optycznych towarzyszących błyskom gamma (Gamma Ray Bursts, GRB) oraz innych krótkotrwałych lub szybkozmiennych zjawisk optycznych na niebie. W tym celu prowadzone są obserwacje dużych obszarów nieba przy użyciu kamer CCD o dużym polu widzenia (20x20 stopni). Prowadzi to niestety do znacznego zniekształcenia obrazów gwiazd przy brzegach zdjęcia, co rzutuje też na dokładność pomiaru ich jasności i pozycji.

Celem pracy byłoby zbadanie przydatności różnych metod analizy i/lub dekonwolucji obrazu, pod kątem optymalizacji dokładności wyznaczania pozycji i jasności obiektów na niebie. Metody oparte na dopasowaniu znanego kształtu obrazu gwiazdy na klatce (tzw. fotometria profilowa) mogą być porównane z metodami opartymi na dopasowaniu tzw. falek i różnymi metodami dekonwolucji. Ocenie podlega nie tylko uzyskiwana ostatecznie precyzja pomiaru ale i szybkość działania algorytmu.

4. Poszukiwanie gwiazd szybko zmiennych w danych detektora "Pi of the Sky"

Opiekun: prof. dr hab. A.F.Żarnecki

Celem projektu "Pi of the Sky" jest obserwacja błysków optycznych towarzyszących błyskom gamma (Gamma Ray Bursts, GRB) oraz innych krótkotrwałych lub szybkozmiennych zjawisk optycznych na niebie. Od 2004 roku aparatura prototypowa testowana jest obserwatoriach w Chile. Kamery CCD wykonują co noc po kilka tysięcy zdjęć nieba, każde trwające 10s. Dotychczas jednak poszukiwanie i analiza gwiazd zmiennych oparte były na zdjęciach uzyskiwanych z sumowania po 20 ekspozycji, odpowiadających efektywnie 4 minutom obserwacji.

Cele pracy byłoby przeprowadzenie analizy wybranego zbioru pojedynczych klatek 10s. Wymaga to przetestowania i ustalenia właściwych parametrów dla algorytmów analizy zdjęć, a następnie przeprowadzenie tej analizy. Najistotniejszym jej elementem jest fotometria, czyli wyznaczanie jasności obiektów na zdjęciu, a także poprawienie mierzonych wartości jasności w oparciu o obserwowane gwiazdy referencyjne. Ostatnim etapem byłaby analiza stabilności i dokładności pomiarów jasności dla ekspozycji 10s oraz próba znalezienia gwiazd zmiennych z okresami zmienności rzędu minut.

5. Analiza danych z nowej aparatury detekcyjnej "Pi of the Sky"

Opiekun: prof. dr hab. A.F.Żarnecki

W październiku 2010 uruchomiony został pierwszy detektor nowej aparatury detekcyjnej "Pi of the Sky", kolejne mają być zainstalowane we wrześniu 2012. Detektory składające się z 4 kamer CCD są instalowane w Hiszpani i monitorują niebo w poszukiwaniu błysków optycznych towarzyszących błyskom gamma (Gamma Ray Bursts, GRB) oraz innych krótkotrwałych zjawisk optycznych na niebie. Wykonywane zdjęcia nieba są na bieżąco analizowane (redukowane), a wyniki zapisywane w bazie danych. Odpowiednie procedury zostały już przetestowane w układzie prototypowym. Jednak dla każdej nowej jednostki konieczna jest szczegółowa weryfikacja poprawności jej działania i jakości analizowanych danych. W szczególności celem analizy byłoby badanie długookresowej stabilności działania poszczególnych detektorów oraz statystyczna analiza błędów pomiarowych.

6. Poszukiwanie przypadków zakrycia gwiazd przez planetoidy pasa głównego w obserwacjach "Pi fo the Sky"

Opiekun: prof. dr hab. A.F.Żarnecki

Ostatnio bardzo modną dziedziną stało się wykorzystanie obserwacji nagłych pociemnień gwiazd do odkrywania planetoid pasa Kuipera. Celem pracy magisterskiej jest rozwiązanie problemu odwrotnego: zbadanie korelacji pomiędzy trajektoriami znanych planetoid pasa głównego a pociemnieniami gwiazd obserwowanych przez "Pi of the Sky". Największa baza danych obserwacji projektu zawiera ponad 2 miliardy obserwacji dla prawie 17 milionów obiektów. Zadanie wymaga dobrej znajomości baz danych oraz podstawowych pojęć w zakresie astronomii obserwacyjnej, np. astronomicznych układów współrzędnych oraz programowania.

7. "Spin w fizyce wysokich energii"

Opiekun: prof. dr hab. Barbara Badełek

(cel: 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.

8. "Zależne i niezależne od spinu rozkłady partonów w nukleonie"

Opiekun: prof. dr hab. Barbara Badełek

(cel: nauczanie 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);

9. "Czynnik rozcieńczenia materiału tarczy w doświadczeniu COMPASS w CERN"

Opiekun: prof. dr hab. Barbara Badełek

(cel: nauczanie się konkretnego elementu analizy danych, języka FORTRAN i C++)

Przewidywana zawartość pracy:

1. definicja czynnika f dla tarcz ^6LiD oraz NH_3 :
 - 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 .

Zakład Dydaktyki Fizyki

- 1. Opracowanie materiałów dla ucznia i nauczyciela w zakresie wybranych tematów nowego przedmiotu "Przyroda" w szkołach ponadgimnazjalnych.

Opiekun: prof. Andrzej Majhofer

Zakład Fizyki Ciała Stałego

1. Spektroskopia struktur węglowych (grafen, nanorurki)

Opiekunowie: dr hab. Andrzej Wysmołek, prof. dr hab. Roman Stępniewski

Według najnowszych światowych przewidywań struktury węglowe, a zwłaszcza grafen (pojedyncza, płaska warstwa węglowa o strukturze plastra miodu) mogą stać się podstawą dalszego rozwoju elektroniki. Realizacja tych zamierzeń wymaga jednak opanowania technologii otrzymywania warstw węglowych o grubości kilku warstw atomowych, przy zachowaniu ich wysokiej jakości strukturalnej i wysokim stopniu kontroli własności elektrycznych. Obiecującą metodą wytwarzania grafenu jest wygrzewanie węglika krzemu (SiC) w wysokiej temperaturze (ok. 1600 0C). W ostatnich latach w ramach ścisłej współpracy pomiędzy Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego i Instytutem Technologii Materiałów Elektronicznych otrzymywane są cienkie warstwy węglowe na węgliku krzemu. Są one przedmiotem intensywnych badań realizowanych we współpracy międzynarodowej. Waga tej tematyki została doceniona przyznaniem w roku 2010 Nagrody Nobla.

W ramach prowadzonych prac licencjackich wykorzystywane będą różne techniki badawcze warstw grafenu mające na celu zbadanie wpływu rodzaju podłoża (orientacja, domieszkowanie) na właściwości otrzymywanej warstwy i efektów oddziaływania między warstwą a podłożem SiC. Obejmować one będą badanie rozpraszania Ramanowskiego i

innych technik optycznych i elektrycznych. Uzupełnieniem tych pomiarów będą badania z użyciem mikroskopii sił atomowych (AFM).

Badania te są istotne dla optymalizacji technologii warstw, które mogą być następnie poddawane procesowi strukturyzacji z użyciem nano-litografii i dalszych procesów technologicznych. Zasadniczym celem jest wytworzenie sensorów, tranzystorów itp. elementów elektronicznych.

Badania prowadzone na poziomie licencyjnym mogą następnie być rozwinięte w ramach prac magisterskich i doktorskich.

2. Spektroskopia półprzewodnikowych struktur na bazie azotku galu

Opiekunowie: prof. dr hab. Roman Stępniewski, dr hab. Andrzej Wysmołek

Badanie azotków i struktur azotkowych (GaN, AlGaN i inne) jest prowadzone w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego (ZFCSt) we współpracy z licznymi laboratoriami w Polsce i za granicą od wielu lat. Obecnie we współpracy z firmą Ammono pojawiła się możliwość otrzymywania najwyższej jakości struktur azotowych o obniżonej wymiarowości (studnie kwantowe, kropki kwantowe). Jest to możliwe dzięki rozpoczętej w ZFCSt a rozwiniętej w tej firmie unikatowej technologii wzrostu objętościowego azotku galu (największe kryształy objętościowe GaN na świecie!).

W ramach prowadzonych prac licencyjnych przewiduje się pomiary mikroluminescencji wysokiej jakości półprzewodnikowych struktur na bazie azotku galu, otrzymywanych w technologii MOVPE (Metal Organic Vapour Phase Epitaxy) dostępnej w naszym zakładzie. Uzupełnieniem tych pomiarów będą badania rozpraszania Ramanowskiego oraz z użyciem mikroskopii sił atomowych (AFM).

Badania prowadzone na poziomie licencyjnym mogą następnie być rozwinięte w ramach prac magisterskich i doktorskich.

3. Plazmoneczne wzmocnienie efektów optycznych w warstwach ZnO

Opiekun: dr Jan Suffczyński (Jan.Suffczynski@fuw.edu.pl, tel. +22 55 32 143)

Domieszkowanie półprzewodników jonami metali przejściowych (np. manganu, kobaltu) umożliwia spektroskopową obserwację fascynujących efektów fizycznych po przyłożeniu zewnętrznego pola magnetycznego. Problemem, który wynika z wprowadzenia tych jonów do struktury kryształu jest obniżenie intensywności obserwowanych przejść optycznych. Celem pracy jest kompensacja tego efektu w warstwach ZnO domieszkowanych jonami kobaltu poprzez plazmoneczne wzmocnienie efektów optycznych i magnetooptycznych. Metodą uzyskania wzmocnienia plazmonecznego jest pokrycie powierzchni próbki wyspami metalicznymi lub ciągłymi warstwami metalicznymi (srebro, aluminium). Badane próbki pochodzą z IF PAN w Warszawie. Metaliczne pokrycie próbek

będzie wykonywane w IF PAN lub przy zastosowaniu nowo zakupionej napylarki na Wydziale Fizyki UW.

4. Plazmoneczne wzmocnienie emisji kropek kwantowych na bazie selenu i telluru

Opiekun: dr Jan Suffczyński (Jan.Suffczynski@fuw.edu.pl, tel. +22 55 32 143)

Przedmiotem badań jest sprzężenie między emisją kropek kwantowych (wytworzonych z materiałów na bazie selenu i telluru) i modem plazmonowym nanostruktur metalicznych nałożonych metodą litografii na powierzchni próbki. Eksperyment polega na badaniu fotoluminescencji ze struktur pokrytych nanostrukturami metalicznymi o różnych kształtach (dysk, pasek), rozmiarach i periodyczności. Celem pomiarów jest określenie optymalnych parametrów pokrycia metalicznego dla wzmocnienia emisji. Badane próbki są produkowane metodą MBE na Wydziale Fizyki UW. Metaliczne pokrycie próbek jest wykonywane w IF PAN w Warszawie lub na Wydziale Fizyki UW.

5. Zero-wymiarowe ekscytony w warstwach GaN

Opiekun: dr Jan Suffczyński (Jan.Suffczynski@fuw.edu.pl, tel. +22 55 32 143)

W ramach pracy badane są warstwy GaN wzrastane epitaksjalnie na nietypowym kierunku krystalograficznym (11-22). Wstępne pomiary wykonywane w niskiej temperaturze (2K) wykazały zaskakującą obecność ostrych linii w widmie emisji badanych warstw, wykazujących wiele cech właściwych dla emisji ekscytonowej z pojedynczych kropek kwantowych. Zgodnie ze wstępną interpretacją za obecność ostrych linii w widmie odpowiadają nanometrowych rozmiarów inkluzje GaN-u o kubicznej strukturze krystalicznej w GaN o strukturze wurcytu, zapewniające trójwymiarowy potencjał wiążący nośniki. Celem pracy jest weryfikacja tej hipotezy poprzez pomiary mikrofotoluminescencji (także w polu magnetycznym i z rozdzielczością polaryzacyjną).

6. Fotoniczne wzmocnienie efektów magnetoptycznych w GaMnN

Opiekun: dr Jan Suffczyński (Jan.Suffczynski@fuw.edu.pl, tel. +22 55 32 143)

Celem pracy jest uzyskanie wzmocnienia efektów magnetoptycznych (dichroizm kołowy, magnetoptyczny efekt Kerra) w GaMnN. Wzmocnienie zostanie uzyskane poprzez zastosowanie próbek, w których warstwa GaMnN jest umieszczona między lustrami typu Braggowskiego. Taka struktura próbki prowadzi do wielokrotnego przejścia wiązki światła przez warstwę GaMnN. Lustra wykonane zostaną z ułożonych naprzemiennie warstw GaN/AlGaIn różniących się współczynnikami załamania. Pomiary wykonywane będą w

niskich temperaturach (2K) i polu magnetycznym do 10T. Badane próbki pochodzą z Uniwersytetu J. Keplera w Linzu.

7. Badanie dekoherencji elektronów w grafenie metodą bezkontaktową przy zastosowaniu spektrometru EPR

Opiekun: prof. Maria Kamińska

8. Badanie elektronów na powierzchni trójwymiarowych izolatorów topologicznych przy zastosowaniu spektrometru EPR

Opiekun: prof. Maria Kamińska

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

Opiekun: prof. Maria Kamińska

Zakład Fizyki Jądra Atomowego

1. Symulacja komputerowa efektu Dopplera przy skończonej geometrii detektora germanowego.

Częstotliwość obserwowanej fali elektromagnetycznej jest inna niż częstotliwość emitowana ze źródła jeśli obserwator i źródło znajdują się w ruchu względem siebie.

Zjawisko to, znane jako efekt Dopplera, znajduje zastosowanie w wielu gałęziach nauki i technologii np. w astronomii (red shift), lokalizacji radarowej, fizyce wysokich energii.

W pracy licencjackiej należy wykorzystać zjawisko Dopplera dla fal elektromagnetycznych, których źródłem są poruszające się jądra atomowe.

Należy zaprogramować symulacje (np. w języku C++) pozwalającą obliczyć poszerzenie dopplerowskie obserwowane w widmie energetycznym fotonów przy uwzględnieniu skończonych rozmiarów detektora. Symulacje należy wykonać dla detektora germanowego, z uwzględnieniem aparaturowej zdolności rozdzielczej.

Prowadzący dr Ernest Grodner

2. Symulacja komputerowa wydajności wielodetektorowego układu EAGLE na rejestrację n-krotnych koincydencji kwantów gamma.

Układ EAGLE uruchomiony w 2010 roku w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów jest wysokiej klasy urządzeniem wielodetektorowym poświęconym rejestracji promieniowania (cząstkowego jak i elektromagnetycznego) powstającego w reakcjach jądrowych. Segmentacja układu otwiera możliwość pomiarów koincydencyjnych np. rejestracji cząstki i towarzyszącego jej promieniowania (koincydencja cząstka-gamma). Celem pracy licencjackiej jest napisanie w języku C++ lub języku JavaScript symulacji

Monte-Carlo wydajności układu EAGLE na rejestrację n-krotnych koincydencji kwantów gamma.

Prowadzący dr Ernest Grodner

3. Poszukiwanie przejścia fazowego do stanów łamiących spontanicznie symetrię odwracania czasu w jądrze ^{124}Cs .

Poszukiwanie naruszenia symetrii odwracania czasu w mechanice kwantowej od wielu lat stanowi temat intensywnych badań zarówno teoretycznych jak i eksperymentalnych. W roku 1997 postawiono hipotezę spontanicznego naruszenia symetrii odwracania czasu w niskoenergetycznych stanach jądrowych. Hipoteza ta została po raz pierwszy potwierdzona eksperymentalnie w roku 2006 w wyniku prac przeprowadzonych w Zakładzie

Fizyki Jądra Atomowego. Obecne rozważania teoretyczne sugerują iż naruszenie symetrii występuje po osiągnięciu częstości krytycznej obrotu jądra atomowego.

Oczekuje się wobec tego istnienia przejścia fazowego od konfiguracji zachowującej symetrię odwracania czasu do konfiguracji łamiącej spontanicznie tę symetrię. Przejścia tego nie zaobserwowano jak dotąd doświadczalnie.

Tematem pracy licencjackiej jest analiza schematu poziomów wzbudzonych jądra ^{124}Cs w celu wyznaczenia wyżej wspomnianego przejścia fazowego w funkcji częstości obrotu jądra atomowego.

Prowadzący dr Ernest Grodner

4. Rutherfordowskie rozpraszanie ciężkich jonów

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 s
- 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.

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

5. Symulacja komputerowa identyfikacji mezonów ϕ w detektorze FOPI

Mezon ϕ jest cząstką o dziwności $S=0$ lecz złożoną z kwarków s i anty- s .

Gdyby zderzenie ciężkich jonów odpowiadało sumie indywidualnych zderzeń nukleonów, przy energii wiązki 1.9 GeV/nukleon mezony ϕ nie powinny być utworzone. 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 tle innych produktów zderzenia ciężkich jonów) na wykresie masy niezmienniczej wraz z oszacowaniem tła metodą mieszania zdarzeń. Dane zostaną opracowane przy użyciu systemu analizy danych ROOT opartym na języku C++.

Prowadzący: dr K. Piasecki

6. Emisja cząstek naładowanych ze zderzeń jądro-jądro przy energii 1.9 GeV/nukleon

Rozkłady zmiennych dynamicznych 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 prędkości sugeruje częściowe przenikanie się materii bez dochodzenia do zderzenia (zjawisko „transparentności”), a zarazem częściowe zachowanie przez układ pamięci o stanie przed zderzeniem.

Zadaniem studenta będzie rekonstrukcja rozkładów pędu poprzecznego i prędkości protonów i deuteronów, 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 systemu analizy danych ROOT opartym na języku C++.

Prowadzący: dr K. Piasecki

7. Badanie własności jąder sferycznych – pomiar spinu i parzystości stanów jądrowych

Celem pracy jest:

- 1) pomiar ładunku (liczby atomowej Z) badanego jądra
- 2) pomiar spinu i parzystości stanu wzbudzonego jądra
- 3) porównanie zmierzonych wielkości z przewidywaniami modelu powłokowego.

W efekcie poznamy po jakich orbitach poruszają się nukleony w jądrze.

Pomiary polegać będą na:

- 1) znalezieniu optymalnych warunków pracy detektorów kwantów gamma i elektronów

2) wykonaniu kalibracji energetycznej i wydajnościowej detektorów
3) przeprowadzeniu właściwych pomiarów widm promieniowania X, gamma i elektronów.
Informacje z tych pomiarów pozwolą na wyznaczenie wartości spinu i parzystości badanego poziomu jądrowego poprzez wyznaczenie tzw. współczynnika konwersji wewnętrznej.

Prowadzący badania sam wybierze metodę pomiaru np. wykorzysta jedynie pomiar promieniowania X i gamma. Następnym etapem po pomiarach jest komputerowa analiza danych doświadczalnych a na koniec interpretacja wyników – tu pomocne będą wiadomości z wykładu fizyki jądrowej o modelu powłokowym, które trzeba będzie praktycznie zastosować do badanego przypadku.

Podstawowa aparatura składać się będzie z detektora germanowego i krzemowego do pomiaru odpowiednio kwantów X i gamma oraz elektronów. Praca pozwoli na zapoznanie się z nowoczesnymi spektrometrami oraz metodami rejestracji i analizy promieniowania gamma oraz elektronów, wykorzystywanymi nie tylko w fizyce jądrowej i fizyce cząstek elementarnych, ale także w licznych współczesnych zastosowaniach (m.in. w ochronie środowiska, medycynie itp.). Dla osób, które będą w przyszłości wykonywać pracę magisterską z fizyki jądrowej doświadczenia tu zebrane będą bardzo pomocne przy pracy z wielodetektorowymi układami jak na przykład z układem EAGLE współpracującym z Warszawskim Cyklotronem.

Prowadzący: Prof. dr hab. Chrystian Droste, dr Marek Kirejczyk

8. Kalibracja energetyczna detektora scyntylacyjnego GSO

Kryształ GSO (Gd_2SiO_5), pod wpływem promieniowania jonizującego, emituje światło scyntylacyjne, które może być rejestrowane przy użyciu fotopowielacza. Celem pomiaru jest przeprowadzenie kalibracji energetycznej detektora zbudowanego z kryształu GSO o rozmiarach $1 \times 1 \times 3 \text{ cm}^3$ oraz fotopowielacza. Ze szczególną uwagą trzeba będzie sprawdzić, czy otrzymana kalibracja ma charakter liniowy. W ramach pracy należy porównać charakterystyki tego detektora z innymi standardowymi detektorami scyntylacyjnymi jak NaI i CsI.

Prowadzący dr hab. Tomasz Matulewicz, prof. UW

Zakład Optyki

1. Trójwymiarowa, dwufotonowa fotolitografia – możliwości i ograniczenia.

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk, Zakład Optyki IFD UW

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

kryształów fotonicznych. 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).

2. Mikrostruktury optyczne na światłowodach.

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk, Zakład Optyki IFD UW

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 najbardziej zaawansowanych technologiach.

3. Dynamika laserów femtosekundowych

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk, Zakład Optyki IFD UW

Praca przede wszystkim doświadczalna. Kontynuacja rozpoczętych niedawno w naszej grupie badań nad dynamiką (samodzielnie zbudowanych) laserów impulsowych. Zaprojektowanie, zbudowanie i przetestowanie lasera Yb:KYW oraz układu diagnostycznego. Badania przejścia od pracy ciągłej do impulsowej. Jeśli wystarczy czasu, bezpośrednie pomiary soczewkowania Kerra w kryształach laserowych podczas pracy lasera. Prace nad modelem numerycznego lasera czteropoziomowego z pasywną synchronizacją modów.

4. Optyczna detekcja markerów chorobowych w oddechu ludzkim

Opiekun: prof. dr hab. Tadeusz Stacewicz, Zakład Optyki IFD UW

Jest sprawa oczywista, że wczesne wykrycie choroby zwiększa szansę wyleczenia pacjenta. Powietrze wydychane z płuc zawiera różne związki powstałe w organizmie wskutek metabolizmu. W stanie chorobowym metabolizm może różnić się od metabolizmu w zdrowym organizmie. Stąd w wydychanym powietrzu mogą pojawiać się specyficzne związki – markery stanów chorobowych. Ich wykrycie jest możliwe na drodze chemicznej, lecz jest to procedura droga i wymaga użycia odpowiedniej aparatury laboratoryjnej. Spektroskopia laserowa pozwala wykrywać związki z dużą czułością, a współczesna optoelektronika umożliwia budowę odpowiedniej aparatury detekcyjnej względnie taniej, o niewielkich rozmiarach.

Praca ma charakter studialny. Do zadań licencjata (przy współdziałaniu z opiekunem) należeć będzie analiza widm absorpcji wskazanych markerów chorobowych, a tym samym wskazanie możliwości wyrycia konkretnych chorób, określenie koniecznej czułości (i innych parametrów) aparatury, wskazanie niezbędnych do zastosowania środków i urządzeń.

5. Lidar polaryzacyjny w badaniach atmosfery

Opiekun: prof. dr hab. Tadeusz Stacewicz, Zakład Optyki IFD UW

Niedawno ruch lotniczy w Europie został sparaliżowany przez chmurę pyłu wulkanicznego. Lidary, które służą do zdalnego badania własności atmosfery, z dużą czułością mogą wykrywać niewidzialne obłoki dzięki analizie rozproszonego w atmosferze światła laserowego. Stwierdzenie, czy dany obłok składa się z cząstek stałych, możliwe jest dzięki badaniu depolaryzacji tego światła w atmosferze.

Praca licencjacka polegać będzie na analizie konstrukcji lidarów depolaryzacyjnych, omówieniu fizycznych zjawisk towarzyszących jego działaniu i przedstawieniu sposobów analizy sygnałów lidarowych.

6. Fotoasocjacja ultrazimnych atomów i jej zastosowania

Opiekun – prof. dr hab. Paweł Kowalczyk lub dr Anna Grochola, Zakład Optyki IFD UW

Fotoasocjacja stała się w ostatnich latach potężnym narzędziem służącym do wytwarzania ultrazimnych cząsteczek dwuatomowych, homo i heterojądrowych, w wybranych stanach energetycznych, w tym również w absolutnym stanie podstawowym. Tematem pracy będzie wyjaśnienie podstaw fizycznych metody fotoasocjacji i omówienie możliwości jej zastosowań, zarówno bezpośrednich (np. w spektroskopii wysokiej zdolności rozdzielczej), jak i pośrednich (jako przygotowanie do dalszych eksperymentów, np. z dziedziny tzw. zimnej chemii lub informatyki kwantowej). Celem pracy będzie zapoznanie się z najnowszymi eksperymentami z ultrazimnymi cząsteczkami tworzonymi metodą fotoasocjacji, jak również zaletami i ograniczeniami tej metody w porównaniu do metod komplementarnych (np. magnetoasocjacji). Obecnie w naszym laboratorium planowane są liczne doświadczenia z "zimną materią". Student, który wykaże się zaangażowaniem i znajomością tematu, będzie miał możliwość włączenia się w aktualnie prowadzone i zakrojone na szeroką skalę prace, mające na celu zbudowanie układu pozwalającego w pierwszym etapie na pułapkowanie dwóch rodzajów atomów metali alkalicznych w nakrywających się pułapkach magnetoptycznych (MOT). Następnym krokiem będzie fotoasocjacja oraz przejęcie kontroli nad stanami energetycznymi wytwarzanych cząsteczek. Budowa tego układu, zaplanowana na najbliższe kilka lat, jest finansowana z funduszy Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka "Fizyka u podstaw nowych technologii". Stwarza to doskonałą możliwość kontynuowania prac badawczych w czasie studiów magisterskich i doktoranckich.

7. Spektroskopia laserowa dwuatomowych cząsteczek metali alkalicznych

Opiekun – prof. dr hab. Paweł Kowalczyk lub dr Anna Grochola, Zakład Optyki IFD UW

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. Na₂, 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.

8. Badania dynamiki procesów indukowanych światłem w cząsteczkach organicznych

Opiekun – dr Piotr Fita, Zakład Optyki IFD UW

Wiele reakcji chemicznych zachodzi pod wpływem światła – absorpcja fotonu przez reagujące cząsteczki dostarcza energii potrzebnej do zapoczątkowania szeregu procesów fotochemicznych, prowadzących do 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 czas pomiędzy impulsami w przedziale od zera do kilkuset pikosekund można odtworzyć przebieg badanej reakcji.

Celem pracy licencjackiej jest wykonanie pomiarów dynamiki reakcji wzbudzanych światłem w cząsteczkach organicznych o potencjalnym zastosowaniu w terapii fotodynamicznej nowotworów i scharakteryzowanie wybranych własności fotochemicznych i fotofizycznych nowych cząsteczek.

9. Pomiar czasów życia elektronowych stanów wzbudzonych cząsteczek organicznych

Opiekun – dr Piotr Fita, Zakład Optyki IFD UW

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

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

10. Cyfrowa analiza i przetwarzanie sygnałów elektrycznych

Opiekun – dr Piotr Fita, Zakład Optyki IFD UW

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) odbywają się na poziomie oprogramowania. W ten sposób można tworzyć uniwersalne układy pomiarowe, w których część analogowa, niekiedy bardzo skomplikowana, jest zastąpiona przetwornikiem analogowo-cyfrowym i układem cyfrowym z odpowiednim oprogramowaniem. Dzięki temu w prosty sposób można budować złożone układy pomiarowe, umożliwiające łatwą zmianę realizowanych zadań, dzięki wymianie oprogramowania.

Praca licencjacka obejmuje zrealizowanie układu do cyfrowego przetwarzania sygnałów w oparciu o jedną z dwóch technologii, FPGA lub procesorowej, oraz demonstrację jego działania na przykładzie cyfrowego radia.

11. Szybki router optyczny

Opiekun – dr Wojciech Wasilewski, Zakład Optyki IFD UW

Twoim zadaniem będzie zbudowanie i charakteryzacja układu kierującego wiązkę laserową do wybranego światłowodu z macierzy blisko siebie ustawionych końcówek. W ramach pracy zaprogramujesz w LabVIEW generatory sterujące modulatorami akustooptycznymi odchylającymi wiązkę oraz zaprojektujesz i zestawisz układ optyczny dopasowujący ją do światłowodów. Temat umiarkowanie trudny koncepcyjnie, w realizacji mogą pojawić się elementy żmudne.

12. Komputerowe generowanie hologramów

Opiekun – dr Wojciech Wasilewski, Zakład Optyki IFD UW

Celem pracy będzie zbadanie możliwości amplitudowych siatek dyfrakcyjnych drukowanych ze współcześnie dostępną rozdzielczością (ok. 6000dpi). Przygotujesz program symulujący działanie siatki za pomocą FFT (Matlab, względnie LabVIEW) i obliczający siatkę produkującą zadany obraz dyfrakcyjny. Na prostych przykładach przeanalizujesz maksymalne możliwe do uzyskania parametry tego obrazu. Temat stosunkowo trudny koncepcyjnie.

13. Stabilizacja częstości względnej laserów

Opiekun – dr Wojciech Wasilewski, Zakład Optyki IFD UW

W ramach pracy wykonasz układ elektroniczno-optycznej pętli fazowej (OPLL) stabilizującej różnicę częstotliwości dwóch laserów w zakresie 1-8GHz. Praca będzie wymagała zbadania charakterystyki sterowania lasera, uruchomienia, charakteryzacji i optymalizacji układu elektronicznego z elementami mikrofalowymi oraz szybkimi wzmacniaczami oraz modyfikacji oprogramowania mikroprocesorowego sterownika (stm32, C/C++) komunikującego się z labview. Temat bardzo trudny.

14. Układ optyczny do zbierania fluorescencji z roztworów DNA znakowanego luminoforami

Opiekun – prof. dr hab. Czesław Radzewicz, Zakład Optyki IFD UW

Spośród różnych technik stosowanych w biologii molekularnej do badań nad DNA spora część opiera się na obserwacjach optycznych. Najczęściej, do wybranych fragmentów kwasu deoksyrybonukleinowego metodami biochemicznymi przyłącza się luminofory – cząsteczki organiczne wydajnie pochłaniające światło i emitujące zaabsorbowaną energię w postaci fluorescencji. Doświadczalnym wyzwaniem w badaniach tego typu jest uzyskanie stosownie wysokiej czułości układu rejestrującego natężenie fluorescencji pozwalającej na pomiary skrajnie małych stężeń DNA. Szczęśliwie, przesunięcie Stokesa powoduje, że widmo fluorescencji jest przesunięte w kierunku dłuższych fal w stosunku do widma absorpcji czyli, także długości fali lasera wzbudzającego. Można dzięki temu stosować filtry spektralne do tłumienia silnego rozproszonego światła laserowego. Wynikiem pracy będzie projekt i doświadczalna realizacja układu optycznego do obrazowania oświetlonej laserem próbki na powierzchni kamery tak by czułość całego układu pomiaru natężenia fluorescencji była maksymalna.

15. Analiza obrazów fluorescencji roztworów DNA znakowanego luminoforami

Opiekun – prof. dr hab. Czesław Radzewicz, Zakład Optyki IFD UW

Spośród różnych technik stosowanych w biologii molekularnej do badań nad DNA spora część opiera się na obserwacjach optycznych. Najczęściej, do wybranych fragmentów kwasu

deoksyrybonukleinowego metodami biochemicznymi przyłącza się luminofory – cząsteczki organiczne wydajnie pochłaniające światło i emitujące zaabsorbowaną energię w postaci fluorescencji. Doświadczalnym wyzwaniem w badaniach tego typu jest uzyskanie stosownie wysokiej czułości układu rejestrującego natężenie fluorescencji pozwalającej na pomiary skrajnie małych stężeń DNA. Jednym z ciekawszych zagadnień związanych z tą techniką badawczą jest równoczesna rejestracja natężenia fluorescencji z pewnej powierzchni wymagająca analizy obrazu rejestrowanego przez stosowną kamerę. Celem pracy będzie przygotowanie i przetestowanie odpowiedniego kodu komputerowego do tego celu.

Zakład Spektroskopii Jądrowej

Temat 1.

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

Opiekun: dr 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 wykorzystującym moduły Digital Gamma Finder. 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.

Temat 2.

"Symulacje naddźwiękowych dżetów gazowych w źródle jonów typu IGISOL"

Opiekun: dr Jan Kurpeta

Temat obejmuje wykorzystanie metod obliczeniowej dynamiki płynów (ang. Computational Fluid Dynamics) do symulacji naddźwiękowych dżetów gazowych, które występują w źródłach jonów typu IGISOL. Źródła te wykorzystywane są dla separacji produktów reakcji jądrowych w celu uzyskania wiązek radioaktywnych izotopów.

Wykonanie pracy będzie polegało na symulacji przepływu gazu przez wybrane

konfiguracje geometryczne źródła jonów ze szczególnym uwzględnieniem kształtu dysz wylotowych. Celem pracy jest uzyskanie dżetów gazowych o parametrach najlepiej dostosowanych do transportu radioaktywnych izotopów i współpracy ze źródłami jonów wykorzystującymi jonizację laserową. Rezultaty symulacji będą porównane z wynikami doświadczalnych badań dżetów gazowych. Symulacje wykonywane są z użyciem pakietu oprogramowania Fluent w ramach grantu obliczeniowego nr G33-2 w Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego UW. Zainteresowane osoby mogą wziąć udział w pracach eksperymentalnych prowadzonych w laboratorium Uniwersytetu w Jyväskylä (Finlandia). Ostateczny temat, zakres i sposób wykonania pracy ustalane są w rozmowie z opiekunem, proszę o kontakt na adres jkurpeta@mimuw.edu.pl.

Temat 3.

"Naturalne źródła promieniowania gamma w otoczeniu człowieka."

Opiekun: dr 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 istniejącemu 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.

Temat 4

„Pomiar czasu życia ${}^7\text{Be}$ ”

Opiekun – dr Chiara Mazzocchi / prof. Zenon Janas

Jądra ${}^7\text{Be}$ rozpadają się poprzez wychwyt orbitalnego elektronu z czasem połowicznego zaniku równym 53.3 dni. Celem pracy będzie wykonanie precyzyjnych pomiarów i przeprowadzenie analizy danych prowadzące do określenia zależności czasu życia ${}^7\text{Be}$ od własności (struktury elektronowej) materiału, w którym znajdują się atomy ${}^7\text{Be}$. Pomiarów zależności szybkości rozpadu ${}^7\text{Be}$ od warunków zewnętrznych są ważne m.in. dla określenia strumienia neutrin słonecznych.

Temat 5

„Badanie emisji światła w detektorze OTPC”

Opiekun – dr Chiara Mazzocchi

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

Tematem pracy licencjackiej będzie badanie procesu emisji światła w detektorze OTPC.

Zadania związane z wykonywaniem licencjatu będą obejmowały uruchomienie układu pomiarowego i przeprowadzenie pomiarów zależności natężenie emitowanego światła od wzmocnienia ładunkowego detektora oraz pomiarów widm energii emitowanego światła dla różnych mieszanek gazowych stosowanych w detektorze OTPC.

Temat 6

„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 .

Zakład struktury Materii Skondensowanej

"Dyfrakcja rentgenowska kryształów o symetrii trygonalnej"

Opiekun: prof. dr hab. Radosław Przeniosło