

INSTYTUT FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ
Tematy prac licencjackich dla studentów studiów
indywidualnych I stopnia w roku akademickim 2014/15
Zakład Struktury Materii Skondensowanej

„Badanie anizotropowej rozszerzalności termicznej związków tlenowych żelaza”

Opiekun: Radosław Przeniosło

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

Zakład Fizyki Ciała Stałego

1. Emisja semipolarnych warstw GaN

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

W ramach pracy badane są warstwy GaN hodowane epitaksjalnie na nietypowym (semipolarnym) kierunku krystalograficznym (11-22). Wstępne pomiary wykonywane w niskiej temperaturze ($T = 2$ K) wykazały zaskakującą obecność ostrych linii w widmie emisji badanych warstw, wykazujących wiele cech właściwych dla emisji ekscytonowej z kropek kwantowych. Zgodnie ze wstępną interpretacją za obecność ostrych linii w widmie odpowiadają nanometrowych rozmiarów wytrącenia GaN o kubicznej strukturze krystalicznej w GaN o strukturze wurcytu, zapewniające trójwymiarowy potencjał wiążący nośniki.

Celem pracy jest weryfikacja tej hipotezy poprzez pomiary mikro fotoluminescencji (także w polu magnetycznym i z rozdzielczością czasową).

2. Badania fotomagnetyczne ciekłokrystalicznych rodników

Opiekun: dr Jacek Szczytko

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

3. Modelowanie metodą Monte Carlo anizotropii magnetycznej układów nanomagnesów. (praca licencjacka, ZFCS/IN/Teoria)

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

Praca związana z modelowaniem metodą Monte Carlo układu nanocząstek magnetycznych o różnej anizotropii magnetycznej. Gotowy jest program liczący anizotropię nanocząstek kobaltu o strukturze kubicznej – w pracy licencjackiej chodziłoby o optymalizację obliczeń (w szczególności z uwzględnieniem obliczeń równoległych) lub włączenie w obliczenia innych rodzajów anizotropii magnetycznej (np. charakterystycznych dla innych materiałów magnetycznych).

4. Modelowanie metodą Monte Carlo własności magnetycznych nanocząstek Co

Opiekunowie: dr 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.

5. Magneto-luminescencja mikrownek półprzewodnikowych.

Opiekun: dr Barbara Piętka

Fizyka mikrownek 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 mikrowneki 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.

6. Luminescencja stanów związanych polarytonów w mikrownekach półprzewodnikowych.

Opiekun: dr Barbara Piętka

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

7. Generacja wzbudzeń plazmowych w strukturach periodycznych.

Opiekunowie: dr hab. Jerzy Łusakowski, dr Barbara Piętka

Niskoenergetyczne wzbudzenia dwuwymiarowego gazu elektronowego (2DEG) - tzw. plazmony, mogą być generowane przez oświetlanie struktury promieniowaniem THz. W szczególności efektywną odpowiedź 2DEG uzyskuje się, gdy periodycznie zostaną zmodyfikowane własności gazu. W tym projekcie będziemy stosować nowatorską metodę modyfikacji własności gazu

elektronowego za pomocą oświetlania próbki wiązką z zakresu światła widzialnego o przestrzennie modulowanym natężeniu. W zakresie technik eksperymentalnych wykorzystany zostanie układ z magnesem nadprzewodzącym. Celem jest uzyskanie strojonych światłem widzialnym rezonansów plazmonowych w 2DEG.

8. Wpływ obecności mikrownęki półprzewodnikowej na emisję dwuwymiarowego gazu elektronowego w polu magnetycznym.

Opiekun: dr Barbara Piętka

Obecność mikrownęki półprzewodnikowej modyfikuje emisję z struktury umieszczonej wewnątrz wnęki. Emisja jest wzmacniana ze względu na tzw. efekt Purcella. W badanym przypadku we wnęce znajduje się studnia kwantowa z dwuwymiarowym gazem elektronowym (2DEG). Pod wpływem pola magnetycznego obserwuje się rozszczepienie poziomów energetycznych 2DEG na tzw. poziomy Landaua. Celem pracy będzie zbadanie efektu Purcella w takiej strukturze.

9. Epitaksja i spektroskopia magnetooptyczna półprzewodników półmagnetycznych na bazie selenków.

Opiekun: dr Wojciech Pacuski

Tematem pracy jest wyhodowanie techniką MBE warstw materiałów takich jak np. (Cd,Mn)Se, (Cd,Co)Se, (Zn,Mn)Se, (Zn,Co)Se. Następnie warstwy te będą badane przy pomocy pomiarów odbicia i fotoluminescencji w niskich temperaturach i silnych polach magnetycznych. Wyniki pracy będą następnie użyte do zaprojektowania nowych nanostruktur zawierających jony magnetyczne.

10. Spektroskopia struktur węglowych (grafen, nanorurki)

Opiekunowie: dr hab. Andrzej Wysmołek prof UW, 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 węgliku 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 licencjackim mogą następnie być rozwinięte w ramach prac magisterskich i doktorskich.

11. Spektroskopia półprzewodnikowych struktur na bazie azotku galu

Opiekunowie: prof. dr hab. Roman Stępniewski, dr hab. Andrzej Wyszmołek, prof. UW

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 licencjackich 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 licencjackim mogą następnie być rozwinięte w ramach prac magisterskich i doktorskich.

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

Opiekun: prof. Maria Kamińska

- 13. Badanie elektronów na powierzchni trójwymiarowych izolatorów topologicznych przy zastosowaniu spektrometru EPR**

Opiekun: prof. Maria Kamińska

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

Opiekun: prof. Maria Kamińska

Zakład Optyki

1.Wyznaczanie temperatury powietrza za pomocą rozpraszania Ramana.

Opiekun: prof. dr hab. Tadeusz Stacewicz

Problem wyznaczania temperatury powietrza z dużą rozdzielczością czasową i przestrzenną jest istotnym zagadnieniem dla różnych zastosowań, między innymi dla fizyki atmosfery. Jednym z podejść jest rejestracja widma ramanowskiego rozpraszania światła laserowego. Pojawiają się w nim składowe stokesowska i antystokesowska. Stosunek ich natężeń zależy od obsadzenia stanów oscylacyjnych molekuł tlenu lub azotu i powiązany jest z temperaturą ośrodka. Porównując te natężenia można wyznaczać temperaturę gazu. Technika ta umożliwia też zdalny pomiar temperatury, nawet na odległość wielu kilometrów. Praca ma charakter doświadczalny. W trakcie eksperymentu chcemy przetestować optyczny termometr wykorzystujący efekt Ramana i określić jego rozdzielczość czasową i przestrzenną.

2.Fotoasocjacja ultrazimnych atomów i jej zastosowania

Opiekun: prof. dr hab. Paweł Kowalczyk lub dr hab. Anna Grochola

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.

3.Spektroskopia laserowa dwuatomowych cząsteczek metali alkalicznych

Opiekun: prof. dr hab. Paweł Kowalczyk lub dr hab. Anna Grochola

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.

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

W układzie do generacji drugiej harmonicznej wiązka ultrakrótkich impulsów światła laserowego pada na badaną powierzchnię. Wygenerowane fotony drugiej harmonicznej (od kilku do kilkuset fotonów na impuls) zbierane są za pomocą

układu optycznego i poddawane detekcji w czułym detektorze (zdolnym do rejestracji pojedynczych fotonów). Natężenie drugiej harmonicznej rejestrowane jest w funkcji długości fali i kierunku polaryzacji światła padającego, co pozwala uzyskać informację o wpływie własności środowiska na poziomy energetyczne cząsteczki oraz o ich orientacji.

Celem pracy licencjackiej jest praktyczne zastosowanie istniejących modeli teoretycznych opisujących generację drugiej harmonicznej na powierzchniach i skonfrontowanie ich z wynikami pomiarów.

5. Spektroskopia emisyjna cząsteczek organicznych

Opiekun: dr Piotr Fita

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

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

6. Cyfrowa analiza i przetwarzanie sygnałów elektrycznych

Opiekun: dr Piotr Fita

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

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

7. Konstrukcja sterownika aparatury pomiarowej

Opiekun: dr Piotr Fita

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

Celem pracy licencjackiej jest skonstruowanie i oprogramowanie prostego kontrolera aparatury optycznej (np. spektrometru, stabilizatora temperatury) w oparciu o platformę Arduino (ewentualnie inną, w porozumieniu z opiekunem).

8. Trójwymiarowa, dwufotonowa fotolitografia - możliwości i ograniczenia

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

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).

9. 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 najbardziej zaawansowanych technologiach.

10. Dynamika laserów femtosekundowych

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

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.

11. 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 właściwości 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.

12. Aktywne mikroukłady na bazie polimerów hydrożelowych

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna z pogranicza chemii, fizyki i inżynierii powierzchni. Planowane jest zbudowanie od podstaw układu mikromechanicznego na bazie aktywowanych termicznie polimerów hydrożelowych. Przewiduję opracowanie kompozycji polimeru, zbadanie podstawowych jego właściwości (3 miesiące) i wykonanie prostego układu, np. mikropompy perystaltycznej (3 miesiące). Konieczny zapał do majsterkowania, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) i gotowość do wyłożonej pracy w laboratorium. W zamian oferuję możliwość zbudowania unikalnego układu, pionierskie prace przy nowych technologiach i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

13. Światłowody z przewężeniem (*tapered fibers*) - właściwości i zastosowania.

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Przewiduję opanowanie techniki wyciągania przewężeń w światłowodach jednomodowych (we współpracy z Politechniką Warszawską, 3 miesiące), badanie właściwości optycznych wykonanych przewężeń (3 miesiące) oraz próbne zastosowania w układzie światłowodowej spektroskopii strat we wnęce (jeśli starczy czasu). Konieczna cierpliwość i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyłożonej pracy w laboratorium. W zamian oferuję możliwość opanowania zaawansowanej techniki stosowanej coraz częściej w wielu działach optyki (*fiber tapering*), pracę w nowoczesnym laboratorium optycznym i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

14. Fazowe siatki dyfrakcyjne 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 właściwości optycznych (2 miesiące) transmisyjnych siatek fazowych. Jeśli starczy czasu, również integracja w układzie mikroprzepływowym. Konieczna cierpliwość i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyłożonej pracy w laboratorium. W zamian oferuję możliwość opanowania unikalnej w skali świata technologii, pracę w

nowoczesnym laboratorium optycznym i przygotowanie świetnej pracy licencjackiej (może być w języku angielskim).

15. Szybki router optyczny **Opiekun: dr Wojciech Wasilewski**

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.

16. Komputerowe generowanie hologramów **Opiekun: dr Wojciech Wasilewski**

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.

17. Analiza możliwych konfiguracji wnęk rezonansowych z samoobrazowaniem **Opiekun: dr Wojciech Wasilewski**

Twoja praca będzie częścią większego przedsięwzięcia, wnęka wg. twojego projektu posłuży do odfiltrowania pojedynczych fotonów z generatora stanów kwantowych od silnych wiązek laserowych sterujących jego działaniem. Praca będzie miała charakter obliczeniowo analityczny, przeanalizujesz możliwe realizacje wnęk rezonansowych nieczułych na rozmiar i kształt wiązki. Obliczenia przeprowadzisz w przybliżeniu przyosiowej optyki geometrycznej. Efektem pracy będzie dobór lusterek i soczewek, określenie dokładności z jaką muszą być ustawione. Dla ambitnych określenie sposobów rozpoznania niedokładności ustawienia na podstawie obrazów widzianych przez wnękę i realizacja eksperymentalna.

Wymagana znajomość mathematica lub matlaba.

18. Optyczny układ obrazujący wiązki z regulowanym powiększeniem **Opiekun: dr Wojciech Wasilewski**

Twoja praca będzie częścią większego przedsięwzięcia, układ twojego projektu posłuży do kontrolowania wiązek sterujących i modów pojedynczych fotonów w generatorze stanów kwantowych. Praca będzie miała charakter obliczeniowo-analityczny, przeanalizujesz możliwe realizacje układu typu 4-f z zoomem. Obliczenia przeprowadzisz w przybliżeniu przyosiowej optyki geometrycznej. Efektem pracy będzie dobór soczewek, określenie dokładności z jaką muszą być ustawione oraz kryteriów rozpoznania niedokładności ustawienia na podstawie obrazów widzianych w eksperymencie.

Wymagana znajomość mathematica lub matlaba. Możliwa realizacja eksperymentalna.

19. Konstrukcja i badanie wąskopasmowego lasera diodowego stabilizowanego przez zasiewanie

Opiekun: dr Wojciech Wasilewski

Twoim zadaniem będzie uruchomienie lasera diodowego w trybie wzmacniania światła z innego, stabilizowanego lasera. W ramach pracy skonstruujesz odpowiedni układ optyczny, modyfikując odpowiednio elementy fabryczne i zbadasz zakres stabilnej pracy lasera. Wynikiem twojej pracy będzie stabilne źródło promieniowania dużej mocy, którego użyjemy do kontrolowania generatora stanów kwantowych.

20. Konstrukcja niewielkiego spektrometru dużej rozdzielczości do justowania laserów diodowych

Opiekun: dr Wojciech Wasilewski

Twoim zadaniem będzie konstrukcja prostego spektrometru który rozdzieli promieniowanie z zakresu 750-810nm na kamercie internetowej. W ramach pracy dokonasz prostych obliczeń na podstawie których dobierzesz elementy optyczne. Następnie wydrukujesz odpowiednie uchwyty na drukarce 3D, złożysz konstrukcję i wykalibrujesz spektrometr. Wynikiem pracy będzie przenośne urządzenie z końcówką światłowodową, którego będziemy regularnie używać w laboratorium. W ramach pracy konieczne będzie zaznajomienie się z oprogramowaniem Inventor lub podobnym umożliwiającym projektowanie modeli 3D.

Zakład Biofizyki

Proponowane tematy prac licencjackich dla studentów Studiów Indywidualnych i MISMaP

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. Cząsteczka 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. „Rola badań nad oddziaływaniem enzymów z inhibitorami w projektowaniu potencjalnych leków o selektywnych właściwościach 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 właściwości 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.

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 o badania własności

cząsteczek biologicznych za pomocą fluorescencyjnej spektroskopii korelacyjnej (*Fluorescence Correlation Spectroscopy, FCS*).

4. „Interpretacja zaniku fluorescencji cząsteczek biologicznych za pomocą modelu rozkładu czasów życia i potęgowej funkcji zaniku”

opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk

e-mail: borys@biogeo.uw.edu.pl tel. 55 40 784

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

$$I(t) = I_0 \left[1 - (1-q) \frac{t}{\tau_0} \right]^{1/(1-q)}$$

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 (σ) według wzoru

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

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 funkcji potęgowej zaniku fluorescencji do opisu kinetyki emisyjnej dezaktywację elektronowego stanu wzbudzonego tyrozyny i tryptofanu w różnych środowiskach oraz w interesującym 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 podjętą 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).

1. „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 i sformułowania na tej podstawie modelu mechanizmu reakcji enzymatycznej przez niego katalizowanej na bazie precyzyjnych informacji o strukturze i własnościach fizycznych enzymu, ligandów i asocjatów 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.

6. „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 właściwościach spektralnych i funkcjonalnych decydują głównie właściwości 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.

7. „Wyznaczanie odległości między białkiem (enzymem) i ligand (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 Foerstera 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 Foerstera.

8. „Badanie fałdowania fosforylasy nukleozydów purynowych (PNP) z wykorzystaniem mutantów jednotryptofanowych”

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

Opis: Przyjęcie przez białko właściwej struktury przestrzennej jest warunkiem koniecznym prawidłowego pełnienia przez nie funkcji biologicznych. W przypadkach kiedy białko nie zwinie się prawidłowo powstają cząsteczki mające skłonność do tworzenia nefunkcjonalnych konglomeratów, często toksycznych dla organizmu. Jedną z metod monitorowania procesu fałdowania opiera się na obserwacji emisji tryptofanu, zależnej od otoczenia, zmieniającej się w trakcie przechodzenia aminokwasu z ośrodka hydrofilowego (woda) do hydrofobowego we wnętrzu biomolekuły. Obiektem badań będą jednotryptofanowe mutanty

fosforylasy nukleozydów purynowych (1-Trp-W16-PNP, 1-Trp-W94-PNP, 1-Trp-W178-PNP) – białka kluczowego w procesach metabolizmu nukleozydów. Po uzyskaniu i oczyszczeniu enzymu eksprymowanego w bakteriach *E. coli*, w ramach pracy licencjackiej, zbadamy metodami stacjonarnymi, czy jednотryptofanowe mutanty są dobrymi obiektami do badania procesu fałdowania PNP.

9. „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

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

opiekun: dr Maciej Łukaszewicz

e-mail: 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 (**N**ucleoside **D**iphosphate 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 nowy enzym - hNUDT16 - zaangażowany w hydrolizę kapu na końcu 5'mRNA. Podobnie jak Dcp2 należy on do rodziny białek Nudix i odcina kap obecny na mRNA. W odróżnieniu od Dcp2 występuje w komórkach wszystkich analizowanych tkanek, wykazuje lokalizację cytoplazmatyczno-jądrową oraz hydrolizuje hipermetylowany kap (TMG, m2,2,7GpppG) występujący na snRNA i snoRNA. Oczyszczony enzym hydrolizuje również dinukletydowe analogi struktury kapu. Praca będzie związana z otrzymywaniem oczyszczonego hNUDT16 (lub konstrukcji i oczyszczenia jego mutanta), następnie charakterystyki jego specyficzności substratowej w wybranych warunkach reakcji oraz wyznaczenie podstawowych parametrów kinetycznych.

11. „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, 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 typach nowotworów, i jako element struktury mRNA terapeutycznego poprawiający jego stabilność w warunkach komórkowych i właściwości translacyjne. Praca będzie dotyczyła charakterystyki nowych serii modyfikowanych analogów kapu, m.in: analizy ich właściwości inhibitorowych w układzie transalacji *in vitro* oraz analizy oporności na enzymy dekapujące (DcpS, Nudt).

12. „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.

13. „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'a, 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.

14. „Właściwości kinetyczne mutantów S90 heksamerycznej fosforylasy nukleozydów purynowych – rola S90 w kooperacji między podjednostkami białka”

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. Osobie zainteresowanej wykonaniem pracy licencjackiej w roku akademickim 2014/2015 proponujemy zbadanie właściwości kinetycznych jednego lub dwóch mutantów heksamerycznego PNP z *E. coli* (przy wykorzystaniu spektroskopowej metody wyznaczania aktywności enzymu). Mutanty te zostaną przygotowane przez studenta Politechniki Warszawskiej wykonującego pracę inżynierską pod opieką dr hab. Joanny Cieśla. Jeden z nich to mutant S90T (ten powstanie jako pierwszy i będzie obiektem badań w proponowanej pracy), drugi – S90Y (uzyskany i badany w zależności od wyników dla pierwszego). Zgodnie z pracą [2] zastąpienie seryny 90 większym aminokwasem najprawdopodobniej uniemożliwia kooperację między podjednostkami enzymu.

[1] Mikleusevis et al. (2011) *Biochimie* 93, 1610. [Validation of the catalytic mechanism of escherichia coli purine nucleoside phosphorylase by structural and kinetic studies.](#)

[2] Priscila O. de Giuseppe et al., (2012) *PloS One*, 7(9):e44282, Insights into Phosphate Cooperativity and Influence of Substrate Modifications on Binding and Catalysis of Hexameric Purine Nucleoside Phosphorylases
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0044282>

15. „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,

Opis: 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).

Zakład Fizyki Jądrowej

"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 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.

"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 wzbudzonym od masy tego samego jądra w stanie podstawowym. Tak ogromna zdolność rozdzielcza pułapek jonowych pozwala obserwować bardzo czyste widma promieniowania jądrowego emitowanego przez wybrane izotopy. Analiza takiego widma może stanowić uzupełnienie proponowanego tematu pracy. 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 .

„Badanie fluorescencji rentgenowskiej fragmentu meteorytu pułtuskiego.”

Opiekun: dr Chiara Mazzocchi

Obserwacja charakterystycznego promieniowania X emitowanego przez atomy wzbudzone promieniowaniem rentgenowskim oświetlającym powierzchnię próbki dostarcza informacji

o jej składzie chemicznym. Metoda ta, nazywana techniką XRF, jest powszechnie używana do nieniszczącego badania np. powierzchni dzieł sztuki, obiektów historycznych / archeologicznych, składu zanieczyszczeń atmosferycznych osadzanych na powierzchni filtrów. Detektor wykorzystywany do detekcji promieniowania rentgenowskiego może rejestrować promieniowanie X pierwiastków o $Z > 24$. Z tego powodu technika XRF jest szczególnie użyteczna do analizy zawartości metali w próbkach.

Celem pracy będzie przygotowanie i uruchomienie układu pomiarowego do badania fluorescencji rentgenowskiej oraz przeprowadzenie pomiarów mających na celu określenie zawartości metali w próbce meteorytu pułtuskiego.

„Obliczenia funkcji Fermiego”

Opiekun: dr Krzysztof Miernik

Według najnowszych oszacowań istnieje około 7000 możliwych kombinacji protonów i neutronów prowadzących do powstania związanego jądra atomowego. Spośród tych możliwości praktycznie wszystkie, poza około 300 stabilnymi izotopami, mogą ulegać przemianie beta. Jest to więc najbardziej rozpowszechniony rodzaj promieniotwórczości. Teoretyczny opis mechanizmu tego rozpadu został zapoczątkowany w 1934 roku przez Enrico Fermiego. Jednym z najbardziej istotnych elementów tej teorii jest funkcja Fermiego

oraz jej całka, która opisuje przestrzeń fazową dostępną dla leptonu. Dokładna postać tej funkcji jest nietrywialna i możliwa do wyznaczenia tylko w numeryczny sposób. W związku z tym została ona stabelaryzowana, przy czym ostatnie wersje pochodzą z lat 60-tych i 70-tych. Do tej pory nie została stworzona bardziej współczesna forma tablic w postaci biblioteki programistycznej. Praca będzie polegała na stworzeniu, na podstawie tablic, takiej

biblioteki w wybranym języku programowania (Python, C++, Java, ...) oferującej nowoczesny i wygodny w obsłudze interfejs (API), tak aby mogła być używana w innych projektach.

Poziom zaawansowania zadania będzie ustalony z osobą wykonującą zadanie. Najbardziej podstawowa forma będzie się opierać na dostępnych parametryzacjach, możliwe rozszerzenia to numeryczne obliczanie funkcji czy wyznaczanie jej dla tzw. przejść wzbronionych.

"Badanie energii powyłączeniowej wydzielanej w reaktorach jądrowych"

Opiekun: dr hab. Marek Karny

Praca licencjacka będzie miała na celu zbadanie, na drodze symulacji komputerowych, zmian energii wydzielanej na drodze rozpadu beta po wyłączeniu reaktora jądrowego w zależności od zmian średniej energii promieniowania gamma wydzielanego w rozpadach beta produktów rozszczepienia. Wymagania: programowanie w C++.

Symulacja komputerowa efektu Dopplera przy skończonej geometrii detektora germanowego.

Opiekun: dr Ernest Grodner

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.

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

Opiekun: dr Ernest Grodner

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.

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 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.

Symulacja komputerowa identyfikacji mezonów ϕ w detektorze FOPI

Prowadzący: dr K. Piasecki

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++.

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

Prowadzący: dr K. Piasecki

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 pospieszności sugeruje częściowe przenikanie się materii bez dochodzenia do zderzenia (zjawisko „transparencji”), a zarazem częściowe zachowanie przez układ pamięci o stanie przed zderzeniem.

Zadaniem studenta będzie rekonstrukcja rozkładów pędu poprzecznego i pospieszności 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++.

Analiza aktywacyjna lantanu

Prowadzący: prof. dr hab. Tomasz Matulewicz

Celem pracy jest przeprowadzenie neutronowej analizy aktywacyjnej lantanu. Próbkę lantanu zostanie umieszczona w źródle neutronów, po czym nastąpi pomiar

promieniowania γ emitowanego ze stanów wzbudzonych jądra ^{140}Ce powstałego w wyniku rozpadu beta jądra ^{140}La . W ramach pracy należy wyznaczyć czas połowicznego rozpadu tego jądra oraz wyznaczyć, ile linii γ może być użytych do takiej analizy.

Sprawdzenie możliwości wykorzystania reakcji $^{27}\text{Al}(\alpha, p)^{30}\text{Si}$ do kalibracji detektorów promieniowania γ .

Prowadzący: dr Adam Turowiecki

Energie promieniowania γ emitowanego z klasycznych źródeł promieniotwórczych, używane do kalibracji detektorów, jak ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{226}Ra , ^{152}Eu nie przekraczają 2.5 MeV. Kwanty γ o wyższych energiach można wytworzyć przez reakcje neutronów termicznych na jądrach wodoru (2.224 MeV), ^{16}O (4.134 MeV), ^{12}C (4.946 MeV), wymaga to jednak użycia dużych źródeł neutronów z moderatorem.

W tej sytuacji warto sprawdzić jest zastosowanie źródła ^{241}Am jako emitera cząstek α i następnie wykorzystanie tych cząstek w reakcji $^{27}\text{Al}(\alpha, p)^{30}\text{Si}$, czyli rozpraszania ich na folii aluminiowej. Ciepło tej reakcji $Q = 2.37216$ MeV oraz energie cząstek α : 5.4858 MeV i

5.443 MeV pozwalają wytworzyć jądro ^{30}Si w stanie wzbudzonym do $E_x \sim 7.2$ MeV. W tej reakcji powinny być widoczne linie o energiach od 0.421 MeV do 6.913 MeV. Widmo promieniowania γ mierzone przy energii cząstek α E_α w przedziale 5.6 – 10 MeV [2]

przedstawia rysunek:

Zakład Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych

Analiza danych astronomicznych w projekcie GLORIA

Opiekun: prof. dr hab. A.F. Żarnecki

Opis:

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

Badanie metod analizy i dekonwolucji obrazu nieba dla danych eksperymentu "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 (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. Implementacja algorytmu w C++ i jego testowanie powinno być przeprowadzone w środowisku Luiza, które zostało zbudowane w ramach projektu GLORIA.

Analiza danych teleskopu "Pi of the Sky" w Chile zebranych z wykorzystaniem filtra R

Opiekun: prof. dr hab. A.F. Żarnecki

Opis:

Szczegółowa analiza danych z prototypowego detektora "Pi of the Sky" (2006-2009) pokazała, że wyznaczana jasność wyrażana w jednostkach tzw. wielkości gwiazdowej (magnitudo) obarczona jest dodatkowym błędem systematycznym związanym z typem widmowym gwiazdy. Był to jeden z powodów dla których latem 2009 roku jedną z kamer detektora prototypowego wyposażono w standardowy filtr R. Powinno to pozwolić

na precyzyjniejszy pomiar jasności obiektów, obarczony mniejszym błędem systematycznym.

Dane zebrane przez detektor "Pi of the Sky" z filtrem R nie mogą być normalizowane bezpośrednio do gwiazd referencyjnych w R gdyż nie istnieje odpowiedni katalog, zawierający odpowiednio jasne gwiazdy referencyjne. Dlatego stosowana jest obecnie procedura pośrednia, polegająca na wykorzystaniu tego samego zestawu gwiazd referencyjnych, który był używany w analizie V. Możliwe są dwa podejścia: normalizowanie pomiarów wg. jasności gwiazd referencyjnych w V i następnie przenormalizowanie całej klatki do jasności w R, albo przeliczenie jasności gwiazd referencyjnych do R (na podstawie znajomości typu widmowego, np. z różnicy jasności B-V), a następnie przeprowadzenie normalizacji klatki w oparciu o uzyskane jasności referencyjne w R.

Celem pracy byłoby porównanie różnych możliwych podejść do normalizacji pomiarów w filtrze R i optymalizacja procedury kalibracji, tak aby uzyskać możliwie najwyższą jakość pomiarów.

Wieloparametryczne metody selekcji oddziaływań neutrin w eksperymencie MINOS+.

Opiekun: dr Katarzyna Grzelak

Opis:

Eksperyment MINOS+ zajmuje się badaniem zjawiska oscylacji neutrin. Neutrino 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. MINOS+ rozpoczął działanie na jesieni 2013 roku i będzie korzystał ze znacznie intensywniejszej i bardziej energetycznej wiązki neutrin niż jego poprzednik, MINOS.

Celem pracy jest wybór optymalnej, wieloparametrycznej metody selekcji dla oddziaływań

neutrin taonowych w eksperymencie MINOS+, spośród metod zaimplementowanych

w pakiecie TMVA (<http://tmva.sourceforge.net/>) będącego częścią pakietu root (<http://root.cern.ch>). Praca wymaga umiejętności programowania w języku C++ na co najmniej średnim poziomie. Student będzie miał okazję zastosowania w praktyce tego

języka programowania, pozna program root powszechnie używany w doświadczalnej fizyce

cząstek elementarnych i wieloparametryczne metody do analizy danych (do selekcji

sygnału ukrytego w dużym tle). Więcej informacji na temat eksperymentu dostępnych jest na stronie [www: http://www.fuw.edu.pl/~minos](http://www.fuw.edu.pl/~minos)

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

Opiekun: Prof. dr hab. Barbara Badełek

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

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 nukleonie.

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 nauczenie się czytania i podsumowywania literatury naukowej. Przewidywana zawartość pracy:

1. Koncept spinu
2. Metody pomiaru spinu mikrocząstek (partonów, fotonu, neutrin,...)
3. Metody eksperymentalne badań spinu przy wysokich energiach; sposoby polaryzacji wiązek i tarcz.

4. Zagadka spinu nukleonu w oparciu o wyniki doświadczalne m.in. grupy warszawskiej, zaangażowanej w badania eksperymentalne w Europejskim Laboratorium Cząstek Elementarnych, CERN.

Zależne i niezależne od spinu rozkłady partonów w nukleonie

Opiekun: Prof. dr hab. Barbara Badełek

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

Przewidywana zawartość pracy:

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

Czynnik rozcieńczenia materiału tarczy w doświadczeniu COMPASS w CERN

Opiekun: Prof. dr hab. Barbara Badełek

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

Przewidywana zawartość pracy:

1. definicja czynnika f dla tarcz 6LiD oraz NH_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 .