

INSTYTUT FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ

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 węgla krzemu (SiC) w wysokiej temperaturze (ok. 1600 0C). Ostatnio w ramach ścisłej współpracy pomiędzy Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego i Instytutem Technologii Materiałów Elektronicznych uzyskane zostały (po raz pierwszy w Polsce) cienkie warstwy węglowe na węglu 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.

2. Spektroskopia niskowymiarowych struktur azotkowych.

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 licencjackich przewiduje się pomiary mikroluminescencji wysokiej jakości niskowymiarowych struktur azotowych (studnie kwantowe, kropki kwantowe) otrzymywanych w technologii MOVPE (Metal Organic Vapour Phase Epitaxy) dostępnej w naszym zakładzie. Badania prowadzone na poziomie licencjackim mogą następnie być rozwinięte w ramach prac magisterskich i doktorskich.

3. Własności elektryczne półprzewodnika dla spintroniki

Opiekun: dr Marta Gryglas-Borysiewicz

Celem pracy jest przygotowanie próbek GaMnAs i zbadanie ich własności transportowych. Obiektem badań są cienkie (50nm) warstwy arsenku galowo-manganowego, wyhodowane metodami MBE na arsenku galu. Pierwszym etapem pracy jest przeprowadzenie litografii optycznej na tych próbkach, by wytyczyć kontakty i ścieżki przepływu prądu. Drugim – jest przeprowadzenie pomiarów charakterystyk prądowo-napięciowych badanego materiału. Trzecim – zbadanie zależności oporu od temperatury. Na tej podstawie wyznacza się temperaturę Curie przejścia z fazy paramagnetycznej do fazy ferromagnetycznej.

Praca będzie wykonywana w Laboratorium Litografii Zakładu Fizyki Ciała Stałego (ul. Pasteura) oraz w pracowni p.29 na Hożej.

Tematy prac licencjackich na rok akad. 2010/2011 – Zakład Fizyki Ciała Stałego - LUMNP

L.p.	temat	odpowiedzialny
1	Pomiary magnetospektroskopowe ZnO domieszkowanego kobaltem	dr Jan Suffczyński (tel. 22 55 32 217)
2	Mikrofotoluminescencja kropek kwantowych w strukturach fonicznych	dr Wojciech Pacuski (tel. 22 55 32 217)
3	Dynamika nowych źródeł jednofotonowych - atomowych centrów Se w CdTe	dr hab. Andrzej Golnik (tel. 22 55 32 127)
4	Dynamika wyższych stanów ekscytonowych w kropkach kwantowych CdTe/ZnTe	mgr Tomasz Kazimierzuk (tel. 22 55 32 339) i prof. Jan Gaj (tel. 22 55 32 214)
5	Projekt i pomiary wnęki mikrofalowej do eksperymentu manipulacji spinem pojedynczego atomu magnetycznego	mgr Mateusz Goryca i dr Jan Suffczyński (tel. 22 55 32 217)
6	Pomiary mikrofotoluminescencji GaN z nanokryształami Fe	dr Jan Suffczyński (tel. 22 55 32 217)
7	Pomiary rozkładu kąтового emisji kropek kwantowych umieszczonych w mikrofilarach	mgr Tomasz Jakubczyk prof. Jan Gaj (tel. 22 55 32 214)
8	Dynamika stanów koherentnych w kropkach kwantowych CdTe/ZnTe	mgr Tomasz Kazimierzuk (tel. 22 55 32 339) i prof. Jan Gaj (tel. 22 55 32 214)
9	„Lab on a chip” – budowa miniaturowego układu do optycznej spektroskopii płynów i nanokryształów w zawiesinach	dr Wojciech Pacuski (tel. 22 55 32 217)
10	Znalezienie optymalnych warunków pompowania żółtego lasera budowanego z półprzewodnikowych związków II-VI.	dr Wojciech Pacuski (tel. 22 55 32 217)

1. Pomiary magnetospektroskopowe ZnO domieszkowanego kobaltem

Opieka: dr Jan Suffczyński (tel. 22 55 32 217)

Tlenek cynku domieszkowany kobaltem wykazuje szereg unikalnych własności wskazujących na możliwość praktycznego zastosowania tego materiału w przyszłych urządzeniach spintronicznych i magnetoptycznych.

W ramach ćwiczenia mierzone będą widma odbicia od warstw Zn(Co)O. Wykonywane w polu magnetycznym pomiary będą miały na celu sprawdzenie czy ferromagnetyczny charakter warstw Zn(Co)O, który wykazały pomiary magnetometryczne wykonane w Instytucie Fizyki PAN, przejawia się także w ich odpowiedzi optycznej. Zrealizowanie powyższego celu jest ważne dla określenia przydatności Zn(Co)O dla ew. praktycznych zastosowań. Badane próbki pochodzą z Instytutu Fizyki PAN w Warszawie.

2. Mikrofotoluminescencja kropek kwantowych w strukturach fotonicznych

Opieka: dr Wojciech Pacuski (tel. 22 55 32 217)

Ważną zaletą struktur fotonicznych jest wzmocnienie emisji światła przez umieszczone w nich kropki kwantowe. W ćwiczeniu należy przebadать serię nowych struktur fotonicznych wytworzonych na uniwersytecie w Bremie - mikrownęk filarowych o różnych średnicach - w poszukiwaniu kropek kwantowych będących w rezonansie z modelem mikrownęki.

Dla upewnienia się, że kropki te są dostrojone nie tylko energetycznie, ale i przestrzennie (leżą we właściwym miejscu), należy wykazać wzmocnienie/osłabienie emisji przy temperaturowym dostrojeniu/odstrojeniu.

3. Dynamika nowych źródeł jednofotonowych - atomowych centrów Se w CdTe

Opieka: prof. Andrzej Golnik (tel. 22 55 32 127)

Półprzewodnikowe źródła jednofotonowe są poszukiwane głównie ze względu na potencjalne zastosowanie w kryptografii kwantowej. Początkowo poszukiwano ich w postaci kropek kwantowych. Obecnie coraz większym zainteresowaniem cieszą się centra o skali atomowej w kryształach. Ostatnio wykryto takie centra związane z selenem w studniach kwantowych CdTe. Są to najprawdopodobniej pary sąsiadujących atomów selenu w kryształce CdTe. Praca licencjacka ma na celu zbadanie dynamiki emisji jednofotonowej tych źródeł poprzez pomiary rozdzielonej w czasie fotoluminescencji oraz korelacji emitowanych fotonów.

4. Dynamika wyższych stanów ekscytonowych w kropkach kwantowych CdTe/ZnTe.

Opieka: mgr Tomasz Kazimierczuk (tel. 22 55 32 339)

i prof. Jan Gaj (tel. 22 55 32 214)

W czerwcu 2010 na konferencji IS&CPS w Krynicy zaprezentowana została praca pokazująca możliwość modelowania względnych czasów życia stanów ekscytonowych pojedynczej kropki kwantowej na przykładzie najprostszych kompleksów: X, X⁻, X⁺, XX. Ćwiczenie będzie polegało na przeprowadzeniu pomiarów czasów życia wyższych stanów ekscytonowych (np. XXX, XXX⁻) w celu sprawdzenia granic stosowalności modelu teoretycznego z opisanej pracy.

Wykonanie ćwiczenia umożliwi poznanie specyfiki eksperymentów optycznych na pojedynczych nano-objektach w ultrakrótkich skalach czasowych (~200ps).

5. Projekt i pomiary wnęki mikrofalowej do eksperymentu manipulacji spinem pojedynczego atomu magnetycznego

Opieka: mgr Mateusz Goryca i dr Jan Suffczyński (tel. 22 55 32 217)

Niedawne badania przeprowadzone na Wydziale Fizyki UW pokazały, że przy użyciu odpowiednio przygotowanego światła laserowego możliwa jest manipulacja spinem pojedynczego atomu magnetycznego umieszczonego w kropce kwantowej. Nowym, nie badanym dotychczas sposobem takiej manipulacji, może okazać się użycie promieniowania mikrofalowego.

Zadaniem studenta będzie zaprojektowanie, wykonanie i pomiar podstawowych parametrów wnęki mikrofalowej, która mogłaby posłużyć do tego typu eksperymentu.

6. Pomiary mikrofotoluminescencji GaN z nanokryształami Fe

Opieka: dr Jan Suffczyński, tel. 55 32 217

Przedmiotem badań prowadzonych w ramach pracy są próbki GaN domieszkowanego jonami żelaza. W wyniku specjalnie dobranych warunków wzrostu część wprowadzonych jonów Fe podstawia pozycje kationowe materiału podstawowego, a część z nich formuje nanometrowych lub większych rozmiarów wytrącenia w jego strukturze.

Z punktu widzenia ewentualnych zastosowań spintronicznych i oświetleniowych ważne jest sprawdzenie, czy jony zgrupowane w wytrącenia sprzęgają się ze światłem. Sprzężenie takie mogłoby prowadzić do silnych efektów magnetoptycznych oraz plazmonicznego wzmocnienia emisji GaN.

Celem pomiarów fotoluminescencji prowadzonych z rozdzielczością przestrzenną do kilkuset nanometrów jest określenie, w jaki sposób wytrącenia żelaza wpływają na odpowiedź optyczną kryształu. W szczególności badana będzie emisja związana z rekombinacją ekscytonową obserwowaną w ultrafioletowym obszarze spektralnym oraz emisja związana z przejściami wewnątrzjonowymi żelaza obserwowana w bliskiej podczerwieni.

7. Pomiary rozkładu kąтового emisji kropek kwantowych umieszczonych w mikrofilarach

Opieka: mgr Tomasz Jakubczyk i prof. Jan Gaj (tel. 22 55 32 214)

Nowe inwestycje aparaturowe na naszym wydziale pozwalają obserwować lepiej niż dotychczas wiele zjawisk. Tematem pracy jest przebadanie rozkładu emisji światła z mikrownęk filarowych zawierających kropki kwantowe. W temacie zawarte są badania eksperymentalne i obliczeniowe - w zależności od zainteresowań i umiejętności osoby podejmującej temat możliwe są różne warianty. Ich wspólną częścią jest przystosowanie nowej aparatury na potrzeby wspomnianych badań. Temat ten umożliwia także autorskie modyfikacje kierunku badań przez wykonującego dzięki dostępności od niedawna urządzenia do trawienia zogniskowaną wiązką jonów. Urządzenie to służy do nanostrukturyzacji badanych obiektów i w miarę potrzeb i pomysłowości może zostać użyte do wytworzenia nowych struktur. Badane zjawiska fizyczne należą do dziedziny wnękowej elektrodynamiki kwantowej (*cavity quantum electrodynamics*) i dotyczą znanych jakościowo zjawisk dotyczących oddziaływania światła z materią. Proponowany temat dotyczy wykazania i przeanalizowania takich efektów w nowym układzie wytworzonym ze zwierciadeł Bragga dopasowanych do ZnTe.

8. Dynamika stanów koherentnych w kropkach kwantowych CdTe/ZnTe

Opieka: mgr Tomasz Kazimierczuk (tel. 22 55 32 339)

i prof. Jan Gaj (tel. 22 55 32 214)

Niedawno wykryto w układach samoorganizowanych kropek kwantowych obecność sprzężonych par, w których obserwuje się przekaz energii i spinu. Dotychczasowe badania wykorzystywały jedynie pobudzanie nierezonansowe (zjawisko niekoherentne). Prowadzone obecnie inwestycje aparaturowe otwierają szereg nowych unikalnych możliwości eksperymentalnych.

Celem proponowanej pracy ma być wykorzystanie układu laserowego z Optycznym Parametrycznym Oscylatorem (OPO) do koherentnej manipulacji quasi-atomowymi stanami w kropce kwantowej CdTe/ZnTe.

9. „Lab on a chip” – budowa miniaturowego układu do optycznej spektroskopii płynów i nanokryształów w zawiesinach

Opieka: dr Wojciech Pacuski (tel. 22 55 32 217)

Tematem pracy jest zaprojektowanie i wykonanie płytki zawierającej układ mikro-kanalików i mikro-zbiorników służący do pomiarów spektroskopowych na bardzo małych ilościach cieczy i zawiesin, a w dalszej perspektywie na pojedynczych nanoobjektach. Przewidziane są pomiary fotoluminescencji i absorpcji nanokryształów półprzewodnikowych oraz preparatów biologicznych.

10. Znalezienie optymalnych warunków pompowania żółtego lasera budowanego z półprzewodnikowych związków II-VI.

Opieka: dr Wojciech Pacuski (tel. 22 55 32 217)

Tematem pracy jest przeprowadzenie i analiza pomiarów fotoluminescencji i odbicia mikrownek półprzewodnikowych zawierających kropki kwantowe, mających w przyszłości posłużyć do budowy żółtego lasera. Celem badań będzie znalezienie optymalnych warunków pobudzania kropek kwantowych CdTe do świecenia, np. dobranie energii fotonów w wiązkę pompującą. Zbyt wysoka energia fotonów pompujących spowoduje, że wiązka pompująca zostanie zaabsorbowana nim dotrze do środka mikrownęki, mniejsza energia może spowodować całkowite odbicie wiązki lub zaabsorbowanie jej przez podłoże. W optymalnych warunkach wiązka pompująca zostanie w dużej części zaabsorbowana w pobliżu kropek kwantowych i pobudzi je do emisji. Cennym wnioskiem z pomiarów będą sugestie dotyczące projektowania przyszłych mikrownek laserowych.

Zakład Optyki

1. Fotoasocjacja ultrazimnych atomów i jej zastosowania.

Opiekun – dr 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.

2. Metody chłodzenia i pułapkowania atomów

Opiekun – dr Anna Grochola.

Jedną z najbardziej intensywnie rozwijających się obecnie dziedzin fizyki są metody służące chłodzeniu atomów do ultraniskich temperatur. W zależności od potrzeb oraz możliwości danej metody osiąga się obecnie temperatury od kilkuset μK do nawet dziesiątek nK. Atomy te są następnie utrzymywane w pułapkach umożliwiających zbadanie ich własności, bądź wykorzystanie ich do dalszych doświadczeń. Tematem pracy będzie omówienie i porównanie używanych obecnie eksperymentalnych metod chłodzenia atomów.

Praca ta umożliwi studentowi zapoznanie się z najnowocześniejszymi metodami doświadczalnymi z dziedziny optyki, rozwijanymi głównie w ciągu ostatniego dziesięciolecia. Jednocześnie umożliwi to zdobycie pewnej wiedzy bazowej z dziedziny ultrazimnej materii, co pozwoli na ewentualne kontynuowanie pracy w tej dziedzinie w czasie studiów magisterskich lub nawet doktoranckich w nowo tworzonej Pracowni Ultrazimnych Cząsteczek.

3. Konstrukcja spowalniacza zeemanowskiego (Zeeman slower) dla atomów cezu

Opiekun – dr Anna Grochola.

Tematem pracy będzie zaprojektowanie teoretyczne i wykonanie tzw. spowalniacza zeemanowskiego, będącego integralną częścią układu służącego do chłodzenia i pułapkowania atomów cezu, powstającego w naszej Pracowni Ultrazimnych Cząsteczek. Spowalnianie atomów stanowi powszechnie stosowany pierwszy krok do uzyskania chmury ultrazimnych atomów lub nawet kondensatu Bosego-Einsteina.

Praca ta pozwoli studentowi na zapoznanie się z jedną z nowoczesnych i współcześnie często wykorzystywanych technik doświadczalnych. Zadanie będzie obejmowało dwie części:

zapoznanie się z zasadą działania spowalniaczy i wyliczenie teoretyczne wartości potrzebnych do jego budowy parametrów oraz wykonanie spowalniacza zeemanowskiego w praktyce, potwierdzone pomiarami jego parametrów rzeczywistych.

4. Spektroskopia laserowa wysokiej zdolności rozdzielczej.

Opiekun – dr 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. Na_2 , NaLi , KLi , NaRb , LiCs , NaCs), które są szczególnie ciekawe i dla eksperymentatorów, i dla teoretyków. Jako najprostsze cząsteczki dwuatomowe po cząsteczce wodoru są to doskonałe obiekty do rozwijania teoretycznych metod chemii kwantowej – nasze wyniki doświadczalne są więc nieodzowne do testowania poprawności modeli teoretycznych. Z drugiej strony, osiągnięcia 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.

5. Spektroskopia optoakustyczna i optotermiczna.

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

Technika spektroskopii optoakustycznej pozwala na wykrywanie znikomych koncentracji cząsteczek jednego rodzaju w obecności innych cząsteczek o znacznie większej koncentracji. Przykładem jej zastosowania jest detekcja zanieczyszczeń gazowych w atmosferze. Metoda spektroskopii optotermicznej pozwala z kolei wykryć obecność wzbudzonych cząsteczek w innych skrajnych warunkach – w tzw. strumieniu cząsteczkowym. Planowana praca powinna zawierać omówienie zasad obu technik i przedstawić przegląd ich wybranych zastosowań w oparciu o dostępną literaturę przedmiotu.

6. Stereofotolitografia z sub-dyfrakcyjną zdolnością rozdzielczą.

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

W pracy przedstawione będzie podsumowanie dotychczasowych osiągnięć w metodach fabrykacji trójwymiarowych struktur przy pomocy fotolitografii, ze szczególnym uwzględnieniem technik pozwalających osiągnąć rozdzielczość lepszą niż długość fali światła. W miarę możliwości czasowych przewidziane jest również samodzielne zaprojektowanie, wykonanie i scharakteryzowanie prostej mikro-struktury w laboratorium.

7. Detekcja drugiej harmonicznej światła wytwarzanej na powierzchniach i międzypowierzchniach.

Opiekun : dr Piotr Fita

Powierzchnie i międzypowierzchnie (ang. interface, powierzchnie oddzielające dwie fazy skondensowane) stanowią środowisko wielu ważnych reakcji chemicznych. Na powierzchniach zachodzi na przykład tak powszechne zjawisko jak korozja, a wpływ na zachowanie komórek organizmów żywych mają procesy zachodzące na granicy błony komórkowej i środowiska.

Jedną z metod badania własności powierzchni i międzypowierzchni jest generacja drugiej harmonicznej. Ze względu na symetrię druga harmoniczna światła nie powstaje w ośrodku izotropowym, a jedynie tam, gdzie symetria środkowa jest złamana, czyli w cienkiej warstwie o grubości jednej lub co najwyżej kilku cząsteczek.

W układzie do generacji drugiej harmonicznej wiązka ultrakrótkich impulsów światła laserowego pada na badan± powierzchnię. Wygenerowane fotony drugiej harmonicznej (od kilku do kilkuset fotonów na impuls) zbierane s± za pomoc± 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 zbudowanie układu optycznego do zbierania drugiej harmonicznej oraz napisanie programu komputerowego (w środowisku LabView) do obsługi detektora światła i kontrolera polaryzacji a także przeprowadzenie badań własności wybranych cząsteczek zaadsorbowanych na granicy wody i cieczy polarnej. Projekt ten może być kontynuowany jako praca magisterska, której celem będzie zbudowanie układu do czasowo-rozdzielczej generacji drugiej harmonicznej i badania ultraszybkiej dynamiki cząsteczek na powierzchniach.

8. Pomiar własności nieliniowych materiałów optycznych.

Opiekun : dr Piotr Fita

Gdy światło o dużym natężeniu propaguje się przez ośrodek przezroczysty można zaobserwować zjawiska nieliniowe, takie jak samoogniskowanie wynikające z zależności współczynnika załamania od natężenia światła i absorpcję dwufotonową polegającą na akcie jednoczesnego zaabsorbowania dwóch fotonów przez cząsteczki ośrodka. Zjawiska te można wykorzystać do badania własności nieliniowych materiałów optycznych w układzie doświadczalnym (tzw. z-scan), w którym cienką płytkę badanego materiału przesuwamy wzdłuż zogniskowanej wiązki ultrakrótkich impulsów światła laserowego (zmieniając w ten

sposób natężenie światła padającego na płytkę). Rejestrowane jest natężenie światła oraz rozmiar wiązki po przejściu przez płytkę dla różnych jej położań względem ogniska wiązki. Pozwala to wyznaczyć zależność współczynnika załamania od natężenia światła oraz współczynnik absorpcji nieliniowej materiału.

Celem pracy licencjackiej jest:

1. Zbudowanie układu pomiarowego z-scan, na co składa się ustawienie układu optycznego oraz oprogramowanie (w środowisku LabView) stolika przesuwającego i detektora światła.
2. Wykonanie serii pomiarów własności nieliniowych materiałów optycznych, ze szczególnym uwzględnieniem nowych materiałów, tzw. eutektyków (mieszanin dwóch faz krystalicznych).

9. Szybki chopper synchroniczny.

Opiekun: dr Wojciech Wasilewski

W eksperymentach z kwantowymi stanami światła, takimi jak splątane pary fotonów, często konieczne jest oddzielenie światła rozproszonego z laserów kontrolnych. Idealny element dokonujący takiej operacji powinien całkowicie zatrzymać silne światło laserowe używane do przygotowania stanu a następnie przepuszczać splątane fotony bez żadnych strat. W układzie który obecnie konstruujemy można do tego celu używać szybko obracającej się tarczy z otworkami, napędzanej tak aby otworki przepuszczały wiązkę światła w ściśle określonych momentach, synchronicznie z przebiegiem eksperymentu. W ramach proponowanej pracy proponuje oprogramowanie mikrokontrolera z rodziny AVR atxmega do synchronizacji obrotów z sygnałem triggera, konstrukcje elektroniki i wykonanie tarczy choppera z dysku twardego. Efektem końcowym będzie uniwersalne narzędzie badawcze.

10. Przystosowanie oscyloskopu cyfrowego do akwizycji sygnałów z fotodetektorów

Opiekun: prof. dr hab. Tadeusz Stacewicz

We współczesnych doświadczeniach optycznych sygnały świetlne są, za pomocą fotodetektorów, zamieniane na sygnały elektryczne, a te rejestruje się przy użyciu czulej aparatury elektronicznej. Do takich urządzeń rejestrujących należą współczesne oscyloskopy cyfrowe. Używa się je wszędzie tam, gdzie zachodzi potrzeba zapisu kształtu szybko zmieniającego się sygnału. Tematem pracy będzie przystosowanie oscyloskopu do współpracy ze współczesnymi fotodetektorami, do rejestracji synchronicznej i do cyklicznego zapisu wyników w pamięci komputera. Rozważone będą problemy poprawy stosunku sygnału do szumu. Praca polega na przygotowaniu odpowiedniego oprogramowania aparatów współpracujących z komputerami przeprowadzeniu testów.

11. Lidary rozproseniowe do badania aerozoli atmosferycznych: budowa, działanie, analiza danych

Opiekun: prof. dr hab. Tadeusz Stacewicz

LIDAR – radar optyczny (LIght Detection And Ranging), jest jednym z nielicznych urządzeń, za pomocą którego można zdalnie badać własności atmosfery. Pomiar polega na analizie echa impulsu laserowego penetrującego atmosferę. zadaniem osoby wykonującej tę

pracę będzie opisanie różnych rodzajów lidarów do badania aerozoli atmosferycznych, omówienie metod analizy sygnałów i uzyskiwanych za ich pomocą charakterystyk atmosfery. Praca ma charakter opisowy, ale niewykluczony jest udział w eksperymencie terenowym.

Zakład Biofizyki:

1. „Generacja zespołu struktur białka drkN SH3 z muszki owocowej metodami dynamiki molekularnej”, opiekun: prof. dr hab. Jan Antosiewicz.

Opis: Białko drkN SH3 jest ciekawym obiektem do badań biofizycznych z uwagi na to, że w warunkach fizjologicznych przechodzi odwracalnie między formą natywną i rozwiniętą. Proces przejścia jest wolny w skali czasowej pomiarów spektroskopii jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR), co pozwala oddzielić "obserwować" obie formy strukturalne. W banku danych PDB dostępne są struktury stanu natywnego. Wygenerowanie realistycznych struktur stanu rozwiniętego pozwoliłoby określić teoretycznie energie rozwijania struktury białka i zbadać ich zależności od takich parametrów jak pH roztworu. Odpowiednie dane doświadczalne, z którymi można porównać wyniki teoretyczne, zostały uzyskane metodami spektroskopii NMR. Projekt polega na zapoznaniu się z programem dynamiki molekularnej CHARMM lub GROMACS, na opracowaniu odpowiedniego „inputu”, pozwalającego na uzyskanie zespołu struktur rozwiniętych i na przeprowadzeniu symulacji.

2. „Badanie oddziaływań międzycząsteczkowych w roztworach metodami fotolizy błyskowej”, opiekun: prof. dr hab. Jan Antosiewicz.

Opis: Fotoliza błyskowa jest metodą relaksacyjną, w której badany układ wyprowadza się ze stanu równowagi działając na niego intensywnym impulsem światła, a następnie, wykorzystując pomiar absorpcji roztworu w wybranej długości promieniowania, obserwuje się powrót układu do stanu równowagi i wnioskuje o zachodzących w układzie procesach molekularnych (ich mechanizmach i szybkości). Możliwe są różne warianty wykonania pracy. Dwa następujące przykłady ilustrują istniejące możliwości.

a) badanie kinetyki zderzeń cząsteczek ksantonu i naftalenu w różnych rozpuszczalnikach. Cząsteczka ksantonu po wzbudzeniu impulsem lasera (promieniowanie o długości 355 nm) w ciągu ok. 1 ps przechodzi w długo-żyjący (rzędu 30 μ s) stan trypletowy. Obecność stanu trypletowego przejawia się pasmem absorpcji w 490 nm. Zderzenia z cząsteczką naftalenu przyspieszają dezaktywację ksantonu. W zderzeniu ksanton przekazuje energię naftaleniowi, który przechodzi w stan zbudzony trypletowy (widoczny jako pojawiająca się absorpcja przy 420 nm). W oparciu o analizę przyspieszenia dezaktywacji ksantonu wyznaczamy stałe szybkości asocjacji ksanton-naftalen (w sensie słynnego równania Smoluchowskiego).;

b) Istnieją cząsteczki, które pod wpływem impulsu światła 355 nm uwalniają do roztworu jony wodoru i zakwaszają środowisko (tzw. klatkowane protony). Zakwaszenie następuje w ciągu kilku-kilkunastu nanosekund (czas trwania impulsu lasera to 4 ns). Zakwaszenie roztworu może skutkować wywołaniem różnych procesów molekularnych, np. zmianami konformacyjnymi w białkach, które można śledzić poprzez pomiar absorpcji światła przy odpowiednio dobranej długości. Na przykład białko bren fluorescent protein można obserwować poprzez absorpcję w 490 nm. Pomiar absorpcji informuje nas o kinetyce zmian konformacyjnych białka w odpowiedzi na skok pH.

3. „Badania kinetyki asocjacji ksantonu i naftalenu w roztworach metodami laserowej fotolizy błyskowej”, : prof. dr hab. Jan Antosiewicz.

Cząsteczka ksantonu wzbudzona impulsem światła o długości 355 nm, w ciągu mniej niż jednej pikosekundy przechodzi ze wzbudzonego stanu singletowego do wzbudzonego stanu trypletowego, którego naturalny czas życia jest rzędu 30 μ s.. Dezaktywacja tego stanu trypletowego może być przyspieszona poprzez zderzenia z innymi cząsteczkami, np. cząsteczka naftalenu. W procesie zderzenia energia stanu trypletowego ksantonu zostaje przekazana cząsteczce naftalenu, która w wyniku tego przechodzi sama w stan trypletowy. Obecność trypletowego stanu ksantonu rejestruje się poprzez pomiar absorpcji światła o długości 590 nm, a obecność trypletowego stanu naftalenu stwierdza się poprzez absorpcję przy długości 420 nm. W proponowanej pracy licencjackiej, powstawanie i zanik stanu trypletowego ksantonu i naftalenu będą obserwowane poprzez użycie nanosekundowego spektrofotometru laserowej fotolizy błyskowej. W programie minimum, obserwacje będą prowadzone przy różnych stężeniach ksantonu i naftalenu, w różnych rozpuszczalnikach, a otrzymane wyniki doświadczalne posłużą do obliczenia stałej szybkości asocjacji ksanton-naftalen. W programie maksimum, pomiary będą przeprowadzone w roztworach zawierających oprócz ksantonu i naftalenu także mikrosfery latexowe stanowiące czynnik zatłaczający środowisko. Celem proponowanej pracy licencjackiej jest sprawdzenie czy w ten sposób możemy uzyskać wygodny układ modelowy do badania wpływu zatłoczenia molekularnego na szybkość reakcji chemicznych - tematu obecnie popularnego w środowisku biofizyków i biologów molekularnych. Wyniki doświadczalne będą porównane z wynikami symulacji metodami dynamiki brownowskiej, uzyskanymi przy użyciu znanego pakietu UHBD (od University of Houston Brownian Dynamics) oraz prawdopodobnie będzie również użyty nowy program dynamiki brownowskiej opracowywany w Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania UW (dr. Maciej Długosz).

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

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 przeciw pasożytnicze, a także – mniej specyficzne fosforylasy 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.

5. „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) powoduje przejście tych cząsteczek ze stanu podstawowego do wzbudzonego, natomiast przejście odwrotne jest realizowane poprzez emisję fotonów zwaną fluorescencją. Absorpcja i emisja zależą od własności białka i jego oddziaływania z innymi cząsteczkami i środowiskiem, zarówno w stanie podstawowym jak i wzbudzonym. W pracy licencjackiej wykorzystane będą właściwości emisyjne białek (enzymów) w charakterystyce ich oddziaływań z ligandami (substratami, inhibitorami) 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 wprowadzenie do metodologii pracy z białkami i zapoznanie się z nowoczesnymi technikami spektroskopowymi. Celem pracy licencjackiej jest identyfikacja czynników fizycznych (strukturalnych, konformacyjnych, dysocjacji i asocjacji protonów) decydujących o selektywnym rozpoznawaniu i silnym wiązaniu ligandów. Wyniki będą mogły być wykorzystane 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) przyczyni się także do lepszego zrozumienia mechanizmu reakcji katalitycznej. Ponadto różnice między enzymami ludzkimi i z mikroorganizmów mogłyby być wykorzystane do ulepszenia metod stosowanych w terapii genowej nowotworów za pomocą wszczepienia do tkanki nowotworowej mniej specyficznego „samobójczego” genu enzymu z mikroorganizmu. Enzym będący produktem tego genu mógłby aktywować nietoksyczny analog substratu do toksycznego produktu tylko w komórkach nowotworowych, podczas gdy zarówno substrat jak i produkt byłyby nieaktywne wobec enzymów ludzkich, tj. tkanek zdrowych.

6. „Zastosowanie spektroskopii emisyjnej w badaniach właściwości fizycznych cząsteczek biologicznych”, opiekun: prof. dr hab. Borys Kierdaszuk.

Opis: Absorpcja fotonów przez cząsteczki biologiczne (np., białka, 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 magnetycznego (NMR), to można je uznać za komplementarne, a nawet posiadające większe możliwości. Dostarczają informacji o strukturze, oddziaływaniach i dynamice układów cząsteczkowych w roztworze, tj. w warunkach zbliżonych do takich jakie są w żywych komórkach i tkankach. W przypadku białek (enzymów) możemy to sprawdzić m.in. na podstawie pomiaru ich aktywności katalitycznej wobec typowych ligandów (substratów, inhibitorów) oraz na podstawie wpływu oddziaływania białek z ligandami na emisję znaczników emisyjnych przyczepionych kowalencyjnie do białek i ligandów. Projekt pracy licencjackiej przewiduje wprowadzenie do metodologii pracy z chloroplastami roślin i zapoznanie się z nowoczesnymi technikami spektroskopowymi. Celem

pracy licencjackiej jest zwiększenie rozdzielczości przestrzennej i czułości tych metod poprzez zastosowanie laserowej fluorescencyjnej mikroskopii konfokalnej, gdzie wykorzystuje się wygaszanie stanów wzbudzonych za pomocą emisji stymulowanej (*Stimulated Emission Depletion, STED*) trójwymiarowego obrazowania struktury chloroplastów roślinnych za pomocą przestrzennego rozkładu czasów życia chlorofilu w stanie wzbudzonym (*Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy, FLIM*). Badania te mogą być rozszerzone o badania dyfuzji cząsteczek biologicznych, np. białek i ich kompleksów z ligandami za pomocą fluorescencyjnej spektroskopii korelacyjnej (*Fluorescence Correlation Spectroscopy, FCS*).

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

Opis: Celem pracy licencjackiej (doświadczalno-teoretycznej) jest sformułowanie modelu opisującego kinetykę dezaktywacji elektronowych stanów wzbudzonych cząsteczek w układach biologicznych na skutek emisji fotonów (fluorescencji). Układy te wykazują złożone relaksacje, będące wynikiem oddziaływania wzbudzonych cząsteczek z otoczeniem i transferu energii wzbudzenia do stanów elektronowych innych cząsteczek. Rozważeniu poddane zostaną układy z przeniesieniem energii wzbudzenia. W dotychczasowych badaniach pokazaliśmy, że czasowo zależna szybkość migracji energii, której zaproponowana postać zgodna jest z doświadczeniem, prowadzi do potęgowej członu w funkcji zaniku. Ten z kolei jest jeszcze jedną manifestacją q -eksponencjalnej funkcji Tsallisa. Dodatkowo implikuje czasową hierarchiczność w procesach migracji energii będącą wynikiem hierarchicznej struktury poziomów energetycznych. We współpracy z grupą naukową dr hab. A. Sobolewskiego (Instytut Fizyki PAN, Warszawa) oraz prof. B. Lesynga (Zakład Biofizyki IFD UW) wyznaczone będą zależności energii wewnętrznej od konformacji i oddziaływań badanych cząsteczek zarówno w stanie podstawowym jak i w stanie wzbudzonym. Projekt pracy licencjackiej przewiduje wprowadzenie do nowoczesnej metodologii spektroskopowej i zapoznanie się z nowoczesnymi metodami teoretycznymi. Celem pracy licencjackiej będzie interpretacja wyników doświadczalnych dotyczących dezaktywacji stanów wzbudzonych w białkach i ich kompleksach z ligandami. Spodziewamy się, że połączenie badań doświadczalnych i teoretycznych doprowadzi do odkrycia dróg migracji energii wzbudzenia. Wstępne badania pokazały, że funkcja potęgowa w prosty sposób opisuje zaniki stanów wzbudzonych i może stanowić dobrą alternatywę dla modeli wielo-wykładniczych, gdzie wzrost liczby składników wykładniczych bardzo często poprawia dopasowanie, ale interpretacja fizyczna poszczególnych komponentów wykładniczych jest niejasna. Ponadto, w przypadku układów, gdzie występują zjawiska migracji energii wzbudzenia, opis wielo-wykładniczy zawodzi. Zastosowanie proponowanych modeli dostarczyłoby nowych informacji fizycznych o badanym układzie, takich jak liczba dróg dezaktywacji i średni czas dezaktywacji oraz pozwoliłoby traktować zaniki fluorescencji w skomplikowanych (heterogennych) układach biologicznych w ujęciu statystycznym

8. „Badania Właściwości emisyjne białek i ich wykorzystanie w charakterystyce oddziaływań z ligandami”, opiekun: 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. Praca licencjacka dotyczy określenia wymagań strukturalnych wybranego enzymu i sformułowania na tej podstawie modelu mechanizmu reakcji enzymatycznych

katalizowanych przez wybrany enzym na bazie precyzyjnych informacji o strukturze i własnościach fizycznych enzymu, ligandów i asocjatorów 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. W badaniach tych uwzględnione będą następujące zjawiska fizyczne i ich ewentualny wpływ na emisję (fluorescencję) cząsteczek i ich kompleksów:

- (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) Bezpromieniste (rezonansowe) przeniesienie energii wzbudzenia w wyniku oddziaływania dipol-dipol między donorem w stanie wzbudzonym i akceptorem w stanie podstawowym.

9. „Białka uczestniczące w procesie inicjacji translacji jako potencjalne „cele” w terapii nowotworów”, opiekun: dr Anna Modrak-Wójcik.

Opis: Inicjacja translacji w komórkach eukariotycznych jest wieloetapowym procesem tworzenia kompleksów wielu białek i RNA i determinuje wypadkową szybkość biosyntezy białek. Regulacja tego procesu ma kluczowe znaczenie dla prawidłowego wzrostu i podziału komórki, a jego „rozregulowanie” wiąże się ściśle z kancerogenezą. Szczególną rolę odgrywa białkowy czynnik translacyjny eIF4E – badania wskazują na obecność nienormalnie wysokiego poziomu tego białka w ludzkich komórkach nowotworowych. Praca licencjacka stanowiłaby przegląd literaturowy przedstawiający obecny stan wiedzy dotyczący zagadnienia biofizycznych podstaw specyficznych oddziaływań eIF4E z końcami 5' kwasu rybonukleinowego tzw. kapem. Przewidziane jest również zapoznanie się ze stroną eksperymentalną badania tych oddziaływań technika spektrofluorometryczną.

10. „Spektroskopia NMR w wyjaśnianiu struktur cząsteczek”, opiekun: prof. dr hab. Ryszard Stolarski.

Opis: Odkryte w połowie ubiegłego wieku zjawisko magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) znalazło niezwykle szerokie zastosowania: od fizyki ciała stałego, poprzez chemię, biochemię, biofizykę i biologię molekularną, do diagnostyki medycznej (MRI, magnetic resonance imaging). Prowadzone są również prace nad jego wykorzystaniem w budowie komputerów kwantowych. Za badania z wykorzystaniem techniki NMR przyznano już cztery nagrody Nobla: w dziedzinie fizyki za odkrycie zjawiska, dwie w dziedzinie chemii za rozwój podstaw teoretycznych spektroskopii NMR i jej zastosowania w wyznaczaniu struktur przestrzennych białek i kwasów nukleinowych oraz w dziedzinie fizjologii i medycyny za nieinwazyjne obrazowanie narządów, tkanek (MRI) i czynności mózgu (fMRI). Spektroskopia NMR umożliwia badania cząsteczek organicznych, od najprostszych do złożonych biopolimerów takich jak białka i kwasy nukleinowe oraz błony biologiczne, nie tylko w próbce (in vitro), ale także w żywych komórkach i tkankach. Obok dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego na kryształach molekularnych jest to druga dostępna aktualnie metoda wyznaczania struktur przestrzennych dużych biomolekuł (białka, kwasy nukleinowe) z rozdzielczością atomową, tzn. z dokładnością do położenia poszczególnych zrębów atomowych cząsteczki. Praca licencjacka dotyczyć będzie zastosowań spektroskopii NMR do określania struktury chemicznej i przestrzennej cząsteczek organicznych oraz do

badania oddziaływań między cząsteczkami. W ramach części doświadczalnej przewidziane jest samodzielne wykonanie widm NMR w celu rozwiązania jednego z tych problemów .

11. „Optymalizacja warunków fałdowania wybranego mutanta 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.

12. „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 opisanie dostępnych modeli fałdowania białek

Zakład Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych

1. Analiza najnowszych danych pochodzących z detektora CMS przy akceleratorze LHC

opiekunowie: prof. dr hab. Jan Królikowski, Krzysztof Doroba, dr Marcin Konecki, Mikołaj Ćwiok

do wyboru jest szereg tematów dotyczących oddziaływań pp przy energii 7 TeV:

- badanie rozkładu emitowanych w oddziaływaniu mionów
- analiza rozkładów kątowych rejestrowanych mionów kosmicznych
- analiza działania mionowego układu wyzwalającego (RPC Trigger)

2. Rejestracja wysokoenergetycznych cząstek naładowanych w macierzach pixlowych - badanie przestrzennego rozkładu deponowanego ładunku (dane z elektronowych wiązek testowych)

opiekun prof. dr hab. Jacek Ciborowski.

3. Szczególna teoria względności z układem wyróżnionym.

opiekun prof. dr hab. Jacek Ciborowski.

Opis: Celem pracy jest policzenie podstawowych efektów: dylatacja czasu, skrócenie długości itp. W ramach ujęcia opartego na absolutnej synchronizacji czasu – łamiącego zasadę względności poprzez wprowadzenie wyróżnionego układu odniesienia, lecz zachowującego symetrię Lorentza.

4. Poszukiwania oddziaływań neutrin taonowych, powstałych w wyniku oscylacji neutrin mionowych w detektorze MINOS

opiekun dr Katarzyna Grzelak

5. Optymalizacja programu do rekonstrukcji torów cząstek naładowanych w neutrinowym eksperymencie MINOS

opiekun dr Katarzyna Grzelak

6. Mionowy system wyzwalań w oparciu o komory RPC w eksperymencie CMS przy Wielkim Zderzaczu Hadronów.

Opiekun: dr Marcin Konecki

Opis: W marcu 2010 wznowił działanie w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN) Wielki Zderzacz Hadronów LHC. Grupa Warszawska eksperymentu Compact Muon Solenoid uruchomiła w detektorze CMS przy LHC zaprojektowany w Warszawie układ wyzwalający oparty o komory RPC. Celem pracy jest zbadanie efektywności układu i jego możliwa optymalizacja.

7. Opracowanie procedury kalibracyjnej kamer CCD w projekcie "Pi of the Sky"

Opiekun: prof. dr hab. Aleksander Filip Żarnecki

Opis: Podstawowa kalibracja detektorów CCD wymaga zrobienia tzw. ciemnych klatek, czyli klatek zbieranych w warunkach identycznych co zdjęcia nieba, ale przy zamkniętej migawce. Ciemne klatki (ang. dark frames) są następnie odejmowane od zdjęć nieba aby wyeliminować tło odczytu i tzw. gorące piksele.

Kolejnym krokiem jest kalibracja niejednorodności odpowiedzi poszczególnych pikseli detektora i niejednorodnej transmisji obiektywu. W tym celu wykonuje się zdjęcia jednorodnie oświetlonego obszaru, zazwyczaj wycinka nieba tuż po zmierzchu lub tuż przed świtem. Niestety, w przypadku dużych pól widzenia (kamera "Pi of the Sky" obejmuje obszar ok. 20 x 20 stopni) różnice w jasności nieba uniemożliwiają zrobienie dobrej klatki kalibracyjnej (ang. flat frame). Dlatego stosuje się w tym celu dedykowane, jednorodnie oświetlone ekrany i wykonuje klatki kalibracyjne w laboratorium (tzw. dome flats).

Celem proponowanej pracy jest użycie takiego właśnie ekranu w celu skalibrowania kamer CCD stosowanych w projekcie "Pi of the Sky" oraz opracowanie procedury kalibracyjnej (skrypty i programy) możliwej do szybkiego i prostego zastosowania w kolejnych kamerach (docelowo będzie zastosowana do 24 kamer projektu "Pi of the Sky"). Praca wymaga umiejętności posługiwania się systemem Linux oraz doświadczenia w pracy z aparaturą.

8. Rozpoznawanie satelitów na podstawie paralaksy w układzie detektorów "Pi of the Sky"

Opiekun: prof. dr hab. Aleksander Filip Żarnecki

Opis: Celem projektu "Pi of the Sky" jest obserwacja błysków optycznych towarzyszących błyskom gamma (Gamma Ray Bursts, GRB) oraz innych krótkotrwałych zjawisk optycznych na niebie. Dane zebrane przez prototypową aparaturę w obserwatorium Las Campanas w Chile wskazują, że głównym tłem przy rozpoznawaniu błysków pochodzenia kosmicznego są odbijające światło słoneczne satelity. Dlatego docelowa aparatura "Pi of the Sky" ma się składać z dwóch zestawów detekcyjnych umieszczonych w odległości rzędu 100km, co umożliwi odrzucanie sygnałów od satelity metodą paralaksy.

Celem pracy byłoby przeprowadzenie pomiarów, czyli zdjęć nieba z użyciem kamer CCD, które pozwoliłyby na przetestowanie metody paralaksy, a następnie analiza zebranych danych i określenie jaka jest wymagana odległość między zestawami detekcyjnymi. Praca wymaga umiejętności posługiwania się systemem Linux oraz doświadczenia w pracy z aparaturą. Doświadczenie w analizie danych byłoby pomocne.

9. Opracowanie nowej koncepcji strony internetowej projektu "Pi of the Sky"

Opiekun: prof. dr hab. Aleksander Filip 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. Od 2004 roku aparatura prototypowa testowana była w obserwatorium LCO w Chile. W październiku 2010 uruchomiony został pierwszy moduł docelowego układu detekcyjnego, który ma się składać z 24 kamer CCD. Rozpoczęcie nowej fazy projektu skłania też do modernizacji i rozbudowy strony internetowej. Dotychczas, w fazie przygotowywania eksperymentu, strona ta przeznaczona była głównie dla specjalistów. Obecnie istnieje pilna potrzeba przygotowania nowej strony przeznaczonej dla szerokiego odbiorcy, która prezentowałaby projekt i jego tematykę badawczą w bardziej atrakcyjnej formie.

10. Badanie efektywności znakowania zapachów kwarków w detektorze wierzchołka przy ILC

Opiekun: prof. dr hab. Aleksander Filip Żarnecki

Opis: Projekt ILC (International Linear Collider) jest projektem przyszłego akceleratora liniowego e^+e^- , który może być zbudowany ok. roku 2020. Obecnie trwają prace nad projektem technicznym akceleratora oraz nad projektami rejestrujących zderzenia układów detekcyjnych. Jednym z kluczowych elementów układu detekcyjnego jest tzw. detektor wierzchołka, który poprzez bardzo precyzyjny pomiar torów produkowanych cząstek naładowanych pozwala na rekonstrukcję punktu oddziaływania cząstek wiązki, a także ew. punktów rozpadu cząstek wtórnych.

Celem pracy byłoby przetestowanie nowej procedury symulacji odpowiedzi detektorów krzemowych typu MAPS (Monolithic Active Pixel Sensor), które mają być wykorzystane do budowy detektora wierzchołka przy ILC, oraz porównanie wyników uzyskanych przy zastosowaniu nowej procedury z procedurami szybkiej symulacji stosowanymi dotychczas.

Próbką danych, na których badana byłaby efektywność rozpoznawania dżetów z produkcją kwarków b i c , byłyby symulowane przypadki produkcji bozonu Z w zderzeniach e^+e^- .

11. Poszukiwania bozonu Higgsa

Opiekun: prof. dr hab. Krzysztof Doroba

Opis: Jednym z brakujących elementów Modelu Standardowego oddziaływań cząstek elementarnych jest cząstka (bądź cząstki) Higgsa. Jej odkrycie potwierdziłoby przyjmowany obecnie mechanizm, który jest odpowiedzialny za to, że cząstki elementarne mają masę różną od zera. Poszukiwania bozonu Higgsa prowadziło już szereg eksperymentów, a obecnie stoimy przed szansą jego odkrycia w eksperymentach zbudowanych przy Wielkim Zderzaczu Hadronów LHC. Praca ma charakter literaturowy.

12. Poszukiwania Nowej Fizyki w Wielkim Zderzaczu Hadronów LHC

Opiekun: prof. dr hab. Jan Królikowski

Opis: Od wielu lat trwają przygotowania do uruchomienia Wielkiego Zderzacza Hadronów LHC. Zarówno eksperymentatorzy jak i teoretycy pokładają wielkie nadzieje w danych uzyskanych z tego urządzenia. Powinny one pozwolić rozstrzygnąć szereg problemów stojących przed współczesną fizyką cząstek elementarnych, takich jak istnienie cząstki Higgsa, Supersymetria czy łamanie symetrii CP. Praca o charakterze literaturowym dotyczyłaby podstawowych zagadnień związanych z tymi zagadnieniami.

13. Analiza danych z testów detektorów krzemowych

Opiekun: prof. dr hab. Jacek Ciborowski

Opis: Współpraca EUDET zbudowała tzw. teleskop złożony z kilku warstw mozaikowych detektorów krzemowych. Pozwalają one na bardzo precyzyjny pomiar pozycji cząstek, z dokładnością rzędu mikrometrów. Teleskop testowany był na wiązkach cząstek w ośrodkach DESY i CERN. Celem ćwiczenia będzie analiza danych z testów tych detektorów i wyznaczenie na tej podstawie parametrów opisujących odpowiedź detektora.

14. Fizyka wielkiej liczby partonów w LHC: przegląd przewidywań i metod doświadczalnych

Opiekun: prof. dr hab. Barbara Badełek

Opis: W prostym modelu kwarkowym nukleon składa się z trzech kwarków, których cechy wyjaśniają większość własności nukleonu (ładunek, moment magnetyczny,...). Chromodynamika kwantowa postuluje istnienie także gluonów, co z kolei wymaga istnienia par kwarków, tzw. morza. Wydaje się jednak, że w ramach takiego formalizmu może zaistnieć sytuacja, kiedy liczba partonów w nukleonie rośnie nieograniczenie, co może przeczyć niektórym fundamentalnym zasadom fizyki. Konieczne są więc mechanizmy "hamujące" nieograniczony wzrost tej liczby.

W dotychczasowych doświadczeniach nad rozpraszaniem głęboko nieelastycznym (np. na zderzaczu HERA) nie zaobserwowano jeszcze takiego wzrostu liczby partonów. Wielki Zderzacz Hadronów, LHC, który w listopadzie 2009 zostanie uruchomiony w CERNie, dostarczy jednak danych, które powinny rozstrzygnąć te kwestie.

Praca będzie okazją do podsumowania przewidywań dotyczących Fizyki wielkiej liczby partonów, sformułowania sygnatur procesów a także zaznajomienia się

z możliwościami ich badania w doświadczeniach CMS, ATLAS i TOTEM przy LHC. Praca będzie polegała głównie na przeglądzie literatury, ale jeśli uruchomienie LHC przebiegnie według planów, student może też mieć przyjemność analizy wstępnych danych.

15. Wyznaczanie efektywności układu wyzwalania detektorów w fizyce cząstek elementarnych

Opiekun: dr Grzegorz Grzelak

Opis: Wprowadzenie do metodologii pomiaru efektywności (wstęp przeglądowy) oraz część związana z analiza danych. Praca wykonywana będzie przy użyciu danych triggera mionowego kalorymetru BAC oraz samodzielnie wykonanych pomiarów w rozszerzonej wersji ćwiczenia P1 na Pracowni Fizycznej dla zaawansowanych.

16. Oddziaływania neutrin w bliskim detektorze eksperymentu T2K

opiekun: prof. dr hab. Danuta Kielczewska

Opis: T2K jest pierwszym eksperymentem neutrinowym drugiej generacji. Korzysta z wiązki wyprodukowanej w nowym laboratorium akceleratorowym JPARC w Japonii. Oscylacje będą obserwowane w detektorze Super-Kamiokande (odległym o 295 km od źródła wiązki) przez porównanie z oddziaływaniami neutrin w bliskim detektorze ND280. T2K zaczął zbierać dane na początku 2010 roku. Praca będzie polegała na poznaniu głównych charakterystyk oddziaływań neutrin za pomocą pakietu symulacyjnego oraz przeprowadzeniu bardzo wstępnej analizy danych. Konieczna znajomość C/C++.

(temat zarezerwowany - p. Weronika Warzycha)

17. Wstępna analiza produkcji ujemnych hadronów w oddziaływaniach proton-proton zmierzonych w eksperymencie NA61/SHINE.

opiekun: prof. dr hab. Wojciech Dominik

18. Badanie rozpadów neutralnych kaonów zmierzonych w oddziaływaniach proton-proton w eksperymencie NA61/SHINE.

opiekun: prof. dr hab. Wojciech Dominik

19. Analiza precyzji kalibracji prędkości dryfu elektronów w gazie detektorów TPC eksperymentu NA61/SHINE

opiekun: prof. dr hab. Wojciech Dominik

20. Badanie ekskluzywnej produkcji jetów w eksperymencie CMS przy Wielkim Zderzaczu Hadronów

opiekun: dr Grzegorz Brona

opis: W zderzeniach proton-proton zachodzących w detektorze CMS produkowanych jest zazwyczaj wiele cząstek. Istnieją jednak procesy, które prowadzą do produkcji jedynie niewielkiej ilości, dobrze mierzonych obiektów. Jeden z takich procesów może prowadzić do ekskluzywnej produkcji par jetów hadronowych. Zdarzenia takie obserwowane były po raz pierwszy przy eksperymentach w akceleratorze Tevatron w USA. W eksperymencie CMS chcielibyśmy ponownie zobaczyć te zdarzenia i zmierzyć częstość ich występowania (która związana jest z nieznaną częstością ekskluzywnej produkcji cząstki Higgsa!). Zadaniem student będzie zapoznanie się z pracą układu wyzwalającego zapis danych zbieranych przez CMS

i zoptymalizowanie go pod kątek rejestracji ekskluzywnej produkcji jetów. Będzie miał on też okazję na poszukiwanie w zebranych już danych przypadków ekskluzywnej produkcji jetów.

(temat zarezerwowany - p. Piotr Olejnik)

Zakład Dydaktyki Fizyki

1. „Analiza porównawcza empirycznych statystyk światowych indeksów rynkowych ”

(opiekun: dr hab. Ryszard Kutner)

Chodzi tutaj przede wszystkim o porównanie indeksów giełdowych, indeksów sektorowych (np. paliwowo-energetycznych), cen metali szlachetnych (a w tym zwłaszcza złota) oraz metali ziem rzadkich przed ostatnim kryzysem oraz w trakcie jego trwania. Spodziewamy się występowania pomiędzy nimi zależności typu naczyń połączonych – należy to zbadać. Przy okazji należy spróbować odpowiedzieć na pytanie czy fazę spadkową kryzysu mamy już za sobą, na co wskazywałby np. przebieg WIG-u.

2. „Badanie asymetrii typu zysk-strata występującej na giełdzie metodami fizyki statystycznej” (opiekun: dr hab. Ryszard Kutner)

Czasami na giełdzie obserwuje się asymetrię szumu tzn. jego statystyka jest asymetryczna. Jest to interesujące zjawisko, którego przyczyny nie są jasne. Analiza tego zjawiska metodami fizyki statystycznej oraz zbadanie jego przyczyn może rzucić interesujące światło na zrozumienie mechanizmów funkcjonowania giełdy.

3. „Badanie wpływu pola informacji na dynamikę giełdy za pomocą trójstanowego modelu Isinga ” (opiekun: dr hab. Ryszard Kutner)

Różne odmiany trójstanowego modelu Isinga są często stosowane do analizy wielu sytuacji decyzyjnych na giełdzie. W ramach tego tematu chodzi przede wszystkim o wykorzystanie nowopowstałego, najbardziej realistycznego ze wszystkich znanych dotychczas odmian tego modelu, do symulacji komputerowej dynamiki ceny waloru na giełdzie.

4. „Badanie wpływu zdarzeń ekstremalnych na ryzyko rynkowe metodami fizyki statystycznej” (opiekun: dr hab. Ryszard Kutner)

Ponieważ statystyki indeksów giełdowych ostatniej dekady mają charakter niegaussowski sensownym jest pytanie o ich postać a stąd o szacowanie ryzyka rynkowego. Najczęściej obserwowanym elementem tych statystyk są pogrubione ogony co oznacza, że są one rządzone zdarzeniami ekstremalnymi zwiększającymi w sposób zasadniczy ryzyko rynkowe. Celem pracy byłoby zbadanie tego ryzyka, gdyż jest ono kluczowym elementem analizy efektywności inwestowania na giełdzie.

5. „Prognozowanie krachów za pomocą krytycznego spowolnienia relaksacji”

(opiekun: dr hab. Ryszard Kutner)

Zjawisko krytycznego spowolnienia relaksacji (ang. *critical slowing down*) towarzyszy układowi w miarę zbliżania się (w przestrzeni parametrów termodynamicznych) do punktu krytycznego. Wydaje się, że tego typu efekt można by wykorzystać do oszacowania czasu wystąpienia krachu np. na rynku finansowym. Celem pracy byłoby sprawdzenie tego przypuszczenia w oparciu o dane empiryczne uzyskane z rynków finansowych.

6. „Badanie dynamiki długu publicznego do PKB w Polsce”

(opiekun: dr hab. Ryszard Kutner)

Badanie dynamiki długu publicznego do PKB w oparciu o dane empiryczne stanowi ważne zagadnienie praktyczne. Celem pracy jest analiza tej dynamiki w oparciu o różne sposoby liczenia długu, określenie warunków w jakich nastąpić może przekroczenie kolejnych progów ostrożnościowych oraz zaproponowanie sposobu uniknięcia tego przekroczenia.

7. „Eksperymenty fizyczne w terenie dla gimnazjalistów”

(opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska)

Praca powinna zawierać propozycje doświadczeń, jakie można przeprowadzić z uczniami w terenie na zajęciach pozalekcyjnych. Opis doświadczeń wraz z komentarzem merytorycznym i metodycznym powinien ułatwić nauczycielom fizyki wykorzystanie naturalnych warunków w lesie, parku, boisku szkolnym do sprawdzania słuszności praw fizyki.

8. „Metody aktywizujące w nauczaniu termodynamiki na poziomie gimnazjum”

(opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska)

W pracy omówione zostaną metody pracy z uczniem gimnazjum w zakresie wprowadzania pojęć z termodynamiki. Szczególnie istotną część pracy będą stanowiły własne propozycje metod aktywizujących uczniów rozwijających ich zainteresowania: gry dydaktyczne, metody laboratoryjne, projekty edukacyjne.

9. „Rola nauczyciela fizyki w realizacji międzyprzedmiotowych projektów edukacyjnych”

(opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska)

W pracy omówiona zostanie rola nauczyciela fizyki w związku z nowymi zadaniami szkoły w zakresie realizacji przez uczniów obowiązkowego projektu edukacyjnego. Na podstawie przykładowych tematów zostaną omówione kolejne etapy realizacji projektu oraz rola w tym nauczyciela.

10. „Cele nauczania fizyki a testy sprawdzające dla gimnazjalistów”

(opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska)

Na podstawie przeprowadzanych testów na zakończenie gimnazjum zostanie dokonana analiza treści zadań z fizyki w stosunku do innych treści przyrodniczych. Praca będzie zawierała przegląd osiągnięć uczniów gimnazjum w zakresie umiejętności rozwiązywania zadań z fizyki oraz własne propozycje zadań.

11. „Doświadczenia ilościowe z optyki w dydaktyce”

(opiekun: dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska)

Przygotowanie opisów doświadczeń z wykorzystaniem szkolnych zestawów: ławy optycznej, stolika optycznego, siatki dyfrakcyjnej, lasera. Praca powinna zawierać przykładowe dane liczbowe z przetestowania dostępnej aparatury, komentarze ułatwiające pracę nauczyciela.

12. „Centrum Nauki Kopernik jako ośrodek nowatorskiej popularyzacji fizyki”

(Opiekun : dr Anna Kaczorowska)

Interakcyjne ekspozycje w nowo otwartym Centrum Nauki Kopernik dotyczą nauk przyrodniczych. W pracy należy opisać jaka jest struktura Centrum W pracy należy przedstawić wybrane, najbardziej inspirujące eksperymenty fizyczne. Zbadać, jak są rozumiane przez zwiedzającą młodzież.

13. „Ocena przydatności programów komputerowych dołączanych do podręczników szkolnych w nauczaniu fizyki.”

(Opiekun : dr Anna Kaczorowska)

W wielu podręcznikach szkolnych do fizyki pojawiły się płytki z programami komputerowymi, których celem jest wzbogacenie form pracy na lekcji. Czy jest to rzeczywista pomoc, czy może jest to gadżet marketingowy. Czy treści nauczania wprowadzone na płytce są merytorycznie poprawne. Oczekuję, że autor pracy zajmie się odpowiedzią na te pytania.

14. „Idee i doświadczenia Galileusza we współczesnym nauczaniu fizyki.”

(Opiekun : dr Anna Kaczorowska)

Galileusz był niezrównanym popularyzatorem nauki. Wiele doświadczeń opisanych w dwóch słynnych „Dialogach” można przenieść na lekcje fizyki. Przykłady i paradoksy w nich opisane mogą być ilustracją na lekcjach kinematyki i dynamiki na różnych poziomach kształcenia.

15. „Doświadczenia uczniowskie i pokazy w realizacji działu „Prąd elektryczny i indukcja elektromagnetyczna” na lekcja fizyki” (Opiekun : dr Anna Kaczorowska)

Temat pracy adresowany do przyszłych nauczycieli. W związku z pojawieniem się nowych zestawów przyrządów do eksperymentów uczniowskich chodzi o ocenę ich przydatności, zaproponowanie niekonwencjonalnych, atrakcyjnych doświadczeń i pokazania ich miejsca w realizacji konkretnych tematów.

16. "Optymalizacja parametrów pracy zestawu do pokazów fizycznych z dziedziny mechaniki"(Opiekun: dr Krzysztof Karpierz)

Praca ma polegać na dobraniu parametrów pracy wybranego zestawu z dziedziny mechaniki. Powinna się składać z 2 części eksperymentalnej i teoretycznej (wymagane zrobienie strony internetowej do danego pokazu).

17. "Optymalizacja parametrów pracy zestawu do pokazów fizycznych z dziedziny termodynamiki" (Opiekun: dr Krzysztof Karpierz)

Praca ma polegać na dobraniu parametrów pracy wybranego zestawu z dziedziny termodynamiki.

Powinna się składać z 2 części : eksperymentalnej i teoretycznej (wymagane zrobienie strony internetowej do danego pokazu).

Zakład Spektroskopii Jądrowej

1. „Cyfrowy system zbierania danych w spektroskopii gamma."

Opiekun- dr Jan Kurpeta

Celem pracy będzie uruchomienie oprogramowania do obsługi modułów cyfrowej analizy sygnałów (XIA DGF) i przeprowadzenie pomiarów demonstrujących współdziałanie układu z detektorami promieniowania gamma.

2. „Obrazowanie ruchu jonów w pułapce Penning’a."

Opiekun – dr Jan Kurpeta

Pułapki jonowe to urządzenia wykorzystywane m.in. do magazynowania, selekcji oraz precyzyjnego pomiaru mas jonów. Celem pracy będzie przeprowadzenie obliczeń trajektorii jonów uwięzionych w pułapce elektromagnetycznej typu Penning'a.

3. "Badanie własności czasowych spektrometru promieniowania gamma ze scyntylatorem LaBr₃."

Opiekun – dr Agnieszka Korgul

Detektory scyntylacyjne z kryształami LaBr₃ charakteryzują się bardzo dobrą energetyczną zdolnością rozdzielczą oraz wysoką wydajnością rejestracji promieniowania gamma.

Celem pracy będzie zbadanie charakterystyki czasowej spektrometru z kryształem LaBr₃ i określenie jego przydatności do pomiarów czasów życia stanów jądrowych.

4. „Pomiar prędkości dryfu elektronów w komorze dryfowej z odczytem optycznym.”

Opiekun – dr hab. Zenon Janas

Celem pracy jest opracowanie metody bezpośredniego pomiaru prędkości dryfu elektronów w komorze dryfowej z odczytem optycznym i przeprowadzenie pomiaru tej wielkości dla wybranej mieszanki gazowej. (więcej informacji o detektorze OTPC na stronie http://zsj.fuw.edu.pl/info_badania_otpc.php)

5. „Pomiar czasu życia ^7Be ”

Opiekun – dr Chiara Mazzocchi / dr hab. Zenon Janas

Jądra ^7Be rozpadają się poprzez wychwyt orbitalnego elektronu z czasem połowicznego zaniku równym 53.3 dni. Celem pracy jest wykonanie pomiarów i przeprowadzenie analizy danych prowadzące do określenia zależności czasu życia ^7Be od własności (struktury elektronowej) materiału, w którym znajdują się atomy ^7Be . Pomiary te są ważne m.in. dla określenia strumienia neutrin słonecznych.

Zakład Fizyki Jądra Atomowego:

1. $E=mc^2$ podstawa energetyki jądrowej

Tematem pracy licencjackiej jest oszacowanie zalet i wad energetyki jądrowej w stosunku do energetyki węglowej. Wzór Weizsacker'a pozwala oszacować masę jądra przed rozszczepieniem oraz masę produktów po rozszczepieniu. W oparciu o fundamentalną formułę Einsteina $E=mc^2$, wyrażającą związek między masą a energią, należy oszacować ilość możliwej do uzyskania energii przy spalaniu jednostki masy paliwa jądrowego i węglowego. Przy oszacowaniach powinno się uwzględnić różne generacje reaktorów oraz obliczyć ilość paliwa jądrowego oraz konwencjonalnego koniecznego do zaspokojenia potrzeb energetycznych Polski w okresie jednego roku.

Prowadzący dr Ernest Grodner

2. 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

3. Przygotowanie i charakteryzacja tarcz stosowanych w eksperymentach fizyki jądrowej.

W eksperymentach fizyki jądrowej z wykorzystaniem akceleratorów, wiązka rozpędzonych jąder (pocisk) uderza w nieruchome jądra tarczy. Energia zderzenia pozwala na zajście reakcji jądrowej. Eksperymenty tego typu wymagają tarczy będącej cienką warstwą materiału o dobrze określonej grubości i strukturze. W pracy licencjackiej należy:

- a) wykonać pojedynczą folię np. cyny poprzez walcowanie;
- b) określić grubość otrzymanej folii w jednostkach [m] (niestandardowa) oraz [mg/cm²] (standardowa);
- c) wykorzystując metodę napyłania przygotować podwójną tarczę metaliczną poprzez napylenie cyny na podkładkę (np. aluminium);
- d) określić jej grubość.

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 ¹²C, ¹⁴N, ¹⁶O, ²²Ne na tarczy ¹⁹⁷Au 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 (SLCJ), dr I. Skwira

5. Wzbudzenia kulombowskie jąder atomowych wiązką protonów z akceleratora Van de Graaffa

Cząstka naładowana, np. proton przelatując w pobliżu jądra powoduje jego wzbudzenie. Jest to proces nieelastycznego zderzenia dwu jąder. W tym przypadku nie zachodzi ono w wyniku oddziaływań jądrowych ale jest rezultatem oddziaływań kulombowskich pomiędzy jądrami uczestniczącymi w zderzeniu. Ten proces jest obecnie bardzo często wykorzystywany w badaniu struktury wewnętrznej jąder. Jądra wzbudzone kulombowsko zwykle rozpadają się z emisją promieniowania gamma, którego charakterystyczna energia może być wykorzystana do identyfikacji liczby atomowej Z i masowej A nuklidu. Ten fakt zostanie wykorzystany w

pracy do badania składu izotopowego próbki. W naszym przypadku cienka folia wykonana z badanego materiału bombardowana będzie wiązką protonów przyspieszonych w akceleratorze elektrostatycznym Van de Graaffa. Przechodzące przez folię protony wzbudzać będą jądra atomowe a także elektronowe powłoki atomu. W rezultacie obserwować będziemy promieniowanie gamma (emitowane z jądra) i charakterystyczne promieniowanie X (emitowane z atomu). Pomiar energii promieniowania X da nam informacje o składzie pierwiastkowym (Z) zaś promieniowanie gamma o składzie izotopowym pierwiastka.

Aparatura: detektory germanowy i ew. krzemowy do pomiaru promieniowania gamma i X, elektroniczny układ rejestrujący i analizujący sygnały z detektora, akcelerator Van de Graaffa. Praca ta pozwoli zapoznać się z procesem wzbudzeń kulombowskich oraz ze współczesnymi metodami badania promieniowania gamma i X. Znajomość tych metod może być przydatna nie tylko w fizyce jądrowej ale także w licznych zastosowaniach (np. w ochronie środowiska, medycynie itp.).

Prowadzący prof. dr hab. Chrystian Droste, dr E. Grodner

6. 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

7. Pomiar zawartości uranu w minerałach

Celem pracy jest wyznaczenie zawartości ^{238}U w rudach. Wiadomo, że jądra ^{238}U (o 92 protonach) rozpadają się z półokresem $T_{1/2} = 4.5 \cdot 10^9$ lat do ^{234}Th . Jądro to, jak i dalsze produkty jego rozpadu tworzą "łańcuch" nietrwałych jąder, który kończy się na stabilnym izotopie ołowiu ^{208}Pb (o 82 protonach). Tym rozpadom, bardzo dobrze poznanym, towarzyszy emisja promieniowania alfa, beta oraz gamma. Znane są m.in. energie i intensywności promieniowania gamma, które towarzyszą rozpadowi od ^{238}U aż po ^{208}Pb . Oznacza to, że przykładowo 1000 rozpadom jąder ^{238}U towarzyszy emisja 6 kwantów gamma o energii 1001 keV. Dzięki temu z pomiaru intensywności kwantów gamma możemy wnioskować o liczbie nuklidów ^{238}U w badanym preparacie.

Pomiar polegać będzie na:

1. znalezieniu optymalnych warunków pracy germanowego detektora promieniowania gamma,
2. wykonaniu kalibracji energetycznej i wydajnościowej detektora,
3. pomiarze energii i intensywności promieniowania gamma towarzyszącego rozpadowi $^{238}\text{U} \rightarrow \dots \rightarrow ^{208}\text{Pb}$. Zmierzona intensywność jest miarą zawartości uranu w próbce.

Podstawową aparaturą pomiarową jest spektrometr promieniowania gamma, którego zasadniczymi elementami jest detektor germanowy (obecnie jeden z najbardziej dokładnych i jednocześnie wydajnych detektorów kwantów gamma) oraz wielokanałowy analizator (układ mierzący energie kwantów i rejestrujący informacje o tym zdarzeniu). Zaproponowana tu praca pozwoli zapoznać się z nowoczesnym detektorem promieniowania gamma używanym obecnie bardzo często w fizyce jądrowej oraz fizyce cząstek elementarnych, ale także w wielu zastosowaniach (m.in. w ochronie środowiska, medycynie itp.), wszędzie tam gdzie wymagane są precyzyjne pomiary energii i intensywności promieniowania X lub gamma.

Prowadzący: prof. dr hab. Chrystian Droste, prof. dr hab. Teresa Rząca Urban

8. Badania skutków biologicznych promieniowania jonizującego

Badanie obejmuje przygotowanie i wykonanie eksperymentu w którym materiał biologiczny "in vitro" (linia komórkowa CHOK1) będzie naświetlany wiązką promieniowania gamma z akceleratora medycznego. Celem eksperymentu jest identyfikacja wpływu sygnałów chemicznych wysyłanych przez napromienione komórki na przeżywalność komórek nie napromienianych. Praca licencjacka obejmuje początkowy etap takich badań polegający na identyfikacji efektu i zbadaniu zależności obserwowanego efektu od ilości napromienionych komórek.

Prowadzący dr hab. Zygmunt Szeliński

9. 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

10. Reaktory jądrowe – historia i perspektywy

Praca ta będzie pracą opisową. Na podstawie dostępnych materiałów (wydanych podręczników, literatury popularnonaukowej czy informacji pochodzących z wiarygodnych stron internetowych) należy przygotować przegląd technik reaktorowych wykorzystywanych w energetyce. W szczególności oczekiwane jest omówienie działania reaktorów chłodzonych wodą pod ciśnieniem, typu reaktora najczęściej wykorzystywanego do produkcji energii, a także kilku innych typów. Oczekiwane jest także opisanie nowych typów reaktorów, które być może staną się podstawą energetyki jądrowej jutra.

Prowadzący dr Marek Kirejczyk

11. 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

12. 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 „transparencji”), a zarazem częściowe zachowanie przez układ pamięci o stanie przed zderzeniem.

Zadaniem studenta będzie rekonstrukcja rozkładów pędu poprzecznego i prędkości protonów i deuterionów, emitowanych ze zderzeń ciężkich jonów przy energii 1.9 GeV/nukleon i zarejestrowanych przez układ detekcyjny FOPI. W analizie przedyskutowane zostaną kolejne wkłady do wydajności na rejestrację cząstek. Dane zostaną opracowane przy użyciu systemu analizy danych ROOT opartym na języku C++.

Prowadzący: dr K. Piasecki