

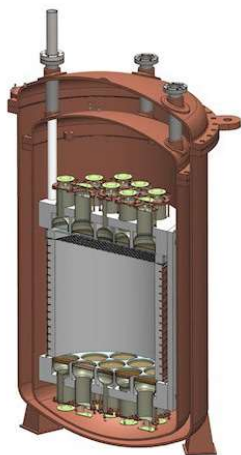
Zakład Doświadczalnej Fizyki Komputerowej

Kierownik: prof. dr hab. Marcin Wójcik

<http://www.fais.uj.edu.pl/zdfk>

Realizowane badania

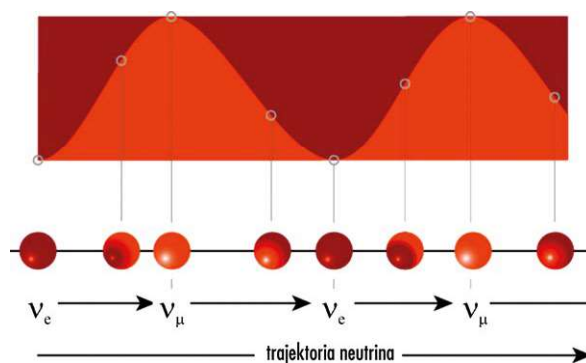
Pracownicy naukowcy Zakładu wnoszą znaczny wkład we współczesne badania z zakresu astrofizyki, fizyki cząstek elementarnych, fizyki jądrowej oraz fizyki atmosfery. Najdłuższą historię, sięgającą lat 80-tych ubiegłego wieku, mają badania neutrino słonecznych w eksperymencie GALLEX/GNO. Są one obecnie kontynuowane w ramach projektów BOREXINO oraz SOX, gdzie oprócz słonecznych, rejestrujemy w czasie rzeczywistym neutrino produkowane we wnętrzu Ziemi oraz neutrino ze sztucznych źródeł w eksperymencie z krótką bazą.



W eksperymencie GERDA poszukujemy ekstremalnie rzadkich rozpadów jądrowych, których występowanie wskazywałoby, iż neutrino, w odróżnieniu od innych cząstek, są swoimi własnymi antycząstkami. Rejestracja takiego rozpadu oznaczałaby łamanie zasady zachowania liczby leptonowej i byłaby niezwykle ważna dla fizyki cząstek elementarnych.

astrofizyka **neutrino**
Ciemna Materia podwójny rozpad beta
fizyka atmosfery

W ramach udziału Zakładu w nowym projekcie DARKSIDE prowadzimy poszukiwania cząstek hipotetycznej ciemnej materii, na której istnienie wskazuje cały szereg obserwacji astrofizycznych.



Badamy również globalną aktywność burzową poprzez pomiary składowej magnetycznej fal EM w różnych warunkach środowiskowych, a także obserwujemy wpływ fal na organizmy żywe.



Najważniejsze osiągnięcia

- Znaczny wkład we współczesne badania w dziedzinie astrofizyki, fizyki cząstek elementarnych i fizyki jądowej w ramach międzynarodowych projektów GALLEX/GNO, BOREXINO/SOX, GERDA, DARKSIDE, m. in. poprzez:
 - Zastosowanie oryginalnych technik pozwalających na uzyskanie niezwykle niskiego tła w eksperymentach poszukujących rzadkich procesów jądowych,
 - Opracowanie nowatorskich metod analizy danych,
 - Rozwinięcie metod oraz budowę unikatowej aparatury umożliwiającej rejestrację pojedynczych atomów izotopów promieniotwórczych,
 - Opracowanie niezwykle czułej aparatury oraz metody monitorowania globalnej aktywności burzowej w czasie rzeczywistym (Patent WO 2008152587).



Zakład Fizyki Gorącej Materii

Kierownik: prof. dr hab. Roman Płaneta

<http://www.fais.uj.edu.pl/zfgm>

Realizowane badania

Dążenie do poznania własności materii zarówno tej, która wypełniała Wszechświat w pierwszych ułamkach sekundy jego istnienia, jak i tej, która znajduje się w jądrach atomowych i gwiazdach neutronowych, jest kluczowym wyzwaniem dla zespołu naukowców z Zakładu. Informacje o własnościach materii jądrowej (hadronowej) w ekstremalnych warunkach temperatury i gęstości uzyskujemy poprzez badanie zderzeń jąder atomowych przy relatywistycznych energiach. Podczas takiego zderzenia w bardzo małym obszarze i bardzo krótkim czasie można wytworzyć warunki porównywalne do tych, jakie miały miejsce tuż po Wielkim Wybuchu

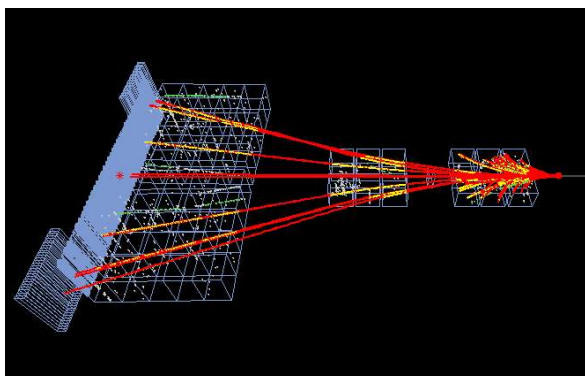


diagram fazowy silnie oddziaływującej materii
synteza superciężkich jąder atomowych
budowa specjalistycznych układów elektronicznych

Badania zderzeń jąder atomowych przy relatywistycznych energiach, w których biorą udział pracownicy Zakładu Fizyki Gorącej Materii, realizowane są między innymi w eksperymentach BRAHMS, NA61/SHINE, CBM oraz ASY-EOS. Pomiary prowadzone przy energii 200 GeV na parę nukleonów na akceleratorze RHIC w ramach eksperymentu BRAHMS umożliwiły badanie plazmy przy wysokich temperaturach i niskich gęstościach ładunku barionowego. Projekt CBM to przedsięwzięcie, którego celem jest badanie właściwości materii jądrowej w obszarze dużej gęstości barionowej. Badania w ramach tego projektu prowadzone w ośrodku FAIR na akceleratorze SIS100/300 pozwolą na tworzenie materii jądrowej o największej gęstości barionów, jaka możliwa jest do osiągnięcia w warunkach laboratoryjnych.

Eksperyment NA61/SHINE przeprowadzany jest w ośrodku CERN na akceleratorze SPS. Prowadzone

pomiary obejmują szeroki zakres masy i energii zderzających się jąder. Mają na celu dostarczenie danych dla poszukiwania punktu krytycznego w obszarze przejścia fazowego pomiędzy materią hadronową a plazmą kwarkowo-gluonową oraz dla eksperymentów badających promieniowanie kosmiczne i własności neutrin. Projektowana jest budowa dodatkowego detektora wierzchołka w oparciu o mozaikowe moduły MIMOSA-26. Umożliwi on pomiar produkcji mezonów z otwartym powabem. Planowane badania dostarczą ważnych sygnałów zachowania się otwartego powabu w obszarze przejścia fazowego do plazmy kwarkowo-gluonowej. Przeprowadzone symulacje pokazały, że podczas testów w roku 2015 będzie można wykonać pierwszy pomiar produkcji mezonów D_0 w reakcji $Ar+Ca$ przy energii wiązki 158 AGeV.

Kontynuujemy badania poświęcone określeniu zależności energii symetrii od gęstości. Wielkość ta występuje w równaniu stanu materii jądrowej i jej wyznaczenie ma kluczowe znaczenie dla modelowania struktury gwiazd neutronowych oraz wybuchu supernowych. Analizowane są dane uzyskane w eksperymencie ASY-EOS przeprowadzonym w GSI Darmstadt z wykorzystaniem wiązek radioaktywnych. Planowany jest udział w pomiarach w ośrodku badawczym RIKEN w Japonii.

Prowadzone są prace nad rozwojem technik detekcyjnych oraz opracowaniem nowych metod identyfikacji cząstek z wykorzystaniem wielowymiarowej analizy danych i sieci neuronowych. Uczestniczymy w międzynarodowym projekcie FAZIA mającym na celu budowę wielosegmentowego systemu detekcyjnego zapewniającego pełną masową i ładunkową identyfikację cząstek.

Bierzemy udział w eksperymentalnych poszukiwaniach jąder superciężkich w oparciu o ideę masywnego transferu w zderzeniach ciężkich jonów z zastosowaniem budowanego specjalnego systemu detekcyjnego. Pomiary prowadzone są w A&M Texas University.

W Zakładzie Fizyki Gorącej Materii rozwijana jest działalność poświęcona badaniu sygnałów elektromagnetycznych emitowanych przez mózg ludzki z wykorzystaniem nowatorskich technik detekcji. Prowadzona jest praca nad sondą mierzącą jednocześnie sygnał EKG i osłuch akcji serca.

Najważniejsze osiągnięcia

- Prace doświadczalne wnoszące wkład do poznania mechanizmów emisji fragmentów o pośrednich masach oraz procesów multifragmentacji jąder atomowych.
- Obserwacja sygnałów przejść fazowych i zjawisk krytycznych w materii jądrowej.
- Udział w eksperymencie BRAHMS na akceleratorze RHIC – odkrycie nowego stanu materii hadronowej tzw. kondensatu kolorowego szkła.
- Rozwój technik detekcyjnych, budowa wielosegmentowych systemów z detektorami gazowymi, półprzewodnikowymi i scyntylacyjnymi zastosowanych w eksperymentach przeprowadzonych w INS Grenoble, GSI Darmstadt, BNL oraz CERN.
- Opracowanie nowego rodzaju niskosumowego przedwzmacniacza ładunkowego, odpornego na przebicia elektryczne (patent międzynarodowy).
- Zaproponowanie nowej eksperymentalnej metody poszukiwania jąder superciężkich.

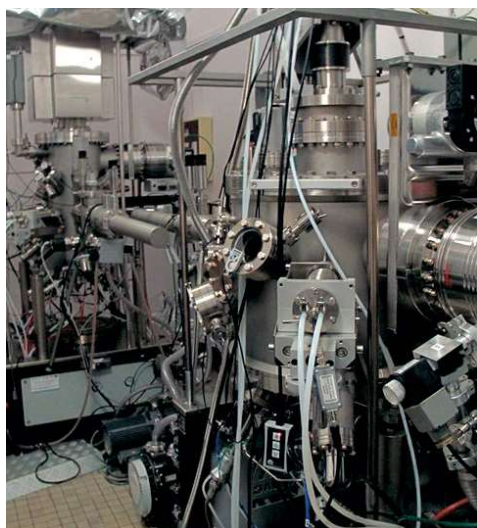
Zakład Fizyki Ciała Stałego

Kierownik: prof. dr hab. Rafał Abdank-Kozubski

<http://www.fais.uj.edu.pl/zfcs>

Realizowane badania

Praca naukowców Zakładu skoncentrowana jest na badaniach własności fizycznych oraz struktury elektronicznej kryształów związków międzymetalicznych ziem rzadkich oraz manganitów: własności makroskopowych, magnetycznych, termicznych i transportowych; struktury magnetycznej; spektroskopii fotoelektronów: XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy), ARPES (Angle-resolved photoemission spectroscopy).



magnetyki
struktura elektroniczna
metaliczne struktury
powierzchniowe
modelowanie
w skali atomowej

Przeprowadzana jest synteza powierzchniowych, samoorganizujących się nanostruktur metalicznych: dynamika zmian morfologii powierzchni nanostruktur powstałych poprzez naniesienie Au, Ag na czyste, zrekonstruowane powierzchnie Ge i InSb.

Wytwarzamy nanościeżki metaliczne na podłożach izolujących metodami FEBID (Electron Beam Induced Deposition) i FIBID (Ion Beam Induced Deposition) oraz zajmujemy się modelowaniem transformacji struktur krystalicznych i konfiguracji atomowej w litych i nano-wymiarowych układach, głównie międzymetalicznych, stopach oraz półprzewodnikach. Obecnie tematyka badań obejmuje: Ni-Al – badanie ewolucji nadstruktury, koncentracji defektów, defekty potrójne, układy lite i nanowarstwowe; FePt – badanie

dynamiki transformacji nadstruktury, dyfuzja defektów, układy lite i nanowarstwowe; SiC – modelowanie wzrostu kryształu, bariery migracji adatomów; Ag-Cu/W – modelowanie rozpadu eutektycznego, badanie wpływu interfejsów na transformacje faz i struktur.

Najważniejsze osiągnięcia

- Wyznaczenie własności magnetycznych, transportowych oraz struktury elektronowej i magnetycznej w związkach ziem rzadkich.
- Określenie wpływu wielkości ziaren na własności magnetyczne manganitów.
- Charakteryzacja na poziomie atomowym interfejsu/granicy metalicznych nanoklasterów/podłoże na powierzchni Ge(001) w procesie wzrostu cienkiej warstwy Au i późniejszym wygrzewaniu.
- Spójny atomistyczny model dyfuzji i zjawisk relaksacyjnych w układach z wysoką koncentracją defektów strukturalnych.
- Atomistyczny model niestabilności nadstruktury w nanowarstwach FePt.

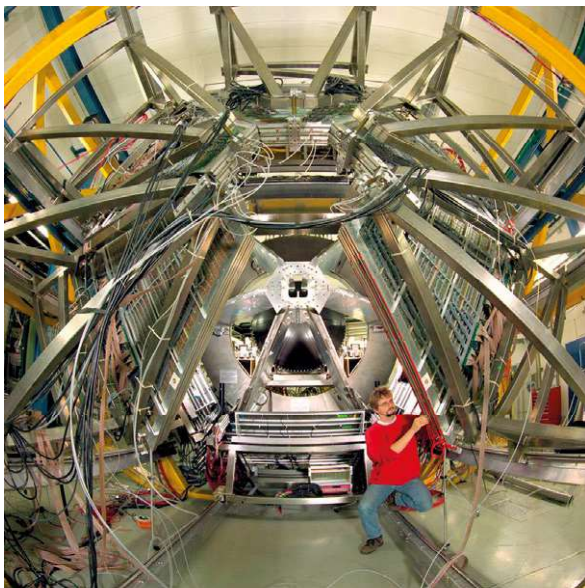
Zakład Fizyki Jądrowej

Kierownik: prof. dr hab. Bogusław Kamys

<http://www.fais.uj.edu.pl/zfj>

Realizowane badania

Zakład Fizyki Jądrowej prowadzi badania pokrywające bardzo szeroki zakres fundamentalnych zagadnień współczesnej fizyki jądrowej i fizyki cząstek, w którym można wydzielić kilka grup tematycznych.



Zdjęcie części zespołu detektorów HADES (podczas montażu), który używany jest przez międzynarodową kolaborację naukową o tej samej nazwie, którą kieruje prof. dr hab. Piotr Salabura

obrazowanie PET

badanie symetrii izospinowej

ultra-zimne
neutrony

problem trzech ciał

rozpraszanie nukleonów „break-up”

deuteronu

ściśle rozwiązanie
równań Faddeeva

spalacja jąder atomowych protonami

efekty kulombowskie

i relatywistyczne

w układach trzech

nukleonów

magnetometria kwantowa

splątanie
kwantowe

systemy czasu rzeczywistego

Ultra-cienkie śladowe

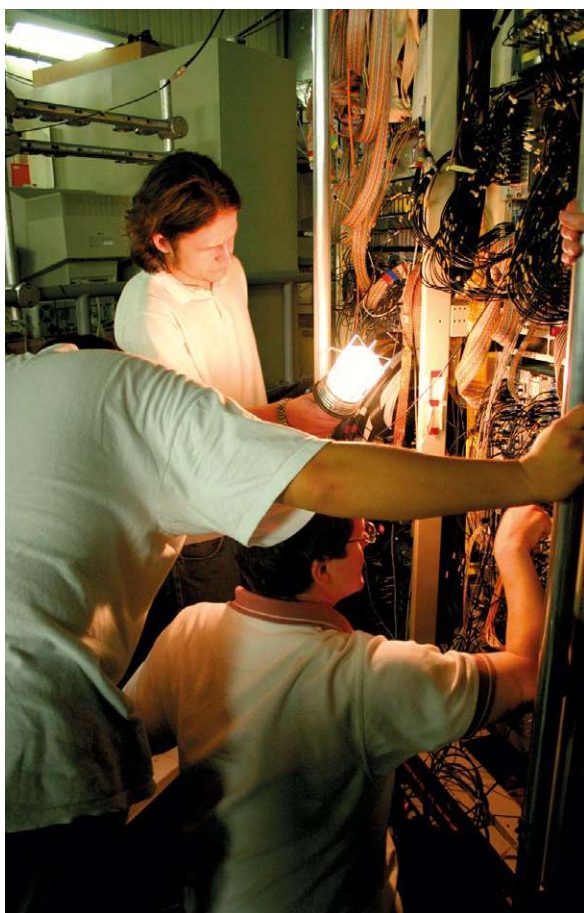
detektory elektronów

pozycyjne detektory cząstek

neutralnych akwizycja

danych

Badamy własności hadronów i leptonów prowadząc pomiary wielkości charakteryzujących produkcję cząstek (projekty COSY11, WASA –at-COSY, PANDA), które dostarczają unikalnych informacji o własnościach cząstek i ich oddziaływaniach.



Naukowcy pracujący przy elektronice systemu akwizycji danych podczas trwania eksperymentu COSY-11 w Centrum Badawczym Juelich.

Analizujemy własności oddziaływań elektro-słabych i silnych tych cząstek jako swobodnych obiektów przeprowadzając pomiar korelacji kierunkowych w rozpadach beta jąder atomowych (projekt miniBETA) oraz pomiar korelacji kierunkowych rozpadu beta neutronu (projekt nTRV). Oddziaływanie słabe łamię szereg symetrii, zachowywanych ściśle przez pozostałe oddziaływania fundamentalne, m.in. symetrię parzystości i symetrię względem odwrócenia czasu. Projekty powyższe mają na celu wykrycie brakujących członów tego oddziaływania. Dane doświadczalne zebrane w ramach miniBETA pozwalają też sprawdzić, czy słabe oddziaływanie jest niezmiennicze względem transformacji Lorentza, co leży u podstaw większości obowiązujących obecnie teorii tłumaczących Wszechświat. Pomiary przekrojów czynnych na zabronioną przez symetrię ładunkową oddziaływań silnych reakcję $dd \rightarrow \alpha\pi^0$ (projekt WASA-at-COSY) daje bezpośrednią informację o wielkości łamania symetrii ładunkowej w tych oddziaływaniach.

Prowadzimy również prace nad oddziaływaniami elektro-słabych i silnych tych cząstek wewnątrz materii jądrowej. Pomiar czasów życia ciężkich Lambda – hiperjąder (projekt COSY13) pozwala na badanie słabego oddziaływania w niemezonowych rozpadach hiperonów, a więc w procesach, w których nie uczestniczą leptony, a oddziaływanie zachodzi ze zmianą liczby kwantowej „dziwności”. Pomiar masy krótko-życiowych ($\tau < 25$ fm/c) mezonów wektorowych (ρ/ω) wewnątrz materii jądrowej (projekt HADES) dostarcza informacji o zmianie własności tych cząstek wewnątrz materii jądrowej o gęstości porównywalnej z tą, która występuje wewnątrz gwiazd neutronowych w porównaniu do własności swobodnych cząstek.

Pomiary przekrojów czynnych spalacji i fragmentacji jąder atomowych wysokoenergetycznymi protonami



Zespół detektorów scyntylacyjnych używanych w projekcie BINA kierowanym przez Prof. dr hab. Stanisława Kistryna

mi (projekt PISA) umożliwiają tworzenie realistycznych modeli oddziaływania protonów z jądrami występującego w bardzo wielu dziedzinach techniki (np. źródła spalacyjne neutronów) i astrofizyki (propagacja promieni kosmicznych przez materię międzygwiazdową, uszkodzenia satelitów i stacji kosmicznych przez te promienie). Eksperymentalne badanie układów kilkunukleonowych (projekt BINA@CCB), nakierowane na precyzyjne wyznaczenie wpływu różnych przyczynków dynamiki oddziaływania na mierzone wielkości. Głównym obszarem badań są reakcje sprężystego rozpraszania nukleon-deuteron, breakup'u deuteron-nukleon oraz reakcje inicjowane w zderzeniach deuter-deuter.

Zespół naukowców z Zakładu Fizyki Jądrowej realizuje badania najważniejszych symetrii w przyrodzie. Pomiar elektrycznego momentu dipolowego neutronu (projekt nEDM) pozwala na weryfikację różnych teo-

rii oddziaływań fundamentalnych, które starają się wytłumaczyć ważne, niezrozumiałe dotąd zjawiska jak np. znaczną przewagę materii nad antymaterią we Wszechświecie. Pomiar funkcji korelacji spinów elektronów rozproszonych jeden na drugim (projekt QUEST) może przyczynić się do rozstrzygnięcia, które próby pogodzenia Szczególnej Teorii Względności i Mechaniki Kwantowej w podejściu do opisu świata fizycznego mają szansę powodzenia.

Realizowane są również prace w zakresie fizyki atomowej i badania aplikacyjne, w których koncentrujemy się na wykorzystaniu metod fizyki jądrowej do nieinwazyjnego obrazowania przestrzennego procesów fizjologicznych, monitorowania lokalizacji dawki promieniowania jonizującego w czasie terapii hadronowej nowotworów. Wszystkie wymienione badania wymagają rozwijania nowych metod doświadczalnych rozwijania formalizmu teoretycznego.



Zakład Fizyki Jądrowej wyspecjalizował się w budowie wyrafinowanych komór dryfowych. Tu właśnie pokazana jest taka komora podczas jej montażu, który wykonuje inż. Andrzej Misiak.

Najważniejsze osiągnięcia

Najważniejsze osiągnięcia doświadczalne

- Kompleksowe pomiary całkowitych i różniczkowych przekrojów czynnych reakcji zachodzących przy zderzeniach p+n w obszarze tzw. efektu ABC ($s^{1/2} = 2,35 - 2,46$ GeV) prowadzące do wyjaśnienia natury tego zjawiska; bezpośredni, precyzyjny pomiar szerokości naturalnej mezonu eta-prim.
- Pierwszy na świecie pomiar korelacji R w rozpadzie neutronu.
- Najbardziej precyzyjne do tej pory pomiary czasów życia ciężkich hiperjader-Lambda; uzyskanie doświadczalnej ewidencji o modyfikacji mas mezonów wektorowych w reakcjach wywołanych ciężkimi jonami i protonami.
- Stworzenie najbogatszej w świecie bazy precyzyjnych danych dla reakcji breakup'u deuteronu oraz implementacja badań eksperymentalnych w Krakowie.
- Pierwsza obserwacja egzotycznego procesu podwójnego, radiacyjnego wychwytu elektronów i powiązanie go z efektami korelacyjnymi charakterystycznymi dla podwójnej fotojonizacji.

Najważniejsze osiągnięcia grupy teoretycznej:

- Ścisłe rozwiązanie równań Faddeeva opisujących układy trzech nukleonów.
- Zbadanie reakcji rozpraszania nukleonów na deuteronie i uzyskanie informacji o oddziaływaniach jądrowych.
- Zbadanie reakcji oddziaływania fotonów, elektronów, mionów i pionów z lekkimi jądrami oraz poznanie własności prądów elektromagnetycznych w jądrach atomowych i elektromagnetycznej struktury neutronu.
- Stworzenie opisu układów trzech nukleonów zgodnego ze Szczególną Teorią Względności i zbadanie efektów relatywistycznych w reakcjach z udziałem trzech nukleonów.

Zakład Fizyki Nanostruktur i Nanotechnologii

Kierownik: prof. dr hab. Marek Szymoński

<http://www.fais.uj.edu.pl/zfnn>

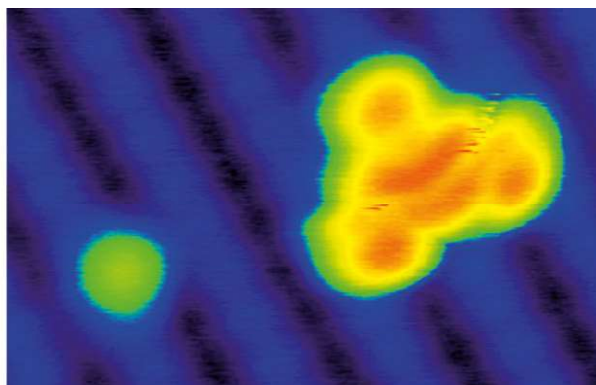
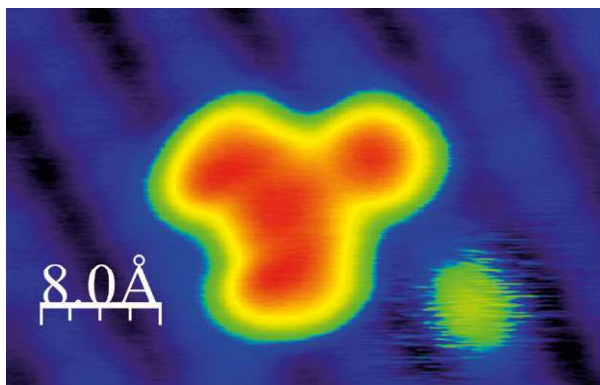
Realizowane badania

Badania właściwości materii i procesów zachodzących w układach o rozmiarach nanometrowych są priorytetową działalnością naukową Zakładu. Dotyczą zarówno stosunkowo prostych struktur kwantowych, takich jak druty i kropki kwantowe, jak też bardziej skomplikowanych struktur tworzących układy logiczne molekularnej elektroniki przyszłości. Szczególną rolę odgrywają tutaj molekularne struktury organiczne wytwarzane na powierzchniach monokryształów półprzewodnikowych. Są one wytwarzane jako układy planarne, a ich funkcjonalizacja implementowana jest



nanostruktury kwantowe na powierzchni
elektronika molekularna
samoorganizacja molekuł
organicznych nanotechnologia
w skali atomowej i molekularnej
mikroskopia bliskich oddziaływań
STM AFM SERS TERS modyfikacja
powierzchni i desorpcja symulacje
komputerowe oddziaływania jonów
z powierzchnią nanoindentacja
i mikroskopia sił
atomowych w biologii
i medycynie nanomedycyna

poprzez modyfikowanie struktury dodatkowymi obiektami, takimi jak metaliczne kontakty o rozmiarach nanometrowych, cienkie warstwy izolujące i pasywujące oraz molekuly organiczne wykazujące pożądane cechy funkcjonalne. Zasadniczą rolę w tych badaniach odgrywają unikalne metody obrazowania i manipulacji z rozdzielczością atomową. Do najważniejszych z nich należą skaningowe metody mikroskopii i spektroskopii prądu tunelowego, mikroskopii sił atomowych, nanoindentacji, czy też wysokorozdzielcze metody mikroskopii elektronowej. Infrastruktura Zakładu skła-



da się z 4 unikalnych laboratoriów, z których każde posiada wyjątkowy zestaw narzędzi badawczych, takich jak mikroskopy STM (Scanning Tunneling Microscope), AFM (atomic force microscope), NC-AFM (Non-contact atomic force microscope), KPFM (Kelvin Probe Force Microscopy) pracujące w ultrawysokiej próżni (UHV), w kontrolowanej atmosferze gazowej, lub też w środowisku roztworów fizjologicznych umożliwiającym badanie tkanek i żywych komórek (AFM/SNOM (Near-field Scanning Optical Microscopy)/TERS (Tip-enhanced Raman spectroscopy)). Pod każdym względem wyjątkowym jest pozyskany w ramach projektu ATOMIN system NANOPROBE składający się z 4-próbnikowego układu kriogenicznego STM znajdujący się w polu widzenia wysokorozdzielczego mikroskopu elektronowego z kolumną GEMINI. System ten pozwala na pomiary transportu w skali atomowej i w temperaturach ciekłego helu. W zakładzie działają też 2 grupy teoretyczne zajmujące się obliczeniami DFT i symulacjami komputerowymi procesów samoorganizacji i oddziaływania z zewnętrzną wiązką

cząstek naładowanych zachodzących na powierzchni ciała stałego. Kolejną, ważną dziedziną działalności naukowej Zakładu jest nanomedycyna, a w szczególności zastosowania mikroskopii bliskiego pola i nano-indentacji do diagnostyki medycznej chorób cywilizacyjnych, badania procesów mechanotransdukcji na poziomie pojedynczych komórek oraz badanie toksyczności i właściwości terapeutycznych nanocząstek i wybranych środków farmaceutycznych.

Najważniejsze osiągnięcia

- Pierwsza demonstracja prowadzenia kontrolowanej polimeryzacji molekuł organicznych na powierzchni ditlenku tytanu.
- Badania nad oddziaływaniami międzymolekularnymi i ich rolą w powstawaniu zorganizowanych struktur supramolekularnych.
- Opis sprzęgania pojedynczych molekuł organicznych z powierzchnią pasywowanego półprzewodnika poprzez monoatomowe kontakty powierzchniowe.

Zakład Fotoniki

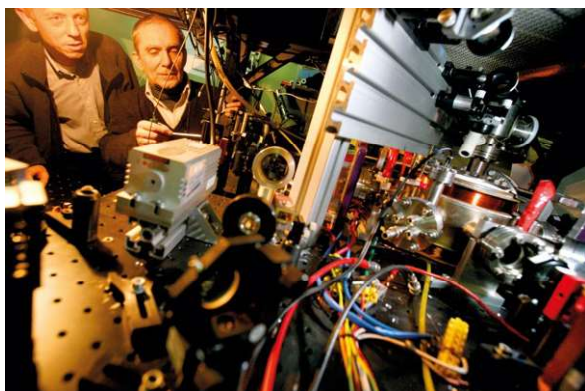
Kierownik: prof. dr hab. Wojciech Gawlik

<http://www.fais.uj.edu.pl/zf>

Realizowane badania

Za pomocą różnorodnych laserów badamy oddziaływanie światła z materią – odkrywamy nowe właściwości molekuł, nanocząstek, centrów barwnych w kryształach diamentu, czy też atomów w ultra-niskich temperaturach. Badania te pozwalają nam poznać podstawowe właściwości takich substancji i praktycznie je zastosować w różnych sytuacjach.

Problemy, jakimi się zajmujemy obejmują próby wyjaśnienia natury ciemnej materii, zagadkę łączenia się atomów w molekuły, kondensację Bose-Einsteina w temperaturze $T=0$, czy możliwości budowy komputera kwantowego. Nasz zespół rozpoczął pierwsze



lasery plazma laserowa
nanofotonika
magnetometria molekuly Van
der Waalsa ultrazimna
materia

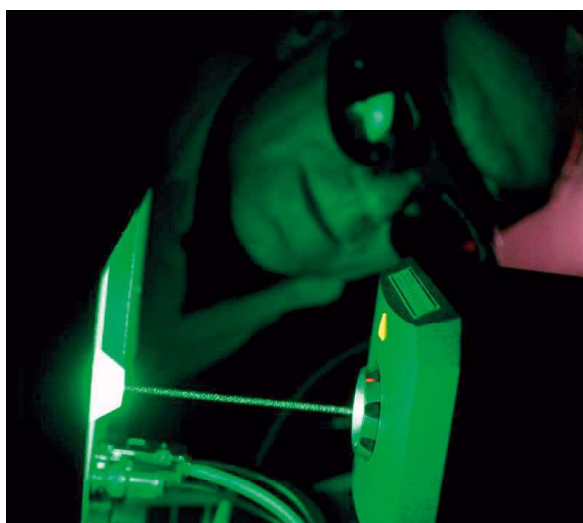
w Polsce eksperymenty z atomami schłodzonymi niemal do zera bezwzględnego, które ujawniają niezwykle właściwości materii.

Badamy jedne z najstabszych oddziaływań w przyrodzie. Za pomocą naddźwiękowej wiązki molekularnej wytwarzamy tzw. molekuły van der Waalsa o energiach wiązania rzędu zaledwie 0.001 eV. Ich struktury energetyczne ujawniają szereg nieznanych dotąd właściwości słabych wiązań molekularnych i wskazują możliwości opracowania nowych materiałów. Pozwalają też na badanie nowych mechanizmów kwantowo-mechanicznego splątania atomów powstałych w wyniku fotodysocjacji.

Silne nano – lub femto-sekundowe impulsy laserowe oddziałujące z materią mogą powodować jej ablację i powstanie plazmy, a w dalszych etapach różnego typu nanostruktur. Unikalne właściwości optyczne tych struktur badamy wyrafinowanymi technikami rozpraszania światła laserowego i optyki nieliniowej.

Inne przykłady zastosowania naszych badań to pomiary niezwykle słabych pól magnetycznych. Opracowane w Zakładzie magnetometrii umożliwiają badanie pól magnetycznych wytwarzanych przez serce, a przez to bardzo czułą diagnostykę medyczną. Z kolei specjalne czujniki światłowodowe umożliwiają analizę chemiczną niektórych cieczy w śladowych ilościach (nanomole). Ważną dziedziną zastosowań metod fotonicznych jest też konserwacja obiektów dziedzictwa kulturowego. Przydaje się do tego nieniszczący charakter i duża czułość stosowanych metod optycznych.

Niedawno podjętą przez nas tematyką jest konstrukcja optycznego zegara atomowego. Metodami



laserowymi ochładzamy atomy strontu do ultraniskich temperatur, w których niektóre linie spektralne stają się precyzyjnym wzorcem częstotliwości. Pozwala to na budowę zegarów atomowych lepszych od obecnych wzorców czasu.

Badania nasze prowadzimy we współpracy międzynarodowej z grupami z USA i krajów Unii Europejskiej.

Najważniejsze osiągnięcia

- Wytwarzanie i badanie trwałych superpozycji kwantowych stanów atomowych w bardzo szerokim zakresie temperatur (1 microK–300 K), pozwalających na badanie zjawisk degeneracji kwantowej i inżynierii stanów kwantowych.
- Zbadanie procesów ablacji materiałów i wytwarzania nanocząstek impulsami laserowymi.
- Zastosowanie naddźwiękowych wiązek molekularnych do badania zjawisk kwantowych.
- Zastosowanie technik rezonansu spinowego do badań centrów barwnych w diamentach.
- Rozwinięcie metod magnetometrii optycznej do badań podstawowych i aplikacyjnych.
- Budowa optycznego zegara atomowego z zimnymi atomami strontu.
- Koordynowanie dużymi projektami inwestycyjnymi finansowanymi z funduszy strukturalnych: ATOMIN (<http://www.atomin.uj.edu.pl/>), budżet 53 mln PLN; NLTK (<http://nltk.fuw.edu.pl/>), budżet 7 mln PLN.

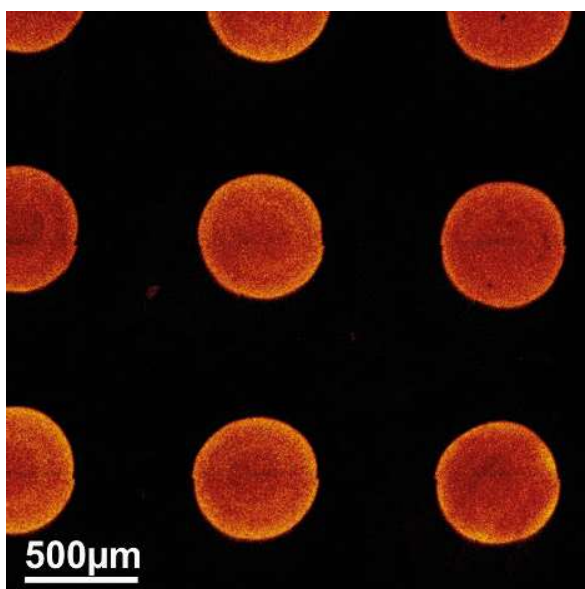
Zakład Inżynierii Nowych Materiałów

Kierownik: prof. dr hab. Andrzej Budkowski

<http://www.fais.uj.edu.pl/zinm>

Realizowane badania

Tworzące Zakład grupy eksperymentalne zajmują się inżynierią molekularną, tj. organizacją cząsteczek o optymalnej architekturze molekularnej w większe zespoły faz skondensowanych, promujące kolektywne właściwości interesujące dla zaawansowanych zastosowań nano – i biotechnologicznych.



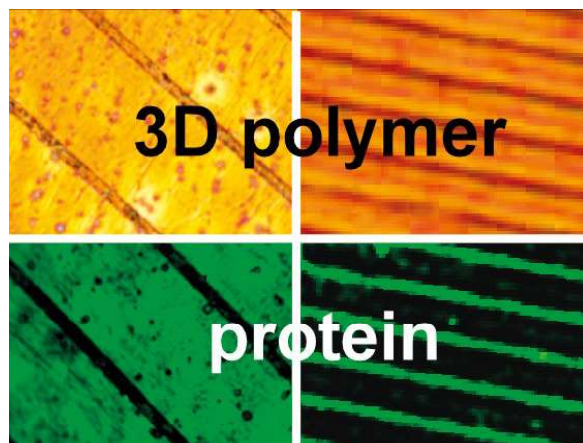
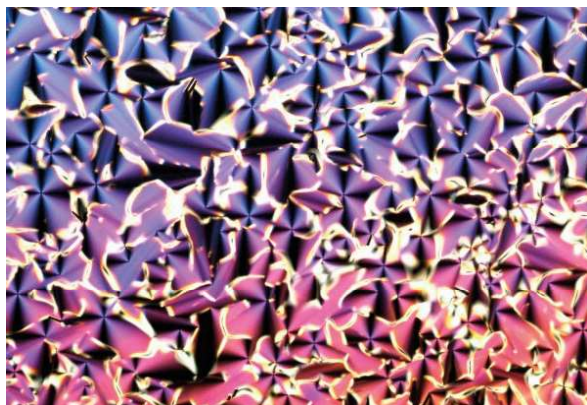
ciekłe kryształy
nanowarstwy makromolekuł
magnetyki molekularne
biosensory

Badamy zjawiska powierzchniowe układów makrocząsteczek – polimerów syntetycznych i biomolekuł. Przykładem jest samoorganizacja mieszanin molekuł o różnej funkcjonalności, pozwalająca na jednokrokowe osadzenie z roztworu warstw o uporządkowanych domenach, tworzących komplementarne elementy: organicznych ogniw słonecznych, „plastikowych” układów scalonych, polimerowych mikromacierzy białek. Procesy samoorganizacji kontrolujemy za pomocą monowarstw SAM oraz miękkiej litografii. W ramach dwóch dużych projektów europejskich analizujemy wielo-molekularne warstwy rozpoznające białka bądź DNA, używane w biosensorach. Ponadto, obserwujemy ciekawe właściwości biomedycznych pokryć i mikro-wzorów polimerów „inteligentnych” (tj. czułych na bodźce środowiska) lub białkopodobnych, wymuszających określone zachowanie białek i komórek.

Uwaga naukowców Zakładu skupiona jest także na właściwościach magnetycznych kryształów molekularnych. Kryształy takie zadziwiają różnorodnością zachowań i struktur magnetycznych. Obserwujemy

w nich fotomagnetyzm (przełączanie własności magnetycznych światłem), badamy wpływ obecności i rodzaju cząsteczek rozpuszczalników (wody, alkoholi) na własności magnetyczne. W układach niskowymiarowym głównym tematem są relaksacje magnetyczne i tunelowanie kwantowe. Zajmujemy się również materiałami ceramicznymi, w szczególności złożonymi tlenkami rutenu. Prowadzone pomiary obejmują zakres bardzo niskich temperatur uzyskiwanych przy pomocy ciekłego helu. Jest to możliwe dzięki posiadanej instalacji do skraplania helu.

Prowadzimy prace nad szeroką gamą związków mezogennych od liotropowych po termotropowe, zbudowanych z molekuł bananopodobnych i prętopodobnych (również chiralnych prowadzących do powstania faz ferroelektrycznych i antyferroelektrycznych). Skupiamy się głównie na tym, jak architektura molekularna wpływa – w określonych warunkach termodynamicznych – na polimorfizm fazowy, przenikalność elektryczną i dynamikę molekularną.



Najważniejsze osiągnięcia

- Wprowadzenie pionowej separacji faz jako powszechnie uznanej metody optymalizacji wydajności organicznych warstw ogniw słonecznych.
- Ilościowy opis morfologii wzorów domen polimerów i pól białek.
- Porządkowanie według szablonu domen mieszanin polimerów przewodzących i izolujących.
- Odkrycie nowej klasy molekularnych magnesów jednojądrcuchowych wykraczających poza model Glaubera.
- Konstrukcja kryształów magnetycznych modyfikowanych odwracalną absorpcją rozpuszczalników.
- Wyznaczenie parametrów elektrooptycznych ciekłych kryształów ferro – i antyferroelektrycznych do zastosowań w wyświetlaczach.

Zakład Metodyki Nauczania i Metodologii Fizyki

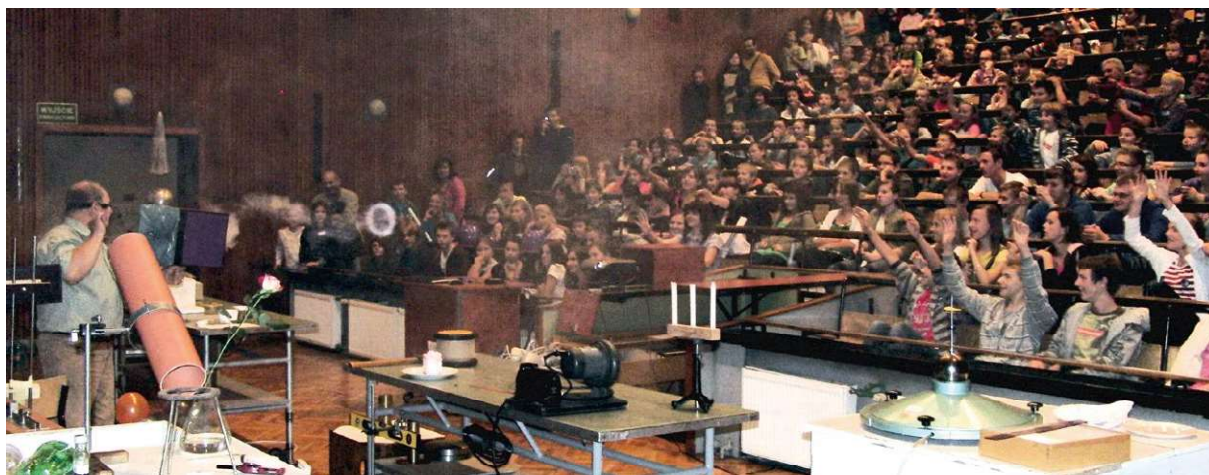
Kierownik: prof. dr hab. Antoni Pędziwiatr

<http://www.fais.uj.edu.pl/zmmmf>

Realizowane badania

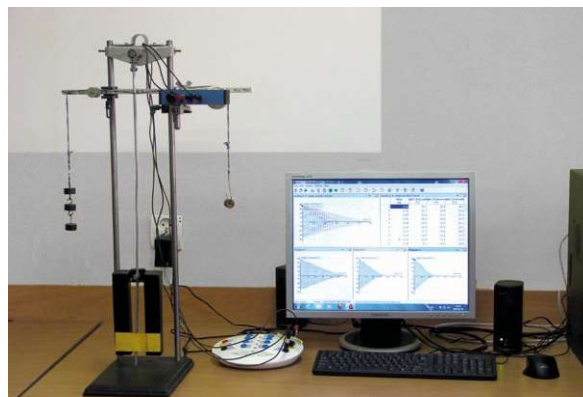
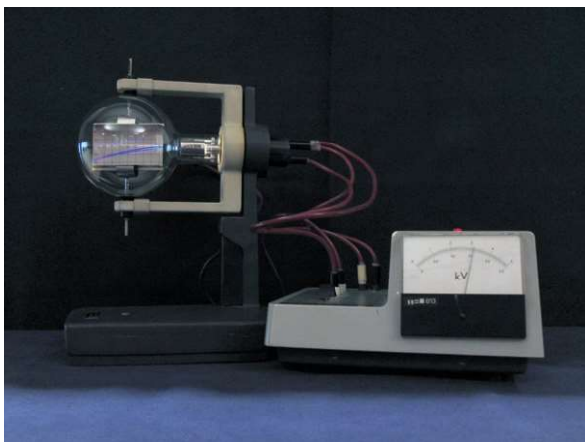
Fundamentalną misją Zakładu jest kształcenie studentów sekcji nauczycielskiej fizyki oraz sekcji nauczycielskiej przyrody w szkole podstawowej. Pracownicy Zakładu przygotowują, gromadzą i udostępniają studenckie filmy dydaktyczne. Współpracujemy ze szkołami oraz uczestniczymy w akcjach i projektach popularyzujących fizykę.

spektroskopia mössbauerowska
sekcja nauczycielska
fizyki sekcja nauczycielska przyrody
w szkole podstawowej doświadczenia
pokazowe klasyczne
i wspomagane komputerowo



Ponadto, jesteśmy odpowiedzialni za techniczną i multimedialną obsługę zajęć dydaktycznych prowadzonych w salach wykładowych Instytutu Fizyki UJ oraz nieustannie rozwijamy bazę doświadczeń pokazowych z fizyki wykorzystywanych podczas wykładów.

Działalność naukowa Zakładu skupiona jest na realizowaniu badań w dziedzinie spektroskopii mössbauerowskiej. Prowadzimy badania metodologiczne nad poprawą energetycznej zdolności rozdzielczej spektroskopii mössbauerowskiej oraz badania zjawisk reorientacji momentów magnetycznych w szerokiej klasie związków międzymetalicznych R-Fe-B o silnej anizotropii magnetokrystalicznej, z których otrzymuje się najsilniejsze znane dotychczas magnesy trwałe.



Najważniejsze osiągnięcia

- Opracowanie diagramów fazowych dla związków międzymetalicznych i ich korelacja z modelem teoretycznym.
- Opracowanie metody otrzymywania parametrów pola krystalicznego na podstawie temperatur reorientacji momentów magnetycznych.
- Przygotowanie 30 grup demonstracji wspomaganych komputerowym systemem COACH.
- Przygotowanie i realizacja edukacyjnego projektu FENIKS z udziałem około 7 tys. uczniów.
- Realizacja programu wyjazdów do szkół z prezentacjami doświadczeń pokazowych dla około 30 tys. uczniów.

Zakład Optyki Atomowej

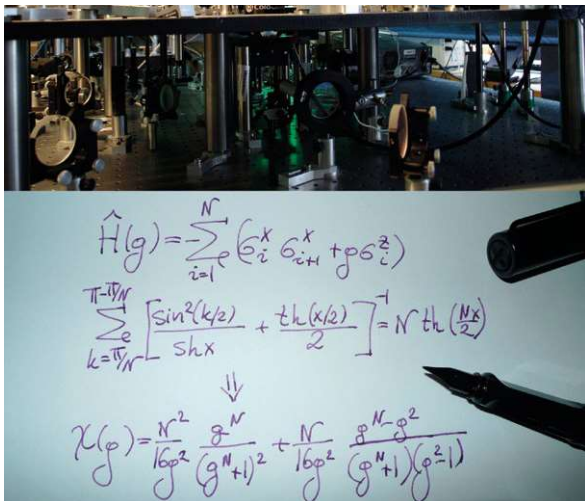
Kierownik: prof. dr hab. Jakub Zakrzewski

<http://www.fais.uj.edu.pl/zoa>

Realizowane badania

Zakład Optyki Atomowej prowadzi teoretyczne i doświadczalne badania obejmujące szerokie spektrum zagadnień od pogranicza fizyki i matematyki w obszarze mechaniki kwantowej po zastosowania fizyki atomowej w medycynie.

Kluczowe prace realizowane w Zakładzie dotyczą badań w zakresie mechaniki kwantowej, w których główny nacisk jest położony na opracowanie matematycznego formalizmu opisującego geometrię stanów



Kondensat Bosego-Einsteina

Dynamika układów kwantowych

Ultra-zimne atomy

Spektroskopia Obrazowanie płuc

Chaos i informatyka kwantowa

kwantowych, kwantową informację i dekoherencję. Te badania dają wgląd w strukturę mechaniki kwantowej, prowadzą do postępu w dziedzinie przetwarzania informacji kwantowej i opisują zanik kwantowych cech badanych układów na skutek ich sprzężenia z otoczeniem. Nasze prace pomagają w zrozumieniu i pełnym wykorzystaniu potencjału komputerów kwantowych, jak również w określeniu mechanizmów ograniczających zakres ich działania.

Istotnym tematem badań jest fizyka atomów schłodzonych do temperatury bliskiej zera absolutnego, w której zachowanie układu determinują efekty kwantowo-mechaniczne. W tych układach analizujemy problemy z pogranicza fizyki atomowej i molekularnej, fizyki ciała stałego i optyki kwantowej. W szczególności, zajmujemy się kwantową emulacją oryginalnie zaproponowaną przez Feynmana, która polega na takim przygotowaniu dobrze kontrolowanego układu fizycznego (np. gazu atomowego), aby realizował on ciekawy aczkolwiek nierozwiązywalny analitycznie model fizyczny. Z tych badań wynika, że

w układach zimno-atomowych powinna być możliwa emulacja wszystkich modeli z fizyki ciała stałego.

Prowadzimy także badania dynamiki układów kwantowych. W szczególności analizujemy zimne gazy atomowe oraz modele spinowe. Wyniki uzyskane przez nas pokazują jak wygląda kwantowa ewolucja solitonów i ile defektów topologicznych powstaje podczas nierównowagowego przeprowadzania układu z jednej fazy do drugiej.

W Zakładzie zajmujemy się również tradycyjną fizyką atomową, czyli badaniem struktury poziomów energetycznych atomów. Takie badania pokazują jak atom wygląda od środka i pozwalają na zrozumienie oddziaływania atomów wieloelektronowych z promieniowaniem elektromagnetycznym, co na przykład tłumaczy dlaczego złoto jest żółte.

Poza badaniami teoretycznymi, prowadzone są zaawansowane prace doświadczalne. W laboratorium Fizyki Zimnych Atomów przy powierzchni badane są atomy w ekstremalnie niskich temperaturach. W szczególności, wykorzystujemy tak zwaną falę zanikającą i plazmony powierzchniowe do manipulowania takimi atomami przy powierzchniach dielektrycznych i metalicznych w celu skonstruowania atomowo-optycznego układu scalonego (tzw. atom chip). Układ taki będzie doskonałą bazą do badań podstawowych i stosowanych. Ponadto, przygotowujemy w mikropułapce magnetycznej kondensat Bosego-Einsteina, czyli gaz atomowy o temperaturze bliskiej zera bezwzględnej. Uzyskanie tego układu pozwoli połączyć eksperymentalne i teoretyczne prace Zakładu dotyczące fizyki zimnych atomów. We współpracy z Uniwersytetem Południowej Danii prowadzimy eksperymentalne badania nanowłókien i ich modów światłowodowych poprzez analizę oddziaływania plazmonów powierzchniowych z ekscytonami.

W laboratorium Optycznej Polaryzacji Gazów Szlachetnych prowadzone są eksperymenty z polaryzacją helu-3 w procesie pompowania optycznego z wymianą metastabilności i ksenonu-129 w procesie pompowania optycznego z wymianą spinu. Celem tych badań jest opracowanie techniki precyzyjnego obrazowania płuc metodą magnetycznego rezonansu jądrowego z użyciem gazów szlachetnych. Te badania powinny pozwolić na wykrywanie bardzo wczesnych zmian w rozwoju takich chorób jak rak, mukowiscydoza i astma.

Najważniejsze osiągnięcia

- Pokazanie możliwości lokalizacji Andersona w nieuporządkowanym układzie dla oddziałujących cząstek na przykładzie kwantowego solitonu.
- Zaproponowanie modelu atomowego lasera przypadkowego oraz idei mikroskopii fazy kondensatu Bosego-Einsteina.
- Opracowanie metody analizy dynamiki w modelu oddziałujących bozonów (Bose-Hubbarda) i jego rozszerzeń w przypadku silnych czy dalekozasięgowych oddziaływań.
- Wyprowadzenie nowej entropowej zasady nieoznaczoności, zbadanie własności nielokalnych bramek kwantowych i zaproponowanie konstrukcji miar kwantowego splątania osiągalnych eksperymentalnie.
- Skonstruowanie pierwszego optycznego lustra dipolowego dla atomów rubidu, bazującego na plazmonach powierzchniowych generowanych przy użyciu metalicznej siatki dyfrakcyjnej.
- Wykonanie pierwszego w Polsce zdjęcia płuc wypełnionych spolaryzowanym helem-3 i zainstalowanie urządzenia do tego typu badań w Specjalistycznym Krakowskim Szpitalu im. Jana Pawła II.

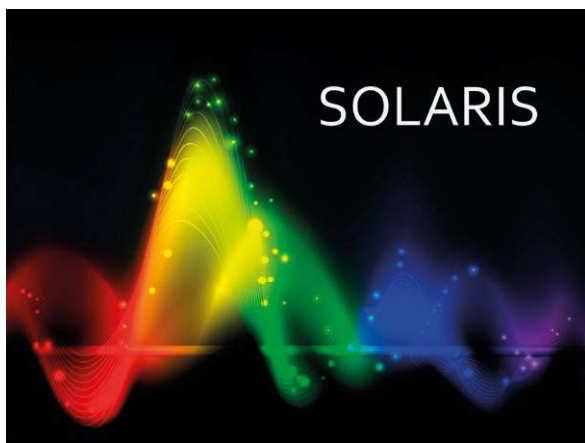
Zakład Promieniowania Synchronotronowego

Kierownik: prof. dr hab. Krzysztof Królas

<http://www.fais.uj.edu.pl/zps>

Realizowane badania

Zakład powstał w 2010 roku w związku z realizacją projektu „Narodowe Centrum Promieniowania Synchronotronowego SOLARIS”. Powstające Centrum wyposażone będzie w nowoczesny synchrotron o obwodzie 96 m, w którym elektrony będą przyspieszane do energii 1.5 GeV. Będzie to pierwsze tego typu centrum badawcze w Europie Środkowo-Wschodniej. Synchrotron jest źródłem ekstremalnie jasnych wiązek fotonów emitowanych w szerokim zakresie energii: od podczerwieni aż do promieniowania rentgenowskiego,



Synchrotron
spektroskopia
fotoelektronów
układy niskowymiarowe na
powierzchniach optyka
rentgenowska
obrazowanie rentgenowskie

które są wykorzystywane do badań w wielu różnych dziedzinach nauki takich jak: biologia, chemia, fizyka, nanotechnologia, inżynieria materiałowa, medycyna, farmakologia, geologia czy krystalografia. Centrum SOLARIS budowane jest w Krakowie na terenie III kampusu Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pracownicy Zakładu biorą czynny udział w pracach dotyczących konstrukcji samego synchrotronu, jak i przyległych stacji badawczych. Uruchomienie Centrum i przeprowadzenie pierwszych eksperymentów planowane jest na rok 2015.

Realizujemy również badania podstawowe i stosowane bezpośrednio związane z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego (UV i X oraz gamma). Do pracy nad właściwościami strukturalnymi

i elektronowymi niskowymiarowych układów atomowych wykorzystujemy metody spektroskopii fotoelektronów i metody mikroskopii bliskiego pola (AFM, STM). Zajmujemy się właściwościami powierzchni półprzewodników z grupy III-V, jak i powierzchni układów bimetalicznych zbudowanych z metali przejściowych. Ponadto, prowadzone są badania z zakresu optyki rentgenowskiej obejmujące holograficzne i tomograficzne obrazowanie struktury atomowej. Rozwijamy nowe metody trójwymiarowej mikroskopii rentgenowskiej wykorzystującej rentgenowską optykę polikapilarną.

Najważniejsze osiągnięcia

- Budowa synchrotronu Solaris w najnowszej technologii zintegrowanych magnesów.
- Określenie struktur powierzchni kryształów związków półprzewodnikowych III-V.
- Zbadanie procesów tworzenia stopów powierzchniowych metali przejściowych.
- Otrzymanie holograficznych obrazów struktury atomowej z wykorzystaniem promieniowania X i gamma.
- Opracowanie nowej metody trójwymiarowej kodowanej mikroskopii rentgenowskiej.

Zakład Fizyki Materiałów Organicznych

Kierownik: prof. dr hab. Józef K. Mościcki

<http://www.fais.uj.edu.pl/zfmo>

Realizowane badania

Zakład jest jednym z najmłodszych na Wydziale. Jego profil badań naukowych ewoluował od różnych aspektów dynamiki molekularnej i termodynamiki ciekłych kryształów do badań materiałów biologicznych, biokompatybilnych czy biomimicznych, na poziomie molekularnym, w skali nano i komórkowej.

Podstawową stosowaną przez nas techniką doświadczalną była spektroskopia dielektryczna z komplementarnym udziałem spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) i elektronowego (EPR). Dzięki udziałowi w projekcie ATOMIN (<http://www.atomin.uj.edu.pl>),



perkolacja
przewodnictwa
protonowego kinetyka dehydracji
mechanotransdukcja nowa
edukacja matematyczno-przyrodnicza fizyka
molekularna biofizyka
molekularna mikroskopia
optyczna szczypce optyczne
spektroskopia BBDS
patch-clamp spektroskopia EPR
spektroskopia NMR

Zakład wyposażony został również w zestaw Patch-Clamp, zestaw Optical-Tweezers, mikroskop konfokalny i cały szereg konfiguracji mikroskopów optycznych. Pozwoliło to na uruchomienie kilku nowych programów badawczych. Aktualnie zajmujemy się własnościami finalnej warstwy wody na powierzchniach biologicznych i biokompatybilnych materiałów porowatych, badając jej zachowanie pod kątem utraty ciągłości (perkolacja) i kinetyki dehydratacji. Badamy biofizyczne mechanizmy regulujące procesy migracji komórek, szczególnie wpływ właściwości mechanicznych podłoża na parametry biofizyczne migracji oraz wzrost różnych typów komórek. Prowadzimy prace nad nowymi rodzajami



biokompatybilnych podłoży do wzrostu i migracji komórek. Ponadto, intensywnie poszukujemy nowych aplikacji metod fizycznych – doświadczalnych i teoretycznych – których wyniki mogą być szczególnie cenne w badaniach procesów biologicznych.

Niezwykle istotną aktywnością badawczą Zakładu stało się poszukiwanie nowych form i metod edukacji dzieci i młodzieży w zakresie wiedzy matematyczno-przyrodniczej, w czym pretendujemy do ścisłego grona liderów wśród popularyzatorów nauki w skali europejskiej.

Najważniejsze osiągnięcia

- Perkolacja ciągłości molekularnej sieci wody i kinetyka dehydratacji materiałów porowatych.
- Migracja komórek w odpowiedzi topografię powierzchni podłoża.
- Konstrukcja Wysoko-Polowego-Wysoko-Częstotliwościowego Spektrometru EPR.
- Nowe formy i metody edukacji dzieci i młodzieży (od przedszkolaka do maturzysty) zakresie wiedzy matematyczno-przyrodniczej.

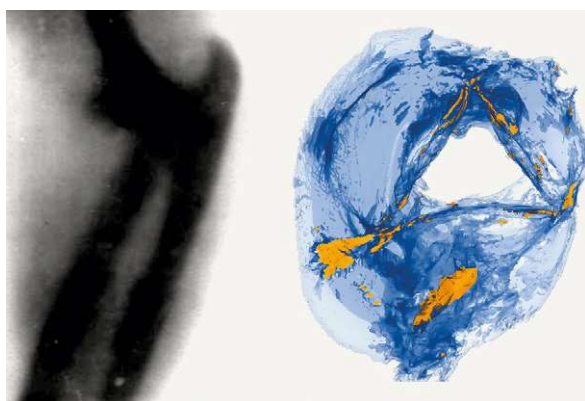
Zakład Fizyki Medycznej

Kierownik: prof. dr hab. Jan Stanek

<http://www.fais.uj.edu.pl/zfm>

Realizowane badania

Istotnym zadaniem Zakładu jest działalność dydaktyczna, w ramach których koordynowanych jest 13 kursów w programie studiów fizyki medycznej. Niemniej ważny jest wkład pracowników Zakładu w prace naukowo-badawcze w zakresie ruchliwości nanocząstek w materii organicznej, efektów biologicznych wywołanych przez pola magnetyczne na poziomie komórkowym oraz obrazowania biomedycznego – analizowana jest budowa wewnętrzna kości, fizjologiczna i patologiczna mineralizacja tkanek ludzkich oraz mikrostruktury pian metalicznych. Prowadzimy badania materiałów pochodzenia biologicznego



mikrotomografia komputerowa
spektroskopia masowa TOF-SIMS
FTIR spektroskopia
mössbauerowska
mineralizacja tkanek
metaloporfiryny
dynamika
nanocząstek

metodami spektrometrii masowej (skład atomowy/molekularny, obrazowanie 2D i 3D). Zajmujemy się również spektroskopową charakterystyką materiałów biologicznych (kompleksy metaloporfirynowe, zdrowe i chorobowo zmienione tkanki).

Zakład dysponuje nowoczesną aparaturą składającą się z mikrotomografu komputerowego, spektrometru masowego TOF-SIMS (Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry), spektrometru do badań w podczerwieni FTIR, dwóch spektrometrów mössbauerowskich z kriostatem helowym oraz pracownią do hodowli komórkowych. Badania realizowane są we współpracy z krajowymi ośrodkami badawczymi, jak również w ośrodkach synchrotronowych: DESY (Hamburg), DAFNE/ LNF-INFN (Frascati) oraz BESSY (Berlin).

Najważniejsze osiągnięcia

- Opracowanie metodyki mikrotomografii rentgenowskiej oraz zobrazowanie z wysoką zdolnością rozdzielczą wewnętrznej struktury kości skroniowej.
- Wykazanie, że procesy relaksacji magnetycznej w żelazoporfirynach są determinowane głównie przez oddziaływania międzycząsteczkowe.
- Wytworzenie nowej klasy kompozytowych materiałów organometalicznych w postaci trójwymiarowych struktur nanocząstek magnetycznych w żelach białkowych.
- Wykazanie w pomiarach TOF-SIMS aktywności enzymu trypsyny w hydrolizie łańcuchów aminokwasowych na krzemowych podłożach. Badania dotyczyły tworzenia nowych narzędzi diagnostycznych.

Zakład Radiospektroskopii

Kierownik: prof. dr hab. Kazimierz Łątka

<http://www.fais.uj.edu.pl/zr>

Realizowane badania

Badania biofizyczne, w jakie zaangażowani są naukowcy Zakładu, spełniają użyteczne funkcje w rozmaitych dziedzinach nauki i życia. Obserwowane są nie tylko suche tkanki, np. oskórek stawonogów, holarktycznych ryjkowców i czarnuchowatych, ale również ludzkie tkanki keratynowe (włos ludzki), jak i całe ekstremofilne organizmy żywe (grzyby zlichenizowane z Antarktydy). Analizujemy zarówno mechanizmy przetrwania drastycznego odwodnienia oraz skrajnie niskiej temperatury otoczenia, jak również zjawiska



NMR
biofizyka Antarktyda
organizmy ekstremofilne grzyby
zlichenizowane
DNA unikalny organizm
Polypedilum vanderplankii
kosmetyka włosy
warstwy jednomolekularne spektroskopia
mössbauerowska

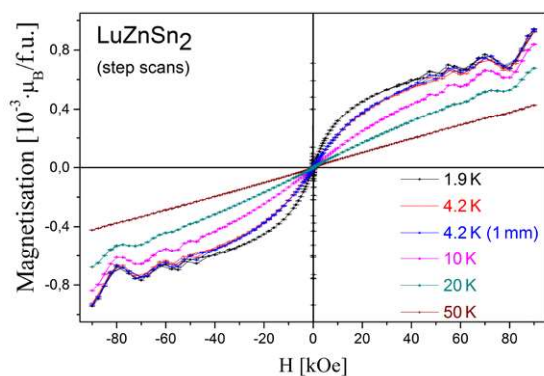
odwracalnego zatrzymania/drastycznego spowolnienia procesów życiowych, a to w unikalnym organizmie żywym, larwie ochotki *Polypedilum vanderplankii*. Możliwym praktycznym zastosowaniem tych badań byłoby wydłużenie czasu przechowywania organów do przeszczepów. Dla realizacji tych badań Uniwersytet Jagielloński zawarł umowę współpracy naukowo-technicznej z National Institute of Agrobiological Sciences, Tsukuba, Japonia, który jako jedyny w świecie prowadzi rozmnażanie badanego organizmu w warunkach laboratoryjnych.

Prace nad własnościami hydratacyjnymi DNA i jego kompleksami z surfaktantami mają na celu rozpoznanie własności takich układów pod kątem przydatności

w optoelektronice. Natomiast badanie wpływu naturalnych lubrykantów oraz syntetycznych surfaktantów na własności włosa ludzkiego prowadzą do ulepszenia jakości stosowanych kosmetyków.

Badając warstwy jednomolekularnych nowoczesnych leków przeciwrakowych otrzymanych na bazie lipidów syntetycznych, a cechujących się bardzo dobrą tolerancją przez błony komórkowe człowieka, dążymy do zrozumienia przyczyn ich skuteczności, co umożliwiłoby dalszą poprawę ich działania.

Poza problemami biofizycznymi, podejmujemy zagadnienia poświęcone tematyce ekologicznej. Dzięki badaniom metodą spektroskopii rezonansowej gamma związków międzymetalicznych ziem rzadkich oraz materiałów katalitycznych, zamierzamy doprowadzić do zmniejszenia przemysłowej emisji niektórych związków karcinogennych.



Najważniejsze osiągnięcia

- Wyznaczenie struktury krystalicznej stałej warstwy jednomolekularnej erucylfosfocholiny (ErPC).
- Odkrycie przekształcenia puli wody luźno związanej, zamarzającej, w niezamarzającą wodę ściśle związaną w pleśze *Cetraria aculeata*.
- Odkrycie nieoczekiwanie wysokiej zawartości wody związanej w kryptobiotycznej larwie afrykańskiej ochotki *Polypedilum vanderplanki*.
- Odkrycie zjawiska pęcznienia w kompleksach DNA/DDCA oraz DNA/CTMA.
- Określenie struktury krystalicznej i elektronowej nowych materiałów, w tym katalitycznych do redukcji tlenków azotu, celem ograniczenia ich emisji w skali przemysłowej.