



Informator

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Informator
Wydział Fizyki
Uniwersytetu Warszawskiego



Projekt graficzny: Natalia Kulka

Zdjęcia: K. Doroba, P. Fita, M. Gryglas (wykonane w LPN, CNRS),
K. Kowalski, K. Miernik, P. Olbratowski, A. Sułkowska, A. Szumilo,
J. Urban, B. Wielgus-Kutrowska, G. Wrochna, pracownicy
i doktoranci IGF, Archiwum „Postępów Fizyki”, CERN, NASA



Publikacja współfinansowana z funduszy Programu
Unii Europejskiej LLP- Erasmus

Spis treści

1. Od Dziekana.....4

2. Historia wydziału.....6

3. Struktura wydziału.....10

4. Kierunki badań

 Instytut Fizyki Doświadczalnej.....12

 Instytut Fizyki Teoretycznej.....22

 Instytut Geofizyki.....32

 Katedra Metod Matematycznych Fizyki.....40

5. Studia na Wydziale Fizyki.....42

6. Działalność popularyzatorska.....49

7. Ważne kontakty.....52



Od Dziekana

Mocną stroną Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego zawsze była i nadal pozostaje wysoka jakość badań naukowych. Potwierdzają ją liczne publikacje w prestiżowych międzynarodowych czasopismach, częste cytowania oraz realizowane na Wydziale krajowe i międzynarodowe projekty badawcze. Specjalistyczne laboratoria Wydziału Fizyki są wyposażone w unikalną, nowoczesną aparaturę badawczą. Na ogromny potencjał naukowy i dydaktyczny Wydział składają się: znany w kraju i za granicą dorobek naukowy, nowoczesne programy studiów, duża liczba profesorów tytularnych (70) i doktorów habilitowanych (51), interdyscyplinarność prowadzonych badań, współpraca naukowa z czołowymi ośrodkami zagranicznymi. Wydział Fizyki bardzo często odwiedzają naukowcy z prestiżowych uczelni i instytutów naukowych całego świata. Wysoko wykwalifikowana kadra naukowa dzieli się zdobytą wiedzą i doświadczeniem z doktorantami i studentami, którzy mają możliwość włączania się w prowadzone na Wydziale badania już od pierwszych lat studiów. Dążymy do tego, aby opuszczając mury naszego Wydziału, absolwenci potrafili zastosować zdobytą podczas studiów wiedzę, by zdolność do formułowania i rozwiązywania nietypowych problemów, logiczne myślenie, wyobraźnia, a także umiejętność pracy zespołowej były ich podstawowymi atrybutami. Nasi absolwenci są przedmiotem naszej dumy i odnoszą sukcesy, pracując na prestiżowych uczelniach, w instytutach naukowych, szpitalach, bankach oraz w różnych gałęziach gospodarki na całym świecie. Ich błyskotliwe kariery są dowodem jakości i użyteczności wiedzy zdobytej w trakcie studiów na Wydziale Fizyki UW.

Wydział Fizyki wykorzystuje szansę, jaką daje członkostwo Polski w Unii Europejskiej. Skutecznie zdobywamy środki w ramach unijnych programów operacyjnych i programów ramowych UE w zakresie badań i rozwoju technicznego. Jakość badań naukowych i kształcenia studentów zależy w dużej mierze od warunków, w jakich się one odbywają. W najbliższym czasie na terenie Kampusu Ochota powstanie nowa siedziba Wydziału Fizyki. Stworzy to lepsze warunki do pracy i nauki oraz umożliwi powstanie nowych, dobrze wyposażonych laboratoriów badawczych.

Szanując wartości, które bogata historia i tradycja ugruntowały na Wydziale Fizyki, musimy sprostać nowym zadaniom pojawiającym się wraz ze zmianami w otaczającym nas świecie. Dzisiejszy Wydział Fizyki zdecydowanie patrzy w przyszłość. Staramy się dostosować ofertę dydaktyczną do potrzeb i oczekiwań młodego pokolenia. Interdyscyplinarne zainteresowania młodzieży i możliwość znalezienia w przyszłości ciekawej pracy skłoniły nas do otwierania nowych specjalności, kierunków i makrokierunków studiów.

Wydział Fizyki jest gotowy do podjęcia wyzwań XXI wieku. Naszym nadrzędnym celem pozostaje zachowanie wysokich standardów badań naukowych i kształcenia młodzieży.

Prof. dr hab. Teresa Rząca-Urban

Centrum Nowych Technologii II

– przyszła siedziba Wydziału Fizyki UW; projekt Autorskiej Pracowni Architektury Kuryłowicz & Associates Sp. z o.o.



Historia wydziału

Fizyka i astronomia zaistniały na Uniwersytecie Warszawskim w roku 1816 w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. Najważniejszymi postaciami okresu 1816–1831 byli: fizyk Karol Skrodzki (1787–1832), który został wybrany drugim rektorem Uniwersytetu, oraz Franciszek Armiński, astronom, założyciel Obserwatorium Astronomicznego. W pierwszych latach istnienia uczelni laboratorium i sala wykładowa fizyki mieściły się w Pałacu Kazimierzowskim, który jest obecnie siedzibą władz rektorskich i administracji w głównym kampusie uniwersyteckim przy ul. Krakowskie Przedmieście 26/28. Później fizyka została przeniesiona do innego gmachu w tym kampusie – tego, w którym obecnie mieszczą się niektóre zakłady Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Obserwatorium Astronomiczne rozpoczęło oficjalnie działanie w roku 1825, kie-

dy ukończono budowę gmachu w Alejach Ujazdowskich 4.

Po upadku Powstania Listopadowego w 1831 roku Uniwersytet Warszawski został zamknięty przez władze rosyjskie w ramach represji względem Polaków. Jedynie Obserwatorium Astronomiczne działało nadal jako instytucja naukowa, opracowująca m.in. kalendarze i obserwacje meteorologiczne. W roku 1862 Uniwersytet wznowił działanie jako Szkoła Główna, która jednak istniała tylko do 1869 roku, kiedy to została przekształcona w Cesarski Uniwersytet Warszawski z rosyjskim językiem wykładowym. Uczelnia ta była dość powszechnie bojkotowana przez Polaków.

Długo oczekiwaną zmianę przyniosła wojna światowa. Już w sierpniu 1915 roku, wobec udanej ofensywy wojsk niemieckich, Rosjanie



Budynek przy ul. Hożej 69 w latach 30. XX w.

musieli opuścić Warszawę. Cesarski Uniwersytet Warszawski został ewakuowany do Rostowa, gdzie istniał pod tą nazwą jeszcze przez jakiś czas. W Warszawie niemieckie władze wojskowe zezwoliły na otwarcie polskich uczelni: uniwersytetu i politechniki. Inauguracja Uniwersytetu Warszawskiego nastąpiła 15 listopada 1915 roku, ale w pierwszych latach wobec trwających działań wojennych działalność uczelni była dość ograniczona.

Pierwsza część nowego gmachu fizyki przy ul. Hożej 69 została oficjalnie otwarta 30 stycznia 1921 roku. Jego twórca, Stefan Pieńkowski (1883–1953), później wybierany kilkakrotnie rektorem uniwersytetu, rozpoczął realizację ambitnego programu stworzenia w Warszawie silnego, uznawanego w skali międzynarodowej ośrodka fizyki. Zaczynał niemal od zera, a jednak

w krótkim czasie zorganizował instytut fizyki doświadczalnej na światowym poziomie.

Fizykę teoretyczną na Hożej zapoczątkował Czesław Białobrzeski (1878–1953) – jeden z najbardziej znanych polskich teoretyków. W pracy opublikowanej w 1913 roku jako pierwszy zwrócił uwagę na znaczenie ciśnienia promieniowania w budowie wewnętrznej gwiazd.

Spośród znanych warszawskich astronomów okresu międzywojennego trzeba wyróżnić Michała Kamieńskiego (1879–1973), jednego z najlepszych w świecie znawców orbit komet. Był on dyrektorem Obserwatorium Astronomicznego w latach 1923–1945. Działalność obserwacyjna dotyczyła wtedy przeważnie gwiazd zmiennych. W latach 30. XX w. Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego stał się największym ośrodkiem fizyki w Polsce.

Ze względu na bogate i doskonale wyposażenie był także uznawany za jeden z najlepszych instytutów w Europie. Badania koncentrowały się na aktualnych wtedy zagadnieniach luminescencji i spektroskopii, którymi interesował się sam Pieńkowski. Rozumiał on jednak konieczność rozszerzenia badań na inne gałęzie fizyki. Wysłał swych uczniów do Anglii i Stanów Zjednoczonych, aby się wykształcili w fizyce jądrowej, która wówczas, po odkryciu w 1932 roku neutronu, zaczęła zyskiwać na znaczeniu. Po powrocie z Pasadeny w USA Andrzej Sołtan (1897–1959) rozpoczął budowę na Hożej małego cyklotronu, ale budowa została przerwana przez wybuch wojny we wrześniu 1939 roku.

W okresie międzywojennym fizycy warszawscy zorganizowali dwie ważne konferencje międzynarodowe. Obecnie konferencje fizyczne są tak liczne, że każdego dnia odbywa się gdzieś jakiś zjazd. Osiemdziesiąt lat temu konferencje naukowe były jednak jeszcze rzadkie.

W dniach 20–25 maja 1936 roku stu czterdziestu dziewięciu uczestników z ośmiu krajów (Belgia, Francja, Jugosławia, Łotwa, Niemcy, Polska, Rumunia i USA) zebrało się w dużej sali wykładowej gmachu przy ul. Hożej 69 na Pierwszym Międzynarodowym Kongresie Luminescencji, zorganizowanym przez Stefana Pieńkowskiego. Profesor Peter Pringsheim z Brukseli, którego wybrano prezydentem Kongresu, podkreślił w swym wykładzie inauguracyjnym, że Warszawa, będąca jednym z głównych ośrodków badań luminescencji, stała się naturalnym miejscem odbycia takiego Kongresu. Sprawozdania z Kongresu, łącznie 29 artykułów oraz dyskusja, wypełniły 431 stron tomu V „Acta Physica Polonica”.

Białobrzeski interesował się podstawami fizyki. W dniach 30 V–3 VI 1938 roku zorganizował on w Warszawie bardzo ważną konferencję

międzynarodową pod tytułem „New Theories in Physics” (Nowe teorie w fizyce). Wykłady i dyskusja dotyczyły mechaniki kwantowej, elektrodynamiki, teorii względności i kosmologii. O wysokiej randze tej konferencji świadczy udział w niej uczonych tej miary, co Niels Bohr, Leon Brillouin, Louis de Broglie, Paul Dirac, Arthur Eddington, George Gamow, Samuel Goudsmit, Oskar Klein, Hendrik Kramers, Ralph de Laer Kronig, Paul Langevin, Edward Arthur Milne, John von Neumann, Francis Perrin i Eugene Wigner.

O skali badań prowadzonych w ośrodku przy Hożej w okresie międzywojennym świadczy to, że fizycy z tego uniwersyteckiego ośrodka byli autorami niemal czterdziestu procent wszystkich publikacji fizycznych z Polski.

Podczas drugiej wojny światowej Obserwatorium Astronomiczne i Instytut Fizyki przy Hożej zostały rozgrabione z aparatury i zniszczone. W 1945 roku Pieńkowski, ponownie wybrany rektorem Uniwersytetu Warszawskiego, musiał od nowa budować ośrodek fizyki przy ul. Hożej. Włodzimierz Zonn (1905–1975) zabrał się za odbudowę warszawskiej astronomii. Wspólnie ze Stefanem Piotrowskim (1910–1985) przekształcili oni warszawskie Obserwatorium Astronomiczne w ośrodek astrofizyki na światowym poziomie. Najbardziej chyba znanym osiągnięciem warszawskich astronomów jest niedawne odkrycie planet wokół innych gwiazd, dokonane przez zespół pod kierownictwem Andrzeja Udalskiego. Obecnie historyczny gmach obserwatorium w Alejach Ujazdowskich 4 służy tylko jako miejsce prac teoretycznych i opracowania obserwacji, które są prowadzone gdzie indziej, głównie w stacji Obserwatorium Uniwersytetu Warszawskiego Las Campanas w Chile.

Gmach fizyki przy ul. Hożej 69 został po wojnie znacznie rozbudowany, a prace badawcze objęły wiele gałęzi fizyki. Sam Pieńkowski odbudował badania w dziedzinie optyki, a jego uczniowie rozpoczęli badania w innych działach. Sołtan utworzył zespół do badań w fizyce jądrowej. Leonard Sosnowski (1911–1986), jeden z pionierów badań złącza p - n w półprzewodnikach, zorganizował badania w dziedzinie materii skondensowanej, które wkrótce stały się jedną ze specjalności Hożej. Marian Danysz (1909–1983) i Jerzy Pniewski (1913–1989) utworzyli zespół do badań cząstek elementarnych. W roku 1952 ci dwaj fizycy odkryli hiperjądra. Wielu ludzi uważa, że było to najważniejsze odkrycie w powojennej historii fizyki w Polsce. W ośrodku na ul. Hożej powstały nowe grupy badawcze w biofizyce, fizyce medycznej i geofizyce. Wśród niedawnych sukcesów eksperymentatorów trzeba wymienić odkrycie w 2002 roku zjawiska promieniotwórczości dwuprotonowej przez polsko-francuski zespół kierowany przez Marka Pfütznera.

Fizykę teoretyczną na Hożej odbudowywał po wojnie Czesław Białobrzeski wraz z Wojciechem Rubinowiczem (1889–1974), znanym najbardziej ze swego odkrycia w 1918 roku reguły wyboru w przejściach atomowych. Jednak Instytut Fizyki Teoretycznej na ul. Hożej został formalnie utworzony i znacznie rozbudowany przez Leopolda Infelda (1898–1968). Infeld, znany ze swej współpracy naukowej z Albertem Einsteinem, interesował się głównie zagadnieniami teorii względności, ale dobrze rozumiał, że fizyka teoretyczna musi się rozwijać szerokim frontem. Pniewski wspominał, że pewnego razu Infeld powiedział mu: „Ja się nie znam na waszych cząstkach elementarnych, jądrach atomowych czy półprzewodnikach, ale znam się na ludziach i potrafię wyłowić młodych zdolnych,

którzy zostaną wysłani do czołowych ośrodków fizycznych, a po ich powrocie do Warszawy fizyka teoretyczna będzie się rozwijała we wszystkich tych działach”. Wizja Infelda okazała się trafna. Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego znacznie się powiększył i rozwinął. Powstały nowe grupy prowadzące badania w fizyce atomowej, fizyce jądrowej, fizyce cząstek elementarnych i fizyce materii skondensowanej, co wzbogaciło tradycyjne badania w klasycznej i kwantowej teorii pola, fizyce matematycznej i fizyce statystycznej.

Struktura wydziału

Władze wydziału



prof. dr hab. Teresa Rząca-Urban, dziekan Wydziału Fizyki



dr hab. Andrzej Wismołek, prodziekan ds. studenckich



dr hab. Dariusz Wasik, prof. UW, prodziekan ds. finansowych i rozwoju Wydziału Fizyki



prof. dr hab. Marek Trippenbach, prodziekan ds. badań naukowych i współpracy z innymi ośrodkami

Instytuty i inne jednostki

Instytut Fizyki Doświadczalnej

Dyrektor:
dr hab. Tomasz Matulewicz, prof. UW
Adres: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa
<http://ifd.fuw.edu.pl/>

- Zakład Biofizyki
- Zakład Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych
- Zakład Dydaktyki Fizyki
- Zakład Fizyki Biomedycznej
- Zakład Fizyki Ciała Stałego
- Zakład Fizyki Jądra Atomowego
- Zakład Optyki
- Zakład Struktury Materii Skondensowanej
- Zakład Spektroskopii Jądrowej
- Pracownia Pokazów Wykładowych
- Biblioteka

Instytut Fizyki Teoretycznej

Dyrektor:
prof. dr hab. Marek Napiórkowski
Adres: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa

- Katedra Fizyki Materii Skondensowanej
- Katedra Optyki Kwantowej i Fizyki Atomowej
- Katedra Teorii Cząstek i Oddziaływań Elementarnych
- Katedra Teorii Oddziaływań Silnych i Elektrosłabych
- Katedra Teorii Względności i Grawitacji
- Zakład Teorii Struktury Jąder Atomowych
- Pracownia Fizyki Komputerowej
- Biblioteka im. Wojciecha Rubinowicza

Instytut Geofizyki

Dyrektor:
dr hab. Hanna Pawłowska, prof. UW
Adres: ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa
<http://www.igf.fuw.edu.pl/igf/>

- Zakład Fizyki Atmosfery
- Zakład Fizyki Litosfery
- Zakład Optyki Informacyjnej
- Biblioteka

Obserwatorium Astronomiczne

Dyrektor:
prof. dr hab. Andrzej Udalski
Adres: Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa
<http://www.astrouw.edu.pl/>

- Zakład Astronomii Pozagalaktycznej
- Zakład Astrofizyki Teoretycznej
- Katedra Astrofizyki Obserwacyjnej
- Pracownia Instrumentalno-Dydaktyczna w Ostrowiku

Katedra Metod Matematycznych Fizyki

Kierownik: dr hab. Jacek Jezierski, prof. UW
Adres: ul. Hoża 74, 00-682 Warszawa
<http://www.fuw.edu.pl/KMMF/>

Kierunki badań

Instytut Fizyki Doświadczalnej

Fizyka jest nauką doświadczalną – obserwacja otaczającej nas rzeczywistości jest ostatecznym sprawdzianem wszystkich, powstałych w obłokach kredowego pyłu i blasku komputerowych monitorów teorii. Pomiar. Eksperyment. Doświadczenie.

W Instytucie Fizyki Doświadczalnej zajmujemy się poznawaniem Wszechświata we wszystkich skalach, poczynając od rejestracji rozbłysków gamma z odległych galaktyk, przez badanie sygnałów pochodzących z ludzkiego mózgu, zgłębianie struktury i funkcji komórek i zawartych w nich cząsteczek organicznych, po studia nad najbardziej elementarnymi składnikami materii. Wiele z tych prac prowadzonych jest za pomocą

unikatowej, zaprojektowanej i skonstruowanej przez nas aparatury – postęp w nauce wyznacza ją jednak nierzadko kolejne, coraz dokładniejsze, subtelniejsze i szybsze metody pomiarów i przetwarzania danych, niedostępne dla poprzednich pokoleń badaczy.

W skład Instytutu wchodzi dziesięć zakładów, których zainteresowania pokrywają niemal wszystkie dziedziny rozwijane współcześnie w fizyce: badania strukturalne, biofizykę, fizykę biomedycyną, fizykę cząstek i oddziaływań fundamentalnych, fizykę ciała stałego, fizykę jądra atomowego i spektroskopię jądrową, optykę i dydaktykę fizyki.

Kosmos

„Pi of the Sky” to teleskop-robot służący do poszukiwania na niebie błysków optycznych kosmicznego pochodzenia. Głównym celem naszych poszukiwań jest obserwacja największych znanych kosmicznych kataklizmów, czyli tzw. rozbłysków gamma (ang. *Gamma Ray Bursts*, GRB). Te tajemnicze kosmiczne eksplozje trwają krótko, od ułamków do kilkadziesiąt sekund, ale ich energia przewyższa energię wyemitowaną przez Słońce w ciągu całego swojego życia! Podejrzewamy, że są śladem narodzin czarnych dziur, powstających w wyniku zapaści masywnych gwiazd lub połączenia dwóch gwiazd neutronowych.

Aparatura „Pi of the Sky” została w całości zaprojektowana i wykonana w Polsce przez zespół naukowców, doktorantów i studentów z warszawskich uczelni i instytutów badawczych, we

współpracy z polskimi firmami. Od prawie pięciu lat prototypowa, w pełni automatyczna aparatura „Pi of the Sky” pracuje w obserwatorium Las Campanas w Chile tuż obok polskich teleskopów OGLE i ASAS.

19 marca 2008 nasz teleskop zarejestrował najjaśniejszy widziany przez człowieka błysk optyczny pochodzący z odległego Wszechświata. Zjawisko to zaobserwował jednocześnie w widmie gamma satelita Swift, dzięki czemu zostało ono zidentyfikowane jako rozbłysk gamma i oznaczone jako GRB 080319B. Błysk był widoczny gołym okiem przez 40 sekund, mimo że pochodził z odległości około 7,5 miliarda lat świetlnych – zarejestrowane światło podróżowało do nas dłużej niż wynosi połowa wieku Wszechświata.

Detektor w Chile to prototyp większego urządzenia, które aktualnie budujemy. Aby zwiększyć szansę zaobserwowania kolejnych błysków, uży-



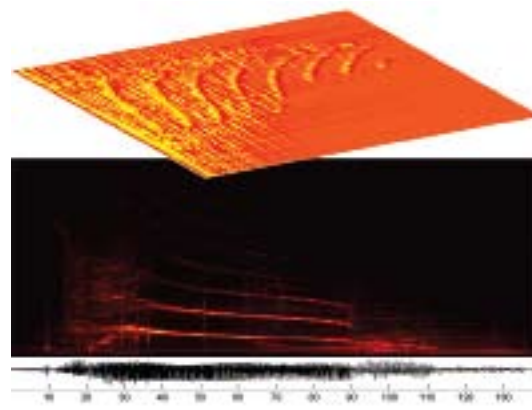
Obserwatorium Las Campanas na pustyni Atacama w Chile

jemy 24 kamer, które w sposób ciągły będą obserwować 1/4 widzialnego nieba. Mamy nadzieję, że dzięki większej liczbie obserwacji sygnałów optycznych GRB będziemy mogli lepiej poznać mechanizm ich powstawania.

Człowiek – mózg – komputer

Jednym z największych wyzwań XXI wieku jest poznanie i zrozumienie działania najważniejszego narzędzia poznawczego, którego używamy od początku istnienia nauki: ludzkiego mózgu. Znaczenie neuroinformatyki jako nowej dziedziny – integrującej wszystkie neuronauki wokół metodologii nauk fizycznych – podkreśla powstanie International Neuroinformatics Coordination Facility, w której pracach czynny udział bierze **Zakład Fizyki Biomedycznej**.

Nowym, rozwiniętym przez nas tematem, są interfejsy mózg-komputer (*brain-computer interfaces*, BCI). Systemy te są jedynym środkiem komunikacji z otoczeniem dla osób znajdujących się w tzw. stanie zamknięcia, jak autor książki *Skafander i motyl*. Komputer odczytuje proste intencje na podstawie rejestrowanych z powierzchni głowy zapisów potencjałów mózgowych (EEG) i zamienia je na komendy sterujące urządzeniami zewnętrznymi, a także umożliwia pisanie tekstów bez pośrednictwa klawiatury i mięśni – wyłącznie za pomocą mózgu. Dołączenie do czołówki światowej w zakresie BCI możliwe było dzięki znaczącym osiągnięciom w analizie i modelowaniu zapisów czynności elektrycznej mózgu i innych biosygnali. Współpracujemy z najlepszymi ośrodkami krajowymi i zagranicznymi: Warszawskim Uniwersyte-tem Medycznym, Johns Hopkins School of



Napad epileptyczny, zapis z elektrody śródczaszkowej

Medicine, Harvard Medical School, Uniwersyte-tem w Amsterdamie.

Aktualnie realizowane projekty obejmują m.in.: lokalizację przestrzenną źródeł napadów epileptycznych na podstawie powierzchniowych zapisów EEG (we współpracy z Centrum Zdrowia Dziecka i Fraunhofer FIRST), korejstrację sygnałów EEG i fMRI dla badania stanów minimalnej świadomości (we współpracy z Cyclotron Research Centre w Liège), analizę sygnałów magnetoencefalograficznych MEG (we współpracy z Leibniz Institute for Neurobiology), konstrukcję automatycznych systemów analizy snu, analizę emisji otoakustycznych (OAE), modelowanie czynności elektrycznej mózgu, wreszcie rozwój metod matematycznych analizy sygnałów. Projekty neuroinformatyczne to np. oparty na XML metajęzyk opisu struktury cyfrowych zapisów szeregów czasowych SignalML, pierwszy polski portal neuroinformatyczny (<http://eeg.pl>), pierwszy na świecie otwarty projekt w dziedzinie interfejsów mózg-komputer czy pierwszy na świecie otwarty system oznaczania, analizy i rejestracji EEG Svarog (*Signal Viewer, Analyzer and Recorder On GPL*).

Komórki

Eksperymentalne i teoretyczne badania biomolekuł, w tym białek, kwasów nukleinowych oraz innych związków o potencjalnym działaniu chemioterapeutycznym rozwija **Zakład Biofizyki**. Poprzez kompleksowe, interdyscyplinarne ujmowanie analizowanych problemów staramy się zrozumieć, jak przebiegają procesy w żywych organizmach na poziomie molekularnym. Do analizy cząsteczek i ich oddziaływań w funkcjonalnych kompleksach wykorzystujemy techniki chemiczne i biologiczne (inżynieria genetyczna), metody spektroskopii molekularnej, spektrometrię masową, kalorymetrię i dyfrakcję rentgenowską. Przy opracowywaniu mechanizmów działania cząsteczek w komórce stosowane są obliczenia kwantowe i komputerowe metody dynamiki mo-

lekularnej, projektowania molekularnego i bioinformatyki. Ważnym elementem prowadzonych przez nas badań jest szeroka współpraca z czołowymi ośrodkami na świecie i w Polsce.

Ważnym osiągnięciem badaczy z IFD było zaprojektowanie, zsyntetyzowanie i opatentowanie analogów kapu (mRNA 5' cap), w tym odpornych na hydrolizę enzymów degradujących RNA w komórce. Nowe analogi stanowią cenne narzędzia w opracowanych przez nas molekularnych mechanizmach działania czynników białkowych, takich jak kluczowy dla biosyntezy białek czynnik inicjacyjny eIF4E i wielofunkcyjne jądrowe białko CBC, jak również w biotechnologii – przy poszukiwaniach szczepionek przeciwnowotworowych.

Jednym z kluczowych zagadnień biofizyki molekularnej są mechanizmy procesów zależ-



Zielono fluoryzujące białko GFP

nych od pH. Genomy organizmów rozwinęły się w toku ewolucji tak, aby w organellach wewnątrzkomórkowych było utrzymywane pH odpowiednie dla zachodzących tam procesów. Jednym z ostatnich naszych osiągnięć jest opracowanie teoretycznej metody liczenia energii swobodnej procesów zwijania/rozwijania białek i asocjacji białko-białko oraz białko-ligand, uwzględniające protonacyjne stopnie swobody grup miareczkowych. Poszukiwanie mechanizmów katalizy enzymatycznej przez białka z rodziny fosforylaz nukleozydów purynowych (PNP) jest niezwykle ważne w badaniach układu odpornościowego. Dzięki rozwinięciu technik krystalizacji białek w Zakładzie Biofizyki zostały wyznaczone struktury rentgenograficzne enzymów pochodzących z różnych organizmów w kompleksach z inhibitorami.

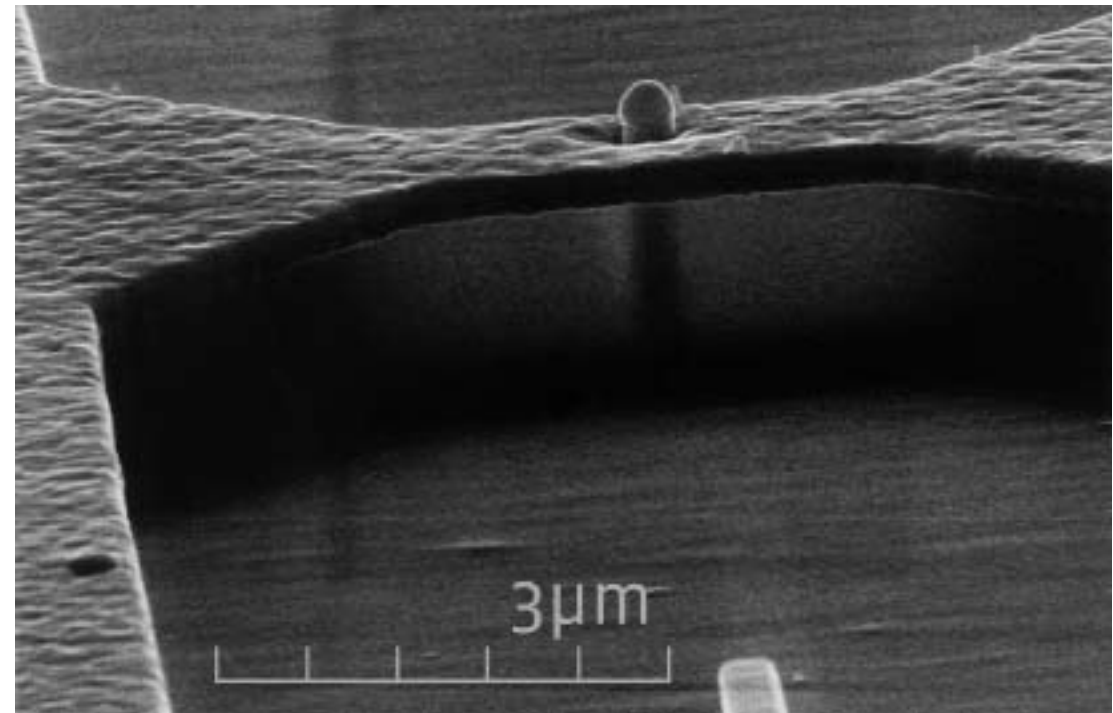
Układy biomolekularne i subkomórkowe są bardzo złożone, a ich opis – prowadzący do zrozumienia logiki funkcjonowania – jest tworzony przy użyciu metod matematycznego i komputerowego modelowania oraz bioinformatyki. Rozwijane są modele wykorzystujące metody molekularnej mechaniki kwantowej, fizyki statystycznej oraz teorii systemów, w szczególności metody analizy przyczynowości zjawisk opartej na teorii analizy sygnałów. Badania metodologiczne dotyczą również procesów fizycznych związanych z oddziaływaniem cząsteczek z promieniowaniem elektromagnetycznym, podstawą spektroskopii. Opracowano nowy model opisu dezaktywacji elektronowych stanów wzbudzonych w biomolekułach i ich kompleksach. Model, alternatywny do multieksponencjalnego opisu zaniku fluorescencji, zakłada ciągły rozkład czasów życia, opisany tzw. funkcją Tsallisa (*power-like Tsallis q-exponential function*).

Kryształy

Zakłady: **Fizyki Ciała Stałego** oraz **Struktury Materii Skondensowanej** zajmują się szeroko pojętymi zagadnieniami z dziedziny fizyki materii skondensowanej – tutaj szczególnie interesujące są właściwości odpowiednio zaprojektowanych i wytworzonych, nieraz w ekstremalnych warunkach, materiałów i struktur półprzewodnikowych.

Jednym z takich materiałów jest grafen – niedawno poznana odmiana krystaliczna węgla. Dzięki uporządkowaniu atomów w pojedynczej warstwie dostajemy materiał o niezwykłych właściwościach: doskonały przewodnik prądu i ciepła, tani i prosty w wytwarzaniu. Obecnie w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego trwają badania własności grafenu – począwszy od eksperymentów spektroskopowych do charakterystyk elektrycznych. Kto wie, czy następna generacja komputerowych procesorów nie będzie początkiem nowej ery węgla w historii cywilizacji.

Bardzo interesujące są również prace nad nanostrukturami półprzewodnikowymi, jak studnie kwantowe, druty i kropki kwantowe. Ze względu na rozmiary w skali pojedynczych nanometrów, struktury takie przejawiają niezwykle właściwości, nieobserwowane w materiałach objętościowych. Szczególnie kropki kwantowe otwierają zupełnie nowe perspektywy dla elektroniki i informatyki – można w nich zapisywać, przetwarzać i odczytywać informację w postaci kwantowej. Badania takich pojedynczych kropek w ekstremalnych warunkach niskiej temperatury i silnego pola magnetycznego z femtosekundową rozdzielczością czasową są prowadzone w Laboratorium Ultraszybkiej Magnetospektroskopii Nanostruktur Półprzewodnikowych. Kropki kwantowe są poważnymi kandydatami na efek-



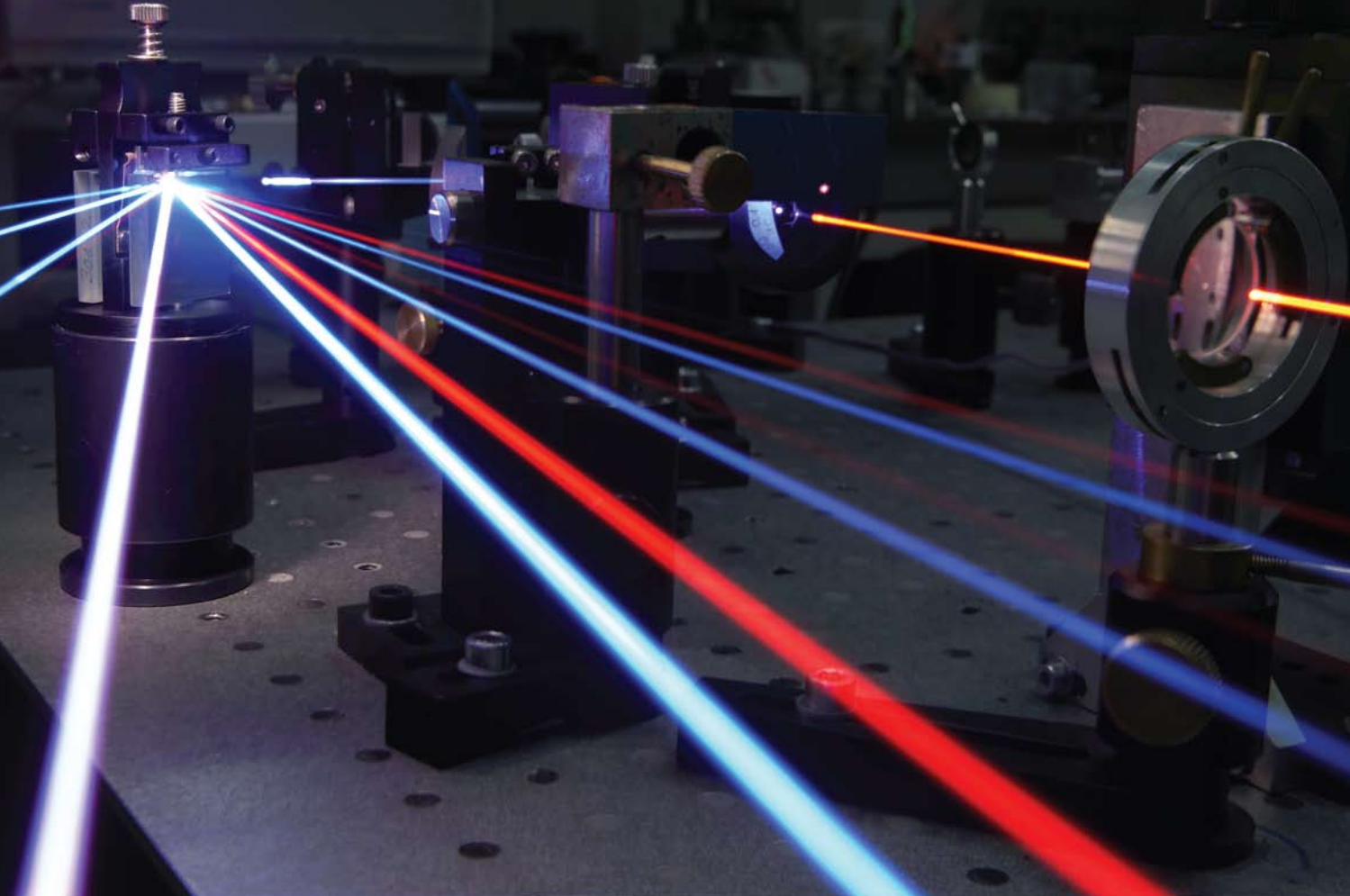
Nanosłupek o szerokości 300 nm z okalającym go paskiem – kontaktem elektrycznym

tywne źródła pojedynczych fotonów – niezbędnych, jeśli chcemy myśleć o zastosowaniu tych ostatnich w optycznym przetwarzaniu informacji.

W Laboratorium Fizyki Kwantowej Transzystorów i Dalekiej Podczerwieni prowadzimy z kolei badania nad oddziaływaniem promieniowania elektromagnetycznego o częstościach z zakresu teraherców z tranzystorami polowymi i innymi urządzeniami wytworzonymi na dwuwymiarowych strukturach półprzewodnikowych. Badamy między innymi tranzystory o rozmiarach rzędu kilkudziesięciu nanometrów w bardzo niskich temperaturach i silnych polach magnetycznych; można je stosować jako źródła i detektory promieniowania terahercowego – intensywnie obecnie badanego obszaru spektralnego.

Atomy i cząsteczki

Do badania atomów i zbudowanych z nich cząsteczek doskonale nadaje się światło. Promieniowanie z niezwykle stabilnych laserów i ultrakrótkie impulsy laserowe są używane w **Zakładzie Optyki** do poznania struktury i dynamiki prostych cząsteczek. Naszymi narzędziami są lasery – budowane i stale rozwijane w Laboratorium Procesów Ultraszybkich – wytwarzające impulsy o czasie trwania dziesiątek femtosekund, w tym nowej generacji, oparte na kryształach i światłowodach domieszkowanych iterbem. Za pomocą tak krótkich błysków światła możemy badać przebieg reakcji chemicznych, a także na ten przebieg wpływać. Niezwykle wysokie natężenia światła, które mamy do dyspozycji w femtosekundowych impulsach laserowych, między innymi ze wzmac-



Generacja drugiej harmonicznej w kryształach nieliniowych z wiązki laserowej ze wzmacniacza ultrakrótkich impulsów laserowych

niacza klasy TW (terawat), zaprojektowanego i zbudowanego we współpracy z Centrum Laserowym Instytutu Chemii Fizycznej PAN, otwierają przed nami fascynujące obszary optyki nieliniowej. Grupa LPU, współpracując z badaczami z University of Oxford, wniosła też znaczący wkład w opracowanie nowych technik pomiarów najkrótszych impulsów światła.

Impulsy laserowe o mniejszych natężeniach stosujemy do badania środowiska: rejestrując rozpraszanie światła na chmurach możemy śledzić procesy zachodzące w atmosferze, a po przestrojeniu aparatury – wykrywać zanieczyszczenia pochodzące z fabrycznych kominów. Jeden z laserowych lidarów (radarów optycznych), zamontowany na samochodzie, umożliwia prowadzenia badań terenowych.

W Laboratorium Spektroskopii Oddziaływań Międzyatomowych badamy widma optyczne cząsteczek dwuatomowych – gromadzone dane są niezbędne do testowania zaawansowanych teorii fizyki i chemii kwantowej. Prace nad technologią ultrazimnych cząsteczek, w tym opracowaniem kondensatu molekularnego, stwarzają stale rosnące zapotrzebowanie na dokładne dane spektroskopowe dotyczące cząsteczek metali alkalicznych – danych tych dostarczają nasze eksperymenty.

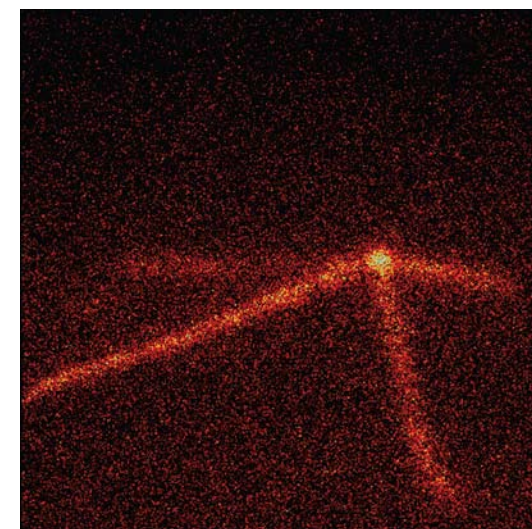
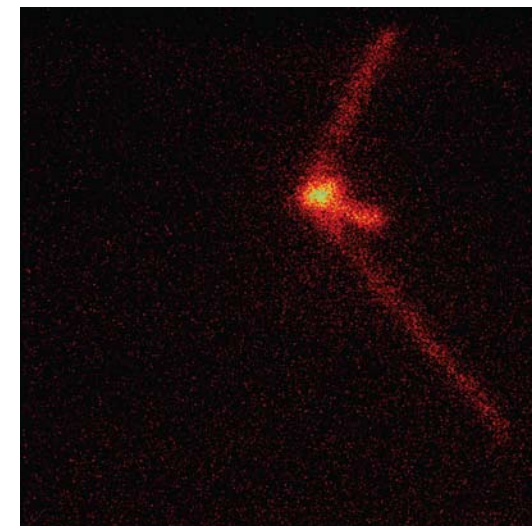
Od niedawna rozwijamy też badania z dziedziny eksperymentalnej optyki kwantowej – tu nie interesują nas ekstremalne natężenia światła, a pojedyncze fotony. Umiejętność wytwarzania, przetwarzania i pomiarów wyrafinowanych stanów kwantowych promieniowania elektromagnetycznego pozwala lepiej zrozumieć, czym jest

światło i do czego możemy je użyć. Choć komputery optyczne pozostają jeszcze w sferze marzeń, umiemy już budować ich elementy (bramki logiczne), kwantowe pamięci, opracowujemy specjalnie dla nich przeznaczone algorytmy. Rzeczywistością są już niemożliwe do podsłuchania systemy szyfrujące oparte na qubitach – fotonach niosących informację zakodowaną w ich stanie polaryzacji.

Jądra atomowe

Dziedziną badań zakładów: **Fizyki Jądra Atomowego i Spektroskopii Jądrowej** jest doświadczalna fizyka jądra atomowego – staramy się zrozumieć otaczającą nas materię, chcemy wyjaśnić wiele fundamentalnych zagadnień, np. jaki jest wiek Wszechświata, jak powstały pierwiastki w Kosmosie, jakie są granice świata nuklidów, czy mogą istnieć trwale pierwiastki superciężkie. Wytwarzamy i badamy jądra atomowe, które nie występują w warunkach naturalnych. Poznajemy ich budowę i właściwości, badając przemiany zachodzące między ich stanami i promieniowanie jądrowe emitowane w trakcie tych przemian. Eksperymenty przeprowadzamy w wiodących laboratoriach na świecie, jak CERN w Szwajcarii, GSI Darmstadt w Niemczech czy Oak Ridge i NSCL/MSU w USA. Wykorzystujemy także cyklotron Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie.

Interesują nas również właściwości materii jądrowej w stanach o różnej temperaturze i gęstości. Obiekty naszych badań wytwarzamy w reakcjach jądrowych przy użyciu wiązek ciężkich jonów, przyspieszanych nawet do energii relatywistycznych. Stosujemy też wiązki jonów radioaktywnych, dzięki czemu możemy wytwa-



Egzotyczne rozpady izotopu żelaza ^{45}Fe

zać jądra bardzo różniące się od znanych, istniejących obecnie jąder atomowych. Do rejestracji produktów reakcji wykorzystujemy najnowocześniejsze układy detektorów. Należymy do pionierów wprowadzania do pomiarów jądrowych nowoczesnej elektroniki cyfrowej. Ważnym i ciekawym wynikiem, jaki uzyskaliśmy niedawno, jest odkrycie i zbadanie promieniotwórczości



Detektor CMS w CERN-ie

dwuprotonowej dla nuklidu ^{45}Fe . Nasza dziedzina ma też niemałe znaczenie praktyczne – znajduje zastosowanie między innymi w energetyce, medycynie, archeologii, geologii, technologii materiałów.

Cząstki elementarne

Najdalej w głąb znanej nam materii sięgamy w Zakładzie Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych – aby odpowiedzieć na pytania dotyczące elementarnych składników Wszechświata i rządzących nimi praw, używamy wcale nie najmniej-szych urządzeń badawczych. Wręcz przeciwnie: gigantyczne detektory otaczają miejsca zderzania rozpędzonych prawie do prędkości światła cząstek w eksperymentach prowadzonych w mię-

dzynarodowych laboratoriach wysokich energii: CERN w Genewie oraz DESY w Hamburgu.

Świat małych obiektów wymyka się naszej wyobraźni: od wielu lat staramy się zrozumieć pochodzenie spinu protonu – okazuje się, że spiny jego składników: kwarków i gluonów, wnoszą jedynie minimalny wkład do znanej wartości $s = 1/2$. Ta tzw. zagadka spinu protonu to jedno z bardzo aktualnych pytań, jakie stawia sobie fizyka cząstek. Na trop tej zagadki 20 lat temu wpadli przypadkiem fizycy w CERN-ie, rozpoczynając lawinę badań doświadczalnych i teoretycznych. Grupa z IFD od początku aktywnie uczestniczy w tych zmaganiach.

Mieliśmy znaczący udział w powstaniu i uruchomieniu detektora CMS w jednym z najbar-

dziej złożonych instrumentów badawczych, jaki powstał na świecie: akceleratorze LHC (*Large Hadron Collider*). Fizycy i inżynierowie z ośrodka warszawskiego zaprojektowali i zbudowali element detektora CMS, który pozwala podjąć szybką decyzję, czy aktualnie rejestrowane w detektorze oddziaływanie dwóch przyspieszonych w LHC protonów jest interesujące z punktu widzenia aktualnych problemów fizyki cząstek. W ten sposób spośród niesłychanie dużej liczby oddziaływań mamy nadzieję zarejestrować te, które świadczą o istnieniu cząstki Higgsa (w oddziaływaniu z nią inne cząstki elementarne uzyskują masę) czy też istnieniu w przyrodzie nowego rodzaju symetrii (supersymetrii).

Zajmujemy się także badaniem neutrin, cząstek najczęściej obok fotonów występujących w przyrodzie, ale trudnych do obserwacji. Ślady ich oddziaływań rejestrujemy w wielkich detektorach umieszczonych setki i tysiące metrów pod powierzchnią ziemi. W takich laboratoriach obserwowaliśmy już neutrina ze Słońca, z supernowej w Wielkim Obłoku Magellana oraz z wielkich pęków kosmicznych w atmosferze. Badamy też zjawisko zmiany tożsamości neutrin po przebyciu kilkuset kilometrów pod powierzchnią ziemi w eksperymentach wykorzystujących wiązki neutrin z akceleratorów w USA, Japonii i Szwajcarii. Zrozumienie właściwości tych bardzo szczególnych cząstek powinno przybliżyć poznanie źródeł asymetrii materii i antymaterii we Wszechświecie.

Dla rozwoju nauki równie ważny jak dobrze wyposażone laboratoria jest dopływ młodych pracowników, którzy ożywiają swoim zapałem i pomysłami działalność każdej grupy badawczej. **Zakład Dydaktyki Fizyki** specjalizuje się w zagadnieniach związanych z procesem nauczania

fizyki oraz z kształceniem nauczycieli; w szczególności kładziemy nacisk na to, by nauka fizyki nie polegała na rozwiązywaniu nudnych zadań, a raczej stała się fascynującą przygodą poznawczą już w szkole.



Katodoluminescencja

Instytut Fizyki Teoretycznej

Niezwykłe spektakularny rozwój fizyki, którego byliśmy świadkami w ostatnim stuleciu, nastąpił dzięki równoległemu rozwojowi fizyki doświadczalnej i teoretycznej – w wielu dziedzinach, np. w fizyce cząstek elementarnych, wręcz niemożliwe jest przeprowadzanie doświadczeń bez opisu teoretycznego, z drugiej strony ostatecznym sprawdzianem wszystkich hipotez teoretycznych są zawsze wyniki eksperymentu.

Instytut Fizyki Teoretycznej na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego jest największym instytutem fizyki teoretycznej w Polsce. Tematyka badawcza w nim rozwijana obejmuje wszystkie współczesne dziedziny – od skal najmniejszych, w fizyce cząstek elementarnych, poprzez fizykę jądrową, atomową, optykę kwantową, fizykę statystyczną i fizykę ciała stałego, do skal największych – w teorii grawitacji, astrofizyce i kosmologii. W ostatnich latach następuje coraz większa unifikacja metod i obszarów badawczych – wszystkie dziedziny korzystają z fizyki kwantowej i statystycznej; astrofizyka i kosmologia korzystają oczywiście z teorii grawitacji, ale nie mogłyby też istnieć bez teorii cząstek elementarnych i fizyki jądrowej; z kolei fizyka cząstek czerpie obficie z obserwacji astrofizycznych i kosmologicznych itd. Podział na katedry instytutu wynika z przyczyn historycznych i nie zawsze w pełni odzwierciedla rzeczywiste przenikanie się zarówno metod badawczych, jak i badanych problemów – często wspólnych dla różnych katedr; jako przykład można tu podać badanie naruszenia symetrii fundamentalnych. Wymiana pomiędzy jądrem a elektronami bozonu Z^0 , opisywanego w Modelu Standardowym przez teorię cząstek elementar-

nych, narusza symetrię parzystości, co prowadzi do asymetrii w oddziaływaniu światła z atomami, co z jednej strony należy do fizyki atomowej, zaś z drugiej, ze względu na silną zależność tej asymetrii od własności jąder, jest także przedmiotem badań fizyków jądrowych.

Cząstki elementarne

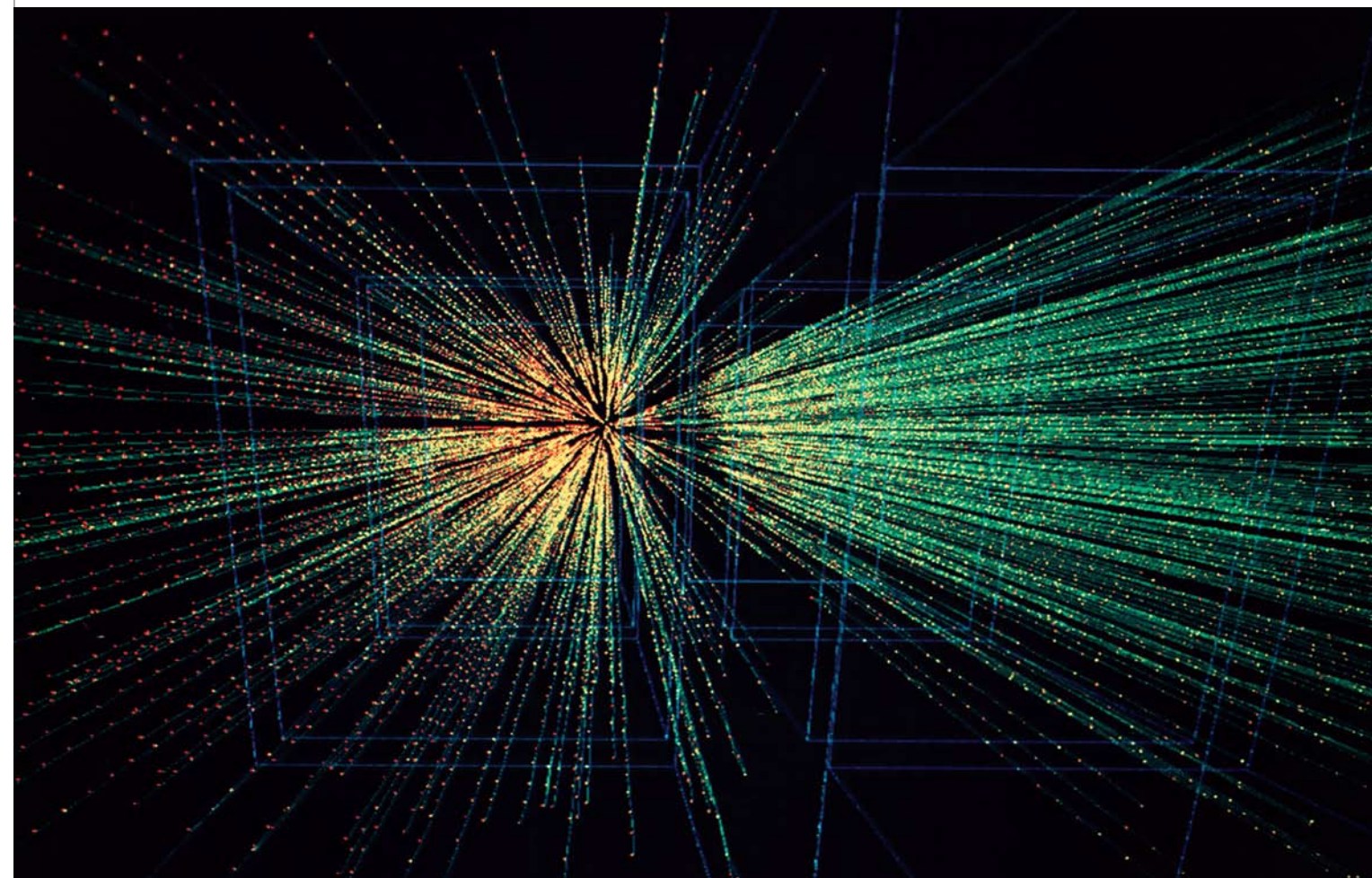
Badania prowadzone na coraz mniejszych skalach, odkrycie atomów, fotonów, potem jąder atomowych i elektronów, doprowadziły do powstania dziedziny, która opisuje świat na najgłębszym znanym nam poziomie, mianowicie teorii cząstek elementarnych. Około 40 lat temu powstała teoria, nazwana Modelem Standardowym, która z fantastyczną dokładnością opisuje wszystkie znane oddziaływania (oprócz grawitacyjnego) i pozwala na spójny opis wyników dotychczas przeprowadzanych eksperymentów – zarówno w akceleratorach, jak i obserwacji promieniowania kosmicznego. Jednak wiemy już – i co ciekawe, nie z obserwacji, a za sprawą argumentów czysto teoretycznych – że teoria ta przy wyższych energiach przestaje być spójna, więc na jeszcze mniejszych skalach niż obecnie badane (ok. 10^{-18} m) musi być zastąpiona inną, jeszcze nieznaną teorią.

Tematyka badawcza **Katedry Teorii Cząstek i Oddziaływań Elementarnych** oraz **Katedry Teorii Oddziaływań Silnych i Elektrosłabych** jest w dużej mierze poświęcona poszukiwaniu tej nowej teorii. Przez długi czas spory wysiłek badawczy był skupiony na teorii strun – jako najbardziej obiecującemu kandydatowi na teorię unifikującą Model Standardowy z teorią grawitacji. Obecnie wydaje się, że nasze metody

matematyczne są jeszcze niewystarczające, by potwierdzić te oczekiwania (choć nadal z teorii strun płyną inspiracje, np. w postaci tzw. hipotezy AdS/CFT). Obecnie teoria strun jest nadal badana, ale gros wysiłku jest skierowane w stronę kwantowych teorii pola uogólniających Model Standardowy oraz na przewidywanie, w jaki sposób mogłyby one być potwierdzone doświadczalnie, przede wszystkim w uruchamianym obecnie akceleratorze LHC pod Genewą.

Podstawowym kierunkiem poszukiwań są teorie z tzw. supersymetrią, zarówno globalną jak i lokalną (supergrawitacja), która przy niskich energiach jest niewidoczna (złamana), natomiast przy wyższych wszystkie znane nam cząstki mia-

Zderzenie z jonem ołowiu (LHC)



łyby swoich partnerów, np. selektrony, skwarki, fotina, gluina... Scenariusze przypadku, gdy supersymetria jest złamana dla energii osiągalnych w LHC, są od wielu lat badane i nasz instytut ma światową markę w tym zakresie. Inną propozycją jest tzw. symetria konforemna – rozszerza ona również w prosty i spójny sposób Model Standardowy, ale przewiduje istnienie jedynie kilku nowych cząstek. Istotnym polem działalności jest fizyka związana z nowymi, planowanymi akceleratorami. Niezależnym kierunkiem jest badanie fizyki ciężkich kwarków poprzez (najbardziej na świecie) zaawansowane obliczenia rozpadów, np. kwarku b.

Niezwykle ważnym nurtem badań w IFT jest fizyka cząstek elementarnych w zastosowaniu do kosmologii – obecnie nie można zajmować się kosmologią bez znajomości teorii cząstek elementarnych; również teoria cząstek coraz bardziej korzysta z obserwacji kosmologicznych, gdyż np. historia Wszechświata bardzo zależy zarówno od składu cząstek, jak i ich oddziaływań (bardzo czułym wskaźnikiem jest np. skład pierwotnego Wszechświata, czyli zawartość lekkich jąder po pierwotnej nukleosyntezie). Jednym z nierozwiązanych dotąd problemów jest tzw. bariogeneza, czyli wyjaśnienie nadwyżki materii nad antymaterią we Wszechświecie – znane dotąd w fizyce cząstek źródła takiej asymetrii prowadzą do znacznie mniejszej nadwyżki niż rzeczywiście obserwowana. Wysiłek badawczy w tym kierunku będzie się z pewnością w przyszłości zwiększał.

Istotnym elementem tematyki badawczej są zagadnienia związane z Modelem Standardowym. Choć teoria ta znana jest już ponad 40 lat, nadal nierozwiązanych pozostaje wiele problemów – choćby problem opisu protonu czy ogólniej: stanów związanych w silnie oddziałującej teorii pola – co wynika z braku matematycznych metod koniecznych w nieperturbacyjnej kwantowej teorii pola (jednym z proponowanych podejść jest tzw. chromodynamika kwantowa na stożku świetlnym).

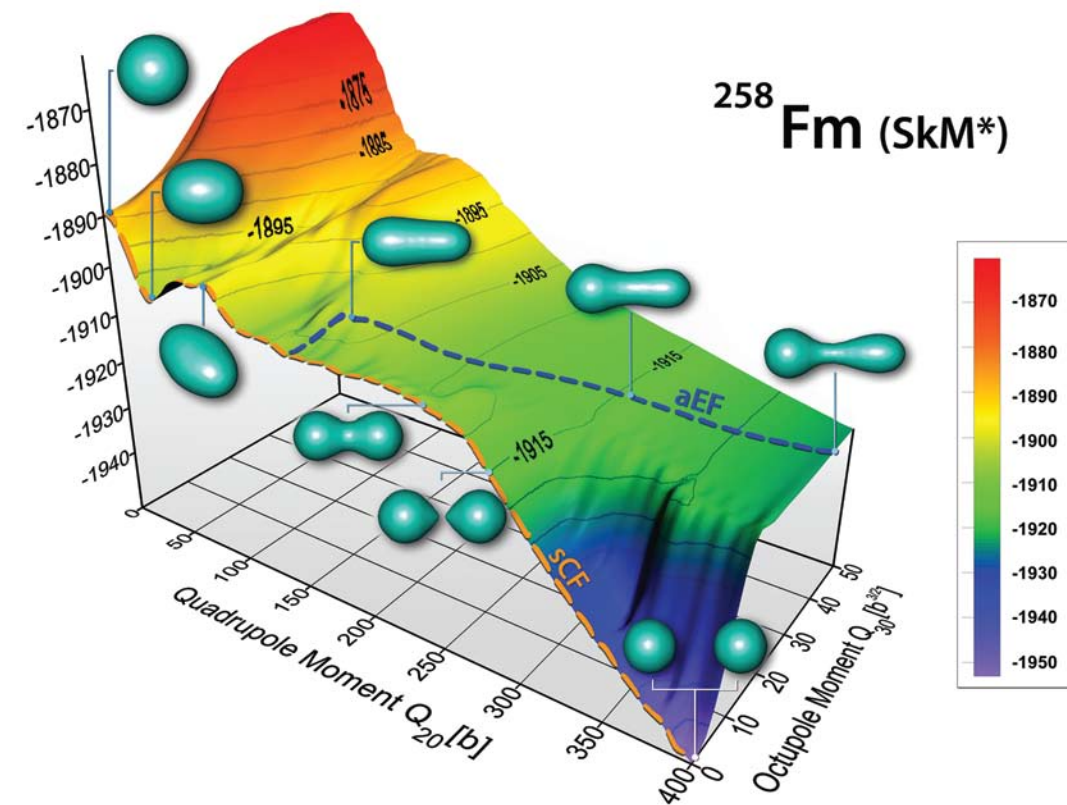
Fizyka jądrowa

Badania w **Zakładzie Teorii Struktury Jąder Atomowych** skupiają się na dwóch głównych tematach: fizyce jąder egzotycznych i fizyce jąder o dużej prędkości obrotu. W badaniach używa się

przede wszystkim metody funkcjonału gęstości, pozwalającej na opis globalnych własności jąder, niezależnie od ich liczby atomowej czy masowej.

Jądra atomowe mają cechy charakterystyczne dla złożonych układów wielofermionowych. Są one układami związanymi wewnętrznymi oddziaływaniami i mają cechy typowe z jednej strony dla dynamiki pojedynczych cząstek, z drugiej – dla ruchów kolektywnych; z całą gamą zjawisk pośrednich. Jądra atomowe istnieją dzięki oddziaływaniom silnym, ale wbrew pozorom są układami związanymi dość słabo i dlatego mają często cechy kwantowych układów otwartych. Jest to szczególnie widoczne dla słabo związanych jąder egzotycznych, dalekich od ścieżki stabilności. Jądra takie posiadają duży nadmiar liczby neutronów nad liczbą protonów lub odwrotnie, co prowadzi do ciekawych zjawisk związanych z widmem ciągłym cząstek. Po stronie jąder bogatych w neutrony istnieją odległe od środka jądra niejednorodne otoczki złożone z neutronów, co zmienia strukturę powłokową tych jąder. Po stronie jąder bogatych w protony obserwuje się jedno- i dwuprotonową spontaniczną emisję i przewiduje się fascynujące zjawiska związane z protonowo-neutronowymi korelacjami par (*pairing*). Egzotyczne jądra tego typu poprzez rozpady beta dają również możliwość badania parametrów oddziaływań fundamentalnych w Modelu Standardowym (kąta w macierzy mieszania kwarków Cabibbo–Kobayashi–Maskawy).

Obrót jądra atomowego jest oczywistym kolektywnym ruchem układu związanego wielu cząstek. Oddziaływanie siły odśrodkowej i wewnętrznej struktury jądra pozwala na szczegółowe badanie nawet niewielkich efektów. Obrót



Rozszczepienie jądra fermu

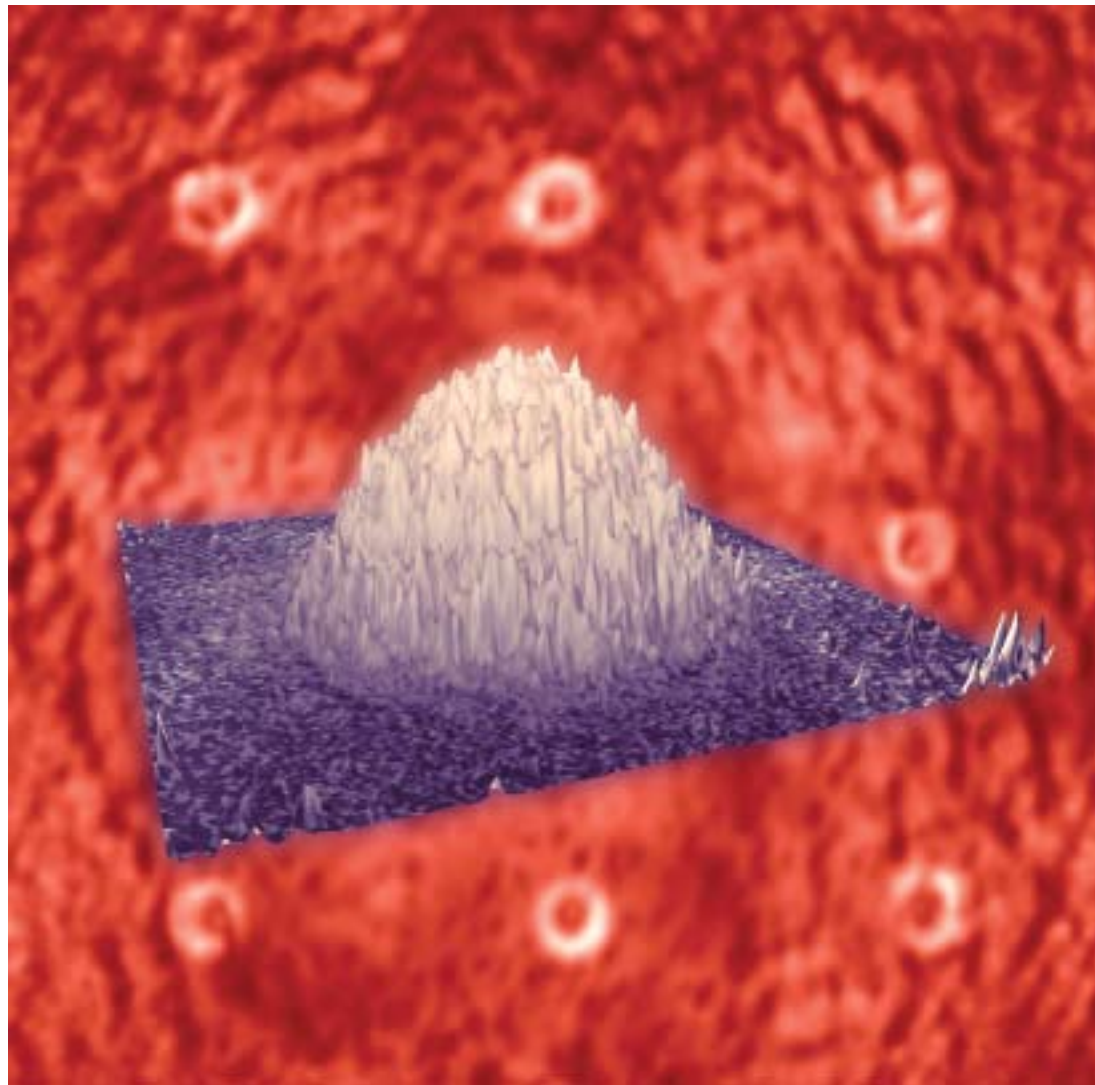
może np. indukować oktopolowe deformacje jąder przybierających wtedy kształt gruszki. Można również obserwować tzw. rotacyjne pasma chiralne, gdzie spiny w jądrach mogą występować w lewo- lub prawoskrętnym układzie. Rotacja jądrowa pełni podobną funkcję jak pole magnetyczne w kryształach – pozwala na badanie niezwykłych konfiguracji ze względu na łamanie symetrii względem odwrócenia czasu.

Nową metodą teoretycznego badania jąder atomowych jest wykorzystanie wieloprocesorowych układów komputerowych, gdzie możliwe są równoległe obliczenia dla wszystkich jąder naraz – rozwiązując samozgodne równania dostajemy

w krótkim czasie całą mapę nuklidów. Możliwe jest poszukiwanie w ten sposób coraz lepszych funkcjonałów gęstości, z lepiej dobranymi stałymi sprzężenia. Obecnie dąży się do tak dobrych funkcjonałów, by z jednej strony odtwarzać znane już dane spektroskopowe z maksymalną dokładnością, a z drugiej przewidywać właściwości jąder jeszcze nie zbadanych doświadczalnie.

Atomy i światło

Badania w tej dziedzinie prowadzone są w **Katedrze Optyki Kwantowej i Fizyki Atomowej** i dotyczą czterech kierunków: optyki kwanto-



Artystyczna wizja fal materii – ilustracja wykonana w grupie Immanuela Blocha w Moguncji

wej, teorii ultra zimnych atomów (kondensatów Bosego-Einsteina) i spójnych fal materii, teorii oddziaływań bardzo silnych wiązek laserowych z atomami oraz precyzyjnych obliczeń struktury i właściwości atomów w celu weryfikacji przewidywań kwantowej teorii oddziaływań elektromagnetycznych oraz wyznaczania stałych fundamentalnych.

Optyka kwantowa zajmuje się efektami w układach optycznych i atomowych, które wynikają ze współistnienia właściwości falowych i cząstkowych w mikroświecie. Ciągły postęp technik eksperymentalnych stworzył niewyobrażalne wcześniej możliwości izolowania i kontrolowania pojedynczych atomów i fotonów, co pozwala bezpośrednio badać świat kwantowy. Badania te,

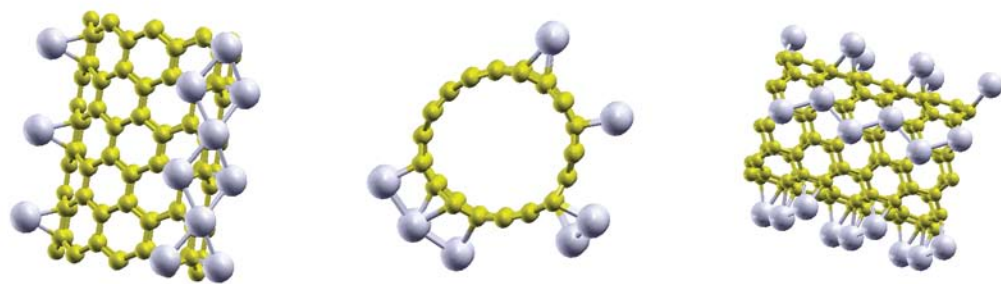
zarówno eksperymentalne jak i teoretyczne, mają niezwykle istotne konsekwencje dla technologii używanych w informatyce i telekomunikacji. Standardowym sposobem kodowania informacji jest użycie rozróżnialnych (klasycznych) stanów w układach fizycznych. Jednak mechanika kwantowa wskazuje, że istnieją stany nie mające odpowiednika klasycznego, będące superpozycją stanów kwantowych, co otwiera zupełnie nowe możliwości. Wykorzystanie korelacji kwantowych pozwala np. na zwiększenie pojemności i zabezpieczenia optycznych łączy komunikacyjnych czy na stworzenie zupełnie nowych, radykalnie szybszych algorytmów obliczeniowych.

Jednym z ośrodków, w których istnieje potencjalna możliwość zrealizowania tych pomysłów, są ściśle schłodzone gazy atomów. W temperaturach mikrokelwinów atomy zaczynają się zachowywać kolektywnie, tworzą spójne fale materii, przypominające wiązkę lasera. W związku z tymi badaniami powstała nowa dziedzina fizyki zwana optyką atomów.

Kolejnym kierunkiem badań jest opis zjawisk fizycznych w intensywnych wiązkach laserowych. Kierunek ten jest rozwijany w Europie, gdzie planowana jest budowa nowych źródeł takich wiązek: ELI (*Extreme Light Infrastructure*), HiPER (*High Power laser Energy Research facility*) i FLASH (*Free-electron LASer in Hamburg*). Badania w IFT koncentrują się na fundamentalnych procesach w silnych wiązkach laserowych, w których istotną rolę odgrywają efekty nieliniowe (np. siła ponderomotoryczna powodująca dryft oscylujących cząstek w kierunku słabszego pola), rozpraszanie Comptona i Moellera, fotojonizacja czy generacja wyższych harmonicznych. Niezależnie badane są możliwości kontroli i sterowania procesami klasycznymi i kwantowy-

mi przez zewnętrzne pola elektromagnetyczne, co odgrywa istotną rolę np. w astronomii, informacji kwantowej, spintronice, nanofotonice i innych. Ważna też jest możliwość wzmocnienia lub osłabienia szybkości rozpadu stanów kwantowych (w atomach, cząsteczkach czy heterostrukturach półprzewodnikowych) poprzez zastosowanie silnych pól elektrycznych, magnetycznych lub laserowych.

W Katedrze Optyki Kwantowej i Fizyki Atomowej są wykonywane precyzyjne obliczenia kwantowych właściwości układów atomowych, takich jak poziomy energetyczne, sprzężenie z polem magnetycznym czy też wpływ oddziaływań słabych (bozony Z^0) na naruszenie symetrii parzystości w atomach. Wymaga to uwzględnienia różnych subtelnych oddziaływań elektronów z jądrem, poprawek relatywistycznych, samooddziaływania elektronu czy też polaryzacji próżni – IFT jest pod tym względem wiodącą jednostką na świecie. Nawet dla atomów o niewielkiej liczbie elektronów zarówno samo postawienie problemu (znalezienie hamiltonianu), jak i obliczenia numeryczne są niezwykle zaawansowane i często wymagają nietrywialnych metod obliczeniowych, często połączonych z obliczeniami symbolicznymi. Końcowe porównanie wyników obliczeń z danymi eksperymentalnymi – co ciekawe, obliczenia teoretyczne czasem wyprzedzają wyniki eksperymentalne lub mają od nich lepszą dokładność – pozwala na wyznaczania stałych fizycznych czy też zbadanie i potwierdzenie kwantowej teorii oddziaływań elektromagnetycznych. Działalność IFT w tej dziedzinie została niedawno uhoronowana przyznaniem nagrody „Precision Measurement Grant” przez National Institute of Standards and Technology w Stanach Zjednoczonych.



Nanorurki węglowe sfunkcjonalizowane atomami palladu

Fizyka materii skondensowanej

Badania w **Katedrze Fizyki Materii Skondensowanej** dotyczą zagadnień związanych z rozwiązywaniem ścisłych modeli mechaniki statystycznej ciała stałego i płynów, opisem układów silnie skorelowanych oraz modelowaniem własności nanostruktur i makrocząsteczek.

Prawa fizyki klasycznej lub kwantowej zastosowane do układów zawierających ogromną liczbę oddziałujących ze sobą cząstek powinny w zasadzie w pełni opisać wszystkie ich właściwości. Okazuje się jednak, że już sam opis dochodzenia takich układów do stanów stacjonarnych lub równowagowych pozostaje poza zasięgiem współczesnych metod fizyki teoretycznej i uważany jest za jeden z najtrudniejszych problemów fizyki statystycznej. Dlatego prace w IFT, w których udowodniono istnienie rozwiązań stacjonarnych równania Boltzmann (równania opisującego zmianę właściwości makroskopowych układów pod wpływem mikroskopowych oddziaływań) dla cząstek podlegających nieelastycznemu zderzeniom, są istotnym krokiem w kierunku zrozumienia takiego procesu. Badania prowadzone są również w kierunku opisu właściwości miękkiej materii, np. zawieszin twardych kul, cząsteczek złożonych

lub polimerów w cieczach. Dynamika Stokesa cząsteczek oddziałujących poprzez długi zasięgowe siły hydrodynamiczne badana jest pod kątem samoorganizacji materii i właściwości układów dalekich od stanu równowagi. Innym kierunkiem badania takich układów są procesy wzrostu, które wykazują ogromną różnorodność i złożoność (co jest widoczne np. w płatkach śniegu, sieciach rzecznych czy strukturach biologicznych). Jednym z przykładów jest przepływ w porowatych skałach z rozpuszczaniem węglanów, prowadzącym do powstania jaskiń wapiennych. W opisie tego zjawiska uwzględnia się transport zarówno konwekcyjny, jak i dyfuzyjny oraz kinetykę reakcji chemicznej, co prowadzi do bardzo skomplikowanej sieci przepływów. Innym zastosowaniem są struktury biologiczne – choć ostatnio stał się możliwy pomiar np. elastyczności pojedynczych biocząsteczek (za pomocą mikroskopu sił atomowych), to w organizmie cząsteczki takie są na ogół poddane cyklicznym odkształceniom, co do tej pory było słabo zbadane – w IFT zaproponowano niedawno model działania takich sił na białka i zbadano ich złożoną odpowiedź dynamiczną.

Prowadzone są badania w zakresie przemian fazowych w obecności powierzchni rozdziału faz,

istotne ze względu na zastosowania w nanotechnologii, medycynie i biologii. Przy użyciu metody tzw. efektywnych hamiltonianów i uwzględniając krzywiznę powierzchni rozdziału otrzymano ważne rezultaty, m.in. w opisie sił Casimira przy fluktuacjach krytycznych powierzchni rozdziału.

Niezależnym kierunkiem badań są właściwości ciał stałych, w szczególności półprzewodników. Obliczenia ab initio, czyli odtwarzanie własności struktur krystalicznych ze znajomości struktury elektronowej atomów, są niezwykle ważne z punktu widzenia zastosowań w elektronice i w tzw. spintronice, gdzie rolę odgrywa oddziaływanie spinu elektronu z lokalnymi właściwościami elektrycznymi i magnetycznymi ośrodka. W obliczeniach tych bada się właściwości transportu ładunku i spinu w strukturach warstwowych, nanostrukturach i makrocząsteczkach. Z kolei właściwości optyczne półprzewodników odgrywają podstawową rolę w optoelektronice – w tych badaniach pokazano, że oddziaływanie kulombowskie w wysoko wzbudzonej i spinowo spolaryzowanej plazmie elektronowo-dziurowej może być dobrze opisane przez zależne od czasu przybliżenie Hartree–Focka.

Małe układy w skali atomowej to silnie skorelowane układy elektronowe – widać to na przykład w transferze ładunkowym w małych strukturach typu nanorurek węglowych czy grafenie. Efekty takie badane są za pomocą metody dynamicznego pola średniego, ostatnio użytej do układu zimnych bozonów na tzw. sieci optycznej. Metoda ta została również wykorzystana do opisu skorelowanych bozonów na sieci – zarówno w kondensacie bozonowym, jak i nieskondensowanych – oraz ich oddziaływanie. Niezależnym kierunkiem badań tej grupy jest analiza jednoczątko-

wych i kolektywnych wzbudzeń w ciele stałym, charakteryzowanych przez relację dyspersyjną – ich sprzężenie może prowadzić do gwałtownej zmiany nachylenia krzywej dyspersyjnej, czego pomiar za pomocą fotospektroskopii emisyjnej może dostarczać istotnej informacji o silnie skorelowanych układach elektronowych.

Teoria grawitacji

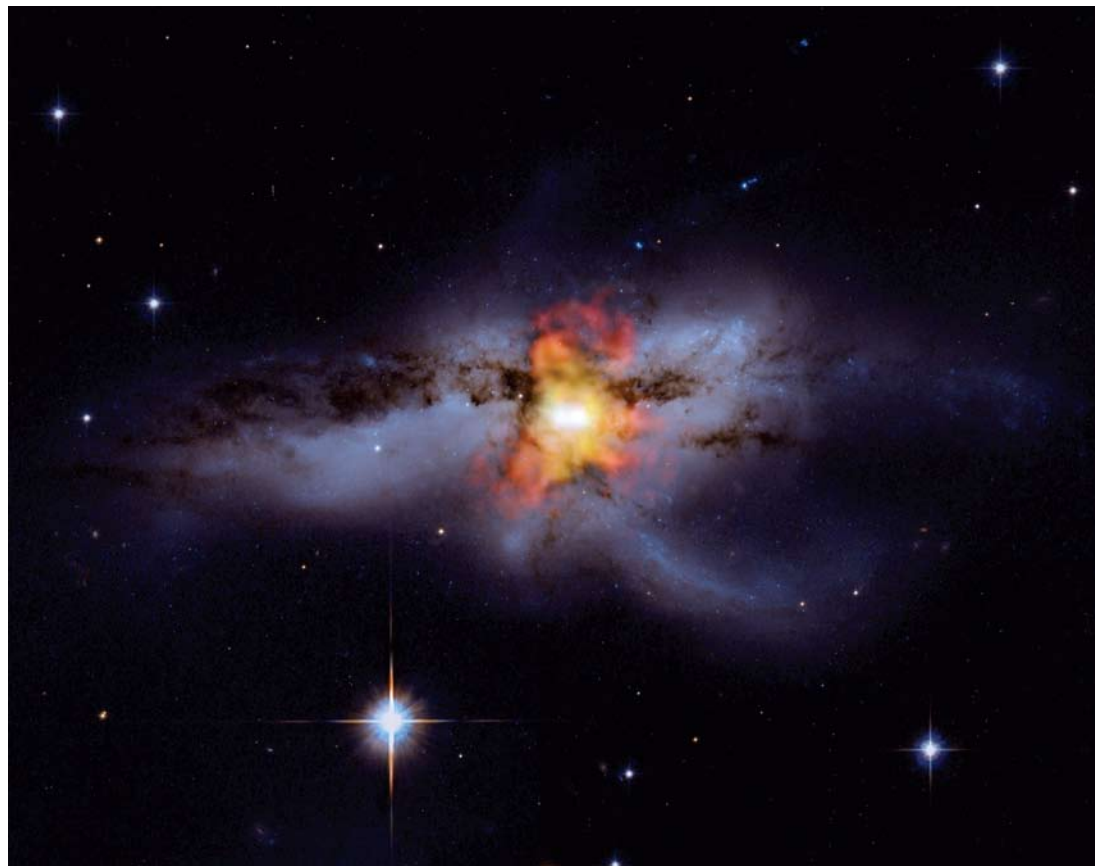
Teoria grawitacji, stworzona przez Einsteina w 1915 roku, do tej pory pozostawała dziedziną fizyki klasycznej zupełnie niezależną od teorii cząstek, fizyki ciała stałego czy fizyki kwantowej. Obecnie teoria ta coraz bardziej przenika się z innymi teoriami, przede wszystkim z teorią cząstek, głównie wskutek prób opisu oddziaływań zachodzących w bardzo wysokich energiach (a zatem bardzo małych skalach długości), gdzie oddziaływanie grawitacyjne silnie sprzęga się z pozostałymi oddziaływaniami i wymaga opisu uwzględniającego efekty kwantowe. Aktualna tematyka badawcza **Katedry Teorii Względności i Grawitacji** obejmuje zagadnienia zarówno klasyczne, jak i kwantowe. IFT ma już od dziesięcioleci światową markę w dziedzinie klasycznej teorii grawitacji. W ostatnich kilkunastu latach stał się on również jednym z najważniejszych ośrodków badań nad tzw. pętlowym podejściem do kwantowej teorii grawitacji. Badania w tych dziedzinach prowadzone są w kilku niezależnych kierunkach.

Ostatnie dane z obserwacji kosmologicznych, przede wszystkim promieniowania tła oraz bardzo dalekich wybuchów supernowych, pokazały, że jedynie ok. 4% energii Wszechświata jest w formie znanych nam cząstek, natomiast reszta

– w formie nam nieznanej: tzw. ciemnej materii i ciemnej energii (odpowiednio ok. 23% i 73%). Przypuszczenie, że istnieje niewidoczna materia, było wysuwane już od dawna – ze względu na tzw. krzywe rotacji galaktyk, które nie zgadzały się z masą świecących gwiazd w galaktykach. Próba wyjaśnienia istnienia ciemnej materii pochodzi z teorii cząstek. Modele teoretyczne wykraczające poza Model Standardowy proponują istnienie kilku kandydatów na ciemną materię. Cząstki te muszą być niezwykle słabo oddziałujące i albo bardzo masywne (w teoriach z supersymetrią), albo przeciwnie – o niezwykle małej masie (tzw. aksjony). Ciemna energia jest znacznie bardziej zagadkowa i jej niezwykle mała

obserwowana wartość nie jest dotąd w żaden sposób teoretycznie wyjaśniona. Istnienie obu form ma jednak dramatyczne konsekwencje dla wielkoskalowego Wszechświata. Są one badane w IFT w kontekście procesu powstawania struktur wielkoskalowych, w oparciu o tzw. głębokie przeglądy galaktyczne oraz przesunięcia ku czerwieni światła emitowanego przez kwazary. Badana jest także anizotropia promieniowania tła – wkrótce satelita Planck powinien dostarczyć pierwszych bardzo dokładnych danych.

Innym kierunkiem, od dawna rozwijanym jako specjalność IFT, jest badanie metryk ze skróceniem w tzw. teorii Einsteina–Cartana. Teoria ta



Galaktyka NGC6240

wyda się bardziej naturalna od teorii Einsteina, gdyż istnieje w niej niezależne sprzężenie oddziaływania grawitacyjnego do energii i pędu oraz do spinu. W ramach tej teorii, przy założeniu istnienia makroskopowego spinu we Wszechświecie, istnieją rozwiązania nie posiadające początkowej osobliwości (zostały one znalezione właśnie w IFT). Oznaczają one perspektywę kosmologiczną zupełnie inną od tej, która obecna jest w standardowej kosmologii, opartej na izotropowych rozwiązaniach teorii Einsteina. Teorie ze skróceniem ostatnio zaczęły się intensywnie rozwijać w związku z teorią strun i supergrawitacją, bowiem w teoriach tych również istnieje skrócenie niezależne od tensora energii–pędu. W IFT rozwijana jest teoria z tzw. całkowicie skośno-symetrycznym skróceniem, związanym z supergrawitacją w wyższych wymiarach.

Innym rodzajem metryk, stanowiących obiekt badań prowadzonych w instytucie, są metryki asymptotycznie płaskie. Opisują one promieniowanie grawitacyjne pochodzące od zwartych (ograniczonych przestrzennie) źródeł i mogą być badane w ramach podejścia Bondiego i Sachsa lub konforemnego formalizmu Penrose’a. IFT prowadzi badania nad wielkościami fizycznymi charakteryzującymi takie metryki, takimi jak całkowita energia, pęd czy moment pędu. Szczególna uwaga jest poświęcona tzw. metrykom Robinsona–Trautmana, dla których równania Einsteina przyjmują wyjątkowo prostą postać. Niezależnym kierunkiem (motywowanym teorią strun) jest szukanie asymptotycznie płaskich rozwiązań równań Einsteina w wyższych wymiarowych czasoprzestrzeniach – ostatnio znaleziono rozwiązanie tego typu w postaci uogólnionej metryki Grossa–Perry’ego.

Powszechnie znanym rozwiązaniem w teorii grawitacji jest czarna dziura, czyli obszar klasycznie niedostępny z zewnątrz. W Katedrze Teorii Względności i Grawitacji prowadzone są aktywnie badania nad tzw. quasi-lokalnym opisem czarnych dziur oraz istnieniem rozwiązań z horyzontem dla wyższych wymiarowych czasoprzestrzeni. W kontekście czarnych dziur badane są również metryki Robinsona–Trautmana.

Bez wątplenia największym wyzwaniem stojącym przed współczesną fizyką jest połączenie w spójną całość teorii grawitacji i teorii kwantowej, innymi słowy – stworzenie kwantowej teorii grawitacji. Jedną z propozycji takiej teorii jest wspomniana już wcześniej teoria strun (powstała na gruncie teorii cząstek), natomiast inną, zupełnie niezależną propozycją, powstałą na gruncie teorii grawitacji, jest tzw. pętlowa kwantowa grawitacja. Punktem wyjścia są tu równania Einsteina i zasada niezmienniczości względem zmiany układu współrzędnych (dyfeomorfizmów). Od momentu stworzenia tej teorii IFT odgrywa kluczową rolę w jej rozwoju, między innymi dzięki powstałym tutaj przełomowym pracom o istnieniu i jednoznaczności miary czy policzeniu entropii czarnych dziur w ramach tej teorii. Ostatnio powstał program zastosowania idei pętlowej grawitacji do opisu wczesnych chwil Wszechświata (tzw. pętlowa kwantowa kosmologia), w którym IFT odgrywa również istotną rolę. Obecne badania dotyczą także zastosowań kwantowo-grawitacyjnych modeli tzw. pian spinowych oraz relacyjnych obserwacji Diraca, blisko związanych z pętlową kwantową grawitacją.

Instytut Geofizyki

W skład Instytutu wchodzi trzy zakłady. Prowadzone w nich badania obejmują swoim zakresem tak odległe zagadnienia jak: procesy zachodzące w atmosferze ziemskiej, hydrodynamika teoretyczna, budowa wnętrza Ziemi, budowa innych planet oraz fotonika i plazmonika.

Chmury, opady i aerozole

Chmury są powszechnie obecne w atmosferze, przeciętnie pokrywają 60% powierzchni globu. Chmura jest skupiskiem kropelek wody lub kryształków lodu powstających wskutek kondensacji pary wodnej. Aby te kropelki czy kryształki mo-

gły powstać, potrzebne są tzw. jądra kondensacji. Są to najczęściej mikroskopijne drobiny pyłów pochodzące ze źródeł naturalnych lub antropogenicznych, zwane aerozolami atmosferycznymi. Koncentracja i rodzaj aerozoli są czynnikami determinującymi koncentrację i rozmiar kropelek chmurowych, co wpływa na opady i czas życia chmur. Kropelki i kryształki chmurowe oddziałują z promieniowaniem słonecznym i podczerwonym, odbijając je lub pochłaniając. Aerozole, odgrywając ważną rolę w powstawaniu i życiu chmur, wpływają znacząco na klimat i pogodę.

W Zakładzie Fizyki Atmosfery prowadzimy pomiary w chmurach z pokładu samolotu. Uczestniczymy w dużych międzynarodowych projektach badawczych i kampaniach pomiarowych. Na podstawie zebranych danych analizujemy



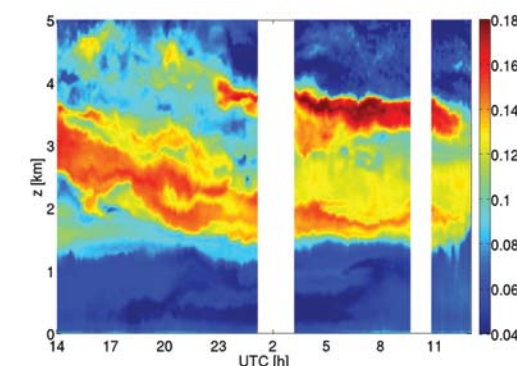
Samolot badawczy z zainstalowanym termometrem UFT (czerwony, pod dziobem samolotu) podczas eksperymentu POST (Physics of Stratocumulus Top, Kalifornia, lato 2008)

procesy mikrofizyczne i termodynamiczne rządzące ewolucją i właściwościami radiacyjnymi chmur oraz powstawaniem opadu. Jesteśmy w stanie mierzyć różne właściwości chmur, takie jak rozmiary kropelek czy temperatura powietrza między nimi, a także określać średnie właściwości pojedynczych chmur czy całych pól chmurowych. Wyniki tych badań pozwalają rozumieć procesy fizyczne zachodzące w chmurach oraz wykorzystać tę wiedzę w modelach numerycznych klimatu i pogody.

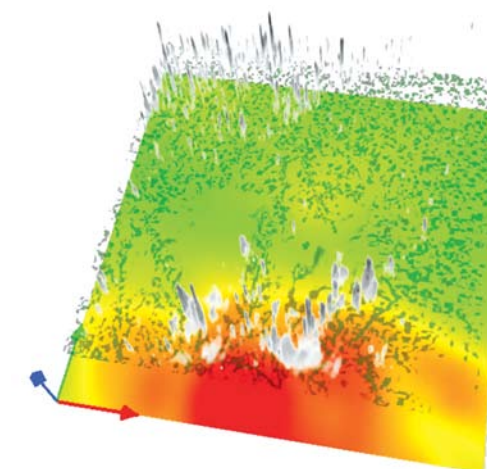
Posiadamy laboratorium, w którym konstruujemy i rozwijamy aparaturę pomiarową. Zbudowany przez nas ultraszybki termometr UFT jest jedynym przyrządem na świecie pozwalającym podczas lotu samolotem mierzyć fluktuacje temperatury w chmurach w skali centymetrów i milimetrów.

W ramach współpracy międzynarodowej współtworzymy modele numeryczne chmur w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Modelujemy i badamy zarówno procesy chmurowe zachodzące w skalach rzędu pojedynczych centymetrów, jak i zjawiska obejmujące skale rzędu dziesiątków kilometrów. Porównując wyniki modelowania i pomiarów, tworzymy nowe sposoby opisu zjawisk, które nie były jeszcze uwzględniane w modelowaniu. Posiadamy stacje robocze, szybkie macierze dyskowe i wieloprocessorowy komputer do obliczeń, korzystamy z zasobów superkomputerowych największych ośrodków na świecie i w Polsce.

Aerozol wpływa na klimat i pogodę nie tylko przez związki z chmurami. Naturalne i emitowane przez człowieka pyły oddziałują z promieniowaniem słonecznym, wpływając na bilans radiacyjny Ziemi. Ich rozkład przestrzenny jest bardzo niejednorodny i silnie zmienny w czasie, przez co



Pył pustylny znad Sahary nad Warszawą nad siedzibą ZFA – obraz lidarowy w długości fali 532 nm (depolaryzacja sygnału rozproszonego przez niesferyczne ziarenka piasku – kolor żółty i pomarańczowy)



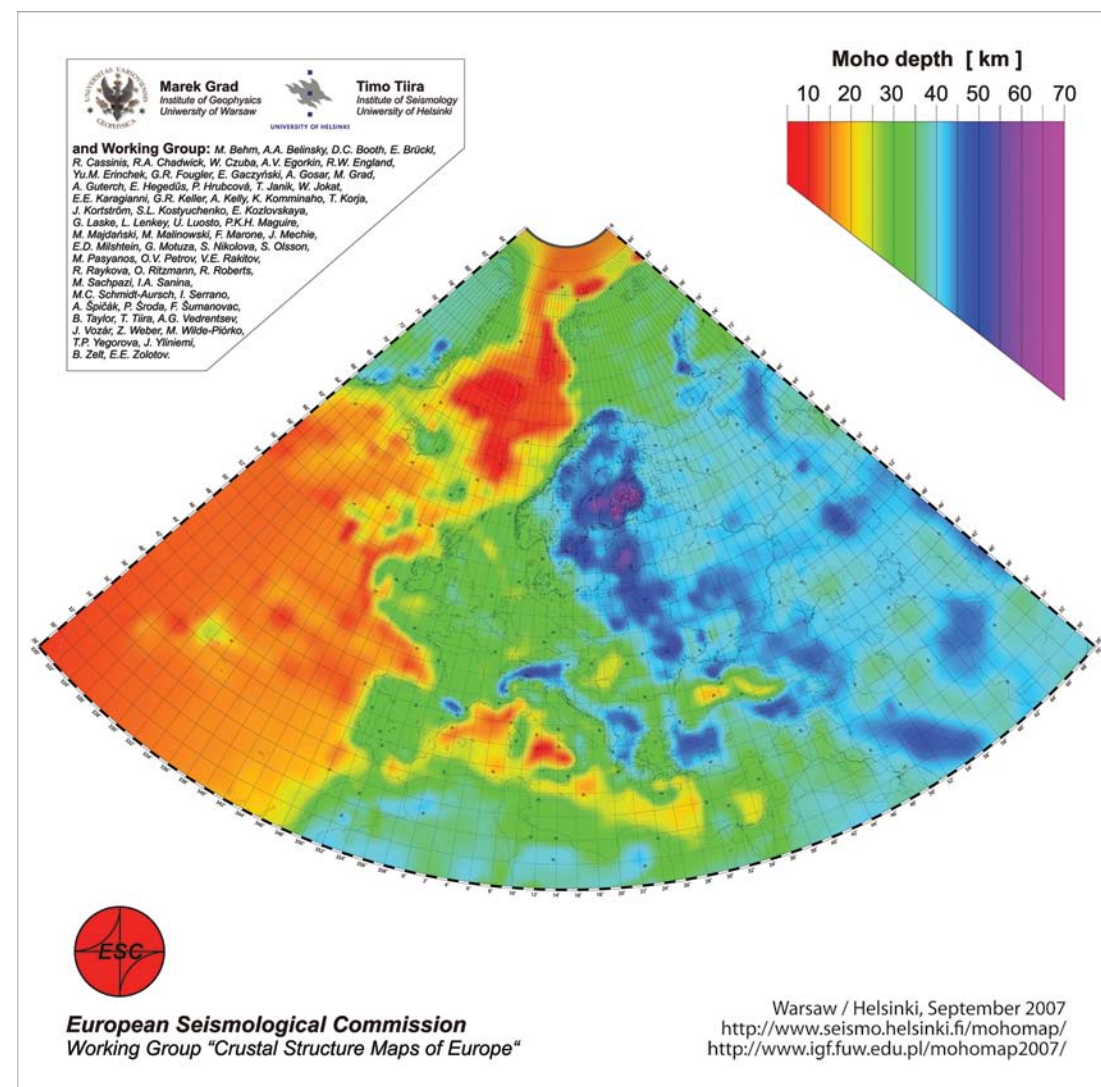
Chmury konwekcyjne nad południową Polską: wynik symulacji numerycznych modelem EULAG, wykonywanych przy użyciu superkomputera Blue Gene

opis ich wpływu na ten bilans jest bardzo trudny. Z punktu widzenia klimatu bardzo duże znaczenie mają właściwości optyczne cząstek aerozolu, ich rozmiar i kształt, które badamy w różnych miejscach na świecie – zarówno in situ, jak i metodami teledetekcyjnymi. Posiadamy platformę pomiarową na dachu budynku, odbiornik meteorologicznych obrazów satelitarnych, auto-

matyczną stację meteorologiczną, nowoczesne lidary i przyrządy do pomiarów foto- i radiometrycznych. Prowadzimy również obliczenia teoretyczne i numeryczne z zakresu fizyki aerozolu. Obliczamy, jak obecność różnego typu aerozoli wpływa na transfer promieniowania przez atmosferę, jak cyrkulacje atmosferyczne transportują aerozol na duże odległości.

Hydrodynamika teoretyczna

W Zakładzie Fizyki Atmosfery prowadzone są również badania podstawowe z zakresu mechaniki płynów i geofizycznej dynamiki płynów. Zajmujemy się dynamiką wirowości i turbulencji, procesami chaotycznymi i nieliniowymi. Badania teoretyczne pozwalają rozwijać i doskonalić mo-



Głębokość granicy Mohorovičića (Moho) pomiędzy płaszczem a skorupą Ziemi płyty europejskiej

dele numeryczne w celu lepszego zrozumienia procesów dynamicznych w atmosferze i oceanie.

Badania wnętrza Ziemi

W badaniach wnętrza Ziemi wykorzystuje się szereg różnych metod. Najbardziej dokładne są metody sejsmiczne, czyli obserwacje fal sprężystych (sejsmicznych) przechodzących przez wnętrze Ziemi; fale te mogą powstawać w wyniku trzęsień ziemi lub być generowane sztucznie. Oprócz tego wykorzystuje się obserwacje innych pól fizycznych: pola grawitacyjnego (anomalie grawitacyjne), pola magnetycznego i strumienia ciepła (geotermicznego). Ważne są także dane o ruchach płyt litosfery i mniejszych bloków skorupy ziemskiej.

Przez terytorium Polski biegnie jedna z głównych europejskich struktur tektonicznych – Strefa Szwu Trans-Europejskiego (TESZ), oddzielająca Platformę Prekambryjską Europy Wschodniej i Północnej od młodszych utworów Platformy Paleozoicznej Europy Zachodniej. TESZ jest jednym z ważnych obiektów badań **Zakładu Fizyki Litosfery**.

Struktura skorupy ziemskiej na obszarze Polski została rozpoznana przy współudziale pracowników IGF podczas międzynarodowych eksperymentów sejsmicznych w latach 1997–2003. Na podstawie danych uzyskanych w wyniku głębokich sondowań sejsmicznych możemy określić strukturę do głębokości kilkudziesięciu kilometrów. Analogiczne badania prowadzimy także w obszarach polarnych (m.in. w ramach IV Międzynarodowego Roku Polarne 2007–2008).

W IGF prowadzone są również badania nad rozpoznaniem głębszych struktur (dolnej litosfery i górnego płaszczu). Jesteśmy jednym z głów-

nych wykonawców międzynarodowego eksperymentu sejsmicznego PASSEQ 2006–2008, wykorzystującego dwieście stacji sejsmicznych jednocześnie.

Dążymy do kompleksowej interpretacji danych sejsmicznych, grawitacyjnych i cieplnych, czyli staramy się wyjaśnić obecną budowę Ziemi, obserwowane pole grawitacyjne i strumień ciepły za pomocą modelowania ruchów płyt litosfery i materii w płaszczu. Badania te dotyczą problemów globalnych i regionalnych (np. podnoszenie się basenów osadowych).

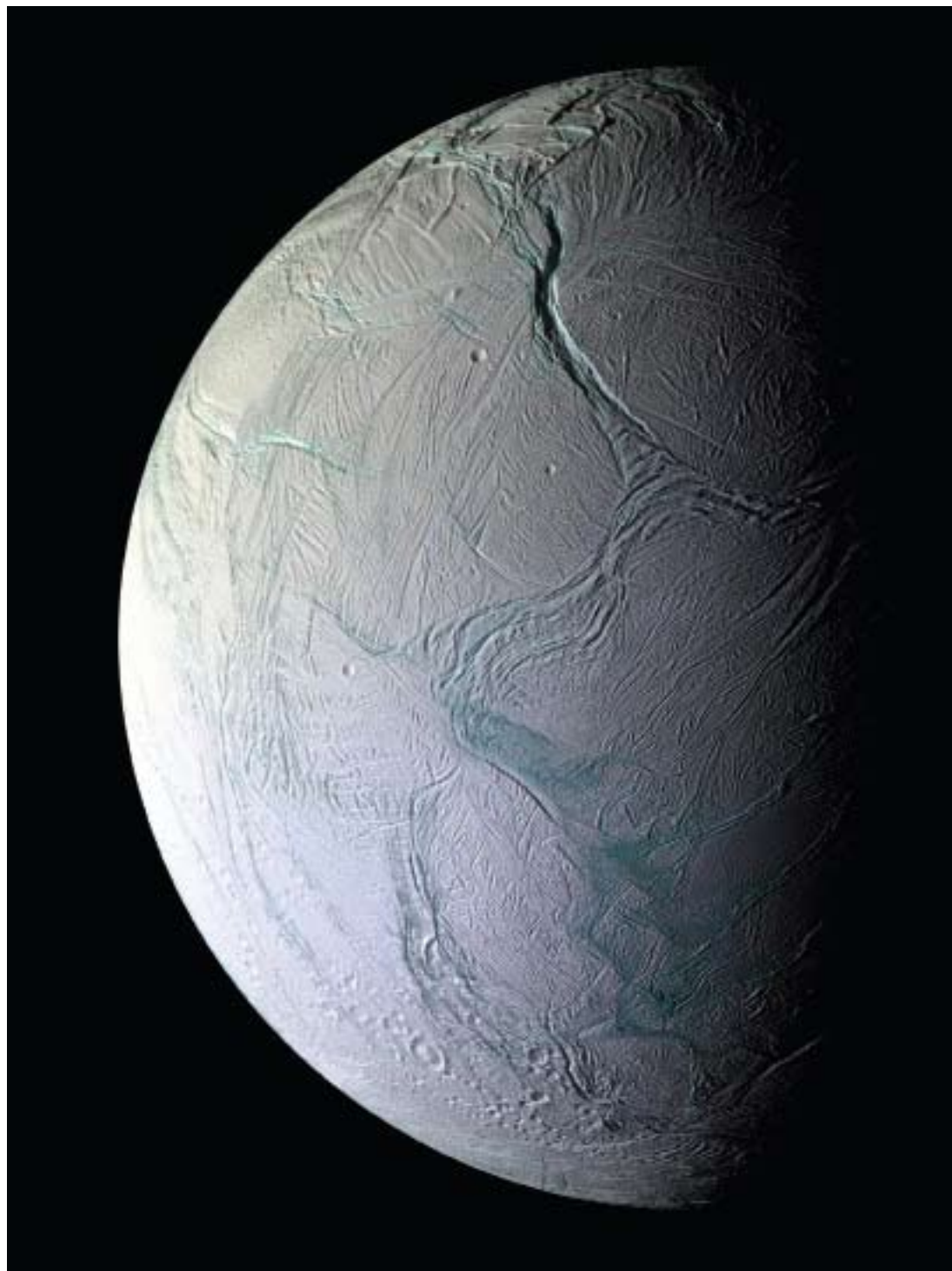
Badania innych ciał niebieskich

Badania w Zakładzie Fizyki Litosfery dotyczą różnych ciał niebieskich – zarówno ich powierzchni, jak i wnętrza. Dane są uzyskiwane z sond kosmicznych i w wyniku obserwacji teleskopowych. Przeprowadzane są też badania laboratoryjne nad właściwościami materii tworzącej te ciała oraz symulacje numeryczne.

W wyniku badań nad ewolucją i rozkładem przestrzennym wody i lodu gruntowego na Marsie opracowaliśmy formułę korygującą zgodność z pomiarami obliczanej szybkości sublimacji i kondensacji lodu w warunkach niskiego ciśnienia.

Badanie przepływów w ośrodkach porowatych zastosowaliśmy do regolitu na Tytanie (satelita Saturna) – wykazaliśmy za pomocą symulacji numerycznych możliwość występowania konwekcji w ciekłym metanie/etanie obecnym w porowatym regolicie.

Tematem naszych badań jest również tektonika i wulkanizm planet oraz wybranych satelitów – w szczególności aktywność satelitów Saturna:



Enceladus – jeden z satelitów Saturna, najmniejsze ciało w Układzie Słonecznym aktywne wulkanicznie i tektonicznie

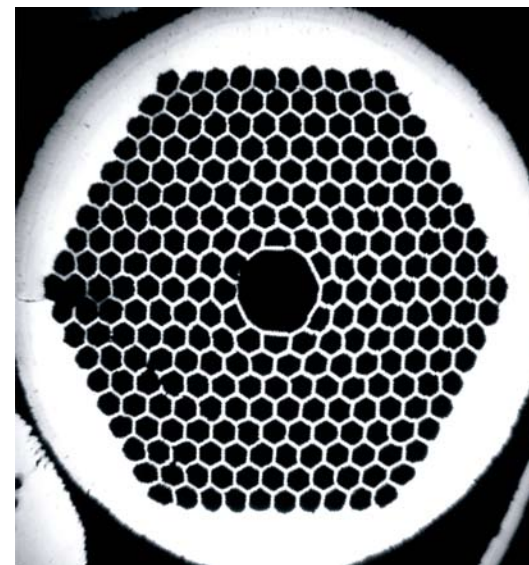
Enceladusa, Dione i Iapetusa; m.in. udało nam się wyjaśnić aktywność kriowulkaniczną Enceladusa i brak takiej aktywności na Mimasie (tzw. paradoks Mimas-Enceladus).

Przedmiotem naszego zainteresowania jest także ewolucja powierzchni i wnętrza jąder komet krótkookresowych z uwzględnieniem przemian struktury krystalicznej i zmian mikrostruktury porowatego lodu – wykonaliśmy symulację numeryczną możliwości występowania gwałtownych skoków jasności komety 17P/Holmes na skutek zmian orientacji komety w przestrzeni.

Badamy powstawanie i charakterystykę kraterów uderzeniowych oraz możliwość występowania warunków niezbędnych do rozwoju form życia.

Fotonika

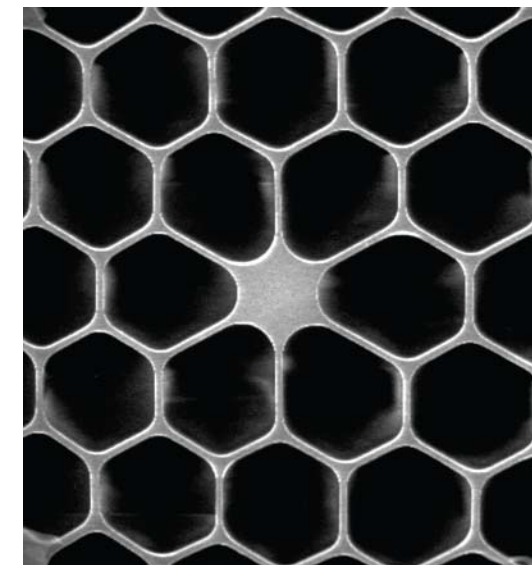
Do najważniejszych tematów badawczych **Zakładu Optyki Informacyjnej** należą metamateriały – nazwą tą określa się sztuczne (wytwarzane przez człowieka) materiały o właściwościach



Przekrój poprzeczny przykładowego światłowodu fotonicznego

elektromagnetycznych niespotykanych w naturze. Przykładem są metamateriały o ujemnym efektywnym współczynniku załamania, które dają nadzieję na zbudowanie m.in. nowych urządzeń do przesyłania informacji czy ukrywania przedmiotów (ang. *cloaking*). Pierwsze metamateriały zademonstrowano w 2001 roku dla zakresu mikrofalowego. Trwają poszukiwania dobrego metamateriału dla światła widzialnego.

Nową dziedziną nauki, stanowiącą połączenie elektrodynamiki obliczeniowej opartej na równaniach Maxwella i fizyki materiałów, jest plazmonika. O propagacji światła w nanoukładach plazmonicznych, zbudowanych z dielektryków i metali szlachetnych, decydują warunki graniczne: do koncentracji i transportu energii wykorzystywane są plazmony zlokalizowane oraz powierzchniowe fale plazmonowo-polarytonowe. W zakładzie opracowano nanosoczewkę, która umożliwia skupienie światła w ognisku mniejszym niż to wynika z klasycznego ograniczenia dyfrakcyjnego, wykorzystując wiązkę światła o polaryzacji radialnej.

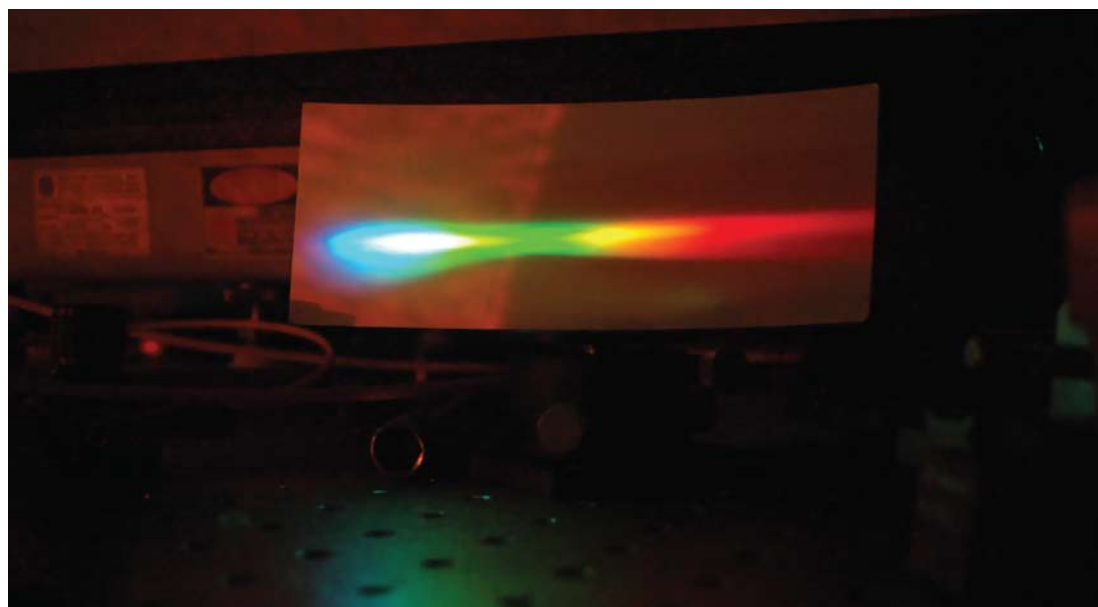


Mikroskopia bliskiego pola to technika badawcza, w której powierzchnia materiału i jej właściwości fizyczne, w tym także optyczne, są badane za pomocą sondy skanującej powierzchnię punkt po punkcie; sonda przesuwa się z bardzo dużą precyzją, rzędu pojedynczych nanometrów lub lepszą. Badanie rozkładu natężenia emitowanego światła daje wtedy możliwość odtworzenia właściwości optycznych z bardzo dobrą rozdzielczością, bowiem w detekcji promieniowania biorą udział fale ewanescentne, obecne tylko w odległości kilkudziesięciu nanometrów od powierzchni próbki. W opisanej technice szczególnie istotne znaczenie ma konstrukcja sondy optycznej – w ZOI opracowaliśmy nową koncepcję takiej sondy.

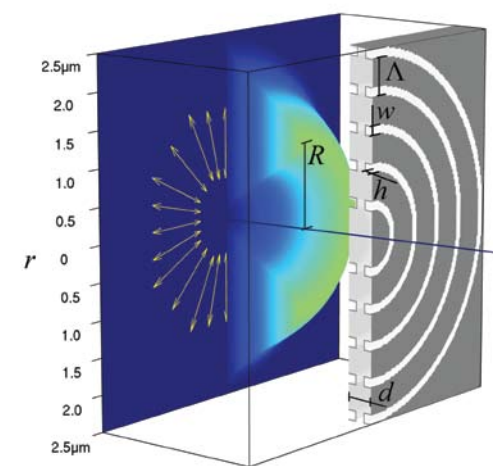
Kryształy fotoniczne to periodyczne struktury działające podobnie do zwierciadła Bragga (które można uznać za jednowymiarowy kryształ fotoniczny). W zakładzie prowadzone są prace teoretyczne oraz symulacje komputerowe kryształów fotonicznych, które m.in. służą do prowadzenia światła w mikro- i nanoukładach. Świa-

tłowody fotoniczne (które w przekroju stanowią kryształ fotoniczny) umożliwiają prowadzenie światła dzięki wykorzystaniu jednego z dwóch zjawisk: efektywnego współczynnika załamania – gdy rdzeń ze szkła jest otoczony powietrznymi dziurami, lub przerwy wzbronionej – gdy światło wstrzelone do powietrznego rdzenia nie może go opuścić, bowiem w kierunku prostopadłym do osi światłowodu propagacja jest wzbroniona. Światłowody fotoniczne mogą mieć właściwości nieliniowe, co prowadzi do generacji supercontinuum, czyli konwersji w odcinku światłowodu bardzo krótkiego impulsu światła laserowego (np. jedna femtosekunda) na światło o szerokim widmie.

Tradycyjną tematyką, rozwijaną od wielu lat, jest przetwarzanie i rozpoznawanie obrazów. Algorytmy przetwarzania obrazów są często oparte na pojęciach zaczerpniętych z optyki fourierowskiej, co poszerza możliwości badania o przestrzeń (płaszczyznę) tzw. częstości przestrzennych. Ta koncepcja przetwarzania obrazów jest



Widmo światła uzyskane poprzez konwersję impulsu femtosekundowego we wnętrzu światłowodu fotonicznego



Schemat działania nanosoczewki fotonicznej

obecna m.in. we wszystkich współczesnych metodach kompresji obrazów i sekwencji wideo.

Prowadzone są też badania z zakresu optyki dyfrakcyjnej (falowej) – obecnie są to m.in. ba-

dania metod obrazowania obiektów fazowych, czyli takich, które zaburzają front falowy, ale nie zmieniają natężenia światła. Trudno jest wtedy określić, jaki kształt ma powierzchnia zaburzająca, bowiem bezpośrednio jej nie widać.

Zakład Optyki Informacyjnej korzysta z własnego laboratorium optycznego, wyposażonego w różne źródła promieniowania, optyczny mikroskop skaningowy bliskiego pola SNOM i mikroskop sił atomowych AFM, profilometr interferencyjny światła białego Wyko, optyczne analizatory widma i in. Dysponujemy także rozbudowaną bazą obliczeniową, m.in. komputerami typu blade. Współpracujemy z wieloma ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą. Wiele z prototypów urządzeń (w szczególności światłowody fotoniczne) jest wykonywanych w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie.

Katedra Metod Matematycznych Fizyki

W Katedrze Metod Matematycznych Fizyki zajmujemy się fizyką matematyczną oraz innymi dziedzinami matematyki mającymi swoje źródło w fizyce. Główne nurty prowadzonych badań wraz z powiązaniami i rozwojem w czasie zostały zobrazowane na diagramie obok.

Prowadzone w KMMF badania dotyczą geometrycznych podstaw teorii fizycznych, m.in. klasycznej i kwantowej teorii pola, mechaniki materii naładowanej oraz teorii kontroli układów statycznych. Z tymi zagadnieniami łączy się również geometryczno-wariacyjny opis układów fizycznych; motywacją do takiego opisu jest potrzeba zrozumienia związków zachodzących między fizyką klasyczną i kwantową.

Nasze zainteresowania koncentrują się także wokół teorii grawitacji. Jednym z naszych osiągnięć jest lepsze rozumienie zagadnienia związanego z promieniowaniem grawitacyjnym. Dogłębna analiza tzw. masy Bondiego pokazuje, że jest to jedyne pojęcie pozwalające sensownie zdefiniować energię w teorii grawitacji.

Ważne wyniki uzyskaliśmy także w nieliniowych zagadnieniach geometrii, w szczególności w zakresie teorii solitonów.

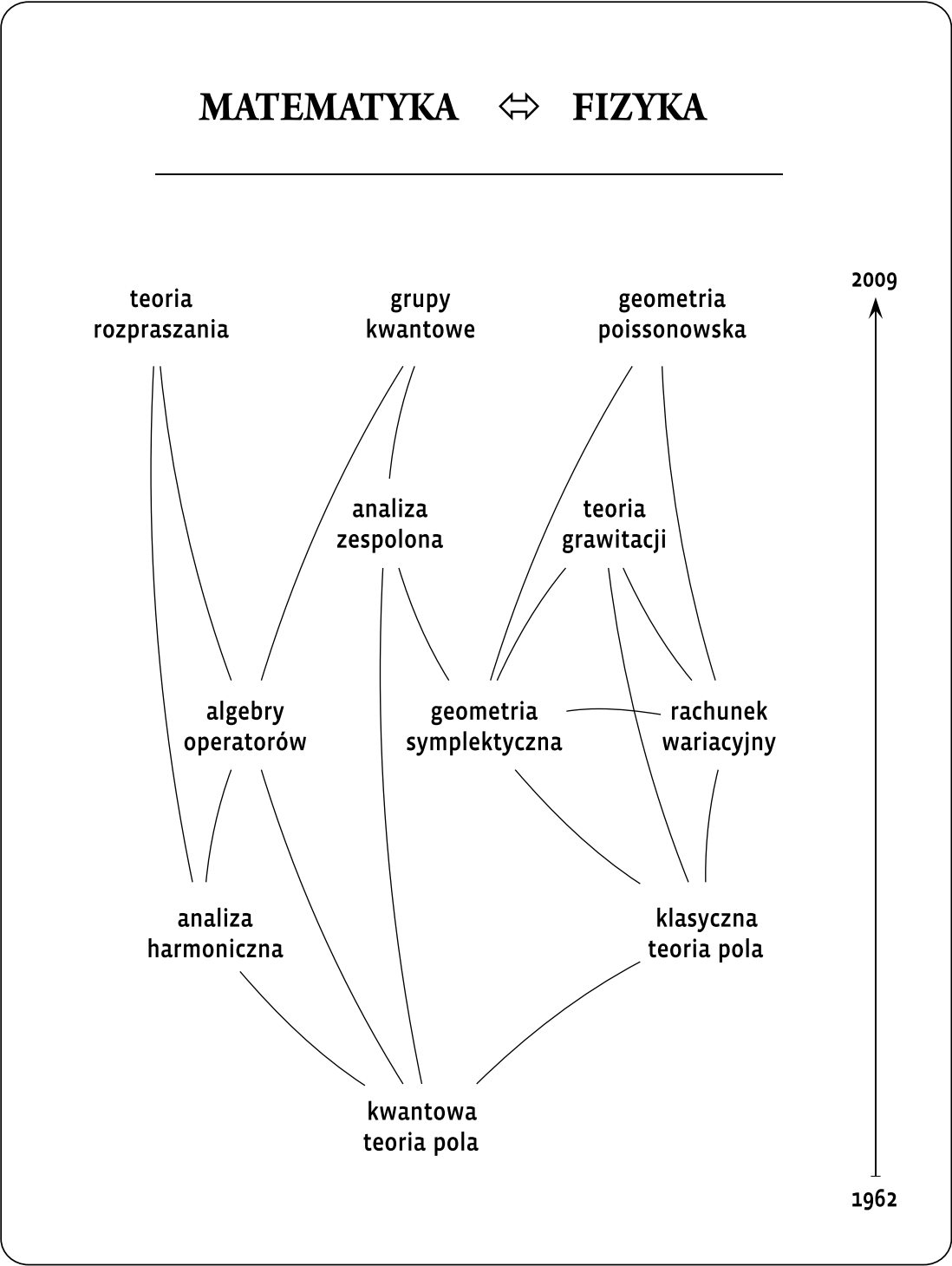
Katedra zajmuje się również teorią algebr operatorów i ich zastosowaniem w kwantowej fizyce statystycznej. Do lepszego zrozumienia podstaw kwantowej fizyki statystycznej przyczyniło się m.in. wprowadzenie pojęcia stanu biernego. W zakresie naszych zainteresowań znajduje się również ścisła analiza operatorów i metod mechaniki kwantowej.

Pracownicy KMMF odnieśli duże sukcesy w rozwiązywaniu trudnych – pozostających przez długi czas otwartymi – problemów. Należy do nich dowód asymptotycznej zupełności dla dalekozasięgowego rozpraszania wielu ciał. Był on ukoronowaniem szeroko prowadzonych badań nad teorią rozpraszania.

W KMMF zajmujemy się również teorią grup klasycznych (z podkreśleniem aspektów geometrycznych) oraz grup kwantowych (na poziomie topologicznym); w szczególności bardzo dokładnie został zbadany przypadek zwartych grup kwantowych, a przykłady niezwartych grup kwantowych w istotny sposób wpłynęły na kształt ogólnej teorii.

Szczycimy się tym, że znaczna część najważniejszych pojęć i osiągnięć w dziedzinie grup kwantowych jest owocem badań prowadzonych w naszej katedrze.

Tematyka badań katedry należy do dziedzin bardzo dynamicznie się rozwijających. Nasi pracownicy biorą czynny udział w różnych formach międzynarodowej współpracy, takich jak programy Unii Europejskiej, staże naukowe, wizyty osób z zagranicy, konferencje itp. W latach 2004–2008 katedra współorganizowała projekt unijny Non-commutative Geometry and Quantum Groups. W ramach tego przedsięwzięcia odbyło się m.in. osiem kursów prowadzonych przez światowego formatu ekspertów. Przykładem działalności o charakterze międzynarodowym jest uczestnictwo KMMF w latach 2002–2006 w sieci naukowej Analysis and Quantum (jej polska część była usytuowana w KMMF). Skoordynowana aktywność ośmiu europejskich instytutów miała na celu rozwinięcie matematycznych narzędzi służących do badania układów kwantowych.



Studia na Wydziale Fizyki

Wkroczyliśmy w XXI wiek – jest to czas, w którym nie da się funkcjonować bez zaawansowanej nauki i techniki. Potrzeba coraz więcej ludzi dobrze wykształconych w zakresie nauk ścisłych, którzy będą potrafili wykorzystać najnowsze osiągnięcia naszej cywilizacji oraz włączyć się w poszukiwanie nowych rozwiązań niezbędnych dla dalszego jej rozwoju.

Wydział Fizyki proponuje studia, które gwarantują absolwentom uzyskanie gruntownego wykształcenia. Dbamy o to, by zapewnić studiującym solidne podstawy teoretyczne – z fizyki, matematyki, programowania, jak również specjalistyczną wiedzę niezbędną dla odnalezienia się w gwałtownie rozwijających się dziedzinach nauki, techniki i gospodarki. Równocześnie dokładamy wszelkich starań, by rozbudzić w studentach zainteresowanie uczeniem się no-

wych rzeczy i ciągłą gotowość do podejmowania nowych wyzwań. Na tak przygotowanych absolwentów czekają wyższe uczelnie w Polsce i za granicą, instytuty naukowo-badawcze, instytucje oświatowe, firmy hi-tech, komputerowe i konsultingowe, towarzystwa ubezpieczeniowe, banki, instytucje medyczne, wydawnictwa i środki masowego przekazu.

Podążając za najnowszymi światowymi trendami, otworzyliśmy na wydziale nowy kierunek studiów – **Zastosowania fizyki w biologii i medycynie**, oraz **Inżynierię nanostruktur** – makrokierunek, który prowadzimy wspólnie z Wydziałem Chemii UW.

Ze względu na wzrastające zapotrzebowanie na specjalistów w dziedzinie nauk ścisłych MNiSW umieściło fizykę na liście kierunków zamawianych. Przyznane z tej racji

fundusze otwierają możliwość uzyskania stypendiów na studiach II stopnia.

Wysoki poziom nauczania na Wydziale Fizyki UW zapewnia znakomita kadra naukowo-dydaktyczna. Wśród ponad 200 nauczycieli akademickich mamy 70 nauczycieli z tytułem profesora, 51 doktorów habilitowanych i 81 doktorów. Studiuje u nas prawie 650 studentów oraz ponad 100 doktorantów.

Dorobek naukowy naszych pracowników, niejednokrotnie światowych autorytetów w swoich dziedzinach, przyczynia się do silnej pozycji międzynarodowej Uniwersytetu Warszawskiego. To m.in. dzięki naszemu wydziałowi uczelnia ta od lat znajduje się na czele rankingów w Polsce.

Wydział Fizyki dysponuje dobrze wyposażonymi specjalistycznymi laboratoriami naukowymi. Część badań jest prowadzona we współpracy z najlepszymi ośrodkami zagranicznymi, m. in.: CERN w Szwajcarii, DESY i GSI w Niemczech, Oxford i Cambridge w Wielkiej Brytanii, laboratoriami CNRS we Francji, Fermilab w USA. Dzięki tej współpracy nasi studenci mają możliwość uczestniczenia w najważniejszych eksperymentach fizycznych aktualnie przeprowadzanych na świecie.

Wydział Fizyki aktywnie uczestniczy w programie Unii Europejskiej ERASMUS, który umożliwia studentom zaliczanie części zajęć na renomowanych uczelniach w Europie.

Studenci studiujący na Wydziale Fizyki mogą korzystać ze specjalistycznych bibliotek zawierających bogate zbiory z dziedziny fizyki i nauk pokrewnych, a także z doskonale wyposażonych pracowni komputerowych, w których znajduje się ponad 100 stanowisk komputerowych pod-



łączonych do sieci Internet. Mają również dostęp do bardzo dobrze wyposażonych pracowni dydaktycznych, w których mogą zapoznawać się zarówno z podstawowymi technikami pomiarowymi z zakresu fizyki, jak i zaawansowanymi metodami fizyki doświadczalnej, aktualnie stosowanymi w laboratoriach naukowych.

Studenci Wydziału Fizyki poszerzają swoje wykształcenie na praktykach w firmach wysokich technologii, ośrodkach naukowych, laboratoriach przemysłowych, szpitalach, bankach, środkach masowego przekazu i innych atrakcyjnych, z punktu widzenia dalszej kariery, miejscach.

Zarówno studia licencjackie, magisterskie, jak i doktoranckie są na naszym wydziale bezpłatne.

Oferta edukacyjna

Studia I stopnia (trzyletnie, licencjackie)

• Fizyka

Studiując na tym kierunku studenci poznają podstawy fizyki ogólnej z wprowadzeniem do współczesnej fizyki teoretycznej i doświadczalnej. Zapoznają się także z elementami matematyki wyższej oraz informatyki.

Absolwenci tego kierunku są dobrze przygotowani do podjęcia studiów drugiego stopnia, również poza Wydziałem Fizyki UW. Posiadają obszerną wiedzę z fizyki oraz matematyki i potrafią zastosować ściśle metody oblicze-

niowe do opisu zjawisk fizycznych i zagadnień z innych dziedzin. Posiadają umiejętność programowania i korzystania z komputerowych baz informatycznych oraz używania różnych systemów operacyjnych. Dzięki tym studiom absolwenci potrafią też korzystać z literatury specjalistycznej, przygotować i wygłaszać referaty, również w języku angielskim. Studia na tym kierunku dobrze przygotowują do pracy w zespole badawczym, między innymi dzięki zdobytej umiejętności sprawnego posługiwania się przyrządami pomiarowymi: mechanicznymi, optycznymi, elektrycznymi i elektronicznymi. Absolwenci kierunku Fizyka mają wpojony nawyk ustawicznego samokształcenia i posiadają umiejętność twórczego myślenia, co trudno przecenić na zmieniającym się rynku pracy.



• Astronomia

Studiując na tym kierunku studenci poznają podstawy astronomii ogólnej, astrofizyki obserwacyjnej oraz matematyki, informatyki i fizyki. Absolwenci tego kierunku są dobrze przygotowani do podjęcia studiów drugiego stopnia, również poza Wydziałem Fizyki UW. Posiadają obszerną wiedzę z astronomii, fizyki oraz matematyki i potrafią zastosować ściśle metody obliczeniowe do opisu zjawisk astronomicznych, fizycznych oraz zagadnień z innych dziedzin nauki. Posiadają umiejętność programowania i korzystania z komputerowych baz informatycznych oraz używania różnych systemów operacyjnych. Absolwenci kierunku astronomia mają wpojony nawyk ustawicznego samokształcenia i posiadają umiejętność twórczego myślenia, co ma ogromne znaczenie na rynku pracy.

W ramach obydwu kierunków oprócz tradycyjnych studiów można wybrać **studia indywidualne**. Studia te są przeznaczone dla osób, które mają bardzo dobre przygotowanie matematyczno-fizyczne, udokumentowane dyplomem laureata/finalisty Olimpiady Matematycznej, Fizycznej lub Astronomicznej lub bardzo dobrymi wynikami egzaminów maturalnych z fizyki i matematyki. Na tej elitarniej ścieżce bardzo zaawansowane studia są połączone z przyjemnością nauki w ambitnym gronie.

Osoby, które chciałyby w przyszłości pracować w zawodzie nauczyciela, mogą na kierunku Fizyka wybrać **specjalność nauczycielską**.

• Zastosowania Fizyki w Biologii i Medycynie

Pogranicze fizyki oraz nauk biologicznych i medycyny to jeden z najdynamiczniej rozwijających się obszarów badań naukowych i zastosowań najnowszych technologii. Niezwykły postęp i roz-

wój genetyki, inżynierii genetycznej, niektórych gałęzi fizyki oraz informatyki, jaki obserwujemy w ostatnich latach, ma wpływ nie tylko na rozwój biologii i medycyny, ale przyczynia się też do powstania nowych dziedzin, takich jak bioinformatyka, projektowanie molekularne czy neuroinformatyka, oraz powoduje, że dobrze ugruntowane dziedziny, takie jak np. biofizyka molekularna czy fizyka medyczna, przeżywają swój renesans.

Wymienione wyżej dziedziny wymagają specjalistów wykształconych w kilku kierunkach. Wychodząc naprzeciw tym potrzebom, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego otworzył w roku akademickim 2009/10 nowy kierunek Zastosowania fizyki w biologii i medycynie, ze standardami kształcenia obejmującymi podstawy fizyki, biologii, chemii i matematyki, a więc odpowiadającymi interdyscyplinarnemu charakterowi wiedzy z pogranicza fizyki oraz nauk biologicznych i medycyny. W ramach tego kierunku wybiera się jedną z pięciu specjalności:

•• Biofizyka molekularna

<http://biofizyka.fuw.edu.pl>

•• Projektowanie molekularne i bioinformatyka

<http://bioinformatyka.fuw.edu.pl>

•• Fizyka medyczna

<http://fyzykamedyczna.fuw.edu.pl>

•• Neuroinformatyka

<http://neuroinformatyka.pl> Pierwsze na świecie studia I stopnia w tej dziedzinie!

•• Optyka okularowa

<http://optometria.fuw.edu.pl>

• Inżynieria nanostruktur

<http://nano.fuw.edu.pl>

Nanotechnologia stanowi jedno z największych wyzwań dzisiejszych czasów. Na świecie obserwuje się gwałtowny rozwój nanonauk i techno-

logii z pogranicza fizyki, chemii i informatyki. Wychodząc naprzeciw światowym trendom, Wydział Fizyki i Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego utworzyły w roku akademickim 2009/2010 makrokierunek z nowym jakościowo programem, odpowiadającym interdyscyplinarnemu charakterowi wiedzy dotyczącej projektowania i wytwarzania nowych struktur dla nanotechnologii, badania ich właściwości i funkcjonalnych zastosowań.



Studia II stopnia (dwuletnie, magisterskie)

• Fizyka

Celem studiów II stopnia na tym kierunku jest pogłębienie wiedzy fizycznej oraz specjalizacja w wybranej dziedzinie fizyki, związana z rozszerzonym poznaniem aparatu pojęciowego oraz metod teoretycznych i doświadczalnych w niej stosowanych. Studenci po pierwszym semestrze wybierają jedną z poniższych specjalności:

- **Fizyka teoretyczna** – z możliwością specjalizacji w następujących dziedzinach:
 - Optyka kwantowa i fizyka atomowa
 - Fizyka materii skondensowanej
 - Teoria cząstek i oddziaływań elementarnych
 - Teoria struktury jąder atomowych
 - Teoria względności i grawitacji
 - Theoretical Particle Physics and Cosmology (specjalizacja realizowana w języku angielskim)
 - Fizyka matematyczna
- **Geofizyka** – z możliwością specjalizacji:
 - Fizyka atmosfery
 - Fizyka Ziemi i planet
 - Fizyka środowiska

- **Biofizyka**
- **Fizyka Biomedyczna**
- **Fizyka materii skondensowanej i przyrządów półprzewodnikowych** – z możliwością specjalizacji:
 - Fizyka materii skondensowanej i nanostruktur półprzewodnikowych
 - Fizyka przyrządów półprzewodnikowych
 - Metody rentgenowskie w fizyce materii skondensowanej
 - Metody synchrotronowe i neutronowe w fizyce materii skondensowanej
- **Fotonika**
- **Optyka**
- **Fizyka jądrowa i cząstek elementarnych** – z możliwością specjalizacji:
 - Fizyka jądra atomowego
 - Struktura jąder atomowych
 - Fizyka cząstek i oddziaływań fundamentalnych
- **Nauczanie i popularyzacja fizyki** – z możliwością specjalizacji:
 - Specjalizacja nauczycielska
 - Dydaktyka i popularyzacja fizyki
- **Metody fizyki w ekonomii (ekonofizyka)**
- **Matematyczne i komputerowe modelowanie procesów fizycznych.**

Osoby o wybitnych uzdolnieniach mogą również na tym etapie studiować fizykę w trybie indywidualnym.

• Astronomia

Celem studiów II stopnia na tym kierunku jest zdobycie wszechstronnego wykształcenia w zakresie obserwacyjnych i teoretycznych metod badawczych astronomii oraz poznanie współczesnego stanu wiedzy w tej dyscyplinie. Studenci uzyskują wiedzę potrzebną do opisu i zrozumienia fizycznych mechanizmów stojących u podstaw zjawisk oraz budowy i ewolucji obiektów astronomicznych. Celem kształcenia jest też zapoznanie z metodami matematycznego modelowania i statystycznej weryfikacji tych modeli, a szerzej – rozwijanie kompetencji matematyczno-przyrodniczych przyszłych absolwentów.

Uruchomienie studiów II stopnia na kierunku **Zastosowania fizyki w biologii i medycynie** oraz makrokierunku **Inżynieria nanostruktur** planowane jest w 2012 roku.

Studia doktoranckie

Na Wydziale Fizyki działa czteroletnie Studium Doktoranckie. Studia doktoranckie są studiami indywidualnymi, to znaczy odbywają się według ramowego programu studiów pod kierunkiem opiekuna naukowego. Prowadzone są we wszystkich specjalnościach reprezentowanych w jednostkach wydziału. Studia umożliwiają wszechstronne przygotowanie do prowadzenia działalności naukowej, rozwinięcie poznawczego podejścia do otaczającego nas świata materialnego, objawiającego się w dążeniu do głębokiego zrozumienia procesów w nim zachodzących,



zdobycie umiejętności pozyskiwania informacji potrzebnych do rozwiązania postawionych problemów, zdobycie umiejętności definiowania, jasnego przedstawiania, efektywnego poszukiwania rozwiązań i rozwiązywania różnorodnych problemów (niekoniecznie związanych bezpośrednio z fizyką czy astronomią) – zarówno na poziomie koncepcyjno-teoretycznym, jak i praktycznym, wszechstronne wykształcenie w dziedzinie metod komputerowych (obliczeniowych), przetwarzania informacji i sterowania urządzeniami kontrolno-pomiarowymi.

Studia podyplomowe

• **Studia Podyplomowe Fizyki z Astronomią**

Studia trwają trzy semestry. Ich celem jest zapoznanie słuchaczy z podstawową wiedzą z zakresu fizyki i astronomii oraz przygotowanie do przeprowadzania prostych doświadczeń. Studia przeznaczone są dla nauczycieli przedmiotów ścisłych, którzy chcą uzyskać uprawnienia do nauczania fizyki oraz tych, którzy mając takie uprawnienia, chcą podwyższyć swoje kwalifikacje.

• **Podyplomowe Międzywydziałowe Studia Nauczania Przyrody**

Studia te są prowadzone przez Wydziały Fizyki, Biologii, Chemii, Geologii oraz Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Trwają trzy semestry i są przeznaczone dla nauczycieli, którym dają możliwość uzupełnienia wiedzy merytorycznej z przedmiotu kierunkowego oraz przygotowują do uczenia przyrody jako drugiego przedmiotu. Umożliwiają zdobycie przez słuchaczy umiejętności myślenia interdyscyplinarnego, pozwalającego na przekazywanie uczniom treści przyrodniczych, oraz

– w znacznym zakresie – umiejętności stosowania w nauczaniu technologii informatycznych i multimedialnych.

Studenci Wydziału Fizyki mają możliwość poszerzania swoich zainteresowań naukowych w ramach licznych kół studenckich, takich jak:

- Studenckie Koło Fizyki
- Koło Naukowe Geofizyków
- Koło Naukowe Astronomów
- Naukowe Koło Sztucznej Inteligencji
- Stowarzyszenie Popularyzatorów Idei Naukowych SPIN
- Koło Naukowe Chemii Biologicznej Nukleotyd.

Studenci mogą też na wydziale realizować swoje pozanaukowe pasje – czeka na nich chór wydziałowy i klub turystyczny. Pasje organizatorskie mogą realizować pracując na rzecz samorządu studentów czy też samorządu doktorantów.

Naszą ofertę dydaktyczną kierujemy też do przyszłych maturzystów. Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego zaprasza na kursy **Przed maturą** – przygotowujące do egzaminów maturalnych z fizyki i matematyki na różnych poziomach.



Działalność popularyzatorska

Oprócz działalności badawczej i dydaktycznej Wydział Fizyki prowadzi również ożywioną działalność popularyzatorską. Od lat dużym zainteresowaniem cieszą się **Zajęcia otwarte z fizyki** (www.fuw.edu.pl/wo), przygotowywane i prezentowane przez najlepszych wykładowców i demonstratorów naszego wydziału:

- Sobotnie wykłady dla uczniów są skierowane do szerokiej publiczności i mają na celu przybliżenie zagadnień fizycznych poprzez przedstawianie różnorodnych doświadczeń i pokazów. Tematyka wykładów obejmuje zarówno podstawy fizyki, jak i najnowsze osiągnięcia w tej dziedzinie. Wykłady mogą stanowić doskonałe uzupełnienie lekcji szkolnych.

- Zajęcia środowowe, czyli „proste i efektowne doświadczenia fizyczne”, są przeznaczone dla zainteresowanych fizyką uczniów oraz ich na-

uczycieli. Na zajęciach prezentowane są ciekawe doświadczenia fizyczne niewymagające dużych nakładów finansowych. Zajęcia składają się z dwóch części: pierwszą część stanowi wykład (z elementami warsztatów), bogato ilustrowany pokazami, w drugiej – prezentowane są doświadczenia przygotowane przez uczniów i nauczycieli.

- Wykłady w szkołach poruszają współczesne problemy fizyki w formie prezentacji multimedialnych, z wykorzystaniem prostych doświadczeń; odbywają się w szkołach na terenie Warszawy i okolic.

- Pracownia fizyczna dla uczniów umożliwia licealistom i gimnazjalistom bezpośrednie zetknięcie z warsztatem fizyka – oferuje uczestnictwo w zajęciach laboratoryjnych. Przyjmowane są zarówno zgłoszenia indywidualne, jak i zorganizowanych grup. Uczniowie mogą prowadzić własne

eksperymenty, wykonując zadania uzgodnione z nauczycielem.

- Letnia Szkoła Fizyki to sposób, w jaki wydział włącza się w wakacyjną akcję „Lato w Mieście”. Jej ciekawy program jest skierowany do uczniów ostatnich klas gimnazjum oraz szkół ponadgimnazjalnych – do tych, którzy chcą zapoznać się z najnowszymi osiągnięciami nauki w dziedzinie fizyki i astronomii. Współorganizatorami Letniej Szkoły Fizyki są: Polskie Towarzystwo Fizyczne oraz Miasto Stołeczne Warszawa.

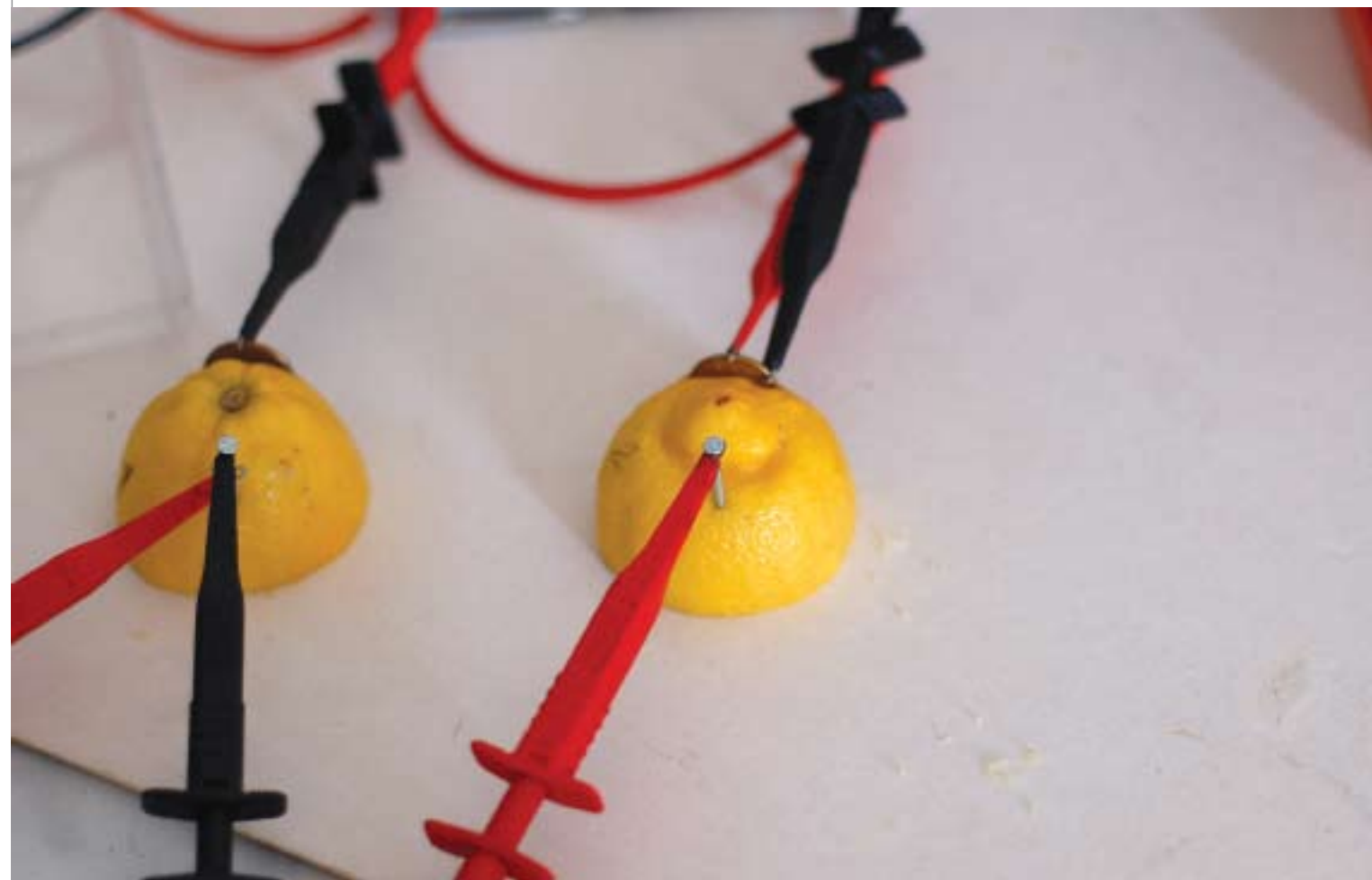
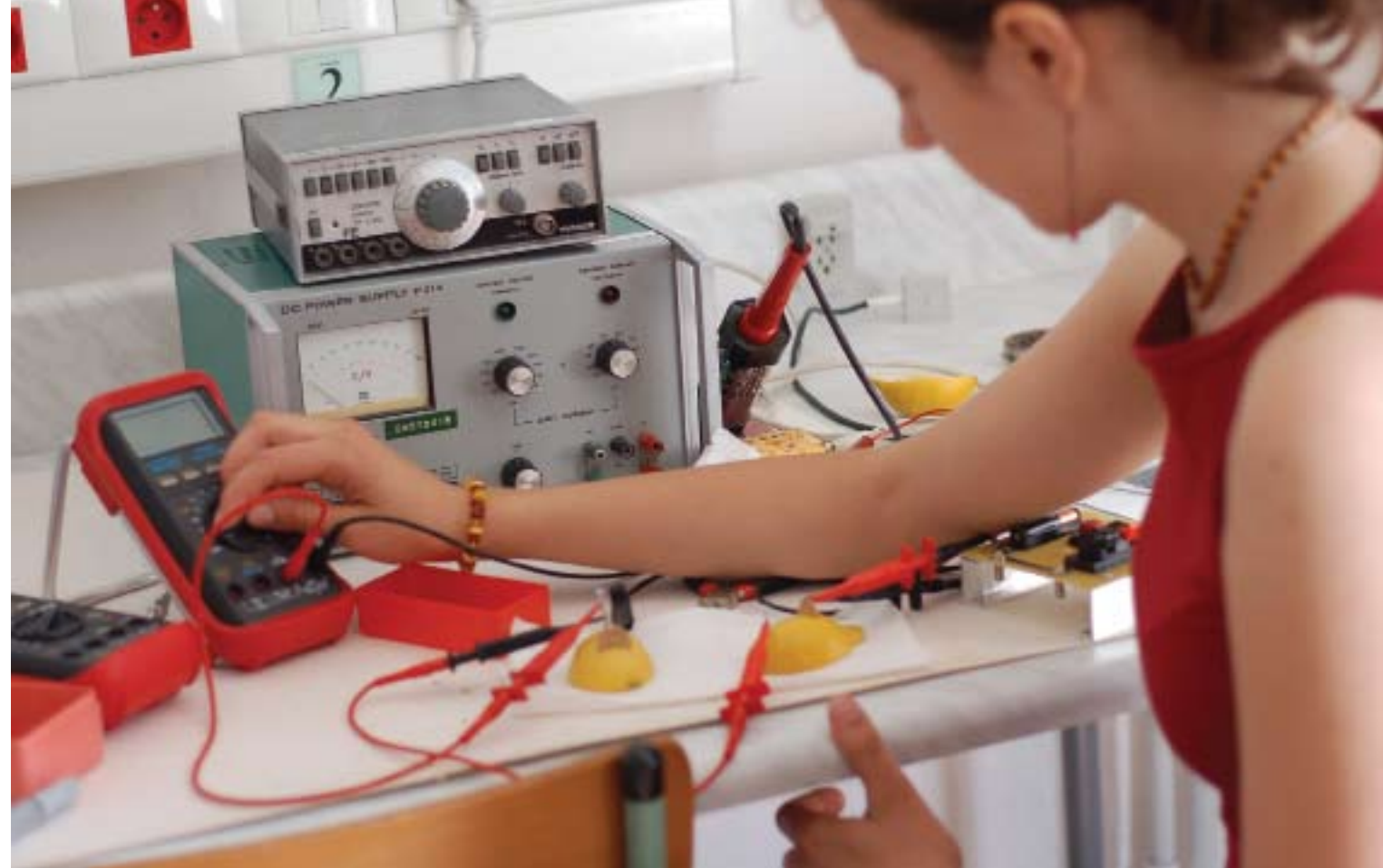
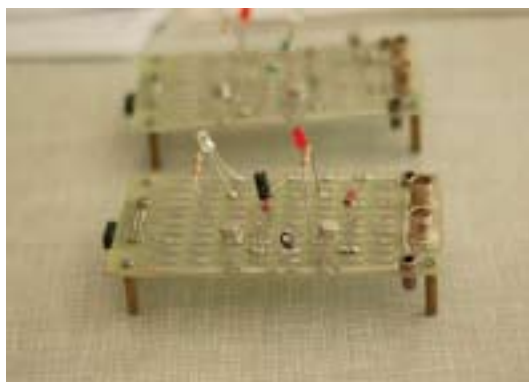
Naszą ofertę kierujemy też do najmłodszych. Poniedziałkowe zajęcia **Zabawy z fizyką** są przeznaczone dla uczniów początkowych klas szkoły podstawowej. Celem zajęć jest zainteresowanie uczestników zjawiskami fizycznymi występującymi w przyrodzie; służą temu proste eksperymenty wykonywane przez nich samodzielnie. Dzięki nim uczniowie będą mogli odpowiedzieć na wiele intrygujących pytań dotyczących otaczającego nas świata.

W naszej ofercie nie zapomnieliśmy też o nauczycielach fizyki. Z myślą o nich organizowane jest cyklicznie Ogólnopolskie Seminarium Dydaktyki Fizyki (współorganizatorami są Mazowieckie Samorządowe Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Fizycznego).

Na stronie internetowej wydziału prowadzona jest rubryka dla pasjonatów fizyki. Dla wszystkich chętnych, zainteresowanych poznaniem odpowiedzi na nurtujące ich pytania z dziedziny nauk przyrodniczych, udostępnione jest forum **Zapytaj fizyka**. Odpowiedzi udzielają kompetentni eksperci. Najciekawsze pytania są wywieszane na tej stronie.

Wydział Fizyki UW niezwykle aktywnie włącza się w organizację corocznego Festiwalu Nauki (www.festiwalnauki.edu.pl). Interesujące wykłady są również proponowane w ramach Uniwersytetu Otwartego (www.uo.uw.edu.pl).

Nasz wydział wspiera też ciekawe akcje społeczności lokalnych, takie jak Hożarty, czyli wiosenne święto ulicy Hożej.



Wydział Fizyki UW
centrala: 22 5532-000
www.fuw.edu.pl

Dziekanat (Biuro Wydziału)
ul. Hoża 69
00-681 Warszawa
email: dziekfiz@fuw.edu.pl
tel. 22 5532-123,
fax: 22 5532-333
-sekcja pracownicza i doktorancka
tel. 22 5532-169, 22 5532-390
-sekcja studencka
tel. 22 5532-121, 22 5532-156,
22 5532-349, 22 5532-401
email: studfiz@fuw.edu.pl

Sekretariat Dyrektora Administracyjnego
tel. 22 5532-133

LLP-ERASMUS
Wymiana międzynarodowa
tel. 22 5532-342, 22 5532-002

Samorząd Studentów Wydziału Fizyki
tel. 22 5532-362
email: samorzad@okwf.fuw.edu.pl

Samorząd Doktorantów Wydziału Fizyki
email: kkwask@okwf.fuw.edu.pl

Adresy budynków dydaktyczno-naukowych
Wydziału Fizyki UW:
ul. Hoża 69
ul. Hoża 74
ul. Pasteura 7
ul. Żwirki i Wigury 93
Al. Ujazdowskie 4
ul. Smyczkowa 5/7

Uniwersytet Warszawski
ul. Krakowskie Przedmieście 26/28
00-927 Warszawa
www.uw.edu.pl



Wydział Fizyki
Uniwersytetu
Warszawskiego
ul. Hoża 69
00-681 Warszawa
tel. 22 55 32 000
www.fuw.edu.pl