



XL ZJAZD FIZYKÓW POLSKICH

40th General Meeting of Polish Physicists

Program i streszczenia

Programme and Abstracts

Kraków, 6-11 września 2009

Kraków, September 6-11, 2009

Opracowanie i redakcja:
Krzysztof Magda
Stanisław Wróbel

Redaktor techniczny
Krzysztof Magda

Patronat
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Patronat medialny:
Dziennik Polski
Fizyka w Szkole
Radio Kraków
Świat Nauki
TVP Kraków
Wiedza i Życie

ISBN 978-83-924262-3-3

Druk
PW STABIL
www.stabildruk.pl

Okładka i foto
Krzysztof Magda

Organizatorzy

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Fizycznego
Uniwersytet Jagielloński
Akademia Górniczo-Hutnicza
Instytut Fizyki Jądrowej PAN im. Henryka Niewodniczańskiego
Politechnika Krakowska
Uniwersytet Pedagogiczny

Komitety Honorowy

Stanisław Kardynał Dziwisz, Arcybiskup Metropolita Krakowski
Prof. dr hab. Andrzej Białas, Prezes Polskiej Akademii Umiejętności
Prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak, JM Rektor Politechniki Krakowskiej
Ks. prof. dr hab. Michał Heller, Papieska Akademia Teologiczna w Krakowie
Prof. dr hab. Marek Jeżabek, Dyrektor Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie
Prof. dr hab. Michał Kleiber, Prezes Polskiej Akademii Nauk
Prof. dr hab. Maciej Kolwas, President Elect of the European Physical Society
Prof. dr hab. Barbara Kudrycka, Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego
Prof. dr hab. Jacek Majchrowski, Prezydent Miasta Krakowa
Pan Jerzy Miller, Wojewoda Małopolski
Prof. dr hab. Karol Musioł, JM Rektor Uniwersytetu Jagiellońskiego
Pan Marek Nawara, Marszałek Województwa Małopolskiego
Prof. dr hab. inż. Jerzy Niewodniczański, Prezes Państwowej Agencji Atomistyki
Prof. dr hab. Michał Śliwa, JM Rektor Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie
Prof. dr hab. inż. Antoni Tajduś, JM Rektor Akademii Górniczo-Hutniczej

Komitet Programowy

Marek Demiański (Uniwersytet Warszawski)
Robert Gałązka (Instytut Fizyki PAN, Warszawa) – przewodniczący
Wojciech Gawlik (Uniwersytet Jagielloński)
Ryszard Horodecki (Uniwersytet Gdański)
Marek Kuś (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, Warszawa)
Roman Micnas (Uniwersytet Adama Mickiewicza)
Stefan Pokorski (Uniwersytet Warszawski)
Maria Różańska (Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków)
Józef Sznajd (Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław)
Józef Szudy (Uniwersytet Mikołaja Kopernika)
Andrzej Twardowski (Uniwersytet Warszawski)
Karol Wysokiński (Uniwersytet Marii Skłodowskiej-Curie)

Naukowy Komitet Doradczy

Danuta Bauman (Politechnika Poznańska)
Bogusław Broda (Uniwersytet Łódzki)
Jerzy Ciosłowski (Uniwersytet Szczeciński)
Gerard Czajkowski (Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)
Jerzy Czerwonko (Politechnika Wrocławska)
Ludwik Dobrzyński (Uniwersytet Białostocki)
Stanisław Dubiel (Akademia Górniczo-Hutnicza)
Henryk Figiel (Akademia Górniczo-Hutnicza)
Krzysztof Fiałkowski (Uniwersytet Jagielloński)
Bogdan Fornal (Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków)
Wojciech Gawlik (Uniwersytet Jagielloński) – przewodniczący
Marian Grynberg (Uniwersytet Warszawski)
Stanisław Hałas (Uniwersytet Marii Skłodowskiej-Curie)
Włodzimierz Jaskólski (Uniwersytet Mikołaja Kopernika)
Adam Kiejna (Uniwersytet Warszawski)
Maciej Kolwas (Instytut Fizyki PAN, Warszawa)
Jacek Kossut (Instytut Fizyki PAN, Warszawa)
Franciszek Krok (Politechnika Warszawska)
Krzysztof Kurzydłowski (Politechnika Warszawska)
Jerzy Lukierski (Uniwersytet Wrocławski)
Jerzy Łuczka (Uniwersytet Śląski)
Roman Micnas (Uniwersytet Adama Mickiewicza)
Paweł Olko (Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków)
Kazimierz Rzażewski (Centrum Fizyki Teoretycznej, Warszawa)
Tadeusz Stacewicz (Uniwersytet Warszawski)
Jan Stankowski (Instytut Fizyki Molekularnej)
Józef Szudy (Uniwersytet Mikołaja Kopernika)
Henryk Szymczak (Instytut Fizyki PAN, Warszawa)
Marek Szymoński (Uniwersytet Jagielloński)
Jacek Turnau (Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków)
Jerzy Warczewski (Uniwersytet Śląski)
Stanisław Wróbel (Uniwersytet Jagielloński)
Andrzej Kajetan Wróblewski (Uniwersytet Warszawski)
Karol Wysokiński (Uniwersytet Marii Skłodowskiej-Curie)
Józef Zbrozczyk (Politechnika Częstochowska¹)
Andrzej Zięba (Akademia Górniczo-Hutnicza)
Marek Żukowski (Uniwersytet Gdański)
Jan Żylicz (Uniwersytet Warszawski)

Lokalny Komitet Organizacyjny

Maria Baster-Grząślewicz (Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków)
Danuta Biczewska (Gimnazjum nr 30, Kraków)
Bogdan Bogacz (Uniwersytet Jagielloński)
Krzysztof Dzierżęga (Uniwersytet Jagielloński) – skarbnik
Wojciech Gawlik (Uniwersytet Jagielloński) – vice-przewodniczący ds. programu
Marek Gołąb (Uniwersytet Jagielloński)
Zofia Gołąb-Meyer (Uniwersytet Jagielloński)
Maciej Kluza (Uniwersytet Jagielloński)
Krzysztof Malarz (Akademia Górniczo-Hutnicza)
Małgorzata Nowina-Konopka (Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków) – sekretarz
Ewa Salach (Oddział Krakowski PTF)
Stanisław Wróbel (Uniwersytet Jagielloński) – przewodniczący
Ryszard Zach (Politechnika Krakowska) – vice-przewodniczący

Sponsorzy

Uniwersytet Jagielloński
Wydawnictwo Zamkor
Akademia Górniczo-Hutnicza
Instytut Fizyki Jądrowej PAN
Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie
Politechnika Krakowska
Drukarnia Stabil
Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Fizycznego

Szanowni Państwo!

Zjazd Fizyków Polskich jest organizowany w Krakowie już po raz siódmy w historii trwającej od 1923 r. Poprzednie odbywały się tu kolejno w latach: 1924, 1934, 1950, 1965, 1973, i w 1993. Tyleż samo razy zjazdy organizowano w Warszawie. Świadczy to o prężności obu ośrodków, w których fizyka jest uprawiana w wielu uczelniach oraz instytutach pozauczelnianych.

Organizatorami XL Zjazdu Fizyków Polskich są: Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Uniwersytet Jagielloński, Akademia Górniczo-Hutnicza, Instytut Fizyki Jądrowej PAN im. Henryka Niewodniczańskiego, Politechnika Krakowska i Uniwersytet Pedagogiczny.

Staraliśmy się, aby tematyka tegorocznego Zjazdu w miarę możliwości obejmowała wszystkie dziedziny fizyki uprawiane w Polsce. Dotyczy to zarówno wykładów plenarnych, wygłaszanych przed południem, jak i referatów – na popołudniowych sesjach specjalistycznych. XL ZFP odbywa się w Auditorium Maximum Uniwersytetu Jagiellońskiego, gdzie mamy do dyspozycji 9 sal wykładowych, co pozwoliło na zorganizowanie codziennie w godzinach popołudniowych kilku sesji równoległych oraz stałej sesji plakatowej. Komitet Programowy Zjazdu pod przewodnictwem prof. Roberta Gałązki wprowadził następujące sesje specjalistyczne:

- fizyka ciała stałego,
- fizyka miękkiej materii,
- optyka, zimne atomy, fizyka atomowa i molekularna,
- fizyka jądrowa i struktura hadronów, zderzenia ciężkich jonów
- fizyka medyczna,
- fizyka oddziaływań elementarnych, astrofizyka i historia wczesnego wszechświata,
- fizyka plazmy
- energetyka,
- nauczanie i dydaktyka fizyki.

XL Zjazd Fizyków zaszczydzi swoją obecnością laureat Nagrody Nobla z fizyki z 1987 r. Georg J. Bednorz, który wygłosi referat pt. *High T_c superconductivity – a discovery and its impact*. Gościem honorowym będzie dr Avahd Saxena z Los Alamos National Laboratory. Jego wystąpienie jest zatytułowane: *Quantum perspectives*. Podczas sesji specjalistycznej z fizyki jądrowej prof. Chuang Tsang z Chińskiego Towarzystwa Fizycznego wygłosi referat: *Mega-Science Projects in China and their Purpose in Physics*.

Tradycyjnie podczas Zjazdów odbywa się wręczenie statutowych nagród PTF. W tym roku najwyższe odznaczenie PTF – Medal Mariana Smoluchowskiego – otrzyma dr Wojciech Żurek z Los Alamos National Laboratory. Będziemy mieli przyjemność wysłuchania jego wykładu pt. *Między światem klasycznym a kwantowym*. Nagrodę Naukową im. Wojciecha Rubinowicza przyznano prof. Jerzemu Jurkiewiczowi z Instytutu Fizyki UJ, który wygłosi wykład pt. *Kwantowa grawitacja*. Prof. Andrzej Sobolewski z Instytutu Fizyki PAN jest laureatem nagrody M. Smoluchowskiego – E. Warburga za rok 2008. Jego wykład nosi tytuł: *Fotofizyka wiązań wodorowych: od teorii do zastosowań*.

XL Zjazd Fizyków Polskich organizujemy w trudnym dla fizyki okresie. W ostatnich dziesięcioleciach daje się zauważyć zanik zainteresowania fizyką wśród młodzieży. W związku z ogólnoświatowym kryzysem finansowym, w decyzyjnych ośrodkach państwowych wyraźnie maleje zrozumienie potrzeby zwiększenia nakładów finansowych na naukę, w tym również na fizykę. Starzeją się istniejące zasoby aparaturowe. Nowoczesne badania wymagają ogromnych potencjałów finansowych i ludzkich. W wyniku wielkich wysiłków powstają bardzo ambitne projekty oraz nowe ośrodki badawcze.

Z niecierpliwością oczekujemy na uruchomienie akceleratora LHC i epokowe odkrycia, wręcz nową fizykę spoza modelu standardowego. W jakim kierunku rozwiną się dalsze badania będziecie Państwo mogli wywnioskować słuchając referatów zjazdowych.

W czasie Zjazdu zainteresowane grupy badawcze będą też dyskutować o Polskim Synchrotronie, którego uruchomienie przewiduje się w Krakowie w 2014 roku. Referat dr hab. Edwarda Görlicha, zatytułowany *Polski synchrotron – narzędzie fizyki dla nauk przyrodniczych i technicznych*, będzie dobrym wprowadzeniem do kularowych rozmów nt. otwierających się nowych możliwości badawczych w naszym kraju. Nie można nie wspomnieć o takich projektach jak: LAGUNA, ATOMIN czy Centrum Terapii Hadronowej. Akcentem podsumowującym będzie panel dyskusyjny zatytułowany *Quo vadis polska fizyka?* Prominentni polscy uczeni biorący udział w panelu spróbują wskazać przewidywane losy polskiej fizyki w oparciu o własne doświadczenia i obserwacje rozwoju fizyki światowej.

Wielką troską w przygotowaniu Zjazdu otoczyliśmy nauczycieli, uczniów i ludzi zajmujących się dydaktyką, o czym świadczy bogata, przeznaczona dla nich oferta programowa. Zorganizowaliśmy aż cztery sesje: w niedzielę 6. września obok wykładu prof. Władysława Błasiaka proponujemy warsztaty i pokazy e-learningu. Elektroniczne nauczanie stanowi ogromną szansę atrakcyjnego przekazywania zainteresowanej młodzieży wiedzy fizycznej wykraczającej poza ramy okrojonego programu szkolnego.

Ponadto przez kolejne trzy dni nauczyciele wraz z uczniami będą mogli brać udział w wykładach popularnonaukowych, pokazach doświadczalnych, prezentacjach symulacji komputerowych w czasie rzeczywistym. Zaplanowany jest też panel dyskusyjny pt. *O co chodzi w tej reformie?* Ciekawie zapowiada się też wykład publiczny prof. Jerzego W. Niewodniczańskiego zatytułowany: *Energetyka jądrowa w Polsce*, który dotyczy bardzo aktualnych spraw związanych z planowaną budową elektrowni jądrowej w Polsce.

Zjazd z założenia jest okazją do bliskich kontaktów intelektualnych i towarzyskich. Naukowe dyskusje będą nieco ubarwione atrakcjami kulturalnymi jak koncert Grzegorza Turnaua i Andrzeja Sikorowskiego, czy projekcja spektaklu plenerowego autorstwa dr. Jurka Grębosza (IFJ PAN) pt. *Duch Fizyki*, granego przez luminarzy bronowickiego Instytutu Fizyki Jądrowej PAN z okazji Nocy Naukowców we wrześniu 2008 r. Proponujemy również odwiedzenie licznych wystaw i muzeów lub po prostu zakosztowanie uroków wieczornych kafejek starego Krakowa.

We czwartek 10. września organizujemy wycieczkę do kopalni soli w Wieliczce, a wieczorem tegoż dnia czeka na Państwa uroczysty bankiet w Folwarku Zalesie. W dobie kryzysu udało nam się pozyskać nielicznych sponsorów. Strategicznymi sponsorami XL ZFP są: Uniwersytet Jagielloński, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz wydawnictwo ZamKor. Mimo niskiej opłaty konferencyjnej staraliśmy się zorganizować Zjazd o standardzie międzynarodowej konferencji.

Organizatorzy XL ZFP serdecznie witają wszystkich jego uczestników. Życzymy Państwu satysfakcji z dzielenia się swoimi osiągnięciami naukowymi i przemyśleniami, radości ze spotkań przyjacielskich i ciekawych dyskusji. Mamy nadzieję, że zachowacie Państwo miłe wspomnienia z XL (Jubileuszowego) Zjazdu Fizyków Polskich, a czar starego Krakowa przysłoni ewentualne niedociągnięcia organizacyjne, za które z góry przepraszamy.

Małgorzata Nowina Konopka
Sekretarz Komitetu Organizacyjnego
XL Zjazdu Fizyków Polskich

Stanisław Wróbel
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
XL Zjazdu Fizyków Polskich

Program Zjazdu

Spis treści

	Niedziela	1
S-0	FIZYKA W NAUCZANIU PRZEDMIOTÓW PRZYRODNICZYCH, W. Błasiak	3
	Poniedziałek	5
P	Sesje plenarne	
P-1	GRAWITACJA KWANTOWA, J. Jurkiewicz	7
P-2	PROJEKT NARODOWEGO CENTRUM RADIOTERAPII HADRONOWEJ, P. Olko	8
P-2	FOTOFIZYKA WIĄZAŃ WODOROWYCH: OD TEORII DO ZASTOSOWAŃ, A. L. Sobolewski	9
P-2	ENERGETYKA JĄDROWA – STAN OBECNY I PERSPEKTYWY, J. Niewodniczański	10
S-1.1	Fizyka ciała stałego	
S-1.1	POLSKI SYNCHROTRON – NARZĘDZIE FIZYKI DLA NAUK PRZYRODNICZYCH I TECHNICZNYCH, E. A. Görlich	12
S-1.1	MODULACJA STRUKTURY A SPRZĘŻENIE MAGNETOELEKTRYCZNE NA PRZYKŁADZIE $\text{CaCu}_x\text{Mn}_{7-x}\text{O}_{12}$, R. Przeniosło	13
S-1.1	NANOSTRUKTURY BAZUJĄCE NA ZWIĄZKACH PÓŁPRZEWODNIKOWYCH $\text{A}^{\text{II}}\text{-B}^{\text{VI}}$ DLA POTRZEB NANOELEKTRONIKI, BIOLOGII I MEDYCYNY PRZYSZŁOŚCI, T. Wojtowicz	14
S-1.1	SIECI OPTYCZNE, CZYLI MAŁE LABORATORIUM FIZYKI FAZY SKONDENSOWANEJ, M. M. Maśka	15
S-1.1	MOLEKULARNE NANOMAGNESY I MAGNETYCZNE MATERIAŁY FUNKCJONALNE, M. Bałanda	16
S-1.1	INTRYGUJĄCE WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNE NANOCZĄSTEK MANGANITÓW I KOBALTYTÓW, A. Wiśniewski, R. Puźniak, V. Markovich, I. Fita	17
S-1.3	Optyka, zimne atomy, fizyka atomowa i molekularna	
S-1.3	TECHNIKA LASEROWA W KONSERWACJI DZIEŁ SZTUKI, J. Marczak .	18
S-1.3	OPTYCZNE POMIARY PÓŁ MAGNETYCZNYCH, S. Pustelny	19
S-1.3	TECHNOLOGIA ŚWIATŁOWODÓW SPECJALNYCH ZE SZKŁA KWARCOWEGO, J. Wójcik	20
S-1.3	NIELINIOWY EFEKT FARADAYA W ZIMNYCH ATOMACH ^{85}Rb , A. Wojciechowski, E. Corsini, J. Zachorowski, W. Gawlik	21

S-1.3	PRODUCTION AND STUDY OF SPINOR CONDENSATES OF ^{87}Rb RELEASED FROM A MAGNETIC TRAP, J. Szczepkowski, R. Gartman, M. Piotrowski, Ł. Tracewski, M. Witkowski, M. Zawada, W. Gawlik.	22
S-1.4	Fizyka jądrowa, struktura hadronów, zderzenia ciężkich jonów	
S-1.4	MEGA-SCIENCE PROJECTS IN CHINA AND THEIR PURPOSE IN PHYSICS, Chuang Zhang.	23
S-1.4	LABORATORIUM FAIR – NOWE PERSPEKTYWY DLA BADAŃ JĄDROWYCH I ATOMOWYCH, P. Staszal	24
S-1.4	OD REAKCJI CIĘŻKOJONOWYCH DO GWIAZD NEUTRONOWYCH – FIZYKA HADRONÓW W MATERII JĄDROWEJ, P. Salabura	25
S-1.4	NADPRZEWODNICTWO KOLOROWE QCD – FIZYKA FAZY SKONDENSOWANEJ, M. Sadzikowski	26
S-1.5	Fizyka medyczna	
S-1.5	RÓŻNICA MIĘDZY ROZPOZNAWANIEM OBRAZÓW MEDYCZNYCH A NOWĄ TECHNIKĄ ICH AUTOMATYCZNEGO ROZUMIENIA, R. Tadeusiewicz, M. Ogiela	27
S-1.5	TRANSMISJA INFORMACJI W MÓZGU, K. J. Blinowska, M. Kamiński, R. Kuś	28
S-1.5	DŹWIĘKI UCHA – MODY REZONANSOWE W EMISJACH OTOAKUSTYCZNYCH, W. Jędrzejczak	29
S-1.5	CZASOWO-ROZDZIELCZE POMIARY OPTYCZNE W OCENIE UTLENOWANIA I UKRWIENIA MÓZGU, A. Liebert, M. Kacprzak, P. Sawosz, D. Milej, R. Maniewski	30
S-1.5	ZASTOSOWANIA JĄDROWEGO REZONANSU MAGNETYCZNEGO DO BADANIA ‘IN VIVO’ DYNAMIKI PROCESÓW FIZJOLOGICZNYCH, P. Bogorodzki	31
S-1.5	ASPEKTY FIZYCZNE I ROZWÓJ OBRAZOWANIA MAGNETYCZNO-REZONANSOWEGO, H. Figiel, T. Skórka	32
S-1.5	NURSE-ECG W DIAGNOSTYCE KARDIOLOGICZNEJ, R. Krzymiński	33
S-1.6	Fizyka oddziaływań elementarnych, astrofizyka, historia wczesnego wszechświata	
S-1.6	NAJNOWSZE WYNIKI POMIARU STRUMIENIA NEUTRIN SŁONECZNYCH W EKSPERYMENCIE BOREXINO, M. Wójcik	34
S-1.6	POSZUKIWANIE PODWÓJNEGO BEZNEUTRINOWEGO ROZPADU BETA ^{76}Ge W EKSPERYMENCIE GERDA, M. Wójcik	35
S-1.6	EKSPERYMENT T2K, D. Kielczewska	36
S-1.6	SUNLAB (SIEROSZOWICE UNDERGROUND LABORATORY), A. Zalewska	36
S-1.6	PERSPEKTYWY DETEKCJI NEUTRIN SKRAJNIE WYSOKICH ENERGII, D. Góra	37

S-1.6	EFEKT SHAPIRO DLA CZĄSTEK RELATYWISTYCZNYCH, M. Kutschera	38
S-1.7	Fizyka plazmy: diagnostyka i zastosowania	
S-1.7	PLAZMA NISKOTEMPERATUROWA – SPEKTROSKOPIA OPTYCZNA PLAZMY, J. Musielok.	39
S-1.7	DIAMENT JAKO DETEKTOR CZĄSTEK ALFA W EKSTREMALNYCH WARUNKACH SYNTEZY TERMOJĄDROWEJ W TOKAMAKACH JET I ITER, K. Drozdowicz, J. Dankowski, B. Gabańska, B. Marczevska, T. Nowak, U. Woźnicka.	41
S-1.7	POMIARY PARAMETRÓW STRUG PLAZMOWYCH, E. Pawelec, S. Mazouffre	42
S-1.7	METALICZNE WARSTWY NADPRZEWODZĄCE DLA AKCELERATORÓW LINIOWYCH, R. Nietubyć, M. J. Sadowski, J. Sekutowicz, P. Strzyżewski . .	43
S-1.7	LASERY I TECHNIKA LASEROWA W ANALIZIE I RESTAURACJI DZIEŁ SZTUKI, J. Marczak	44
S-1.7	BADANIA PLAZMY WYTWARZANEJ LASEREM ODDZIAŁYWUJĄCYM Z ELEMENTAMI WEWNĘTRZNYMI KOMORY TOKAMAKA, J. Wołowski, P. Gąsior, J. Hoffman, M. Kubkowska, Z. Szymański	45
S-1.7	MODELOWANIE METODĄ MONTE CARLO ROZPRASZANIA NEUTRONÓW PRĘDKICH, EMITOWANYCH PRZEZ ŹRÓDŁO TYPU PLASMA-FOCUS, NA OBIEKTACH ZAWIERAJĄCYCH MATERIAŁY WYBUCHOWE ORAZ POWSZECHNEGO UŻYTKU, K. Drozdowicz, U. Wiącek, B. Gabańska, R. Miklaszewski, V. Gribkov	46
S-1.7	SPEKTROSKOPIA OPTYCZNA IMPULSOWYCH STRUMIENI PLAZMY I ICH ODDZIAŁYWAŃ Z RÓŻNYMI TARCZAMI, E. Składnik-Sadowska, M. J. Sadowski, K. Malinowski, M. Scholz	47
S-1.7	ZASTOSOWANIE PLAZMY LASEROWEJ DO IMPLANTACJI JONÓW W CELU UZYSKIWANIA NOWOCZESNYCH MATERIAŁÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH, M. Rosinski, P. Parys, J. Wołowski.	48
S-1.7	FIZYCZNA CHARAKTERYSTYKA ZŁĄCZA PLAZMA-KATODA WYŁADOWANIA JARZENIOWEGO W GAZIE, Z. Wroński.	49
N-1	Sesja nauczycielsko/dydaktyczna	
N-1	DŹWIĘK CHAOSU, P. Pirański	50
S-1.9	Sesja nauczycielsko/dydaktyczna	
S-1.9	O PROJEKCIE FENIKS, A. Pędziwiatr	51
S-1.9	PREZENTACJA SYMULACJI FIZYKI W CZASIE RZECZYWISTYM NA PRZYKŁADZIE GIER KOMPUTEROWYCH, A TAKŻE O „EUROPEJSKIEJ AKADEMII GIER” – WSPÓLNEJ INICJATYWIE KRAKOWSKICH UCZELNI, P. Węgrzyn	52

P Sesje plenarne

P-3	UKŁADY NISKO-WYMIAROWE, J. Tworzydło	55
P-3	NANOTECHNOLOGIA NA POWIERZCHNIACH MATERIAŁÓW Z DUŻĄ PRZERWĄ ENERGETYCZNĄ, M. Szymoński	56
P-4	EFEKT GIGANTYCZNEGO MAGNETOOPORU I JEGO KONSEKWENCJE, J. Barnaś	57
P-4	GRANICE POZNANIA, K. Meissner	58

S-2.1 Fizyka ciała stałego

S-2.1	KWANTOWE ZJAWISKA KRYTYCZNE W FERROMAGNETYCZNYCH ZWIĄZKACH URANU, D. Kaczorowski	59
S-2.1	ZJAWISKA KRYTYCZNE W ZWIĄZKACH MIĘDZYMETALICZNYCH ZALEŻNE OD ROZMIARÓW NANOZIAREN, B. Idzikowski	60
S-2.1	MAGNETYCZNE UPORZĄDKOWANIE W ULTRACIENKICH WARSTWACH POJEDYNCZYCH ORAZ WIELOWARSTWACH, M. Tekielak	62
S-2.1	EFEKTY ROZMIAROWE W ULTRACIENKICH WARSTWACH Fe, R. Zdyb	63
S-2.1	FERROELEKTRYKI PO RAZ PIERWSZY, FERROELEKTRYKI PO RAZ DRUGI, FERROELEKTRYKI PO RAZ...?, K. Roleder	64
S-2.1	ORGANICZNE OGNIWA FOTOWOLTAICZNE, J. Sanetra	65

S-2.2 Fizyka miękkiej materii

S-2.2	PROCESY RELAKSACYJNE W MATERII MIĘKKIEJ, S. Jurga	66
S-2.2	SUPER-ARRHENIUSOWSKOŚĆ TEMPERATUROWEJ ZALEŻNOŚCI CZASÓW RELAKSACJI STRUKTURALNEJ W POLIMERACH I MAŁOCZĄSTECZKOWYCH CIECZACH TWORZĄCYCH FAZĘ SZKLISTĄ, M. Paluch	67
S-2.2	FAZY SZKLISTE Z UPORZĄDKOWANIEM DALEKIEGO-ZASIĘGU, M. Massalska-Arodź	68
S-2.2	DYNAMICZNA KONTROLA SEPARACJI ŁADUNKÓW ELEKTROSTATYCZNYCH W UKŁADACH MIĘKKIEJ MATERII, P. Garstecki	69
S-2.2	PRZESTRAJALNE ANIZOTROPOWE STRUKTURY CIEKŁOKRYSTALICZNE I MOŻLIWOŚCI ICH APLIKACYJNEGO WYKORZYSTANIA W SZEROKIM ZAKRESIE CZĘSTOTLIWOŚCI (VIS, IR, THZ, GHZ), J. Parka	70
S-2.2	ORGANIZACJA MOLEKULARNA TERMOTROPOWYCH CIEKŁYCH KRYSTAŁÓW W MONOWARSTWACH TWORZONYCH TECHNIKĄ LANGMUIRA-BLODGETT, D. Bauman	71

S-2.3	Optyka, zimne atomy, fizyka atomowa i molekularna	
S-2.3	INVESTIGATIONS OF OPTICAL INTERFEROMETRIC STRUCTURES APPLIED IN GAS SENSORS, T. Pustelny, E. Maciak, Z. Opilski, M. Urbanczyk, P. Struk	72
S-2.3	SOLITONY PRZESTRZENNE W NEMATYCZNYCH CIEKŁYCH KRYSTAŁACH, M. A. Karpierz, U. A. Laudyn, M. Kwaśny	73
S-2.3	OPTYCZNE ZEGARY ATOMOWE, C. Radzewicz	74
S-2.3	ROZPRASZANIE THOMSONA W TERMICZNEJ PLAZMIE ARGONOWEJ, K. Dzierżęga, W. Zawadzki, B. Pokrzywka, K. Musioł.	75
S-2.3	INDUKOWANE ŚWIATŁEM NIELINIOWE EFEKTY OPTYCZNE W MATERIAŁACH NISKOWYMIAROWYCH O RÓŻNYM STOPNIU UPORZĄDKOWANIA, K. Oźga, A. Ślęzak, I. Kityk	76
S-2.4	Fizyka jądrowa, struktura hadronów, zderzenia ciężkich jonów	
S-2.4	ZDERZENIA RELATYWISTYCZNYCH JONÓW – CHARAKTERYSTYKI GLOBALNE, H. Białkowska	78
S-2.4	ZDERZENIA RELATYWISTYCZNYCH JONÓW: KORELACJE I FLUKTUACJE, J. Pluta.	79
S-2.4	FIZYKA ZDERZEŃ RELATYWISTYCZNYCH JONÓW – KILKA PYTAŃ I MOŻLIWE ODPOWIEDZI, S. Mrówczyński	80
S-2.4	CHIRALNE KWARKI W PROCESACH WYSOKOENERGETYCZNYCH, W. Broniowski.	81
S-2.5	Fizyka medyczna	
S-2.5	AKCELERATORY DLA TERAPII HADRONOWEJ – CYKLOTRON CZY SYNCHROTRON, Z. Szeftliński	82
S-2.5	MODELOWANIE RADIOBIOLOGICZNE WIĄZEK HADRONOWYCH W RADIOTERAPII NOWOTWOROWEJ, M. Waligórski, M. Korcyl	83
S-2.5	LASEROWA GENERACJA STRUMIENI PRĘDKICH PROTONÓW I PERSPEKTYWA ICH ZASTOSOWANIA W RADIOTERAPII HADRONOWEJ, P. Rączka, J. Badziak, J. Wołowski.	84
S-2.5	RADIOTERAPIA PROTONOWA OKA NA CYKLOTRONIE AIC-144, J. Swakoń, D. Adameczyk, T. Cywicka-Jakiel, J. Dąbrowska, B. Dulny, L. Grzanka, T. Horwacik, B. Michalec, T. Nowak, M. Ptaszkiewicz, U. Sowa, L. Stolarczyk, M. Waligorski	85
S-2.5	DZIŚ I JUTRO POZYTONOWEJ TOMOGRAFII EMISYJNEJ, J. Braziewicz	86
S-2.5	NOWE DETEKTORY SCYNTYLACYJNE W MEDYCYNIE NUKLEARNEJ, M. Moszyński	87
S-2.5	DWUWYMIAROWA DOZYMETRIA TERMOLUMINESCENCYJNA W ZASTOSOWANIACH MEDYCZNYCH, M. Kłosowski i Ł. Czopyk	88

S-2.6	Fizyka oddziaływań elementarnych, astrofizyka, historia wczesnego wszechświata	
S-2.6	NEUTRINA, NOWOŚCI TEORII, M. Zrałek	89
S-2.6	EKSPERYMENTY DAMA, PAMELA II, M. Misiaszek	90
S-2.6	PROBLEM MAKSYMALNEJ MASY GWIAZD NEUTRONOWYCH, I. B. Bednarek	91
S-2.6	WIDMA NEUTRIN EMITOWANYCH PRZEZ ZAAWANSOWANE EWOLUCYJNIE GWIAZDY, A. Odrzywołek	92
S-2.6	OCENA MASY GALAKTYK SPIRALNYCH W SAMOUZGODNIONYM MODELU DYSKOWYM, J. Jałocha-Bratek.	93
S-2.7	Fizyka plazmy: Badania nad synteza jądrową	
S-2.7	LABORATORIUM „MEGAJOULOWY GENERATOR PLASMA-FOCUS PF-1000”, R. Miklaszewski.	94
S-2.7	DEDYKOWANE METODY NEUTRONOWE DO BADANIA PARAMETRÓW PLAZMY WYSOKOTEMPERATUROWEJ W STELLARATORZE WENDELSTEIN W-7X, K. Drozdowicz, A. Igielski, W. Janik, A. Kurowski, R. Prokopowicz, M. Scholz, G. Tracz, U. Woźnicka	95
S-2.7	BADANIA SZYBKICH ELEKTRONÓW W UKŁADACH TYPU TOKAMAK PRZY WYKORZYSTANIU EFEKTU CZERENKOWA, L. Jakubowski, M. J. Sadowski, K. Malinowski, M. Rabiński, J. Żebrowski, M. Jakubowski	96
S-2.7	METODA EFEKTYWNEGO NAPĘDZANIA MAKROZĄSTEK DO PRĘDKOŚCI POWYŻEJ 1×10^7 CM/S, S. Borodziuk, A. Kaspercuk, T. Pisarczyk, Chodukowski, J. Ullschmied, E. Krousky, K. Masek, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skala, and P. Pisarczyk	97
S-2.7	ANALIZA WPŁYWU WŁÓKIEN PRĄDOWYCH NA ROZKŁAD KĄTOWY SZYBKICH PROTONÓW EMITOWANYCH Z REAKCJI SYNTEZY JĄDROWEJ W UKŁADACH TYPU PF, W. Stępniewski, M. J. Sadowski, M. Scholz, K. Malinowski.	98
S-2.7	ZASTOSOWANIE DIELEKTRYCZNYCH JĄDROWYCH DETEKTORÓW ŚLADOWYCH (SSNTD) DO BADAŃ PRĘDKICH JONÓW EMITOWANYCH Z PLAZMY, A. Szydłowski, A. Malinowska, K. Malinowski, M. Rabiński i M. J. Sadowski	99
S-2.7	AKTYWACYJNE POMIARY NEUTRONÓW NA TOKAMAKU JET, R. Prokopowicz, M. Scholz, A. Szydłowski, S. Popovichev, S. Jednoróg, E. Kowalska-Strzęciwilk oraz współpracownicy EFDA-JET	100
S-2.7	SPEKTROSKOPIA MIĘKKIEGO PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO EMITOWANEGO Z PLAZMY WYSOKOTEMPERATUROWEJ, I. Książek.	101
S-2.7	METODOLOGIA POMIARÓW INTERFEROMETRYCZNYCH W ZASTOSOWANIU DO OKREŚLANIA KONCENTRACJI ELEKTRONOWEJ PLAZMY W URZĄDZENIU PLASMA-FOCUS PF-1000 , T. Pisarczyk, M. Paduch, A. Kaspercuk, T. Chodukowski, M. Scholz, E. Zielińska and P. Pisarczyk	102

S-2.7	LASEROWA GENERACJA STRUMIENI PRĘDKICH PROTONÓW I PERSPEKTYWA ICH ZASTOSOWANIA W RADIOTERAPII HADRONOWEJ, P. Rączka	103
S-2.8	Problemy energetyki w Polsce	
S-2.8	POSZANOWANIE ENERGII, A. Kreft	104
S-2.8	BEZEMISYJNA ENERGETYKA WĘGŁOWA, J. Górski	105
S-2.8	ENERGETYKA JĄDROWA DLA POLSKI, J. Niewodniczański	106
S-2.8	SYNERGIA JĄDROWO-WĘGŁOWA, S. Taczanowski.	107
S-2.8	ENERGETYKA WODOROWA, P. Tomczyk	108
S-2.8	ENERGETYKA WIATROWA W XXI WIEKU, B. Soliński	109
S-2.8	ENERGETYKA GEOTERMALNA, W. Górecki	110
N-2	Sesja nauczycielsko/dydaktyczna	
N-2	SYMETRIA MUZYKI, P. Zieliński	111
S-2.9	Sesja nauczycielsko/dydaktyczna	
S-2.9	FIZYKA NA SCENIE, W. Nawrocik	112
S-2.9	FIZYKA JĄDROWA W SŁUŻBIE MEDYCYNY, L. Dobrzyński	113
S-2.9	ŁAPKI GEKONA I FIZYKA, P. Pierański	114
S-2.9	POPULARYZACJA KOSMOLOGII WŚRÓD STUDENTÓW I UCZNIÓW, H. Drozdowski	115
S-2.9	POPULARYZACJA ASTROFIZYKI, J. Kreiner.	116
S-2.9	PROJEKT DLA NAUCZYCIELI „FUZJA W SZKOLE I SPOŁECZEŃSTWIE”, A. Gałkowski, H. Howaniec	117
S-2.9	POPULARYZOWANIE WIEDZY O PROJEKCIE LHC.	118
	Środa	119

P	Sesje plenarne	
P-5	HIGH TC SUPERCONDUCTIVITY – A DISCOVERY AND ITS IMPACT, J. G. Bednorz.	121
P-5	NADPRZEWODNICTWO W TEMPERATURZE POKOJOWEJ: MIT CZY REALNA PERSPEKTYWA, K. Rogacki.	122
P-6	MIĘDZY ŚWIATEM KLASYCZNYM A KWANTOWYM, W. H. Żurek . .	123
P-6	INFORMATYKA KWANTOWA, P. Horodecki	124
S-3.1	Fizyka ciała stałego	
S-3.1	SPLĄTANIE KWANTOWE W UKŁADACH SILNIE SKORELOWANYCH ELEKTRONÓW, A. M. Oleś	125

S-3.1	ELEKTRYCZNE STEROWANIE MAGNETYZMEM ROZCIEŃCZONYCH PÓLPRAZEWODNIKÓW FERROMAGNETYCZNYCH, M. Sawicki	126
S-3.1	POROZYMETRIA POZYTONOWA, T. Goworek	127
S-3.1	ELEKTRONOWE KUBITY SPINOWE W SPRZĘŻONYCH KROPKACH KWANTOWYCH, J. Adamowski	128
S-3.2	Fizyka miękkiej materii	
S-3.2	CISNIENIOWE BADANIA CIEKŁYCH KRYSZTAŁÓW, S. Urban.	129
S-3.2	BADANIA STRUKTURY CIECZY I CIAŁ AMORFICZNYCH – OBECNY STAN BADAŃ I PERSPEKTYWY ROZWOJU, H. Drozdowski, Z. Błaszczak,	130
S-3.2	SAMO-ORGANIZACJA W TRAKCIE DEPONOWANA WARSTW MIESZANIN POLIMERÓW FUNKCJONALNYCH I JEJ ZASTOSOWANIA W ELEKTRONICE I BIOTECHNOLOGII, J. Rysz, A. Bernasik, E. Moons, J. Jaczevska, A. Budkowski, J. Raczkowska, J. Haberk, W. Łużny, J. Zemła, M. Lekka, K. Awiuk	131
S-3.2	SEPARACJA FAZ W CIENKICH WIELOSKŁADNIKOWYCH WARSTWACH POLIMERÓW SPRZĘŻONYCH I JEJ WYKORZYSTANIE W PLASTIKOWEJ ELEKTRONICE, W. Łużny, A. Bernasik, J. Haberk, A. Budkowski, J. Raczkowska, J. Rysz	132
S-3.2	TERMICZNIE STYMULOWANA RELAKSACJA W UKŁADACH ZŁOŻONYCH, A. Mandowski.	133
S-3.2	NANOADHEZJA, A. Ptak	134
S-3.3	Optyka, zimne atomy, fizyka atomowa i molekularna	
S-3.3	OPTYCZNA DETEKCJA I SPEKTROSKOPIA POJEDYŃCZYCH CZĄSTECZEK, B. Kozankiewicz.	136
S-3.3	KSZTAŁTY LINII WIDMOWYCH W SPEKTROSKOPII STRAT WE WNĘCE, R. Ciuryło, D. Lisak, P. Masłowski, K. Bielska, A. Cygan, S. Wójtewicz, M. Piwiński, A. Urbanowicz, J. Domysławska, R. S. Trawiński, A. Bielski, J. Szudy	137
S-3.3	INTERPRETACJA WIDM MOLEKULARNYCH ($3^1\Pi_u, 4^1\Pi_u$) $\leftarrow X^1\Sigma_g^+$ CZĄSTECZKI Li_2 I ZABURZEŃ ELEKTROSTATYCZNYCH STANÓW $^1\Pi_u$, Z. Jędrzejewski-Szmek, A. Grochola, P. Kowalczyk, W. Jastrzębski	138
S-3.3	SPEKTROSKOPIA STRAT WE WNĘCE OPTYCZNEJ W ZASTOSOWANIU DO WYKRYWANIA MATERII ŚLADOWEJ, T. Stacewicz, J. Wójtas, Z. Bielecki, K. Holc, E. Bulska, A. Ruszczyńska, P. Perlin, S. Chudzyński. . .	139
S-3.4	Fizyka jądrowa, struktura hadronów, zderzenia ciężkich jonów	
S-3.4	EGZOTYCZNE KSZTAŁTY JĄDROWE W POMIARACH SPEKTROSKOPOWYCH, W. Męczyński.	140
S-3.4	DYNAMIKA ODDZIAŁYWANIA W UKŁADZIE KILKU NEUTRONÓW, S. Kistryn.	141

S-3.4	ROZPAD DWUPROTONOWY – PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ NA GRANICY ŚWIATA NUKLIDÓW, Z. Janas	142
S-3.4	PROCESY EKSKLUZYWNEJ PRODUKCJI MEZONÓW W OBSZARZE WYSOKICH ENERGII, A. Szczurek	143
S-3.6	Fizyka oddziaływań elementarnych, astrofizyka, historia wczesnego wszechświata	
S-3.6	LHC STATUS, MASZYNA I DETEKTORY, M. Turała	144
S-3.6	LHC – FIZYKA: PIERWSZY DZIEŃ, TYDZIEŃ, MIESIĄC!, B. Wosiek . .	145
S-3.6	WMAP, PLANCK, R. Juskiewicz	146
S-3.6	CIEMNA ENERGIA, E. Malec	147
S-3.6	FALE GRAWITACYJNE, VIRGO, LIGO, T. Bulik	148
S-3.6	AKRECJA GAZU NA CZARNĄ DZIURĘ, P. Mach	149
S-3.7	Fizyka plazmy: Fizyka plazmy w kosmosie oraz dyskusja panelowa	
S-3.7	POLSKIE BADANIA PLAZMY OKOŁOZIEMSKIEJ, Z. Kłos.	150
S-3.7	POPRZECZNY EFEKT DOPPLERA W TEORII KLASYCZNEJ, K. Turzyniecki	151
S-3.7	ODKRYWANIE KOŃCA WIDMA PROMIENIOWANIA KOSMICZNEGO W ASPEKCIE NIEFIZYCZNYM, T. Wibig	152
S-3.7	KWANTOWE POWSTANIE WSZECHŚWIATA, H. Drozdowski	153
S-3.7	PERSPEKTYWY SYNTEZY TERMOJĄDROWEJ Z MAGNETYCZNYM UTRZYMANIEM PLAZMY, A. Gałkowski	154
S-3.7	LASEROWA SYNTEZA TERMOJĄDROWA Z „SZYBKIM ZAPŁONEM”, J. Wołowski	155
S-3.7	FIZYKA I INŻYNIERIA PLAZMY W INSTYTUCIE PROBLEMÓW JĄDROWYCH, M. Rabiński	156
N-3	Sesja nauczycielsko/dydaktyczna	
N-3	DOKŁADNY POMIAR CZASU – ZEGARY ATOMOWE, J. Zachorowski .	157
N-3	ŁAMANIE PRAWA GRAWITACJI, B. Idzikowski	158

Czwartek	159
-----------------	------------

P	Sesje plenarne	
P-7	PROJEKT REAKTORA TERMOJĄDROWEGO ITER W CADARACHE, A. Gałkowski	161
P-7	PROMIENIOWANIE KOSMICZNE, H. Wilczyński	162

P Sesje plenarne

P-8	ULTRAZIMNA MATERIA, J. Zakrzewski	165
P-8	LHC – OKNO NA FIZYKĘ POZA MODELEM STANDARDOWYM, J. Królikowski	166

Sesja plakatowa**1. Fizyka ciała stałego**

1.01	WYKORZYSTANIE NANOSOND CIEPLNYCH DO POMIARU PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ W MIKRO- I NANOSTRUKTURACH, J. Bodzenta, J. Mazur, M. Lorenc	169
1.02	EKSPERYMENTALNE MOŻLIWOŚCI MIĘDZYNARODOWEGO INSTYTUTU PAN: MIĘDZYNARODOWE LABORATORIUM SILNYCH PÓŁ MAGNETYCZNYCH I NISKICH TEMPERATUR, J. Ćwik, D. Gajda, T. Palewski, J. Klamut, W. Niżankowski	170
1.03	BADANIE PRZEMIAN FAZOWYCH W $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, J. Hetmańczyk, A. Migdał-Mikuli, E. Mikuli	171
1.04	MAGNETYCZNE PRZEJŚCIA FAZOWE W ZWIĄZKACH RCu_2Ge_2 (R = Dy, Ho, Er, Tm) W ŚWIELE KOMPLEMENTARNYCH BADAŃ MAKROSKOPOWYCH, D. Kaczorowski, Ł. Gondek, B. Penc, A. Pikul, A. Szytuła	173
1.05	TWO-DIMENSIONAL SUPERLATTICE STRUCTURES FOR SOLAR CELL APPLICATIONS, M. Krawczyk, J. Kłos	174
1.06	EMISJA ELEKTRONÓW I JONÓW Z KRYSTAŁÓW TGS, B. Konieczna, K. Biedrzycki	175
1.07	ZASTOSOWANIE RÓWNAŃ RÓŻNICZKOWYCH Z POCHODNYMI UŁAMKOWYMI DO OPISU SUBDYFUZJI, T. Kosztolowicz	176
1.08	SIZE EFFECT IN DOPED TiO_2 NANOPOWDERS, M. Radecka, B. Łysoń, A. Czapla, M. Lubecka, K. Zakrzewska	177
1.09	POLE KRYSTALICZNE I ORBITALNY MAGNETYZM JAKO POLSKI WKŁAD DO ŚWIATOWEJ FIZYKI – KWANTOWA ATOMISTYCZNA TEORIA CIAŁA STAŁEGO MAGNETYCZNE PRZEJŚCIA FAZOWE OPISYWANE W SKALI ATOMOWEJ (NiO , UPd_2Al_3 , ErNi_5), R. J. Radwański i Z. Ropka	178
1.10	ZASTOSOWANIE WYSOKO-DOZOWEJ I WYSOKO-ENERGETYCZNEJ IMPLANTACJI CIĘŻKIMI JONAMI W TECHNOLOGII METALICZNYCH SENSORÓW WYSOKICH CIŚNIEŃ, R. Wiśniewski, T. Wilczyńska, A. Didyk, V. Semina	179
1.11	KOMPLEKSOWE BADANIA PRZEWODNIKÓW SUPERJONOWYCH OTRZYMYWANYCH W SKUTEK PROCESU SZYBKIEGO CHŁODZENIA, Z. Wiśniewski, R. Wiśniewski, D. Zasada, R. Dzikusko	180

1.12	CHARGE AND SPIN STATES OF Mn AND Co IN $\text{LaMn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ BY X-RAY SPECTROSCOPIES, M. Sikora, Cz. Kapusta, K. Knizek, Z. Jirak, P. Glatzel .	181
------	--	-----

2. Fizyka miękkiej materii

2.01	BADANIA MIESZANIN FERROELEKTRYKÓW CIEKŁOKRYSTALICZNYCH Z INDUKOWANĄ FAZĄ ANTYFERROELEKTRYCZNĄ, J. Czerwiec, M. Marzec, A. Mikułko, S. Wróbel, R. Dąbrowski, M. Tykarska, K. Skrzypek	182
2.02	MOLECULAR CORRELATIONS IN 1,3,5 - TRIMETHYLBENZENE $\text{C}_6\text{H}_3 - (\text{CH}_3)_3$ AT 293 K, H. Drozdowski, Z. Błaszczak, T. Hałas	183
2.03	X-RAY DIFFRACTION STUDIES OF LIQUID CYCLOHEXANE DERIVATIVES, H. Drozdowski, Z. Błaszczak, K. Nowakowski	185
2.04	X-RAY SCATTERING IN LIQUID ORTHO-, META- AND PARA- CHLOROANISOLE AT 293 K, H. Drozdowski, A. Romaniuk	187
2.05	WIDMA DIELEKTRYCZNE ANTYFERROELEKTRYCZNEJ FAZY B_2 , M. Wierzejska-Adamowicz, D. M. Ossowska-Chruściel, M. Marzec, A. Mikułko, S. Wróbel, J. Chruściel, R. Douali and Ch. Legrand	189
2.06	TOPNIENIE BROMOBENZENU W NANORURKACH WĘGLOWYCH, M. Jażdżewska, G. Dudziak, M. Śliwińska-Bartkowiak	190
2.07	TERMODYNAMICZNE I MODELOWE BADANIA NOWYCH AMFIFILOWYCH „DWUGŁOWYCH” ZWIĄZKÓW CUKROWYCH, P. Misiak, B. Różycka-Roszak, H. Pruchnik, A. Mozrzyk	191
2.08	WPLYW IMPLANTACJI JONOWEJ NA WŁASNOŚCI MEMBRAN POLIMEROWYCH, M. Drabik, K. Dworecki, J. Pilarski, S. Wąsik, J. Żuk .	192
2.09	PERKOLACJA W UKŁADACH POLIMEROWYCH – SYMULACJA MONTE CARLO, P. Adamczyk, P. Polanowski, A. Sikorski	193

3. Optyka, zimne atomy, fizyka atomowa i molekularna

3.01	ZASTOSOWANIE KAMERY TERMALNEJ DO BADANIA ROZKŁADU TEMPERATUR W LASERZE PÓŁPRZEWODNIKOWYM, M. Bednarek, J. Rybiński, P. Wiśniewski, T. Świetlik	194
3.02	SPOWALNIACZ ZEEMANOWSKI DLA ATOMÓW STRONTU, M. Bober, J. Zachorowski, W. Gawlik	195
3.03	ŁADOWANIE ATOMÓW ^{87}Rb I DIAGNOSTYKA OPTYCZNYCH PUŁAPEK DIPOLOWYCH Z LASERAMI Ti:S , Nd:YAG ORAZ CO_2 , K. Brzozowski, L. Krzemień, A. Szczepkiewicz, A. Wojciechowski, J. Zachorowski i W. Gawlik	196
3.04	SPEKTROSKOPIA JONIZACYJNA I TRÓJPOZIOMOWE EFEKTY KOHERENCYJNE W ZIMNYCH ATOMACH RUBIDU, K. Brzozowski, K. Baster, L. Krzemień, A. Wojciechowski, J. Zachorowski i W. Gawlik . . .	198
3.05	MIRLAS – LASERY CIAŁA STAŁEGO GENERUJĄCE W OBSZARZE BLISKIEJ I ŚREDNIEJ PODCZERWIENI, J. K. Jabczyński, K. Kopczyński, J. Kwiatkowski, W. Żendzian	199

3.06	BADANIE AEROZOLU ZA POMOCĄ LIDARU WIELOCZĘSTOŚCIOWEGO, A. K. Jagodnicka, M. Posyniak, T. Stacewicz, S. Malinowski	204
3.07	TRANSFER ELEKTRONOWEJ ENERGII WZBUDZENIA W OBECNOŚCI ZJAWISKA SPCE, D. Jankowski, P. Kwiek P. Bojarski	205
3.08	SPECTRUM, STRUCTURE AND PERTURBATIONS OF THE $A^1\Pi$ STATE FROM ANALYSIS OF THE $A^1\Pi \rightarrow X^1\Sigma^+$ SYSTEM IN $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ ISOTOPIC MOLECULE, R. Kępa, M. Ostrowska-Kopeć and I. Piotrowska	206
3.09	HIGH RESOLUTION STUDIES OF THE FOURTH – POSITIVE ($A^1\Pi \rightarrow X^1\Sigma^+$) EXCITED BANDS IN $^{14}\text{C}^{16}\text{O}$, R. Kępa and M. Ostrowska-Kopeć	207
3.10	ROZPRASZANIE ELEKTRONÓW NA DROBINACH IZOMERYCZNYCH JAKO TEST MODELU IAM – INDEPENDENT ATOM METHOD, S. Kwitniewski	208
3.11	ELEGANT HERMITE AND LAGUERRE GAUSSIAN BEAMS AT A DIELECTRIC INTERFACE, W. Nasalski	210
3.12	WIELOCZĘSTOTLIWOŚCIOWY LIDAR MIKROIMPULSOWY DO BADANIA AEROZOLI ATMOSFERYCZNYCH, M. Posyniak, T. Stacewicz, M. Miernecki, A. K. Jagodnicka, S. P. Malinowski	211
3.13	AGREGACJA, TRANSPORT I PUŁAPKOWANIE ELEKTRONOWEJ ENERGII WZBUDZENIA W MATRYCACH ŻELOWYCH, S. Rangelowa-Jankowska, B. Grobelna, P. Bojarski.	212
3.14	WPLYW TEMPERATURY NA PROCESY BEZPROMIENISTEGO TRANSPORTU ELEKTRONOWEJ ENERGII WZBUDZENIA W UKŁADACH DONOR-AKCEPTOR MONITOROWANYCH CZASOWO-ROZDZIELCZYMI TECHNIKAMI SPEKTROSKOPOWYMI, S. Rangelowa-Jankowska, P. Bojarski	213
3.15	STUDIES OF THE NONLINEAR FARADAY EFFECT IN A FABRY-PEROT OPTICAL CAVITY, K. Sycz, W. Gawlik	214
3.16	PRODUCTION AND STUDY OF SPINOR CONDENSATES OF ^{87}Rb RELEASED FROM A MAGNETIC TRAP, J. Szczepkowski, R. Gartman, M. Piotrowski, Ł. Tracewski, M. Witkowski, M. Zawada, W. Gawlik	215
3.17	ANOMALOUS INHOMOGENEOUS BROADENING AND KINETICS PROPERTIES OF DMABN, V. I. Tomin, M. Brozis, K. Hubisz.	216
3.18	PHOTOREACTIONS STUDY IN THE EXCITED ELECTRONIC STATES BY FLUORESCENCE METHODS, V. I. Tomin, R. Jaworski	217
3.19	PHOTONIC CRYSTAL FIBERS APPLICABLE AS A GAS CELLS FOR ATOMIC PHYSICS, B. Wajnchold, K. Sycz, S. Pustelny, M. Makara, J. Wójcik, W. Gawlik	218
3.20	SPEKTROELIPSOMETRIA – NOWOCZESNA TECHNIKA BADANIA WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNYCH I MIKROSTRUKTURY UKŁADÓW ZŁOŻONYCH, A. A. Wronkowska, A. Wronkowski, Ł. Skowroński	219
3.21	HIGH LEVEL AB INITIO AND DFT CALCULATIONS OF DISSOCIATION ENERGIES OF SMALL PROTONATED WATER CLUSTERS, T. Wróblewski, K. Hubisz, J. Antonowicz	221

3.22	POMPOWANIE OPTYCZNE ^3He Z WYMIANĄ METASTABILNOŚCI W ZWIĘKSZONYM CIŚNIENIU W POLU MAGNETYCZNYM 4,7 T, A. Nikiel, G. Collier, B. Głowacz, T. Pałasz, Z. Olejniczak, W. Węglarz, G. Tastevin, P-J. Nacher, T. Dohnalik	222
3.23	ZIMNE ATOMY PRZY POWIERZCHNIACH, J. Fiutowski, D. Bartoszek, T. Kawalec, T. Dohnalik	223
4.	Fizyka jądrowa, struktura hadronów, zderzenia ciężkich jonów	
4.01	PRZEJŚCIA ROTACYJNE W MOLEKULE MIONOWEJ DEUTERU I HELU, W. Czaplński, W. Kamiński, N. Popov	224
5.	Fizyka medyczna	
5.01	ŻELAZO PRZYCZYNĄ CHOROBY PARKINSONA – MIT CZY UDOWODNIONA HIPOTEZA, J. Gałązka-Friedman	225
5.02	BADANIE ŚREDNIEJ LICZBY ERYTROCYTÓW W RULONACH W FUNKCJI HEMATOKRYTU, A. A. Szolna, B. Grzegorzewski	227
5.03	INTEGRAL GEOMETRY ANALYSIS OF FLUORESCENCE MICROGRAPHS TO COMPARE QUANTITATIVELY PROTEIN ADSORPTION ONTO POLYMER SURFACES, A. Budkowski, J. Zemła, M. Lekka, J. Wiltowska-Zuber, J. Rysz, J. Raczkowska	228
5.04	ADSORPCJA BIAŁEK DO POWIERZCHNI I WZORÓW POLIMEROWYCH, J. Zemła, A. Budkowski, J. Raczkowska, M. Lekka	229
7.	Fizyka plazmy	
7.01	ANALIZA MASOWA I ENERGETYCZNA JONÓW Z GORĄCEJ PLAZMY ZA POMOCĄ SPEKTROMETRU TYPU THOMSONA, M. J. Sadowski, K. Czaus, K. Malinowski, E. Składnik-Sadowska, J. Żebrowski	230
9.	Sesja nauczycielsko/dydaktyczna	
9.01	MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ZASOBÓW INTERNETOWYCH W PROCESIE NAUCZANIA-UCZENIA SIĘ FIZYKI, S. Bednarek	232
9.02	PRACOWNIA JĄDROWA W INSTYTUCIE FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ UNIwersytetu Wrocławskiego, B. Konieczna, J. Chojcan, A. Ostrasz	233
9.03	SPOŁECZEŃSTWO ANALFABETÓW FIZYCZNYCH. O PSYCHOSPOŁECZNYCH ASPEKTACH OBNIŻANIA PRESTIŻU FIZYKI I FIZYKÓW, E. Pietras, E. Rydygier	234
9.04	BADANIA ROZUMIENIA I UMIEJĘTNOŚCI STOSOWANIA ZASAD ZACHOWANIA PĘDU I ENERGII PRZEZ STUDENTÓW FIZYKI, A. Wiśniewski	235
9.05	„CZEGO JAŚ SIĘ NIE NAUCZY...” – MOŻLIWOŚCI INTELEKTUALNE DZIECKA W MŁODSZYM WIEKU SZKOLNYM., V. Domańska, M. Rut-Marcinkowska.	236

9.06	SZKOLNE KONKURSY FIZYCZNE W II LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCYM WE WŁODAWIE, M. Trociuk	237
9.07	ZESTAW ZAAWANSOWANYCH DOŚWIADCZEŃ FIZYCZNYCH WSPOMAGAJĄCYCH NAUCZANIE O ZJAWISKU NADPRZEWODNICTWA WYKONANY W RAMACH PROJEKTU MOSEM, T. Greczyło	238
9.08	ŚRODKI DYDAKTYCZNE I FIZYKA OKIEM UCZNIA, A. Ptok.	239
9.09	DOKĄD ZMIERZASZ MATURO? TRAFNOŚĆ I RZETELNOŚĆ EGZAMINU MATURALNEGO Z FIZYKI I ASTRONOMII, Z. Mazur.	240
9.10	EDUKACJA FIZYKI – METODY I EFEKTYWNOŚĆ, A. Ptok	241
9.11	ELEKTROSTATYKA UKŁADU NAŁADOWANYCH CIAŁ I JEJ NAUCZANIE, Z. Wroński	242
9.12	METODY ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ DOŚWIADCZALNYCH, H. Pięta	243
9.13	NA KTÓRYM ETAPIE SYSTEMU EDUKACJI ZACZYNAMY KSZTAŁCIĆ UMYSŁ FIZYKA?, A. Wojtyna-Jodko	244
9.14	ROLA EKSPERYMENTÓW FIZYCZNYCH W PRZEWYCIĘŻANIU TRUDNOŚCI W UCZENIU SIĘ UCZNIÓW SZKOŁY PODSTAWOWEJ, A. Wojtyna-Jodko	245
9.15	ZANURZENI W PROMIENIOWANIU OPIS SCENARIUSZA ZGŁOSZONEGO NA KONKURS: „FIZYKA WSPÓŁCZESNA BLISKO NAS”, D. Biczewska	246
9.16	„PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ – DOBRODZIEJSTWO CZY PRZEKLEŃSTWO” KRÓTKI OPIS ZGŁOSZENIA DO KONKURSU: „FIZYKA WSPÓŁCZESNA BLISKO NAS”, D. Biczewska	247

Niedziela

FIZYKA W NAUCZANIU PRZEDMIOTÓW PRZYRODNICZYCH

Władysław Błasiak

Uniwersytet Pedagogiczny

W czasie ostatnich lat pozycja szkolnej fizyki w Polsce obniżyła się bardzo istotnie. Redukcji liczby godzin nauczania tego przedmiotu przekroczyła dopuszczalne granice. Istotną część odpowiedzialności za tę sytuację ponosi środowisko fizyków polskich* i na nim ciąży obowiązek podejmowania zdecydowanych działań prowadzących do odbudowania pozycji szkolnego nauczania fizyki.

Autor skoncentruje się na próbie odpowiedzi na następujące pytania:

W jaki sposób włączyć elementy fizyki do nauczania przyrody (na poziomie szkoły podstawowej oraz liceum ogólnokształcącego), aby nie był to czas stracony? Omówione zostaną wady oraz zalety zintegrowanego nauczania przyrody.

W dzisiejszej rzeczywistości (niewielka liczba godzin w programach szkolnych) należy skoncentrować się w nauczaniu fizyki na sprawach fundamentalnych. Jakie elementy fizyki należy uznać na kluczowe? Czy uczymy rozumienia fizyki? Co to znaczy rozumieć fizykę? W tej części zostaną podane liczne przykłady ze szkolnej praktyki oraz przedstawione będą wyniki sondaży ilustrujące poglądy przyszłych nauczycieli (nie tylko fizyki) na temat najważniejszych osiągnięć ludzkości w zakresie nauk przyrodniczych oraz najważniejszych eksperymentów przyrodniczych.

Dlaczego młodzi ludzie nie chcą studiować fizyki? Co zrobić, aby zwiększyć zainteresowanie uczniów tym przedmiotem?

Autor przedłoży kilka propozycji poprawy sytuacji w zakresie nauczania fizyki. Jedną z nich będzie projekt uruchomienia kierunków zamawianych dla specjalności nauczycielskich na studiach wyższych w zakresie matematyki oraz fizyki.

* Błasiak W., O odpowiedzialności polskich fizyków za katastrofalny stan nauczania fizyki, Materiały XXX Zjazdu Fizyków Polskich, Katowice 1997.

Poniedziałek

GRAWITACJA KWANTOWA

Jerzy Jurkiewicz

*Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. ul. Reymonta 4, 30-059 Kraków
e-mail: jjurkiew@th.if.uj.edu.pl*

Kwantowanie grawitacji od wielu lat jest wyzwaniem stojącym przed fizyką teoretyczną. Kwantowa grawitacja odgrywała podstawową rolę w najwcześniejszych etapach ewolucji Wszechświata, gdy jego rozmiary były rzędu skali Plancka, a gęstość energii była ogromna. Relacja między kwantowym i klasycznym sformułowaniem teorii wymaga zdefiniowania

kwantowych amplitud przejścia między stanami fizycznymi oraz zrozumienia mechanizmu, który z kwantowych fluktuacji geometrii stworzył znany nam Wszechświat, opisany Ogólną Teorią Względności. W wykładzie wyjaśniona będzie idea oparcia kwantowania na pojęciu całek po trajektoriach, a zastosowana metoda wykorzystuje regularyzację geometrii czasoprzestrzeni poprzez zbudowanie jej z podstawowych elementów – sympleksów. Aby taka teoria odtworzyła semiklasyczne rozwiązanie de Sittera niezbędne okazało się uwzględnienie warunku kauzalności. Nasze sformułowanie stanowi punkt wyjścia dalszych badań, pozwalających badać wiele zagadkowych własności kwantowej teorii grawitacji. Podstawowym narzędziem badań są obliczenia numeryczne.

PROJEKT NARODOWEGO CENTRUM RADIOTERAPII HADRONOWEJ

Paweł Olko

Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Radzikowskiego 152, PL 31-342 Kraków

We wrześniu 2006 roku podpisano porozumienie w sprawie utworzenia konsorcjum Narodowego Centrum Radioterapii Hadronowej (NCRH). Członkami konsorcjum, koordynowanego przez Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie (IFJ PAN), jest 12 znaczących polskich instytucji naukowych i medycznych. Konsorcjum przewiduje dwuetapową strategię rozwoju.

W pierwszej fazie zakłada się instalację w Krakowie 230–250 MeV akceleratora protonowego z poziomą wiązką oraz stanowiskiem radioterapeutycznym z obracającym ramieniem. Projekt NCRH – Centrum Cyklotronowe Bronowice znalazł się na liści projektów kluczowych i został ostatecznie zatwierdzony do realizacji w kwietniu 2009 roku z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (POIG) Działanie 2.1. Przetarg na dostawę pod klucz cyklotronu wraz z halą eksperymetalną i halą terapii oka ogłoszono w lipcu 2009 roku z terminem zakończenia prac do roku 2013. Program naukowy NCRH-CCB obejmuje zagadnienia związane z fizyką jądrową, fizyką medyczną, radiobiologią i dozymetrią. Jednocześnie do POIG zgłoszone zostało wystąpienie o finansowanie budowy stanowiska z obracającym ramieniem (tzw. gantry), które umożliwi napromienienie pacjentów z dowolnego kierunku przy pomocy skanującej wiązki protonów. Stanowisku gantry towarzyszyć będzie budynek medyczny, który umożliwi obsługę pacjentów i ich właściwe pozycjonowanie. W projekcie uczestniczą Klinika Okulistyki i Onkologii Okulistycznej CM UJ, Uniwersytecki Szpital Dziecięcy CM UJ oraz Centrum Onkologii Oddział Kraków.

W drugiej fazie projektu planowana jest budowa dedykowanego ośrodka klinicznego z wiązkami protonową i wiązką jonów węgla C-12, uzyskanych z synchrotronu. Przewiduje się budowę 2-3 stanowisk typu gantry dla wiązek protonowych oraz stanowiska horyzontalnego z wiązką skanującą dla wiązki C-12. Ośrodek, zlokalizowany na terenie Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, przyjmie około 1500 pacjentów rocznie.

FOTOFIZYKA WIĄZAŃ WODOROWYCH: OD TEORII DO ZASTOSOWAŃ

Andrzej L. Sobolewski

*Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk,
Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, sobola@ifpan.edu.pl*

Wiązania wodorowe są powszechne w otaczającej nas przyrodzie i stanowią istotny składnik funkcjonowania materii żywej. Odpowiedzialne są m.in. za rozpoznanie molekularne w DNA i w znacznym stopniu determinują tzw. strukturę drugorzędową białek. O ile struktura i funkcjonowanie wiązań wodorowych w elektronowym stanie podstawowym jest badana od lat i jest dość dobrze rozumiana, to nasza wiedza dotycząca własności wiązań wodorowych w stanach elektronowowzbudzonych i ich roli w procesach fotochemicznych jest ograniczona.

W serii naszych ostatnich prac, których wyniki zostały podsumowane w artykule przeglądowym [1], wykazaliśmy, że kanał dezaktywacji bezpromienistej wzbudzenia elektronowego związany z obecnością tzw. przecięć stożkowych pomiędzy powierzchniami energii potencjalnej stanów elektronowowzbudzonych i stanem podstawowym dla reakcji przeniesienia protonu wzdłuż wewnątrz- bądź między- cząsteczkowego wiązania wodorowego może stanowić efektywny mechanizm dla wyjaśnienia funkcjonalności organicznych fotostabilizatorów [2] oraz fotostabilności materii biologicznej takiej jak DNA [3] i białka [4].

W prezentacji zostaną omówione możliwości potencjalnych zastosowań omawianych zjawisk. Tak więc mechanistyczne aspekty procesu ESIPT (ang. *Excited-State Intramolecular Proton-Transfer*) [2] mogą być wykorzystane przy konstruowaniu optycznie sterowanych przełączników molekularnych [5], natomiast elektronowo indukowane przeniesienie protonu (ang. *Electron-Driven Proton Transfer* – EDPT) wzdłuż międzycząsteczkowych wiązań wodorowych może stanowić podstawę dla zaprojektowania układów molekularnych do fotolizy wody za pomocą światła słonecznego [6].

- [1] A.L. Sobolewski, W. Domcke, J. Chem. Phys. A **111**, 11725 (2007)
- [2] A.L. Sobolewski, W. Domcke, C. Hättig, J. Phys. Chem. A **110**, 6301 (2006)
- [3] A.L. Sobolewski, W. Domcke, C. Hättig, Proc. Nat. Acad. Sci. **102**, 17903 (2005)
- [4] A.L. Sobolewski, W. Domcke, ChemPhysChem **7**, 561 (2006)
- [5] A.L. Sobolewski, Phys. Chem. Chem. Phys. **10** (2008) 1243
- [6] A.L. Sobolewski, W. Domcke, J. Phys. Chem. A, **112** (2008) 7311

ENERGETYKA JĄDROWA – STAN OBECNY I PERSPEKTYWY

Jerzy Niewodniczański

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Elektrownie jądrowe świata można z grubsza podzielić na trzy grupy: połowa z nich (dokładnie – 197) pracuje w Europie, jedna czwarta – w Ameryce Północnej i pozostała jedna czwarta – na Dalekim Wschodzie i w Azji Południowej. Obecnie eksploatowanych jest w świecie 436 jądrowych reaktorów energetycznych o łącznej mocy ponad 370 GWe, co stanowi ok. 15% ogólnej mocy wszystkich elektrowni świata (w 16 krajach udział ten przekracza 25%). W krajach Unii Europejskiej 145 reaktorów dostarczyło w 2008 roku ponad 30% energii elektrycznej, przy czym pod względem udziału energetyki jądrowej w ogólnym bilansie elektroenergetyki przodują Francja (76,2%, 59 reaktorów), Litwa (73%, 1 reaktor), Słowacja (56,4%, 5 reaktorów) i Belgia (53,8%, 7 reaktorów). Równie istotny udział w bilansie energetycznym ma energetyka jądrowa w niektórych pozostałych poza wymienionymi krajach naszego regionu (Rosja 17%, 31 reaktorów, Ukraina 47,4% – 15 reaktorów, Czechy 32,5% – 6 reaktorów i Węgry 37,2% – 4 reaktory). W Ameryce Północnej pracują 124 reaktory (w Stanach Zjednoczonych 104), na Dalekim Wschodzie i w Azji Południowej 109, w tym w Republice Korei 20 reaktorów i w Japonii 53 reaktory).

Kryzys energetyczny świata na początku lat 70. ubiegłego wieku był czynnikiem stymulującym rozwój energetyki jądrowej, natomiast katastrofa czarnobylska spowodowała zahamowanie tego rozwoju. Awaria w Czarnobylu była impulsem do stworzenia nowych mechanizmów prawa międzynarodowego, do unowocześnienia prawa i struktur dozorowych krajowych, wreszcie – do rewizji rozwiązań technologicznych stosowanych w już eksploatowanych, jak i w budowanych czy projektowanych elektrowniach jądrowych. W rezultacie po 1986 roku nastąpił prawie 10-letni okres przerwy w zakresie nowych inwestycji.

W ostatnich latach obserwuje się w świecie „renesans” energetyki jądrowej. Państwa, które wprowadziły moratorium na te technologie, wycofały się z takiego stanowiska (Szwecja, Szwajcaria), podobne dyskusje prowadzone są w Niemczech, Holandii i w Hiszpanii. We Włoszech coraz głośniej mówi się o wznowieniu programu energetyki jądrowej. Dążenie do większej dywersyfikacji nośników energii i konieczność obniżenia emisji gazów cieplarnianych spowodowały podjęcie budowy nowych bloków w Olikluoto w Finlandii, we Flamanville we Francji i nowej elektrowni jądrowej w Bełme w Bułgarii, budowa kolejnych nowych bloków jądrowych jest planowana na Słowacji (Mochowce 3 i 4, Bohunice), w Czechach (Temelin 3 i 4), na Węgrzech (Paks 5 i 6), w Rumunii (Cernawoda 3 i 4), i na Litwie (Visaginas, jako wspólna inwestycja państw bałtyckich). Ambitny plan rozbudowy energetyki jądrowej w Federacji Rosyjskiej (aktualnie budowanych jest tu 8 nowych bloków) obejmuje między innymi budowę dwóch bloków jądrowych w Okręgu Królewieckim. O budowie pierwszej elektrowni jądrowej postanowiono ostatnio na Białorusi, podobne plany ma Turcja i Grecja, a poza Europą – Indonezja, Wietnam, Malezja, Iran, Syria, Izrael, kraje Zatoki Perskiej, Egipt, Maroko, Tunezja i Nigeria; niektóre z planowanych obiektów mają służyć również produkcji wody pitnej drogą odsalania wody morskiej. W różnych stadiach budowy znajduje się obecnie 45 reaktorów (o mocy 40 tys. MWe), przede wszystkim w krajach Dalekiego Wschodu, gdzie od początku 2007 roku oddano 15 nowych bloków. „Renesans” energetyki jądrowej, to również powszechne obecnie przedłużanie czasu eksploatacji (do 50 i 60 lat) czynnych już elektrowni.

Polska jest otoczona państwami eksploatującymi elektrownie jądrowe; w pasie wokół granic Polski o szerokości 310 km, a więc równej odległości od centrum kraju do jego granic, pracuje 26 wielkich bloków jądrowych, o łącznej mocy prawie 18 tysięcy MWe. Najbliższe

elektrownie są odległe od granicy polskiej o mniej niż 150 km. Polska budowała już elektrownię jądrową – w 1984 roku rozpoczęto budowę dwóch bloków o mocy 440 MWe każdy w Żarnowcu. 3 września 1990 roku Rada Ministrów postanowiła przerwać program energetyki jądrowej w Polsce. Uchwała rządu RP z 13 stycznia 2009 roku stwierdza konieczność powrotu do programu energetyki jądrowej w Polsce, ostatnio w Ministerstwie Gospodarki powołano urząd Pełnomocnika ds. Polskiej Energetyki Jądrowej.

W wystąpieniu zostaną omówione korzyści, jakie może dać Polsce budowa elektrowni jądrowych, jak również warunki podjęcia tego programu, przede wszystkim w zakresie przygotowania kadr i strategii postępowania z wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi.

POLSKI SYNCHROTRON – NARZĘDZIE FIZYKI DLA NAUK PRZYRODNICZYCH I TECHNICZNYCH

Edward A. Görlich

Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński

Zrozumienie zjawisk będących przedmiotem nauk takich jak fizyka materii skondensowanej, chemia, materiałoznawstwo, czy też biologia, biochemia i farmakologia, wymaga obecnie opisu na poziomie atomowym i molekularnym. A to oznacza konieczność użycia zaawansowanych fizycznych metod badań oddziaływania z materią różnych ‘próbników’, wśród których bez wątpienia najszerszy zakres zastosowań dotyczy fotonów. Stąd też zasadnicze znaczenie synchrotronów – źródeł promieniowania elektromagnetycznego o nadzwyczajnych własnościach, specjalnie w tym celu budowanych w ostatnim trzydziestolecu we wszystkich dużych krajach o liczącym się potencjale naukowym i technicznym.

Dzięki desygnowaniu środków finansowych z puli europejskich funduszy strukturalnych i podpisaniu umowy wstępnej pomiędzy Uniwersytetem Jagiellońskim a Ministerstwem Nauki i Szkolnictwa Wyższego jest szansa uruchomienia w Polsce przed końcem roku 2014 interdyscyplinarnego ośrodka badawczego dysponującego takim dużym urządzeniem. Pierścień akumulujący o obwodzie około 95 m magazynujący elektrony o energii w zakresie od 0.7 do 1.5 GeV pozwoli uzyskać, dzięki magnesom odchylającym i tzw. *insertion devices* (ondulatorom i wigglerom), promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie od podczerwieni do twardego promieniowania rentgenowskiego o energii fotonów do 20 keV. Przy odpowiednich warunkach pracy pozwoli również wytworzyć intensywne źródło promieniowania terahercowego ($30 \text{ THz} > \nu > 0.2 \text{ THz} \Leftrightarrow 10 \mu\text{m} < \lambda < 1500 \mu\text{m}$) otwierając dostęp do bardzo interesujących i aktualnych obszarów badań np. w dziedzinie nauk biologicznych i fizycznych.

Przyjęto strategię skierowania możliwie dużych nakładów, w ramach dostępnych środków finansowych, na budowę systemu akceleracji i pierścienia akumulującego elektronów, ponieważ to determinuje jakość i wszechstronność narzędzia badawczego, a późniejsze, daleko idące zmiany w tej części byłyby w praktyce niemożliwe. Dlatego też ten etap realizacji przewiduje konstrukcję jednej [pilotażowej] linii „Spektroskopia miękkiego promieniowania rentgenowskiego”, gdzie źródło fotonów o energii z zakresu 200 eV – 1500 eV stanowić będzie ondulator, a stacje eksperymentalne pozwolą na badania metodami spektroskopii fotoelektronowej (XPS: *X-ray Photoemission Spectroscopy*) i absorpcyjnej spektroskopii rentgenowskiej (XAS: *X-ray Absorption Spectroscopy*). Główne obszary zastosowań dotyczyć będą biomateriałów, inżynierii materiałowej (spintronika, cienkie warstwy, heterostruktury), fizykochemii powierzchni, katalizy, magnetyzmu i magnetyzmu powierzchniowego, geologii i mineralogii.

W referacie przedstawione zostaną projekty linii pomiarowych proponowanych do realizacji w pierwszej kolejności (do roku 2015) w ramach niezależnych programów inwestycyjnych. Obejmują one cztery linie z zakresu niskich i pośrednich energii fotonów (do 2000 eV) oraz trzy dalsze, w których dzięki wykorzystaniu nadprzewodzących wielobiegunowych wigglerów dostępny stanie się obszar energii do 20 keV pozwalający m. in. na dyfrakcyjne badania strukturalne i krystalografię makromolekularną. Trzecia z linii obszaru wysokoenergetycznego dedykowana będzie badaniom materiałowym prowadzonym różnymi technikami.

Docelowo przy synchrotronowym źródle promieniowania powstanie ponad 20 linii eksperymentalnych z wieloma stacjami pomiarowymi pozwalającymi na badania na poziomie na ogół nie osiągalnym przy użyciu indywidualnych przyrządów laboratoryjnych.

**MODULACJA STRUKTURY A SPRĘŻENIE
MAGNETOELEKTRYCZNE NA PRZYKŁADZIE $\text{CaCu}_x\text{Mn}_{7-x}\text{O}_{12}$**

Radosław Przeniosło

Uniwersytet Warszawski

NANOSTRUKTURY BAZUJĄCE NA ZWIĄZKACH PÓŁPRZEWODNIKOWYCH A^{II}–B^{VI} DLA POTRZEB NANOELEKTRONIKI, BIOLOGII I MEDYCyny PRZYSZŁOŚCI*

Tomasz Wojtowicz

Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk 02-668 Warszawa, Al. Lotników 32/46

Urządzenia zbudowane na bazie nanostruktur półprzewodnikowych stosowane są obecnie bardzo powszechnie w każdej dziedzinie życia. Większość tych urządzeń wykorzystuje struktury oparte na Si oraz półprzewodnikach III-V, a funkcjonalne elementy wytwarzane są metodą „top-down”, poprzez odpowiednią nanostrukturyzację struktur planarnych. Obecnie coraz większe nadzieje wiązane są z wykorzystaniem struktur kwazi-zerowymiarowych i kwazi-jednowymiarowych otrzymywanych metodą „bottom-up” z mniejszych elementów metodą samo-organizacji lub składania. Typowym przykładem są tutaj kropki kwantowe hodowane w modzie wzrostu Stranskiego-Krastanova. Inną bardzo ważną klasę tego typu nanostruktur stanowią nanodrutu półprzewodnikowe otrzymywane metodą cieczo-ciepła stałe, z wykorzystaniem katalizatorów metalicznych o nanometrycznych rozmiarach.

Na wykładzie najpierw omówione zostanie podejście „bottom-up” do wytwarzania nanostruktur a następnie przedstawione zostaną przykłady zastosowań nanostruktur otrzymywanych tą metodą. Szczególny nacisk położony będzie na możliwe zastosowanie nanodrutów, a w szczególności na ich wykorzystanie do budowy ultra czułych nanoczułników służących do wykrywania cząsteczek biologicznych i chemicznych, z nieograniczonymi wręcz potencjalnymi zastosowaniami w biologii, medycynie i ochronie zdrowia. Zastosowania nanodrutów mogą zostać zwielokrotnione, jeśli wykonane zostaną one z rozciągniętych półprzewodników magnetycznych, szczególnie ferromagnetycznych, będących jednym z podstawowych materiałów wyjściowych dla elektroniki przyszłości, opartej na wykorzystaniu spinu nośników prądu, tzw. spintroniki. Zreferowany zostanie obecny stan badań w tej dziedzinie prowadzonych w IF PAN a dotyczących otrzymywania i własności nanostruktur związków II-VI bazujących na ZnO, ZnTe oraz CdTe, ze szczególnym naciskiem na nanodrutu z półprzewodnika półmagnetycznego $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$.

* Praca finansowana częściowo przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego poprzez Projekt Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (POIG.01.01.02-00-008/08), przez MNiSW w ramach projektu N515 015 32/0997 a także przez FNP w ramach subsydium 12/2007.

SIECI OPTYCZNE, CZYLI MAŁE LABORATORIUM FIZYKI FAZY SKONDENSOWANEJ

Maciej M. Maśka

Instytut Fizyki Uniwersytetu Śląskiego, Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice

Opracowanie nowych materiałów o zadanych własnościach lub zrozumienie mechanizmów działających w niektórych już znanych, na przykład w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych, jest poważnym wyzwaniem dla współczesnej fizyki i chemii. Bezpośrednie badanie złożonych materiałów napotyka na przeszkody wynikające między innymi z obecności nieporządku oraz wielu konkurujących ze sobą oddziaływań. Dlatego na przykład tak trudno jest odpowiedzieć na pytanie, czy odpychanie kulombowskie pomiędzy elektronami jest w stanie samodzielnie wyjaśnić zjawisko nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego.

Już 1982 roku Richard Feynman zaproponował, żeby do badania realnych układów użyć symulatora kwantowego, opartego na tych samych kwantowych zasadach, które obowiązują w rzeczywistości. Po wielu latach podobne podejście udaje się wprowadzać w życie wykorzystując ostatnie osiągnięcia w dziedzinie wytwarzania i kontrolowania ultrazimnych gazów atomowych. Gazy takie, umieszczone w periodycznym potencjale wytworzonym przez odpowiednią interferencję wiązek laserowych, opisywane mogą być tymi samymi hamiltonianami, które stosuje się w fizyce fazy skondensowanej. Powstała w ten sposób sztuczna sieć nie ma defektów i nie występują w niej drgania termiczne. Największą jednak zaletą tego podejścia jest fakt, że w takim symulatorze możemy zmieniać parametry układu. Możemy kontrolować wielkość (a nawet znak!) oddziaływań pomiędzy atomami, które obecnie pełnią tę samą rolę, co elektrony w rzeczywistym kryształ, intensywność tunelowania pomiędzy węzłami sieci krystalicznej, koncentrację nośników, geometrię i wymiarowość sieci oraz wiele innych. Manipulując tymi parametrami możemy między innymi badać przejście metal-izolator albo przejście pomiędzy stanem Bardeena-Coopera-Schrieffera, a kondensatem Bosego-Einsteina ciasno związanych par fermionów, co może mieć znaczenie dla wyjaśnienia mechanizmu nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego.

Podczas wykładu zostaną zaprezentowane zasady działania sieci optycznych, omówione eksperymenty, które można przeprowadzić w takich sieciach oraz przedstawione niektóre wyniki i perspektywy dotyczące mieszanin różnych gazów w sieciach optycznych [1,2].

[1] M.M. Maśka et al., Phys. Rev. Lett. **101**, 060404 (2008)

[2] J.K. Freericks et al., arXiv:0908.1794v1 [cond-mat.quant-gas]

MOLEKULARNE NANOMAGNESY I MAGNETYCZNE MATERIAŁY FUNKCJONALNE

Maria Bałanda

Instytut Fizyki Jądrowej PAN im. H. Niewodniczańskiego, Kraków

Poszukiwanie materiałów funkcjonalnych, które mogłyby być wykorzystane w nowoczesnych urządzeniach i technologiach, jest wyzwaniem dla współczesnej nauki. Postęp badań materiałowych związany jest w dużej mierze z dziedziną magnetyzmu, gdzie szczególne miejsce zajmuje tzw. nanomagnetyzm, dotyczący własności materiałów, których conajmniej jeden rozmiar został zredukowany do 1–100 nm. Duży stosunek liczby atomów powierzchni do liczby atomów w objętości takich nanoukładów powoduje zmianę charakterystyk elektronowych, optycznych, czy magnetycznych, dzięki czemu otrzymywane są materiały o nowych, interesujących własnościach. Ultracienkie warstwy metaliczne wykorzystywane są w urządzeniach elektroniki spinowej, natomiast nanocząstki metali magnetycznych mogą służyć do diagnostyki i terapii medycznej.

Równoległym kierunkiem badań materii jest magnetyzm związków molekularnych, organicznych i metaloorganicznych. Substancje molekularne posiadają takie atrybuty jak mała gęstość, przezroczystość, słabe przewodnictwo elektryczne, oraz zależność własności od czynników zewnętrznych, np. temperatury, światła czy ciśnienia. W substancjach tych cząsteczki zachowują swoje indywidualne cechy, co stwarza możliwość projektowania na ich bazie materiałów o zadanych własnościach.

Magnetyzm molekularny jest młodą, intensywnie rozwijającą się nauką interdyscyplinarną, koncentrującą się aktualnie wokół tematyki nanomagnesów molekularnych oraz tematyki materiałów funkcjonalnych. Molekularne nanomagnesy to magnetyczne cząsteczki (*single-molecule magnets*) lub pojedyncze łańcuchy molekularne (*single-chain magnets*), które poniżej pewnej temperatury, tzw. temperatury blokowania, wykazują histerezę magnetyczną, tak jak magnetyki makroskopowe. Z drugiej strony, ponieważ są to obiekty małe, nanometryczne, widoczne są tu efekty kwantowe. Mimo iż temperatura blokowania jest na razie niska, pojawia możliwość zapisu informacji na jednej lub kilku cząsteczkach, podczas gdy obecnie 1 bit zapisywany jest przez namagnesowanie cząstki zawierającej ~ 10 molekuł. Poszukiwane są układy z wyższą temperaturą blokowania, a także prowadzone są prace w kierunku użycia pojedynczych molekuł do formowania nanostruktur w celu uzyskania molekularnych zaworów spinowych.

Funkcjonalne magnetyki molekularne zbudowane są z cząsteczek, które mogą znajdować się w dwóch stanach elektronowych, silnie zależnych od czynników zewnętrznych, takich jak temperatura, światło, ciśnienie, czy obecność obcych molekuł. Są to magnetyczne materiały przełączalne (*switching magnetic materials*), stanowiące podstawę biocompatybilnych sensorów o dobrej czułości i selektywności oraz jako elementy pamięci magnetycznej wielokrotnego zapisu.

Wykład będzie przeglądem najciekawszych wyników uzyskanych za granicą i w Polsce.

INTRYGUJĄCE WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNE NANOCZĄSTEK MANGANITÓW I KOBALTYTÓW

A. Wiśniewski¹, R. Puźniak¹, V. Markovich², I. Fita^{1,3}

¹*Instytut Fizyki PAN, 02-668 Warszawa*

²*Department of Physics, Ben-Gurion University of the Negev, 84105 Beer-Sheva, Israel*

³*Donetsk Institute for Physics and Technology, 83114 Donetsk, Ukraine*

Magnetyczne nanocząstki są ostatnio przedmiotem intensywnych badań ze względu na fakt, że ich właściwości magnetyczne (np. temperatura Curie, wartość spontanicznego namagnesowania) różnią się istotnie od właściwości materiałów objętościowych o tym samym składzie. W miarę zmniejszania rozmiarów cząstek, rośnie rola efektów związanych z warstwą powierzchniową. Istotny wpływ na właściwości magnetyczne mają defekty powierzchniowe, zerwane wiązania, rozrzut liczby najbliższych sąsiadów jonu magnetycznego, rozrzut odległości międzyatomowych. Nanocząstki magnetyczne dobrze opisuje model, w którym wyróżnia się „jądro” cząstki i warstwę powierzchniową (ang. *core-shell structure*).

Przedstawione zostaną wyniki badań nanocząstek kobaltytu LaCoO_3 oraz manganitu $\text{La}_{1-x}\text{MnO}_{3+\delta}$ i $\text{CaMnO}_{3-\delta}$. Objętościowe próbki LaCoO_3 nie wykazują właściwości magnetycznych – wynika to z faktu, że jony Co^{3+} są w tym związku w stanie niskospinowym ($S = 0$). Natomiast nanocząstki LaCoO_3 wykazują słaby ferromagnetyzm (FM) z T_C ok. 85 K. Jest to związane z faktem pojawienia się w warstwach powierzchniowych jonów Co^{3+} w stanie średniospinowym ($S = 1$). Zmiana stanu spinowego części jonów wynika ze wzrostu odległości międzyatomowych Co – O, który powoduje spadek wielkości rozszczepienia poziomów 3d przez pole krystaliczne i umożliwia obsadzenie wyżej położonych poziomów e_g . W miarę zmniejszania rozmiarów cząstek rośnie zawartość fazy FM, natomiast T_C nie ulega zmianie. Co ciekawe, poprzez przyłożenie ciśnienia ok. 10 kbar, zmniejszając odległości Co – O, można spowodować zanik fazy FM.

Stechiometryczny związek LaMnO_3 jest antyferromagnetykiem (AFM) typu A. Natomiast niestechiometryczne próbki $\text{LaMnO}_{3+\delta}$, dla $\delta > 0.06$ wykazują FM. W nanocząstkach tego związku zaobserwowano spadek T_C i spontanicznego namagnesowania w miarę zmniejszania rozmiarów cząstek. Z kolei ciśnienie hydrostatyczne powoduje wzmocnienie oddziaływań podwójnej wymiany i prowadzi do znacznego wzrostu T_C .

W nanocząstkach manganitu $\text{CaMnO}_{3-\delta}$ możemy wyróżnić AFM „jądro” i FM warstwę powierzchniową. W tych nanocząstkach obserwuje się wyraźną asymetrię pętli histerezy będącą skutkiem indukowania przez oddziaływanie wymienne jednokierunkowej anizotropii czyli tzw. efektu wymiennego przesunięcia (ang. *exchange-bias*). Dotychczas efekt ten nie był obserwowany w układzie, w którym „jądro” jest AFM, a warstwa powierzchniowa FM. Zjawisko to obserwowano natomiast w nanocząstkach, w których „jądro” jest FM, a warstwa powierzchniowa – AFM.

TECHNIKA LASEROWA W KONSERWACJI DZIEŁ SZTUKI

Jan Marczak

Instytut Optoelektroniki WAT, 00-908 Warszawa, ul. Generała S. Kaliskiego 2

Zachowanie dziedzictwa kulturowego dla przyszłych pokoleń jest jednym z najważniejszych obowiązków i zadań każdego społeczeństwa. Jest to zadanie wymagające ścisłej, interdyscyplinarnej współpracy między konserwatorami, archeologami, historykami sztuki, kuratorami muzeów z jednej strony a chemikami, fizykami i architektami, uczestniczącymi w tym wyjątkowo interesującym obszarze zagadnień. Szczególnie ważne dla zrozumienia dziedzictwa kultury są badania naukowe, a bardzo istotny jest wkład nauk fizycznych i chemicznych w odkrywaniu bogatej informacji zawartej w samych dziełach.

Wykorzystanie laserów jako narzędzi do restauracji i diagnostyki dzieł, w zasadniczy sposób zrewolucjonizowało nie tylko podejście, ale również sposób w jaki współcześni konserwatorzy z nieosiągalną dotychczas precyzją bezpiecznie badają obiekty lub usuwają nawarstwienia. Współcześnie dla celów diagnostycznych opracowano wiele specjalistycznych i nieniszczących metod badawczych w oparciu o technikę laserową. Główną zaletą nieniszczących analiz fizyko-chemicznych, jest identyfikacja warstw wierzchnich oraz określenie stanu zachowania i struktury dzieła. Z kolei główną zaletą procesu oczyszczania jest minimalna ingerencja w materię zabytkową – podłoże. Zastosowanie techniki laserowej i optoelektroniki daje więc możliwość nieniszczących „in situ” analiz i pełnej kontroli procesu usuwania nawarstwień z bezcennych powierzchni. Selektywne i precyzyjne działania kolorowych wiązek światła stanowi podstawową zaletę bezinwazyjnego działania na nawarstwienia, mniej lub bardziej przylegającego do powierzchni dzieła.

W artykule przedstawia się i omawia obszary zastosowań laserów w konserwacji, ze szczególnym uwzględnieniem nieniszczących fizyko-chemicznych i strukturalnych metod analizy ich powierzchni, a także zalety i wady wykorzystania impulsowego promieniowania laserowego w restauracji, w usuwaniu warstw wierzchnich wykorzystując proces ablacji laserowej. Omówiono je na podstawie doświadczeń zdobytych w okresie ponad dziesięciu lat i oczyszczeniu kilkudziesięciu bezcennych obiektów w kraju, jak i za granicą, współpracując głównie z Międzyuczelnianym Instytutem Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki z siedzibą w Warszawie i Krakowie. Do najważniejszych zalicza się: rzeźbę „Pantokratora” z okresu romańskiego z Archikolegiaty w Tumie pod Łęczycą, wystrój Kaplicy Zygmuntowskiej na Wawelu (800 m²), epitafium i stalla w Kaplicy Batorego na Wawelu (100 m²), elementy kamienne Grobu Nieznanego Żołnierza w Warszawie, dwie chorągwie procesyjne z początku XVII wieku, a także polichromię na drewnie Św. Anny Samotrzeciej z XVII w. Za granicą: rzeźbę Św. Błażeja (Vlaha) z XIV w., patrona Dubrownika, nagrobek Juliusza Słowackiego (Montmartre – Paryż), Groby Zbiorowe w Alei Polskiej (Montmartre – Paryż), nagrobek Brzostowskiego na cmentarzu w Chalon-sur-Marne, a także płyta pamiątkowa Karola Radziwiła z 1774 r., upamiętniająca jego pobyt w Dubrowniku. Jedną z ostatnich i ważnych prac jest również usunięcie nawarstwień obcych z rzeźby Antonio Canovy wykonanej w 1794 r. z białego marmuru „carrara” przedstawiającą postać Henryka Lubomirskiego, a znajdującą się w muzeum w Łańcucie oraz oczyszczenie wielu innych równie cennych obiektów. Analiza fizyko-chemiczna i czyszczenie za pomocą impulsowego promieniowania laserowego postrzegane są obecnie jako najwszechstronniejsze, jak do tej pory, metody wykorzystywane w konserwacji dzieł sztuki.

OPTYCZNE POMIARY PÓŁ MAGNETYCZNYCH

Szymon Pustelny

*Centrum Badań Magnetoptycznych, Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego,
Uniwersytet Jagielloński, Reymonta 4, 30-059 Kraków*

Jednym z największych wyzwań współczesnej optyki jest opracowanie efektywnych metod kontrolowanego wytwarzania i modyfikacji określonych stanów kwantowych w atomach lub cząstkach. Możliwość generowania takich stanów nie tylko dostarcza fundamentalnych informacji o oddziaływaniu pomiędzy światłem i materią, ale również ma szereg praktycznych zastosowań. Spośród nich jednym z najbardziej obiecujących jest magnetometria optyczna.

Nieliniowy efekt Faradaya jest zjawiskiem polegającym na zależnym od natężenia światła skręceniu płaszczyzny polaryzacji liniowo spolaryzowanego światła propagującego przez ośrodek umieszczony w zewnętrznym polu magnetycznym. Za skręcenie płaszczyzny polaryzacji odpowiedzialne są koherencje kwantowe pomiędzy poziomami magnetycznymi atomów lub cząsteczek budujących ten ośrodek. Koherencje te wytwarzane są przy pomocy światła i ewoluują one pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego. Powstały w wyniku tych procesów stan kwantowy manifestuje się przez zmianę takich parametrów całego ośrodka jak jego absorpcja i dyspersja. Dzięki temu możliwe jest wykrycie tego stanu również metodami optycznymi np. przez pomiar kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła.

Kilka lat temu w Centrum Badań Magnetometrycznych Uniwersytetu Jagiellońskiego opracowana została nowatorska metoda pomiarów pól magnetycznych wykorzystująca nieliniowy efekt Faradaya z modulowaną amplitudowo wiązką światła. U podstaw tej metody leży możliwość generowania długożyjących (do 100 ms) koherencji kwantowych w atomach pierwiastków alkalicznych. Istnienie tych koherencji prowadzi do pojawienia się bardzo wąskich sygnałów kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji w funkcji pola magnetycznego (10^{-10} T). Dzięki temu możliwe są precyzyjne pomiary tych pól. Opracowana metoda pozwoliła na pomiary pól magnetycznych z czułością porównywalną z najdokładniejszymi znanymi obecnie metodami magnetometrycznymi (10^{-14} T/Hz $^{1/2}$). Poza czułością, dużą jej zaletą jest zakres dynamiczny o wiele rzędów większy niż w przypadku innych technik magnetometrycznych. Uzyskana względna czułość pomiarowa $\sim 10^{-10}$ jest dla żadnej z tych technik nieosiągalna. Innym atutem krakowskiej metody jest względna prostota techniczna, co umożliwia jej miniaturyzację. W połączeniu z niskimi kosztami jej użytkowania sprawia to, że w chwili obecnej rozwijane są praktyczne zastosowania tej metody.

Podczas referatu przybliżone zostaną podstawy nieliniowego efektu Faradaya z modulowaną amplitudowo wiązką światła. Szczególna uwaga zostanie poświęcona mechanizmom tworzenia, ewolucji i detekcji koherencji kwantowych w parach atomowych, co pozwala na superczułe pomiary pól magnetycznych. Oprócz wyjaśnienia podstaw fizycznych metody przedyskutowane zostaną również parametry zbudowanego w Krakowie magnetometru optycznego. W ostatniej części referatu zaprezentowane zostaną możliwe praktyczne zastosowania tej metody, z których niektóre rozwijane są w Centrum Badań Magnetoptycznych.

TECHNOLOGIA ŚWIATŁOWODÓW SPECJALNYCH ZE SZKŁA KWARCOWEGO

Jan Wójcik

*Zakład Technologii Światłowodów, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej,
Plac Marii Curie Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin, wojcik@umcs.lublin.pl*

Wynalazek światłowodu telekomunikacyjnego dokonany został w roku 1970 na zamówienie nowej Cywilizacji Ziemskiej, czyli dla potrzeb Społeczeństwa Informacyjnego. Istotą tego wynalazku było opracowanie technologii produkcji światłowodów ze szkła kwarcowego o tłumienności o trzy a raczej cztery rzędy wielkości mniejszej niż tłumienność włókien optycznych o strukturze rdzeń – płaszcz znanych od początku XX wieku i działających na zasadzie całkowitego wewnętrznego odbicia.

Ogromne nakłady finansowe telekomunikacji na rozwój badań w dziedzinie technologii światłowodów telekomunikacyjnych po zaistnieniu doświadczonego dowodu, że można przesyłać informację przez włókna optyczne w formie impulsów świetlnych na odległości kilometrów, często prowadziły do ślepych założeń jak na przykład opracowanie technologii światłowodów polaryzujących (polarizing fibers) lub utrzymujących polaryzację (single mode polarization maintaining fibers), które nie znalazły zastosowania do budowy sieci telekomunikacyjnej. Jednak ekstremalnie niska tłumienność światłowodów ze szkła kwarcowego niewiele większa od teoretycznej granicy ich tłumienności określonej fundamentalnymi prawami fizyki umożliwiła zastosowanie tych włókien optycznych w wielu innych dziedzinach gospodarki jak metrologia, wojsko, medycyna, przemysł, zaawansowane eksperymenty fizyczne, itd.

Wynalazek światłowodów aktywnych dokonany w 1985 roku spowodował opracowanie w ciągu kilku lat zaawansowanej konstrukcji wzmacniacza światłowodowego dla telekomunikacji, niewiele później w oparciu o te włókna opracowano konstrukcje laserów światłowodowych zwanych laserami XXI wieku.

Po zdefiniowaniu przez Jablonovitha w drugiej połowie lat osiemdziesiątych XX wieku fotonicznej przerwy wzbronionej, jako nowego zjawiska fizyki technicznej, wraz z wprowadzeniem nowego pojęcia kryształów fotonicznych, został wytworzony w roku 1996 nowy rodzaj światłowodu nazwanego przez Rasseła photonic crystal fiber, aktualna polska nazwa to światłowod fotoniczny. Ten światłowod nie działał jednak na zasadzie fotonicznej przerwy wzbronionej. Dopiero w trzy lata później w 1999 roku został wytworzony światłowod działający na zasadzie fotonicznej przerwy wzbronionej.

W Polsce technologia światłowodów klasycznych ze szkła kwarcowego była przedmiotem badań od 1975 roku a włókien fotonicznych ze szkła kwarcowego od 2000 roku. Do dziś opracowane zostały sposoby wytwarzania ponad dwudziestu rodzajów włókien specjalnych a ostatnio fotonicznych, które znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach a w szczególności w badaniach nowych zjawisk jak generacja supercontinuum, eksperymenty ze slow light, z zimnymi atomami, z sensorami evanescent field, do konstrukcji liquid crystal photonic crystal fibers, do konstrukcji egzotycznych sensorów interferencyjnych, itd.

W referacie na tle rozwoju technologii światłowodów w świecie zostaną przedstawione polskie osiągnięcia w dziedzinie technologii klasycznych i fotonicznych światłowodów ze szkła kwarcowego o specyficznych właściwościach preferujących wykorzystanie tych włókien do badań oraz zastosowań w dziedzinach innych niż telekomunikacja.

NIELINIOWY EFEKT FARADAYA W ZIMNYCH ATOMACH ^{85}Rb

Adam Wojciechowski¹, Eric Corsini², Jerzy Zachorowski¹, Wojciech Gawlik¹

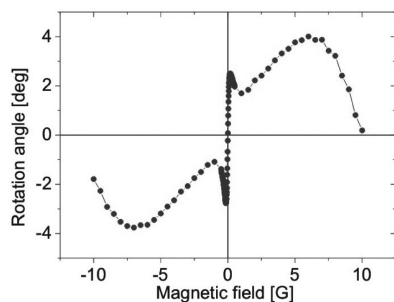
1. Centrum Badań Magnetoptycznych, Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego,
Uniwersytet Jagielloński, Reymonta 4, 30-059 Kraków, Poland

2. Department of Physics, University of California, Berkeley, CA 94720-7300, USA

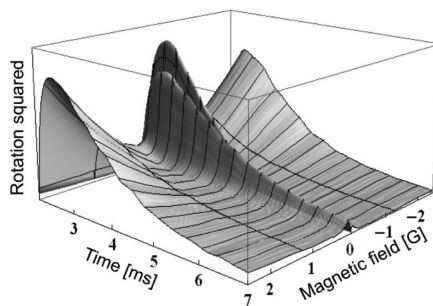
Doniesienie dotyczy pierwszej obserwacji nieliniowego efektu Faradaya (NEF) dla próbki zimnych atomów uwolnionych z pułapki magneto-optycznej (MOT) przy temperaturze atomów $\sim 100\mu\text{K}$. Nieliniowa rotacja wynika z istnienia długożyjących koherencji pomiędzy stanami zeemanowskimi [1], co czyni NEF kandydatem do zastosowań w dziedzinie czułej magnetometrii i kwantowej informatyce.

W odróżnieniu od dotychczasowych badań NEF prowadzonych dla par atomowych w temperaturze pokojowej umieszczonych w komórkach szklanych pokrytych parafiną lub wypełnionych gazem buforowym zimne atomy mogą mieć jeszcze dłuższe czasy relaksacji. Dodatkowo, możliwe jest adresowanie pojedynczych przejść nadsubtelnych i wytworzenie koherencji w kontrolowany sposób.

W przeprowadzonym doświadczeniu wiązki i pole magnetyczne MOT były periodycznie wyłączane na kilku-milisekundowy okres pomiaru rotacji optycznej. Wytwarzana była koherencja pomiędzy podstanami magnetycznymi stanu $5^2S_{1/2} F=3$ w ^{85}Rb i obserwowano rezonans NEF (Rys. 1) o amplitudzie do 6° i szerokości 10 mG. Odpowiada to stałej Verdet $V \approx 3 \times 10^5 \text{ deg/G}\cdot\text{m}$. Przy zastosowaniu modulacyjnej metody AMOR [2] wykonano precyzyjne pomiary pól magnetycznych w zakresie od zera do 9 G (zakres o rząd wielkości większy niż maksimum osiągnięte dla atomów w komórkach). Doświadczenie pozwalało ponadto na obserwację ewolucji czasowej poszczególnych koherencji pod wpływem wiązek laserowych. Rys. 2 przedstawia uzyskane wyniki dla koherencji zeemanowskiej o $|\Delta m| = 2$



Rys. 1. Liniowy (szeroki) i nieliniowy (wąski) rezonans rotacji Faradaya.



Rys. 2. Przebieg czasowy sygnału NEF dla spójności $|\Delta m| = 2$ i mocy wiązki laserowej $64\mu\text{W}$.

Doświadczenie pozwala na pomiary pól magnetycznych w szerokim zakresie z rozdzielczością czasową ok. $10\mu\text{s}$, rozdzielczością przestrzenną poniżej mm i czułością poniżej mG. Obecna czułość ograniczona jest głównie przez skończony czas pomiaru wynikający z ucieczki atomów. Może to być przezwyciężone przez zastosowanie atomów uwieczonych w optycznej pułapce dipolowej.

Literatura

- [1] D. Budker, W. Gawlik, D. F. Kimball, S. M. Rochester, V. V. Yashchuk, and A. Weis, "Resonant nonlinear magneto-optical effects in atoms" *Rev. Mod. Phys.* **74**, 1153 (2002).
- [2] W. Gawlik, L. Krzemień, S. Pustelny, D. Sangla, J. Zachorowski, M. Graf, A. Sushkov, and D. Budker, "Nonlinear Magneto-Optical Rotation with Amplitude-Modulated Light" *Appl. Phys. Lett.* **88**, 131108 (2006).

PRODUCTION AND STUDY OF SPINOR CONDENSATES OF ^{87}Rb RELEASED FROM A MAGNETIC TRAP

J. Szczepkowski¹, R. Gartman², M. Piotrowski², Ł. Tracewski³, M. Witkowski⁴,
M. Zawada², W. Gawlik⁵.

¹*Institute of Physics, Pomeranian University, Arciszewskiego 22B, 76-200 Słupsk, Poland,*

²*Institute of Physics, Nicolaus Copernicus University, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń, Poland,*

³*Institute of Experimental Physics, University of Wrocław Plac Maksa Borna 9,
50-204 Wrocław, Poland,*

⁴*Institute of Physics, University of Opole, Oleska 48, 45-052 Opole, Poland*

⁵*Institute of Physics, Jagiellonian University, Reymonta 4, 30 -057 Kraków, Poland*

Most of spinor condensates studied so far, were produced in situ in dipole magnetic or optical traps. Atomic densities are then too big to allow observation of weak dipolar interaction within the spinor condensate of alkali atoms. Our new method allows production of spinor condensates in an expanding atomic cloud where density is low enough to permit such studies. The BEC of ^{87}Rb is prepared in the $F=2$, $m_F=2$ hyperfine state in a magnetic trap (MT) [1].

The method is based on an appropriate sequence of magnetic perturbations. Our preliminary results indicate dynamics of mixing between various magnetic sublevels m_F controlled by duration and/or strength of the magnetic perturbation. Additionally, we are observing spatial modulation in the $F=2$ polar state of ^{87}Rb , similar to the spin domains in the spin-1 state seen by other groups (e.g. Ref. [2,3]).

Bibliography

- [1] F. Bylicki, W. Gawlik, W. Jastrzębski, A. Noga, J. Szczepkowski, M. Witkowski, J. Zachorowski, M. Zawada: Studies of the hydrodynamic properties of Bose-Einstein condensate of ^{87}Rb atoms in a magnetic trap, *Acta Phys. Pol. A*, 113, 691 (2008)
- [2] J. Stenger, S. Inouye, D.M. Stamper-Kurn, H.-J. Miesner, A.P. Chikkatur, and W. Ketterle, Spin domains in ground state spinor Bose-Einstein condensates, *Nature* 396, 345 (1998).
- [3] M.-S. Chang, Q. Qin, W. Zhang, L. You and M. S. Chapman, Coherent spinor dynamics in a spin-1 Bose condensate, *Nature Physics* 1, 111 (2005)

MEGA-SCIENCE PROJECTS IN CHINA AND THEIR PURPOSE IN PHYSICS

Chuang Zhang

Chinese Physics Society

The mega-science projects in China, the Beijing Electron-Positron Collider (BEPC) and its second phase construction (BEPCL), the Heavy Ion Cooling Storage Rings in Lanzhou (HIRFL-CSR), the Shanghai Synchrotron Radiation Facility (SSRF), the China Spallation Neutron Source (CSNS), the Daya bay reactor neutrino oscillation experiment, the Hard X-ray Modulation Telescope (HXMT), as well as the Five hundred meters Aperture Spherical Telescope (FAST) and other accelerator and non-accelerator based projects in China are briefly reported. Their purpose and application in physics are described.

About the Speaker

Prof. Chuang Zhang graduated from Tsinghua University of China majoring engineering physics and joined the Institute of High Energy Physics (IHEP) of Chinese Academy of Sciences in 1975. Since then he has been working at the high energy accelerator programs, especially at the Beijing Electron-Positron Collider (BEPC) and its upgrading project BEPCL in charge of its accelerators. He visited SLAC from Oct. 1986 to Aug. 1987 working at SLC commissioning and SPEAR injector design. In 1994, he visited CERN joined at LEP2 team. From Aug. 1995 to Aug. 1996 he visited KEK of Japan as visiting professor working at KEKB project. He was elected as a professor in 1992, Deputy-Director of IHEP 1998-2005 and served as Chair of Asian Committee for Future Accelerators (ACFA) 2007-2009. He is the deputy project leader of BEPCL and Vice Chair of Chinese Physics Society.

LABORATORIUM FAIR – NOWE PERSPEKTYWY DLA BADAŃ JĄDROWYCH I ATOMOWYCH

Paweł Staszek

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

W zamierzeniach koncepcyjnych (dużego) międzynarodowego laboratorium badawczego o nazwie FAIR (Facility for Anti Proton and Ion Research), jest prowadzenie, na najwyższym poziomie światowym, badań dotyczących poznania struktury materii. Nowe laboratorium udostępni międzynarodowemu środowiskom naukowym unikalny i technicznie najnowocześniejszy układ akceleratorów cząstek materii jonów od wodoru do uranu i antyprotonów, przeznaczonych do badań obejmujących szeroki zakres tematyczny, od zagadnień podstawowych, aż do ich zastosowań. W swoim referacie postaram się podać kilka najbardziej istotnych i ciekawych informacji dotyczących planowanego laboratorium FAIR, a następnie szerzej omówię przygotowywany w ramach FAIR projekt CBM.

CBM (Gęsta Materia Barionowa) to przedsięwzięcie, którego celem jest badanie właściwości materii hadronowej w obszarze dużej gęstości barionowej. Badania w ramach tego projektu prowadzone będą na akceleratorze SIS100/300, który umożliwi zderzenia ciężkich jąder atomowych przy energiach od kilku do około 35 GeV na nukleon. Taki zakres energii pozwoli na tworzenie materii jądrowej o największej gęstości barionów, jaka możliwa jest do osiągnięcia w warunkach laboratoryjnych. Teoria leżąca u podstaw opisu materii silnie oddziałującej QCD, przewiduje szereg modyfikacji własności mezonów na skutek ich oddziaływania z tak gęstą materią. Pomiary w ramach CBM pozwolą na eksperymentalne testowanie tych przewidywań w obszarze dużych gęstości barionowych, który jest niedostępny dla eksperymentów prowadzonych na zderzaczach ciężkich jonów RHIC w BNL i LHC w CERN-ie. W obszarze zmiennych termodynamicznych jakie będą osiągane w zderzeniach ciężkich jonów na SIS300, teoria QCD przewiduje istnienie punktu krytycznego dla materii silnie oddziałującej. Dostarczenie eksperymentalnych ewidencji istnienia tego punktu jest bodajże największym wyzwaniem, przed jakim stoi dzisiaj eksperymentalna fizyka jądrowa.

OD REAKCJI CIĘŻKOJONOWYCH DO GWIAZD NEUTRONOWYCH – FIZYKA HADRONÓW W MATERII JĄDROWEJ

Piotr Salabura

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

Zderzenia ciężkich jonów są jedynym sposobem badania w laboratorium własności materii jądrowej w stanie wysokiej temperatury ($T \sim 10^{12}$ K) i gęstości. W pomiarach przy energii kinetycznej wiązek od 1-2 GeV/nukleon badamy materię o własnościach podobnych do tych jakie panują we wnętrzu gwiazd neutronowych. Uzyskane wyniki dostarczają cennych informacji na temat równania stanu materii istotnego dla określenia ewolucji gwiazd. Pokazują także, iż produkcja pewnych cząstek w takich reakcjach jest zupełnie odmienna od tego czego można oczekiwać z analizy danych otrzymanych w zderzeniach nukleon-nukleon o podobnych energiach. Umożliwia to na wyciągnięcie pewnych wniosków co do własności tej egzotycznej formy materii.

Dla zilustrowania powyższych tez, w czasie wykładu zaprezentowane zostaną wybrane wyniki eksperymentów przeprowadzonych w ośrodku badań ciężkojonowych GSI w Darmstadt.

NADPRZEWODNICTWO KOLOROWE QCD – FIZYKA FAZY SKONDENSOWANEJ

Mariusz Sadzikowski

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

W ciągu ostatniej dekady nastąpił postęp w zrozumieniu stanu podstawowego wraz ze spektrum najniższych wzbudzeń silnie oddziałującej materii znajdującej się w warunkach dużych gęstości barionowych. Dzięki niestabilności Coopera, w takich układach pojawia się zjawisko analogiczne do zjawiska nadprzewodnictwa w fizyce fazy skondensowanej, gdzie rolę ładunku elektrycznego przejmuje ładunek kolorowy. Został zaproponowany nowy diagram fazowy Chromodynamiki Kwantowej uwzględniający istnienie nadprzewodnictwa kolorowego. Istnienie nowych faz implikuje wiele interesujących procesów, których konsekwencje mogą prowadzić do efektów obserwacyjnych.

RÓŻNICA MIĘDZY ROZPOZNAWANIEM OBRAZÓW MEDYCZNYCH A NOWĄ TECHNIKĄ ICH AUTOMATYCZNEGO ROZUMIENIA

Ryszard Tadeusiewicz, Marek Ogiela

Katedra Automatyki AGH

W Fizyce Medycznej, a także w powiązanej z nią Inżynierii Biomedycznej powstają liczne opracowania naukowe oraz cenne implementacje praktyczne różnych metod obrazowania wnętrza ciała człowieka. Minęły czasy, kiedy kontakt lekarza z pacjentem kończył się na powierzchni jego skóry bez możliwości wglądu do wnętrza organizmu. Obecnie liczne techniki oparte na promieniowaniu X, technikach magnetycznych, ultradźwiękach i metodach izotopowych pozwalają na dowolne obrazowanie wnętrza ciała pacjenta, przy czym możliwe jest zarówno obrazowanie morfologiczne, jak i funkcjonalne, co daje ogromne możliwości. Niestety pozyskiwanie wielkich ilości informacji obrazowych ma swoją drugą stronę, polegającą na tym, że informacje te trzeba umiejętnie zinterpretować, żeby wyciągnąć na ich podstawie właściwe wnioski o charakterze diagnostycznym, terapeutycznym lub prognostycznym. Nie każdy lekarz to potrafi, a dodatkowo szybki postęp w zakresie aparatury obrazującej prowadzi do tego, że gdy już odpowiedni specjalista nabierze wprawy w interpretacji obrazów dostarczanych przez jeden typ aparatury – do użytku wchodzi aparat nowej generacji, dostarczający zobrazowania obiektywnie doskonalsze, ale wymagające nabywania nowej praktyki w ich ocenie i poprawnym wykorzystaniu. W dodatku obrazów do interpretacji przybywa, gdyż jedno badanie tomografem spiralnym może dostarczyć nawet kilkuset obrazów dla jednego pacjenta.

Wymienione okoliczności powodują, że pod adresem fizyków i inżynierów zajmujących się obrazowaniem medycznym formułowane są postulaty ze strony środowiska medycznego, że konieczne są nowe narzędzia informatyczne wspomagające proces analizy i interpretacji obrazu. Postulaty te są dobrze spełniane w obszarze związanym z analizą obrazów. Współczesne techniki segmentacji obrazu, angiografii, adaptacyjnych konturów, rekonstrukcji 3D, wirtualnej endoskopii, obrazowania dynamicznego itp. pozwalają wygodnie zobaczyć wszystko, co na obrazie medycznym zobaczyć trzeba.

Gorzej ze wspomaganiami interpretacji obrazu. Techniki automatycznego rozpoznawania obrazów, rozwinięte dla takich prostych zastosowań jak rozpoznawanie znaków alfanumerycznych, odcisków palców albo czołgów na zdjęciach lotniczych – okazują się dramatycznie nieprzydatne przy próbach ich wykorzystania do bardziej zaawansowanych czynności związanych z diagnostyczną interpretacją obrazu medycznego. Z tego powodu autorzy tej pracy od kilku lat rozwijają technikę nazwaną automatycznym rozumieniem obrazów medycznych. W ramach referatu przedstawiona będzie istota tej techniki oraz podane będą kryteria jej odróżnienia od bardziej znanej techniki automatycznego rozpoznawania, z którą bywa ona często mylona.

TRANSMISJA INFORMACJI W MÓZGU

K.J. Blinowska, M. Kamiński, R. Kuś

Zakład Fizyki Biomedycznej, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

W ostatnim czasie możemy zaobserwować duży rozwój metod obrazowania biomedycznego. W dziedzinie badania mózgu wiele informacji dostarczyły fMRI (funkcjonalny magnetyczny rezonans jądrowy) i PET (pozytonowa emisyjna tomografia). W szczególności ta pierwsza metoda charakteryzuje się bardzo dobrą przestrzenną zdolnością rozdzielczą. Jednak fMRI dostarcza nam pośredniej informacji na temat czynności elektrycznej mózgu ponieważ mierzone jest utlenowanie krwi, które posiada tylko pośredni związek z aktywnością neuronów (komórek nerwowych). Zapis czynności elektrycznej mózgu – EEG (elektroencefalogram) jest bezpośrednio związany z czynnością neuronów. Rozdzielczość przestrzenna EEG jest niższa niż fMRI, natomiast zaletą EEG jest prostota pomiaru i stosunkowo niski jego koszt, dobra rozdzielczość czasowa, możliwość wyodrębnienia rytmów, które mają różne role informacyjne. Dobra rozdzielczość czasowa pozwala na analizę współdziałania struktur w dynamicznym procesie analizy informacji.

Do analizy wzajemnych zależności między sygnałami stosowano tradycyjnie funkcję korelacji (w przestrzeni czasu) lub funkcję koherencji (w przestrzeni częstości). Próby oceny kierunku przepływu informacji na podstawie korelacji lub koherencji zwykłych prowadziły zazwyczaj do niejednoznacznych, a często mylnych wyników.

W 1991 roku wprowadziliśmy estymator nazwany kierunkową funkcją przejścia (*Directed Transfer Function* – DTF), który pozwala na wyznaczenie kierunku i natężenia transmisji między strukturami. Funkcja DTF może być traktowana jako uogólnienie zasady przyczynowości Grangera na dowolną ilość kanałów. Znajduje ona coraz szersze zastosowanie do badania relacji kierunkowych. Między innymi była stosowana do lokalizacji ognisk padaczkowych, do oceny propagacji sygnału EEG w różnych stadiach snu, do oceny transmisji między strukturami mózgu w zadaniach behawioralnych.

Następnym krokiem było wprowadzenie przez nas krótko-czasowej funkcji przejścia – SDTF, która pozwala na określenie transmisji w mózgu jako funkcji czasu i częstości. Funkcja ta została wykorzystana do oceny propagacji w zadaniach motorycznych i kognitywnych. Znalezione topograficzne czasowo-częstościowe wzorce transmisji między strukturami mózgu w trakcie wykonywania czynności motorycznej, jej wyobrażania oraz w trakcie wykonywania testu uwagi ciągłej. W teście ruchowym zaobserwowano zwiększoną propagację między strukturami motorycznymi w przypadku wyobrażenia. W teście kognitywnym między innymi zaobserwowano zaangażowanie kory przed-czołowej i transmisję związaną z procesem aktywnej inhibicji. Wyniki dobrze korespondowały z danymi otrzymanymi przy pomocy fMRI, wnosząc dodatkowo informację o zależnościach kierunkowych i dynamice procesów. Transmisja między strukturami mózgu zostanie przedstawiona przy pomocy animacji komputerowych.

DŹWIĘKI UCHA – MODY REZONANSOWE W EMISJACH OTOAKUSTYCZNYCH

Wiesław Jędrzejczak

Inst. Fizjologii i Patologii Słuchu

CZASOWO-ROZDZIELCZE POMIARY OPTYCZNE W OCENIE UTLENOWANIA I UKRWIENIA MÓZGU

Adam Liebert, Michał Kacprzak, Piotr Sawosz, Daniel Milej, Roman Maniewski

Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN

Spektroskopia w bliskiej podczerwieni (ang. near infrared spectroscopy – NIRS) jest nieinwazyjną optyczną metodą pozwalającą na przyłózkową ocenę utlenowania mózgu. Metoda ta opiera się na zróżnicowaniu właściwości spektralnych hemoglobiny utlenowanej i zredukowanej. Pomiar przeprowadzany jest na głowie w geometrii reflektancyjnej przy odległościach pomiędzy punktem emisji i detekcji promieniowania rzędu kilku cm. Technika oceny rozkładów czasów przelotu fotonów pozwala na eliminację wpływu utlenowania tkanek zewnątrzmoźgowych na mierzone sygnały zmian stężeń hemoglobiny utlenowanej i zredukowanej. W skonstruowanym w IBIB PAN przyrządzie zastosowano pikosekundowe lasery półprzewodnikowe, szybkie fotopowielacze oraz elektronikę do skorelowanego w czasie zliczania pojedynczych fotonów. Wykorzystanie wielokanałowego systemu fotodetekcji pozwala na ocenę przestrzenną mierzonych sygnałów na powierzchni głowy osoby badanej. Do analizy zmierzonych danych zastosowano metodę dyskryminacji głębokości z wykorzystaniem momentów statystycznych rozkładów czasów przelotu fotonów (liczby fotonów, średniego czasu przelotu fotonów i wariancji rozkładu). Przeprowadzono badania symulacji propagacji światła w wielowarstwowym ośrodku optycznie mętnym z zastosowaniem techniki Monte Carlo. Wykazano, że wariacja rozkładu jest w niewielkim stopniu czuła na zmiany absorpcji w tkankach zewnątrzmoźgowych i wykazuje znaczną czułość na zmiany absorpcji kory mózgowej. Te wnioski teoretyczne potwierdzono w pomiarach na fantomach fizycznych tkanek. Pomiar przeprowadzono na modelach jednorodnych, warstwowych oraz zawierających niejednorodności symulujące zlokalizowane zmiany utlenowania kory mózgowej. Przeprowadzono ocenę możliwości wykorzystania zaproponowanej metody w badaniach *in-vivo*. Badano zmiany stężenia hemoglobiny utlenowanej i zredukowanej podczas testów stymulacji motorycznej i wzrokowej. Wykazano wzrost utlenowania tkanki kory mózgowej wynikający ze wzmożonego zapotrzebowania na tlen stymulowanej tkanki nerwowej odpowiednio w obszarze ruchowym i wzrokowym.

Wykazano także wstępnie możliwość zastosowania skonstruowanego przyrządu w pomiarze szybkości napływu i klirensu optycznego środka kontrastującego. Przeprowadzono badania na zdrowych ochotnikach, u których podano dożylnie zieleń indocyjaninową i zaobserwowano napływ tego barwnika analizując sygnały reflektancji dyfuzyjnej oraz jego fluorescencji. W perspektywie metoda ta może być zastosowana w ocenie ukrwienia kory mózgowej.

ZASTOSOWANIA JĄDROWEGO REZONANSU MAGNETYCZNEGO DO BADANIA 'IN VIVO' DYNAMIKI PROCESÓW FIZJOLOGICZNYCH

Piotr Bogorodzki

Politechnika Warszawska

Współczesne tomografy Rezonansu Magnetycznego (MRI) umożliwiają trójwymiarowe obrazowanie 'in vivo' wybranej objętości ciała ludzkiego w czasie rzeczywistym. Ten czterowymiarowy (4D) tryb obrazowania stwarza unikalne możliwości cyfrowego zapisu dynamiki procesów fizjologicznych zachodzących w żywym organizmie, i co niezwykle ważne, bez szkodliwego wpływu zdrowotnego. Obrazowanie 4D 'in vivo' lokalnych zmian koncentracji naturalnego środka cieniującego, jakim jest odtleniona hemoglobina (dHB), umożliwia pośrednie badanie procesów mózgowych człowieka, ponieważ zmiany koncentracji dHB związane są z aktywnością neuronów.

W niniejszej prezentacji przedstawione zostaną zagadnienia związane z detekcją oraz analizą obrazu MRI modulowanego koncentracją dHB. Na podstawie sygnału noszącego nazwę Blood Oxygenation Level Dependent (BOLD) obliczane są mapy odwzorowujące w skali kolorowej prawdopodobieństwo reakcji na zastosowany rodzaj stymulacji. Po dyskryminacji mapy te używane są powszechnie do lokalizowania tzw. aktywacji, czyli miejsc w mózgu reagujących na zastosowany rodzaj bodźca.

Sposób stymulacji, aparatura wspomagająca (np. układy rejestracji czasów reakcji pacjenta, stymulator motoryczny etc) oraz poszukiwanie nowych metod analizy sygnału BOLD to obszary aktywnych badań w tej dziedzinie. W trakcie wykładu przedstawiony zostanie zarys metodyki prowadzenia eksperymentów fMRI oraz opis aparatury i oprogramowania wykorzystywanego w pracowni autora do stymulacji fMRI. Dodatkowo, przedstawione zostaną nowe metody analizy sygnału BOLD wykorzystujących odpowiedzi pochodzące z wybranych obszarów anatomicznych lub fizjologicznych noszących nazwę MRR (Mean Regional Response). Cechy krzywych MRR można zastosować w dalszej analizie z zastosowaniem dowolnych metod, takich jak ANOVA, MANOVA, etc. mających na celu analizę danych pochodzących z różnych grup pacjentów.

Ze względu na możliwość zastosowania metodyki MRR do klasyfikacji zagadnienie praktyczny charakter takich jak np. detekcja prawdomówności, automatyczna diagnostyka czy dyskryminacja i klasteryzacja obszarów w fMRI spoczynkowym.

ASPEKTY FIZYCZNE I ROZWÓJ OBRAZOWANIA MAGNETYCZNO-REZONANSOWEGO

Henryk Figiel¹, Tomasz Skórka²

¹*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza,
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30*

²*Instytut Fizyki Jądrowej PAN, 31-342 Kraków ul. Radzikowskiego 152*

Obrazowanie oparte na zjawisku magnetycznego rezonansu jądrowego (OMR) jest metodą o dużym, ugruntowanym już znaczeniu tak w diagnostyce medycznej jak i badaniach modeli zwierzęcych *in vivo*. Jednocześnie jest to metoda podlegająca ciągłemu intensywnemu rozwojowi. Spośród różnych technik obrazowania stosowanych w medycynie daje unikalne możliwości uzyskania precyzyjnych obrazów pozwalających rozróżnić tkanki w oparciu o ich specyficzne właściwości fizyczne takie jak np. gęstość protonowa, czasy relaksacji czy składowe tensora dyfuzji wody. Jednocześnie jest metodą bezpieczną dla zdrowia pacjenta. Metoda rozwija się wielokierunkowo, zarówno w stronę technologii związanych z zastosowaniem silnych pól magnetycznych (3.0 T i więcej) jak i pól niskich (~ 0.2 T). Silne pola magnetyczne pozwalają na skrócenie czasu badania przy zachowaniu wysokiej czułości i rozdzielczości oraz umożliwiają wykonywanie precyzyjnych badań spektroskopii lokalnej istotnych dla rozpoznania wielu chorób (np. choroby Alzheimera) czy badań funkcjonalnych. Systemy obrazowania w niskich polach wydają się zdobywać szczególne uznanie jako dedykowane do badań specjalistycznych, np. dla potrzeb ortopedii, reumatologii czy dermatologii. Rozwijane są również zastosowania OMR do badań śródoperacyjnych, wykonywania zdalnych operacji (np. mózgu) przy ciągłym monitorowaniu OMR, zastosowania OMR do monitoringu „*in situ*” terapii hadronowej. Prowadzone są badania mające na celu zminimalizowanie gabarytów źródeł pola magnetycznego, wprowadzenie czulszych cewek w.cz. z nadprzewodników wysokotemperaturowych, testowane są możliwości uzyskania innych niż klasyczne dla tej metody sposobów kodowania przestrzennego. Ciekawym i obiecującym kierunkiem jest tzw. obrazowanie molekularne z użyciem wysokoefektywnych środków kontrastowych specyficznych dla znaczników procesów biologicznych oraz wykorzystaniu zjawiska rezonansu dla jąder innych niż protony.

NURSE-ECG W DIAGNOSTYCE KARDIOLOGICZNEJ

Ryszard Krzyminiewski

Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Elektrokardiografia wysokiej rozdzielczości sygnałowej (NURSE-ECG) jest nową metodą badań w diagnostyce kardiologicznej opracowaną w Zakładzie Fizyki Medycznej Wydziału Fizyki Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu. Metoda ta powstała na bazie cyfrowej elektrokardiografii. Jej istotą jest numeryczne zwiększenie rozdzielczości sygnałowej, udoskonalenie, a w konsekwencji znaczne rozszerzenie możliwości diagnostycznych standardowego elektrokardiogramu. Dzięki tej metodzie możliwe stało się wykrywanie niewidocznych w standardowym elektrokardiogramie stosunkowo niewielkich zmian w aktywności elektrycznej poszczególnych fragmentów mięśnia sercowego spowodowanych np. niedokrwieniem, wpływem leku, rehabilitacją czy przebytym zawałem.

Wynikiem analizy NURSE-ECG jest tabela wartości aktywności elektrycznych poszczególnych fragmentów mięśnia sercowego odniesiona do standardu osoby zdrowej oraz informacja o procesie depolaryzacji i miejscach uszkodzonych w mięśniu sercowym.

Badania serca metodą NURSE-ECG prowadzone są w Zakładzie Fizyki Medycznej WF UAM przy współpracy z kilkoma szpitalami w Polsce. Baza danych zawiera ok. 5000 elektrokardiogramów wysokiej rozdzielczości pacjentów z różnymi schorzeniami kardiologicznymi oraz ludzi zdrowych.

Na podstawie tej bazy opracowano statystycznie:

1. model podziału mięśnia sercowego na fragmenty, którym przypisano wektory kierunkowe w ortogonalnym układzie Franka ,
2. normę, wzorzec osoby zdrowej w wieku 30-60 lat oraz 20-30 ,
3. kryteria charakteryzujące wyniki badań metodą NURSE-ECG osób z udokumentowanym zawałem np. ściany dolnej ,
4. korelację wyników badań uzyskanych metodą tomografii emisyjnej SPECT oraz metody NURSE-ECG ,
5. korelację wyników koronarograficznych oraz wyników NURSE-ECG .

Wykazano wysoka czułość i specyficzność NURSE-ECG w zakresie wykrywania nieprawidłowości procesu depolaryzacji mięśnia sercowego

Opracowano system monitoringu telemedycznego MONTE (www.monte.amu.edu.pl). Najważniejszym zadaniem systemu jest zaawansowane, numeryczne przetwarzanie zarejestrowanych zapisów elektrokardiograficznych metodą NURSE-ECG oraz wykorzystanie wiedzy i doświadczenia specjalistów do oceny zapisów elektrokardiograficznych nadesłanych drogą internetową z oddalonych ośrodków medycznych.

NAJNOWSZE WYNIKI POMIARU STRUMIENIA NEUTRIN SŁONECZNYCH W EKSPERYMENCIE BOREXINO

M. Wójcik – Kolaboracja BOREXINO

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński

Celem uruchomionego w maju 2007 roku eksperymentu BOREXINO jest pomiar strumienia niskoenergetycznych neutrin słonecznych w czasie rzeczywistym. Eksperyment jest zlokalizowany w środkowych Włoszech, w podziemnym laboratorium w Gran Sasso na głębokości około 1300 m. Słońce jest silnym źródłem neutrin elektronowych produkowanych w reakcjach termojądrowych w cyklu proton-proton oraz cyklu CNO. Detekcja neutrin słonecznych pozwala uzyskać informacje zarówno o procesach zachodzących we wnętrzu naszej najbliższej gwiazdy jak i o fundamentalnych własnościach samych neutrin. System ponad 2200 dużych 20 cm fotopowielaczy rejestruje światło generowane przez rozpraszające się na elektronach neutrina w 278 tonach ciekłego scyntylatora. Po odrzuceniu zdarzeń rozpoznanych jako tło generowane przez promieniowanie zewnętrzne oraz nieuniknione mikrosładowe zanieczyszczenie komponentów samego detektora izotopami promieniotwórczymi, uzyskuje się znakomite widmo monoenergetycznych neutrin słonecznych ${}^7\text{Be}$. Do analizy wykorzystywane są zdarzenia z przedziału energii 250–800 keV, z której wynika, iż neutrina ${}^7\text{Be}$ o energii 0.862 MeV wywołują $49 \pm 3(\text{stat}) \pm 4(\text{syst})$ zliczeń/(dzień·100 ton). Gdyby oscylacje neutrin nie występowały, sygnał byłby większy i wynosiłby 74 ± 4 zliczeń/(dzień·100 ton). Niskoenergetyczna część widma neutrin słonecznych jest wrażliwa na ewentualną niezerową wartość momentu magnetycznego neutrina co pozwoliło określić jego górną granicę na $5.5 \cdot 10^{-11} \mu\text{B}$. Niższe od oczekiwanego tło detektora BOREXINO pozwoli także badać także neutrina z cyklu CNO oraz neutrina *pep* o ile powiedzie się identyfikacja i redukcja zdarzeń wywołanych przez kosmogeniczny ${}^{11}\text{C}$.

POSZUKIWANIE PODWÓJNEGO BEZNEUTRINOWEGO ROZPADU BETA ^{76}Ge W EKSPERYMENCIE GERDA

M. Wójcik – kolaboracja GERDA

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński

Podwójny bezneutrinowy rozpad beta ^{76}Ge będzie poszukiwany w eksperymencie GERDA uruchamianym w podziemnym laboratorium Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Warunkiem powodzenia tych pomiarów jest osiągnięcie bezprecedensowo niskiego tła układu detekcyjnego zbudowanego z wielu kryształów germanu, wzbogaconego w izotop ^{76}Ge . Kryształy germanu, bez żadnych obudów, zanurzone będą bezpośrednio w cieczy kriogenicznej. Kriostat ze stali nierdzewnej zawierał będzie 70 m^3 ciekłego argonu, który będzie ochładzał i zarazem osłaniał kryształy przed promieniowaniem zewnętrznym. W pierwszym etapie wykorzystane będą, używane wcześniej w eksperymentach HD-Moscow i IGEX diody o łącznej masie około 17 kg, pozbawione standardowych obudów metalowych. Zakładana znaczna redukcja tła, do poziomu 0.01 zliczenia/(keV·kg·rok) pozwoli po roku prowadzenia pomiarów zweryfikować wcześniejsze doniesienia o zaobserwowaniu podwójnego bezneutrinowego rozpadu beta i rozstrzygnąć czy neutrino jest cząstką typu Diraca czy też Majorany. W drugiej fazie zainstalowane będą nowe detektory germanowe o masie ponad 35 kg, które są obecnie budowane i testowane. Zakładamy osiągnięcia tła na poziomie 0.001 zliczenia/(keV·kg·rok), co pozwoli wyznaczyć dolną granicę na półokres bezneutrinowego rozpadu ^{76}Ge na poziomie $1.5 \cdot 10^{26}$ lat oraz górną granicę efektywnej masy Majorany rzędu 0.12 eV.

EKSPERYMENT T2K

Danuta Kielczewska

UW

SUNLAB (SIEROSZOWICE UNDERGROUND LABORATORY)

Agnieszka Zalewska

IFJ PAN

Podziemne laboratoria specjalizują się w badaniach podstawowych z dziedziny fizyki i astrofizyki cząstek, a także geofizyki i fizyki jądrowej, oraz w zastosowaniach w postaci pomiarów materiałowych i biologiczno-medycznych, wykonywanych w warunkach niskiego tła. Istnieje światowe zapotrzebowanie na nowe, w tym bardzo duże, podziemne laboratoria.

W Europie studium wykonalności wielkich podziemnych komór, dla detektorów o masie 105–106 kton, wypełnionych wodą (MEMPHYS), ciekłym argonem (GLACIER) lub ciekłym scyntylatorem (LENA), prowadzone jest w ramach projektu LAGUNA (FP7-INFRASTRUCTURES-2007-1, project number 212343, 1.07.2008 – 30.06.2010) z udziałem przedstawicieli 24 instytucji naukowych oraz inżynierów z 5 specjalistycznych firm z 10 krajów europejskich, w tym Polski. Oddział Zakłady Górnicze Polkowice – Sieroszowice, wchodzący w skład holdingu KGHM Polska Miedź S.A., jest jedną z 7 potencjalnych lokalizacji przyszłego pan-europejskiego laboratorium. Czasokres wykorzystania laboratorium szacuje się na 30 lat.

Obecnie w prace dla laboratorium SUNLAB zaangażowani są polscy fizycy i astrofizycy z 7 instytucji naukowych oraz inżynierowie z 3 naukowych instytucji technicznych, wspierani przez interdyscyplinarny zespół ekspertów z O/ZG Polkowice – Sieroszowice. Polskie grupy, we współpracy z międzynarodowym zespołem eksperymentu ArDM dla poszukiwań cząstek Ciemnej Materii, pracują nad możliwością prowadzenia tego eksperymentu w laboratorium SUNLAB. Wymaga to uruchomienia małego laboratorium przed końcem 2010 roku.

PERSPEKTYWY DETEKCJI NEUTRIN SKRAJNIE WYSOKICH ENERGII

Dariusz Góra

IFJ PAN

EFEKT SHAPIRO DLA CZĄSTEK RELATYWISTYCZNYCH

Marek Kutschera

UJ

PLAZMA NISKOTEMPERATUROWA – SPEKTROSKOPIA OPTYCZNA PLAZMY

Józef Musielok

Instytut Fizyki Uniwersytetu Opolskiego, ul Oleska 48, 45-052 Opole

W badaniach niskotemperaturowej plazmy powszechnie wykorzystywane są nieinwazyjne metody spektroskopii emisyjnej. W wystąpieniu zostaną zaprezentowane przykładowe wyniki badań prowadzonych w ośrodku opolskim, które dotyczą m.in. wyznaczania głównych parametrów charakteryzujących niskotemperaturową plazmę wytwarzaną w dwóch źródłach:

- wysoko-prądowym stabilizowanym ścianą kaskadowym łuku elektrycznym, w którym panują warunki zbliżone do stanu lokalnej równowagi termodynamicznej (LRT) względnie stanu częściowej LRT;
- tzw. wyładowaniu barierowym – Dielectric Barrier Discharge (DBD), generowanym w szczelinie gazowej pomiędzy płasko-równoległymi „elektrodami” wykonanymi z materiału o bardzo dużej stałej dielektrycznej.

Plazma niskotemperaturowa wytwarzana w łuku elektrycznym stabilizowanym ścianą charakteryzuje się bardzo dobrą stabilnością zarówno krótko- jak i długo-czasową. Przy gęstościach elektronów rzędu 10^{21} – 10^{23} m⁻³, liczba zderzeń pomiędzy elektronami i ciężkimi składnikami plazmy sprzyja ustaleniu się warunków równowagi termodynamicznej. Przy temperaturach elektronowych od 8000 do 15000 K skutkuje to efektywnym obsadzaniem stanów wzbudzonych molekuł, atomów i jednokrotnie zjonizowanych atomów i w efekcie powoduje silną emisję promieniowania elektromagnetycznego (dyskretnego i ciągłego) w obszarze ultrafioletowym, widzialnym i podczerwonym widma.

Drugie z wymienionych źródeł plazmy zasilane jest sinusoidalnym napięciem o amplitudzie od kilkuset do kilku tysięcy woltów. W szczelinie gazowej pomiędzy „elektrodami” powstaje duża liczba mikro-wyładowań elektrycznych. Plazma wytworzona w tych mikro-wyładowaniach jest typową plazmą nierównowagową. Jej diagnostyka w oparciu o rejestrowane promieniowanie, wymaga stosowania detekcji fazo-czułej oraz uwzględnienia faktu, iż promieniowanie emitowane przez plazmę jest spolaryzowane.

Dobrze zdiagnozowana plazma stwarza też korzystne warunki do wyznaczania stałych atomowych w oparciu o pomiar parametrów jej promieniowania, takich jak prawdopodobieństwa przejść linii widmowych, czy też stałych charakteryzujących efekt Starka, spowodowany oddziaływaniem atomów z polami elektrycznymi plazmy. W warunkach gęstej, niskotemperaturowej plazmy efekt Starka ma bowiem decydujący wpływ na kształt obserwowanych linii widmowych atomów i jonów. Znajomość wyżej wymienionych stałych atomowych ma ogromne znaczenie m.in. przy interpretacji widm pochodzących od obiektów astrofizycznych. Znajomość stałych struktury atomowej jest także niezbędna dla przeprowadzenia diagnostyki plazm laboratoryjnych i technicznych w oparciu o parametry zarejestrowanego promieniowania plazmy. Eksperymentalnie wyznaczone prawdopodobieństwa przejść linii widmowych mają również kluczowe znaczenie dla weryfikacji wyników obliczeń stałych struktury atomowej, uzyskiwanych w oparciu o współczesne zaawansowane kody numeryczne, stosowane do opisu oddziaływań wewnątrzatomowych.

Prezentacja będzie zilustrowana:

1. Wynikami badań tzw. efektu odmieszania (demixing effect) w plazmie łukowej, polegającym na „nierównomiernym” rozkładzie przestrzennym poszczególnych składników plazmy, spowodowanym dyfuzją atomów, jonów i elektronów pod wpływem występujących w plazmie gradientów jej głównych parametrów, m.in. pola elektrycznego.

2. Wynikami analizy promieniowania w linii wodorowej H_{α} , zarejestrowanego z obszaru wyładowania barierowego oraz opracowaną metodą umożliwiającą wyznaczenie lokalnej wartości natężenia pola elektrycznego w tym wyładowaniu.
3. Porównaniem doświadczalnie wyznaczonych prawdopodobieństw przejść linii widmowych dla kilku wybranych atomów lekkich pierwiastków z wynikami uzyskanymi na drodze obliczeniowej.
4. Zaproponowaniem dwóch zestawów „termometrycznych” linii widmowych neutralnego azotu i tlenu, umożliwiających łatwe i dokładne wyznaczenie temperatury elektronowej w oparciu o prawo Boltzmanna i zmierzone natężenia wybranych linii widmowych.
5. Badaniami kształtu linii widmowych neutralnego tlenu formowanych w plazmie łukowej i porównaniem zmierzonych parametrów profili z wynikami obliczeń teoretycznych.

DIAMENT JAKO DETEKTOR CZĄSTEK ALFA W EKSTREMALNYCH WARUNKACH SYNTEZY TERMOJĄDROWEJ W TOKAMAKACH JET I ITER

Krzysztof Drozdowicz, Jan Dankowski, Barbara Gabańska, Barbara Marczevska,
Tomasz Nowak, Urszula Woźnicka

IFJ PAN

W europejskim obszarze badawczym wyodrębniony został na szczególnych zasadach program syntezy termojądrowej. Program, koordynowany przez Wspólnotę Energii Atomowej EURATOM, ma doprowadzić do zbudowania pierwszego Międzynarodowego Eksperymentalnego Reaktora Syntezy Termojądrowej, ITER (ang.: International Thermonuclear Experimental Reactor). Jest to największe przedsięwzięcie naukowe z dziedziny fizyki jądrowej i energetyki.

Mierzenie właściwości plazmy jest największym zadaniem stojącym przed naukowcami. Wiedza na temat najważniejszych parametrów plazmy takich jak temperatura, gęstość, straty radiacyjne jest niezbędna dla zrozumienia zachowania plazmy wysokotemperaturowej. Ponieważ plazma zamknięta w stalowej komorze posiada ekstremalne właściwości, to konwencjonalne metody pomiaru nie znajdują zastosowania. Metody diagnostyczne plazmy mają zwykle charakter innowacyjny i zawsze odnoszą się do procesów fizycznych, z których dopiero czerpie się informacje na temat poszczególnych parametrów.

Aby zainicjować reakcję syntezy w plazmie deuterowej lub deuterowo-trytowej należy plazmę podgrzać za pomocą mikrofal lub innych metod do odpowiedniej temperatury. Świadectwem reakcji syntezy są m.in. wysokoenergetyczne jądra atomów helu, cząstki α , obdarzone dużą energią kinetyczną. Energia ta oraz pole magnetyczne utrzymujące plazmę powodują, że cząstki alfa są ponownie kierowane do wnętrza sznura plazmowego, gdzie na skutek zderzeń z innymi cząstkami plazmy podgrzewają ją. Zjawisko to powoduje dalsze ogrzewanie plazmy umożliwiając kontynuację reakcji fuzji. Część cząstek alfa opuszcza jednak sznur plazmowy i staje się swoistym produktem spalania, popiołem zachodzącej reakcji fuzji. Cząstki te nazywane żargonowo „lost alphas” lub „escaping alphas” stanowią duże wyzwanie pomiarowe. W tym zakresie dużą rolę przywiązuje się do możliwości wykorzystania detektorów diamentowych.

Diamenty jako detektory wysokoenergetycznych cząstek alfa pracujące wewnątrz komory reaktora okazują się wydajniejsze i odporniejsze od detektorów krzemowych i germanowych. Użycie diamentu jako materiału do konstrukcji detektorów stosowanych w diagnostyce wysokoenergetycznej plazmy umożliwia uzyskanie informacji na temat profilu tworzenia się cząstek alfa, a także na temat wydajności ogrzewania plazmy. Diament jako półprzewodnik charakteryzuje się szeroką przerwą energetyczną $E_g=5,5$ eV, posiada słabą przewodność termiczną, a co za tym idzie nie wymaga chłodzenia przy wyższych temperaturach otoczenia, co jest bardzo korzystne z konstrukcyjnego punktu widzenia. Niska stała dielektryczna oraz duża ruchliwość ładunków powodują, że diamenty dają szybką odpowiedź czasową oraz wysokie wzmocnienie sygnału.

W 2008 roku IFJ PAN przystąpił do realizacji pierwszego, dwuletniego etapu projektu europejskiego „Escaping fast alpha diagnostics”. W ramach tego projektu opracowujemy metodę detekcji cząstek alfa, w ekstremalnych warunkach wnętrza komory tokamaka. Badania te mają bardzo wysoki priorytet w ramach rozwoju diagnostyk pomiarowych dla plazmy wysokotemperaturowej.

POMIARY PARAMETRÓW STRUG PLAZMOWYCH

Ewa Pawelec, Stephane Mazouffre

*Instytut Fizyki, Uniwersytet Opolski, Oleska 48, 45-056 Opole
ICARE, CNRS, 1c Av. de la Recherche Scientifique, 45071 Orleans, France.*

Strugi plazmowe są stosowane w wielu dziedzinach, tak do zastosowań stricte technologicznych (np. pokrycia diamentowe) jak i naukowych. Jednym z możliwych zastosowań jest tworzenie plazmowych tuneli aerodynamicznych, gdzie można testować rozmaite obiekty w warunkach wejścia w górne warstwy atmosfery planetarnej, podczas którego dookoła obiektu tworzy się bardzo rozrzedzona plazma. Warunki w takiej plazmie zależą od prędkości ruchu obiektu i od parametrów atmosfery – jej składu i ciśnienia, co można zasymulować wstawiając obiekty w różnych strefach strugi plazmowej, zmieniając przepływ gazu strugi oraz moc energii przekazywanej do niej przez plazmotron. Aby jednak móc zastosować taki tunel aerodynamiczny, należy dokładnie zbadać parametry tworzonej w nim plazmy.

Plazma w niskociśnieniowej strudze plazmowej znajduje się w bardzo różnych warunkach w zależności od odległości od dyszy plazmotronu, natomiast jest kilka cech wspólnych dla wszystkich rejonów:

- poza rejonem fali uderzeniowej gęstość cząstek jest tak mała, że praktycznie brak jest przekazu energii przez zderzenia, więc stosunek populacji atomów/molekuł w różnych stanach energetycznych jest praktycznie taki sam jak w plazmotronie, a jedynym sposobem utraty energii wzbudzenia jest radiacja
- gęstość elektronów jest bardzo mała, więc profil linii widmowych (tak w emisji, jak i w absorpcji) nie jest zaburzony przez efekt Starka
- gwałtowne rozprężenie gazu powoduje, że temperatura translacyjna cząstek ciężkich staje się bardzo niska, na dodatek zależy ona od kierunku – tak energię kinetyczną atomów i jonów w kierunku strugi jak i w poprzek niej można opisywać (w większości rejonów) rozkładem Maxwella, ale dla różnych kierunków będzie on miał różną szerokość, dla kierunku poprzecznego mniejszą, dla podłużnego większą.

Pomiędzy dyszą plazmotronu a czołową falą uderzeniową znajduje się rejon plazmy zdecydowanie naddźwiękowej, $M > 1$, częściowo z powodu dużej prędkości przepływu plazmy ($\sim 5000\text{m/s}$), częściowo ze względu na niską prędkość dźwięku w tym rejonie, związaną z niską temperaturą gazu. W fali uderzeniowej prędkości te ulegają wyrównaniu.

Do badania takiej plazmy stosuje się następujące techniki:

- klasyczną spektroskopię emisyjną, tak z użyciem linii atomowych jak i pasm molekularnych, tak w wysokiej jak i w niskiej rozdzielczości – do pomiaru populacji stanów wzbudzonych, temperatur translacyjnych (z profilu dopplerowskiego linii), temperatur oscylacyjnych i rotacyjnych molekuł, oszacowania prędkości plazmy (przesunięcie dopplerowskie linii)
- spektroskopię laserową – absorpcję, LIF (Laser Induced Fluorescence) do pomiaru populacji poziomów długożyciowych (np. metastabilnych), a także do precyzyjnego i zlokalizowanego pomiaru prędkości i rozkładu energii kinetycznej atomów i jonów.

W tej pracy pokazane są wyniki badań parametrów plazmy w źródle plazmowym PHEDRA znajdującym się w laboratorium ICARE w Orleanie, dla różnych mieszanek gazów roboczych (argon, argon z azotem, powietrze, CO_2 , atmosfera marsjańska).

METALICZNE WARSTWY NADPRZEWODZĄCE DLA AKCELERATORÓW LINIOWYCH

R. Nietubyc¹, M.J. Sadowski¹, J. Sekutowicz², P. Strzyżewski¹

¹ Instytut Problemów Jądrowych im Andrzeja Sołtana, 05-400 Otwock-Świerk

² DESY, Hamburg, Niemcy

Rozwój techniki przyspieszania elektronów decyduje o możliwości przeprowadzania unikalnych doświadczeń w dziedzinie cząstek elementarnych oraz oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z materią. Istotnymi parametrami wiązki elektronowej określającymi możliwości doświadczalne w tych dziedzinach są energia elektronów oraz natężenie prądu wiązki. W latach 80. ubiegłego wieku w strukturach przyspieszających zastosowano nadprzewodzące wnęki rezonansowe wykonane z niobu. Technologia ta umożliwiła od uruchomienia akceleratora CEBAF (*Continuous Electron Beam Accelerator Facility*) do najnowszego urządzenia – lasera na swobodnych elektronach FLASH (*Free Electron Laser in Hamburg*) zwiększenie natężenia elektrycznej składowej elektromagnetycznego pola przyspieszającego od 2 MV/m do 40 MV/m. W ten sposób, dzięki uzyskanej wysokiej energii elektronów i protonów umożliwiono przeprowadzenie niedostępnych w inny sposób doświadczeń. Dalszy wzrost natężenia pola uniemożliwiają indukowana emisja elektronów ze ścian wnęki oraz lokalne wychodzenie niobu ze stanu nadprzewodnictwa. Te niekorzystne zjawiska są związane z budową, szczególnie powierzchniowymi własnościami blachy niobowej, z której w procesie mechanicznej obróbki formowane są wnęki rezonansowe. Możliwości rozwoju tej technologii zostały wyczerpane z powodu trudności w uzyskaniu materiału czystego i pozbawionego defektów związanych z obróbką powierzchni. Niedoskonałości te powodują ograniczenia wytrzymałości wnęk na silne pole elektryczne. Obiecującą metodą w tej dziedzinie jest osadzanie mikrometrycznej grubości warstw niobu na wewnętrznych ścianach wnęk. Pozwala to na wyeliminowanie obróbki warsztatowej i zastąpienie jej procesem prowadzonym w bardzo czystych warunkach.

Inne zadanie związane jest z brakiem nadprzewodzącego materiału emisyjnego do wytwarzania fotokatod dla dział elektronowych do akceleratorów. Zmuszało to do stosowania dział elektronowych z wykorzystaniem normalnie przewodzących wnęk miedzianych. W związku z dużą ilością ciepła wydzielającą się na skutek przepływu prądu w ścianach wnęk, konieczna jest praca w mili-sekundowych impulsach i wielokrotne wzbudzenie układu wnęk energią rzędu megawatów. Istotnym postępowaniem w tej dziedzinie jest opracowywane nadprzewodzące niobowe działo elektronowe z nadprzewodzącą ołowianą katodą. W IPJ (Instytut Problemów Jądrowych w Świerku) zaprojektowano i zastosowano metodę osadzania warstw metalicznych w warunkach ultra-wysokiej próżni za pomocą wyładowania łukowego. Zaletami tej metody w porównaniu do innych metod osadzania warstw, np. rozpylania magnetronowego, są duża zwartość i czystość tworzonej warstwy uzyskane odpowiednio dzięki wysokiej energii docierających do podłoża jonów oraz wyeliminowaniu gazu roboczego. Omawiana metoda wykorzystuje transport jonów metalu w kanale wyładowania łukowego od katody wykonanej z czystego Nb do podłoża. Jony poruszają się dzięki pędowi przekazywanemu im przez emitowane z katody elektrony, których strumień osiąga natężenie rzędu 109 A/m². W ten sposób możliwe jest osiągnięcie przyrostu warstwy rzędu 10⁻⁹ m/s.

Technologia wytwarzania cienkich warstw nadprzewodzących jest rozwijana z myślą o akceleratorach liniowych dla laserów na swobodnych elektronach pracujących w modzie fali ciągłej ze szczególnym uwzględnieniem polskiego projektu POLFEL w IPJ. Prace te są częścią wspólnych badań prowadzonych wraz z laboratoriami europejskimi zrzeszonymi w programie EuCARD (*European Coordination for Accelerator Research and Development*). Wyniki prowadzonych w IPJ badań stanowią oryginalny wkład do podejmowanych na świecie przedsięwzięć w dziedzinie fizyki i technologii akceleratorowej.

LASERY I TECHNIKA LASEROWA W ANALIZIE I RESTAURACJI DZIEŁ SZTUKI

Jan Marczak

Instytut Optoelektroniki WAT, 00-908 Warszawa, ul. Generała S. Kaliskiego 2

Zachowanie dziedzictwa kulturowego dla przyszłych pokoleń jest jednym z najważniejszych obowiązków i zadań każdego społeczeństwa. Jest to zadanie wymagające ścisłej, interdyscyplinarnej współpracy między konserwatorami, archeologami, historykami sztuki, kuratorami muzeów z jednej strony a chemikami, fizykami i architektami uczestniczącymi w tym wyjątkowo interesującym obszarze zagadnień. Szczególnie ważne dla zrozumienia dziedzictwa kultury są badania naukowe, a bardzo istotny jest wkład nauk fizycznych i chemicznych w odkrywaniu bogatej informacji zawartej w dziełach. Współcześnie dla celów diagnostycznych dzieł sztuki opracowano wiele specjalistycznych nieniszczących metod badawczych w oparciu o technikę laserową. Głównym celem nieniszczących analiz fizyko-chemicznych, jest identyfikacja warstw wierzchnich dzieł sztuki oraz określenie stanu ich zachowania i struktury. Z kolei głównym celem procesu oczyszczania jest, jak najmniejsza ingerencja w materię zabytkową – podłoże. Zastosowanie techniki laserowej i optoelektroniki daje możliwość nieniszczących analiz i pełnej kontroli procesu przy usuwaniu nawarstwień z bezcennych powierzchni. Selektywne i precyzyjne działania „kolorowych” wiązek światła stanowi podstawową zaletę bezinwazyjnego działania na nawarstwienia, mniej lub bardziej przylegającego do powierzchni dzieła. W artykule przedstawia się i omawia obszary zastosowań laserów w konserwacji, ze szczególnym uwzględnieniem nieniszczących fizyko-chemicznych i strukturalnych metod analizy ich powierzchni, a także zalety i wady wykorzystania impulsowego promieniowania laserowego w restauracji, w usuwaniu warstw wierzchnich, w procesie ablacji laserowej. Omówiono je na podstawie doświadczeń zdobytych w okresie ponad dziesięciu lat i oczyszczeniu kilkudziesięciu bezcennych obiektów w kraju, jak i za granicą, współpracując głównie z Międzyuczelnianym Instytutem Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki z siedzibą w Warszawie i Krakowie.

BADANIA PLAZMY WYTWARZANEJ LASEREM ODDZIAŁYWUJĄCYM Z ELEMENTAMI WEWNĘTRZNYMI KOMORY TOKAMAKA

J. Wołowski¹, P. Gąsior¹, J. Hoffman², M. Kubkowska¹, Z. Szymański²

¹*Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie, Asocjacja EURATOM*

²*Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie*

Efektywna generacja energii termojądrowej na skalę ekonomicznie opłacalną wymaga rozwiązania różnych problemów naukowych dotyczących głównie uzyskania odpowiednich parametrów plazmy, w której zachodzą reakcje syntezy oraz różnych problemów technologicznych. W toroidalnych pułapkach magnetycznych typu tokamak szeroko stosowanych do grzania i utrzymywania plazmy termojądrowej jednym z ważniejszych problemów jest gromadzenie się atomów paliwa termojądrowego (deuteru i trytu) w warstwie tak zwanego kodepozytu narastającej na powierzchni ścianek komory tokamaka w czasie kolejnych wyładowań plazmowych. W skład tej warstwy oprócz podstawowego materiału ścianek komory plazmowej (węgiel, wolfram lub beryl) wchodzi domieszki (zanieczyszczenia) innych materiałów pochodzących z elementów układów pomiarowych i urządzeń dla dodatkowego grzania plazmy. Gromadzące się izotopy wodoru stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa pracy układu termojądrowego i muszą być systematycznie usuwane. Jedną z najbardziej obiecujących metod usuwania kodepozytu bazuje na zastosowaniu laserowego odparowaniu warstwy powierzchniowej z elementów wewnętrznych komory plazmowej wraz z zasorbowanym deuterem i trytem.

W IFPiLM w Warszawie prowadzone są badania laserowego usuwania kodepozytu z elementów wewnętrznych tokamaka z użyciem repetytywnego lasera neodymowego dla ablacji i jonizacji kodepozytu na powierzchni elementów wewnętrznych tokamaka. Efektywność tego procesu była badana na podstawie pomiaru właściwości plazmy kodepozytowej za pomocą diagnostyk jonowych i spektroskopii optycznej.

Dla optymalizacji procesu usuwania kodepozytu przeprowadzono serie badań w różnych warunkach eksperymentalnych. Ładunki i liczbą jonów oraz ich rozkłady energetyczne i kątowne mierzono za pomocą kolektorów jonów i elektrostatycznego analizatora energii jonów. Porównano widmo energetyczne jonów emitowanych z plazmy wytwarzanej laserem przed procesem odparowania z widmem jonów generowanych laserem po 50 strzałach lasera. Po tych 50 strzałach zaobserwowano całkowite usunięcie kompozytu zawierającego deuter. Do kontrolowania procesu laserowego odparowania kodepozytu za pomocą spektroskopii optycznej zastosowano spektrometr dyfrakcyjny, którym wydzielono w rejestrowanym widmie charakterystyczne linie spektralne węgla i deuteru. Podczas kolejnych strzałów laserowych mierzono stosunek intensywności obu linii świadczący o ubywaniu deuteru w warstwie kodepozytu usuwanego systematycznie wiązką laserową. Eksperyment wykonano wspólnie z zespołem z IPPT PAN w Warszawie.

Uzyskane wyniki wskazują na dużą efektywność technologii laserowego usuwania kodepozytu oraz na możliwość kontrolowania tego procesu za pomocą diagnostyk jonowych i spektroskopii optycznej. Powyższe prace realizowane były w ramach projektów objętych europejskim programem EURATOM.

MODELOWANIE METODĄ MONTE CARLO ROZPRASZANIA NEUTRONÓW PRĘDKICH, EMITOWANYCH PRZEZ ŹRÓDŁO TYPU PLASMA-FOCUS, NA OBIEKTACH ZAWIERAJĄCYCH MATERIAŁY WYBUCHOWE ORAZ POWSZECHNEGO UŻYTKU

Krzysztof Drozdowicz, Urszula Wiącek, Barbara Gabańska,
Ryszard Miklaszewski, Vladimir Gribkov

IFJ PAN

Duża intensywność i krótki czas trwania impulsu neutronowego (~ 10 ns) emitowanego przez układ Plasma-Focus umożliwia zastosowanie metody czasu przelotu (*time-of-flight*, TOF) do analizy energetycznego widma neutronów rozproszonych na badanym obiekcie. Przeprowadzone dotychczas w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie wstępne badania teoretyczne (modelowanie przy pomocy kodu MCNP) oraz badania eksperymentalne zrealizowane w laboratorium Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie wydają się potwierdzać przydatność takiej metody do detekcji niebezpiecznych materiałów ukrytych np. w bagażach lotniczych, kontenerach itp.

Zakłada się, że badany obiekt jest naświetlany bardzo krótką, skolimowaną wiązką neutronów monoenergetycznych ze źródła typu plasma-focus, o energii 2.45 MeV (z reakcji D-D) lub 14 MeV (z reakcji D-T), o dużej intensywności (~ 109 dla źródła D-D i ~ 1011 dla źródła D-T). Obiekt rozprasza neutrony we wszystkich kierunkach, a energia rozproszonych neutronów zależy od przekroju czynnego na rozpraszanie, czyli od rodzaju neutronów wchodzących w skład materiału obiektu, kąta rozproszenia oraz energii neutronów pierwotnych. Ponieważ w zależności od rodzaju jądra rozpraszającego neutrony rozproszone mają różne energie, obserwuje się ich skomplikowane widmo energetyczne, zależne od składu atomowego badanego obiektu. Zatem informacja o składzie atomowym badanego obiektu zawarta jest w polu neutronów rozproszonych.

Czas przelotu (TOF) rozproszonych neutronów na drodze od obiektu do detektora jest miernikiem energii tych neutronów. Detektory umieszczone pod różnymi kątami (w stosunku do osi padania wiązki neutronów) pozwalają na otrzymanie kąтового rozkładu strumienia neutronów rozproszonych. Dla identyfikacji tego składu nieznanego obiektu jest potrzebne stworzenie bazy charakterystyk rozproszeniowych (tj. sygnałów rejestrowanych przez sondy neutronowe) dla związków podstawowych pierwiastków wchodzących w skład większości materiałów.

W niniejszej pracy prezentowane są wyniki symulacji komputerowej metodą Monte Carlo rozkładu czasowego pola neutronów rozpraszanych pod różnymi kątami na różnych materiałach (materiały wybuchowe, materiały powszechnego użytku). Modelowanie wykonywane jest przy użyciu kodu transportowego MCNP5.

SPEKTROSKOPIA OPTYCZNA IMPULSOWYCH STRUMIENI PLAZMY I ICH ODDZIAŁYWAŃ Z RÓŻNYMI TARCZAMI

E. Składnik-Sadowska¹, M.J. Sadowski^{1,2}, K. Malinowski¹, M. Scholz²

¹*Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana, 05-400 Otwock-Świerk*

²*Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, 01-497 Warszawa*

W pracy przedstawiono niektóre wyniki badań plazmy metodami spektroskopii optycznej, które uzyskano w dwóch urządzeniach: układzie RPI-IBIS w Świerku i układzie PF-1000 w Warszawie. Układ RPI-IBIS był wyposażony w koaksjalne elektrody wielopętlowe o średnicach 90 mm i 130 mm, długości czynnej 200 mm, zbudowane z cienkich drutów molibdenowych, rozmieszczonych symetrycznie wokół osi układu [1]. Wyładowania plazmowe inicjowano – po impulsowym napuszczeniu gazu roboczego (H₂, D₂ lub N₂) do obszaru między-elektrodowego – wysoko-napięciowym impulsem z baterii kondensatorów 32 μF, 30 kV. Ważnym parametrem był czas opóźnienia τ inicjacji wyładowania w stosunku do momentu rozpoczęcia iniekcji gazu. Integralne zdjęcia promieniowania widzialnego plazmy wykonano za pomocą kamery CCD z różnymi filtrami optycznymi. Rozwinięte w czasie pomiary spektroskopowe przeprowadzono spektrometrem Mechelle[®]900, który umożliwiał rejestrację widma w przedziale 300-1100 nm, z czasem ekspozycji w granicach od 100 ns do 50 ms. Obserwacje w kierunku prawie prostopadłym do osi symetrii iniektora wykonano dla strumieni plazmowych propagujących swobodnie w próżni oraz oddziaływujących z różnymi tarczami. Analiza spektroskopowa dotyczyła linii jonów gazu roboczego i jonów z materiału elektrod (molibden), a w eksperymentach z tarczami – linii jonów pochodzących z badanej tarczy (np. wolfram). Zarejestrowano zmiany widma optycznego plazmy w zależności od początkowych warunków gazowych i określono typowe reżimy (mody) pracy iniektora. Przy małych wartościach opóźnień ($\tau < 140$ μs) stwierdzono występowanie licznych jonów molibdenu, natomiast przy większych wartościach ($\tau > 160$ μs) zaobserwowano głównie jony gazu roboczego. Zależnie od reżimu pracy iniektora maksymalne gęstości elektronowe n_{emax} w odległości 10 cm od końców elektrod zmieniały się w granicach $(1,5-3) \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, a temperatury elektronowe T_e w granicach 1–5 eV. Specjalną uwagę poświęcono zbadaniu oddziaływania strumienia plazmy z tarczą z folii wolframowej. Pomiary spektroskopowe przy powierzchni tarczy umieszczonej w odległości 10 cm od końców elektrod wykazały generację warstwy plazmy zawierającej liczne jony wolframu. Na podstawie zidentyfikowanych linii WI i WII oszacowano, że n_{emax} osiągała wartość 10^{17} cm^{-3} , a wartość średnia gęstości ok. $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.

Podobne pomiary spektroskopowe wykonano w wielkim układzie Plasma-Focus PF-1000 w Warszawie [2], w którym badano swobodny strumień plazmowy oraz jego oddziaływanie z tarczą węglową na podłożu z miedzi (C/Cu). Obserwacje wykonane w odległości 8 cm od wylotu elektrod wykazały, że najpierw pojawiają się intensywne linie Balmerowskie deuteru, a po ok. 3 μs linie jonów zanieczyszczeń, np. CuII and CIII. W odległości $d = 8$ cm n_{emax} osiągało ok. $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Pomiary wykonane przy powierzchni tarczy C/Cu wykazały, że strumień plazmy deuterowej wywołuje powstanie gęstej warstwy plazmy węglowej. Oprócz linii deuteru zarejestrowano liczne linie CI-CIV, a po ok. 20 μs również linie CuI-CuIII. Oszacowano, że gęstość warstwy plazmowej n_e malała od wartości 10^{18} cm^{-3} do ok. 10^{16} cm^{-3} , a jej temperatura T_e od ok. 8 eV do 2 eV.

Wykazano, że układy plazmowe RPI-IBIS oraz PF-1000, poza badaniami podstawowymi, są przydatne również do badań materiałowych.

1. E. Składnik-Sadowska, K. Malinowski, M.J. Sadowski et al., J. Nucl. Mat. **390-391** (2009) 847.

2. E. Składnik-Sadowska, K. Malinowski, A. Marchenko et al., AIP CP Vol. 993 (2008) **365**.

ZASTOSOWANIE PLAZMY LASEROWEJ DO IMPLANTACJI JONÓW W CELU UZYSKIWANIA NOWOCZESNYCH MATERIAŁÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH

M. Rosinski, P. Parys, J. Wołowski

*Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy,
01-497 Warszawa, ul. Hery 23, Poland, e-mail: rosinski@ifpilm.waw.pl*

Dynamiczny rozwój mikroelektroniki wiąże się z koniecznością stosowania nowoczesnych technologii mających na celu opracowywanie i rozwój nowoczesnych materiałów i struktur półprzewodnikowych. Ich wytwarzanie opiera się na stosowaniu różnego rodzaju domieszek jak również wytwarzania w materiałach podłoża tzw. nanokryształów czyli struktur posiadających wymiary rzędu pojedynczych do setek nanometrów i przez to odznaczających się specyficznymi właściwościami elektronicznymi i fizycznymi.

Spośród różnych metod wytwarzania warstw półprzewodnikowych na szczególną uwagę zasługuje metoda implantacji jonowej przy wykorzystaniu laserów impulsowych. W metodzie tej jako źródło stanowiących domieszkę jonów używa się plazmy generowanej impulsami promieniowania laserowego. Oddziaływanie wiązki laserowej o dużej mocy powoduje gwałtowną ewaporację i ablację powierzchni ciała stałego, a uwolnione cząsteczki zostają rozbite na atomy i ulegają jonizacji. Prędkość oraz ilość generowanych w ten sposób jonów zależy od gęstości mocy oraz parametrów wiązki lasera. W celu uzyskania odpowiednich właściwości wytwarzanych warstw (koncentracja, głębokość warstwy) potrzebny jest precyzyjny dobór właśnie tych parametrów.

Badania prowadzone w Oddziale Plazmy Laserowej Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy mają na celu opracowanie wytwarzania zaimplantowanych warstw o pożądanych parametrach na podłożach półprzewodnikowych, metalicznych oraz polimerowych. Do eksperymentów wykorzystywany jest impulsowy laser Nd:YAG dostarczający ok. 3 ns impulsów o energii ~0,6 J z częstotliwością repetycji do 10 Hz. Wiązka laserowa o średnicy ok. 6 mm i długości fali 1060 nm kierowana jest do komory próżniowej gdzie skupiana jest na targecie będącym źródłem jonów. Jako przyrządy pomiarowe charakteryzujące parametry wytwarzanej plazmy stosowane są kolektory jonów oraz elektrostatyczny analizator energii jonów. Urządzenia te pozwalają na obliczenie rozkładu energetycznego jonów, rozkładu krotności jonizacji oraz składu chemicznego badanej próbki w oparciu o czas przelotu jonów na znanym dystansie między targetem a detektorem.

W celu uzyskania wąskiego przedziału energetycznego implantowanych jonów koniecznego do uzyskania warstw o określonych stosowany jest elektrostatyczny układ przyspieszania i odchylania jonów sterowany generatorem impulsów wysokiego napięcia.

Program badawczy realizowany jest przy współpracy z licznymi europejskimi ośrodkami naukowymi, które zajmują się dalszą obróbką wytwarzanych w IFPiLM próbek (wygrzewanie mające na celu powstawanie nanokryształów) oraz charakteryzacją zaimplanowanych warstw metodami inżynierii materiałowej (RBS, XPS, mikroskopia elektronowa, itp.).

FIZYCZNA CHARAKTERYSTYKA ZŁĄCZA PLAZMA-KATODA WYŁADOWANIA JARZENIOWEGO W GAZIE

Z. Wroński

*Instytut Fizyki UMCS, pl. M. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin
e-mail: zdzislaw.wronski@poczta.umcs.lublin.pl*

Strukturę złącza plazma-katoda (P-K) wyładowania w gazie normuje wiele czynników w tym rodzaj i ciśnienie gazu (p) z zespołem przekrojów czynnych na oddziaływania w fazie plazmy oraz zamierzona gęstość (j_a) prądu wyładowania. Wyładowanie „samoczynnie dobiera” wtórne parametry charakterystyczne: katodowy spadek potencjału U_{cf} , na obszarze fazy plazmy złącza jak i rozmiar L_{cf} tego obszaru. Plazma złącza P-K jak i cienka warstwa przypowierzchniowa katody są obiektami silnie niejednorodnymi tak w przestrzeni rzeczywistej jak i w przestrzeni energii, etc. Te niejednorodności opisywane są przez funkcje rozkładów energetyczno-kątowo-przestrzennych poszczególnych składników plazmy: elektronów, jonów, etc. Znajomość rozkładów jest ważna z punktu widzenia aplikacji złącza: rozpylania plazmowego, utylizacji szkodliwych związków chemicznych, etc., czy też użycie złącza jako „palnika” w badaniach składu substancji metodą spektroskopii optycznej.

W prezentacji przedstawiona zostanie „fizyka” złącza P-K jednowymiarowego wyładowania przy ciśnieniach rzędu tora, w tym idea i wyniki modelowania struktury obszaru przykatodowego metodami numerycznymi. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na funkcje rozkładów aktywnych cząsteczek plazmy i na specjalne charakterystyki, np. wydajności rozpylania materiału katody i dysocjacji gazów molekularnych, czy efektywność emisji linii widmowych badanych cząsteczek, etc.

Zaprezentowane zostaną też wyniki eksperymentalnych badań złącza P-K w tym: absolutne współczynniki rozpylania katody tak plazmą gazów szlachetnych jak i gazów molekularnych, przestrzenne rozkłady emisji linii widmowych jak i jej zależność od fundamentalnych parametrów wyładowania (p , j_a , U_{cf} , etc.). Wyniki pomiarów zostaną zweryfikowane w świetle faktów modelowania złącza P-K, którego użycie jest niezbędne do oszacowania absolutnych współczynników rozpylania, etc.

Referowane będzie złącze P-K wyładowania jarzeniowego różnych układów gaz-materiał katody: katodami: Ne/Fe ... O₂/Al, dla których to charakterystyki złącza P-K są zdecydowanie różne. Relatywnie małe moce deponowania energii w złączu, rzędu 1 W/cm², pozwalają na założenie wyraźnej granicy pomiędzy fazą ciała stałego i fazą plazmy.

Prezentowane modelowanie może być użyte po modyfikacji do opisu bardziej „energetycznych” złącz, np. tych plazma-ciało stałe w urządzeniach z nadzieją na fuzję.

DŹWIĘK CHAOSU

Piotr Pierański

PP

O PROJEKCIE FENIKS

Antoni Pędziwiatr

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

W wystąpieniu omówione zostaną założenia, cele, organizacja oraz pierwszy etap realizacji zadań ponadregionalnego programu rozwijania umiejętności uczniów w zakresie kompetencji kluczowych, ze szczególnym uwzględnieniem nauk matematyczno-przyrodniczych, technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) – projekt Feniks.

Projekt realizowany jest przez konsorcjum trzech uniwersytetów (UJ Kraków – lider, UJK Kielce, UR Rzeszów) ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny Kapitał Ludzki – konkurs nr 1/POKL/3.3.4/08. W projekcie uczestniczy 250 szkół (gimnazja i licea) z obszaru trzech województw: małopolskiego, świętokrzyskiego i podkarpackiego. Grupą docelową są uczniowie gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych w liczbie 2 500 w pierwszym okresie realizacji, a docelowo ok. 4 500 uczniów.

Głównym podmiotem działań projektu Feniks jest uczeń, który dobrowolnie chce rozwijać swoje zainteresowania naukami ścisłymi. Podstawowym celem projektu jest rozwijanie kompetencji kluczowych uczniów poprzez skorelowane, urozmaicone i poszerzone prezentowanie zjawisk fizycznych w oparciu o doświadczenia (pokazowe i pomiarowe) wykonywane przez uczniów i nauczycieli. Wiodącą metodą dydaktyczną jest własnoręczne wykonywanie doświadczeń („na żywo”) oraz ich analiza i multimedialna prezentacja uzyskanych wyników.

**PREZENTACJA SYMULACJI FIZYKI W CZASIE
RZECZYWISTYM NA PRZYKŁADZIE GIER
KOMPUTEROWYCH, A TAKŻE O „EUROPEJSKIEJ AKADEMII
GIER” – WSPÓLNEJ INICJATYWIE KRAKOWSKICH UCZELNI**

Paweł Węgrzyn

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

Symulacje fizyki w czasie rzeczywistym nabrały dużego znaczenia w ostatnich latach dzięki rozwojowi sprzętu komputerowego, zwłaszcza procesorów graficznych. Są istotną częścią tworzenia współczesnych gier komputerowych oraz symulatorów używanych do treningu różnych umiejętności (piloci, chirurdzy, kierowcy, operatorzy unikalnych sprzętów). Gracze oczekują realistycznych i stabilnych zachowań postaci i przedmiotów w otaczających ich wirtualnych światach. Ponieważ rezultat ma być osiągnięty w krótkim czasie z założeniem dużej jakości obrazu, wymaga to stosowania innych metod od tych, które mogą być używane w symulacjach typu off-line. W końcowej części wykładu zostanie przedstawiona działalność Europejskiej Akademii Gier w Krakowie.

Wtorek

UKŁADY NISKO-WYMIAROWE

Jakub Tworzydło

UW

NANOTECHNOLOGIA NA POWIERZCHNIACH MATERIAŁÓW Z DUŻĄ PRZERWĄ ENERGETYCZNĄ

Marek Szymoński

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

Gwałtowny rozwój metod skaningowej mikroskopii bliskiego pola (znanych pod potocznie używanymi skrótami angielskojęzycznymi STM i AFM) umożliwił prowadzenie badań morfologii i właściwości fizycznych struktur o ograniczonej wymiarowości z niespotykaną do tej pory rozdzielczością. Szczególnie interesującym platformą dla takich badań są rozległe, atomowo uporządkowane powierzchnie monokryształów o stosunkowo dużej przerwie wzbronionej i o strukturze wynikającej albo bezpośrednio z termodynamicznej rekonstrukcji powierzchni, lub otrzymanej w rezultacie procesu nanostrukturyzacji wiązką jonową, elektronową lub fotonową.

Tematem wykładu będą badania procesów adsorpcji i organizacji atomów metali oraz molekuł organicznych na powierzchniach tlenków i halogenków metali prowadzące do wytworzenia nanostruktur nadających tym powierzchniom nowe właściwości i umożliwiające pełnienie wyspecjalizowanych zadań w wielu dziedzinach nauki i praktyki. Ponieważ organizacja adsorbatów metalicznych i organicznych jest często utrudniona ze względu na stosunkowo słabe oddziaływania pomiędzy naniesionym materiałem a podłożem, odpowiednie przygotowanie struktury powierzchni podłoża w skali nanometrowej pozwala na znaczne podniesienie stabilności tworzonych nanostruktur. Na przykład samoorganizacja może być z powodzeniem uzyskana wzdłuż monoatomowych krawędzi tarasów lub wewnątrz nanometrowych wnęk uzyskiwanych w procesie desorpcji powierzchni wiązką elektronową. Dalsza modyfikacja architektury powstających nanostruktur możliwa jest także przy pomocy manipulacji w skali atomowej przy pomocy ostrzy mikroskopów skaningowych bliskiego pola. W końcowej części wykładu przedstawione będą zastosowania sterowanej funkcjonalizacji powierzchni w elektronice molekularnej, w produkcji 2 i 3 wymiarowych struktur metaloorganicznych, oraz w biofunkcjonalizacji powierzchni dla potrzeb diagnostyki i terapii medycznej.

EFEKT GIGANTYCZNEGO MAGNETOOPORU I JEGO KONSEKWENCJE

Józef Barnaś

*Wydział Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza
i Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Poznań*

Istnienie dwóch dobrze zdefiniowanych kanałów spinowych dla transportu elektronowego w ferromagnetycznych metalach prowadzi do zjawiska gigantycznego magnetooporu (GMR) w magnetycznych strukturach warstwowych, w których warstwy ferromagnetyczne przedzielone są warstwami niemagnetycznego metalu. Odkrycie [1,2] i sukces związany z praktycznym wykorzystaniem tego efektu doprowadził do powstania nowej gałęzi elektroniki (a tym samym i fizyki układów mezoskopowych), tzw. magnetoelektroniki (spintroniki). Fizycznym źródłem efektu są zależne od spinu procesy rozpraszania [3,4]. Dalszą konsekwencją odkrycia efektu GMR było wyłonienie się spintroniki jedno-elektronowej [5], półprzewodnikowej [6] oraz molekularnej.

Inną ważną konsekwencją istnienia dwóch różnych kanałów spinowych (a tym samym i odkrycia efektu GMR) jest zjawisko indukowanego prądem magnetycznego przełączania [7]. Zjawisko to jest konsekwencją transferu spinu (momentu pędu) od elektronów przewodnictwa do lokalnej magnetyzacji. Tak generowany moment siły działający na moment magnetyczny warstwy może powodować przejścia między różnymi (quasi)równowagowymi orientacjami magnetyzacji. W pewnych warunkach, indukowany prądem moment siły może generować przejścia do stanów dynamicznych, w których energia jest pompowana ze źródła prądu do układu magnetycznego. Szczególnie interesujące są układy, w których generacja stanów precesyjnych w zakresie częstości mikrofalowych zachodzi bez konieczności stosowania zewnętrznego pola magnetycznego [8,9]. Efekt indukowanego prądem magnetycznego przełączania występuje nie tylko w układach cienkowarstwowych, ale również w innych układach mezoskopowych, np. w molekularnych magnetykach [10].

- [1] M.N. Baibich, J.M. Broto, A. Fert, F.N. Van Dau, F. Petroff, P. Etienne, G. Creuzet, A. Friederich, J. Chazelas, *Phys.Rev. Lett.* 61, 2472 (1988).
- [2] G. Binasch, P. Grünberg, F. Saurenbach, W. Zinn, *Phys.Rev. B* 39, 4828 (1989).
- [3] R.E. Camley, J. Barnaś, *Phys. Rev. Lett.* 63, 664 (1989).
- [4] J. Barnaś, A. Fuss, R.E. Camley, P. Grünberg, W. Zinn, *Phys. Rev. B* 42, 8110 (1990).
- [5] J. Barnaś, A. Fert, *Phys. Rev. Lett.* 80, 1058 (1998).
- [6] T Dietl, H. Ohno, F. Matsukura, J. Cibert, D. Ferrand, *Science* 287. no. 5455, (1019).
- [7] J.C. Slonczewski, *J. Magn. Magn. Mater.* 159, L1 (1996); 195, L261 (1999).
- [8] J. Barnaś, A. Fert, M. Gmitra, I. Weymann, and V. K. Dugaev, *Phys. Rev. B* 72, 426 (2005).
- [9] O. Boulle, V. Cros, J. Grollier, L.G. Pereira, C. Deranlot, F. Petroff, G. Faini, J. Barnaś, A. Fert, *Nature Physics* 3, 492 (2007).
- [10] M. Misiorny, J. Barnaś, *Phys. Rev. B* 75, 134425 (2007); 76, 54448 (2007).

GRANICE POZNANIA

Krzysztof Meissner

UW

W wykładzie przedstawione zostaną problemy fizyki cząstek elementarnych i kosmologii, które mimo ogromnego wysiłku nie zostały rozwiązane i wszystko wskazuje na to, że wymagają zupełnie nowych idei, by nas do rozwiązania przybliżyć. Do problemów takich należą m.in. problem stałych sprzężenia i mas w Modelu Standardowym, problem stałej kosmologicznej, sformułowanie kwantowej grawitacji. Omówione zostaną niektóre dotychczasowe próby wyjaśnienia i powody, dla których próby te nie wydają się satysfakcjonujące.

KWANTOWE ZJAWISKA KRYTYCZNE W FERROMAGNETYCZNYCH ZWIĄZKACH URANU

Dariusz Kaczorowski

Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław

Jednym z głównych nurtów badań silnych korelacji elektronowych w ciałach stałych są obecnie zagadnienia niestabilności fazowej, ze szczególnym uwzględnieniem kwantowych zjawisk krytycznych. Bliskość przejścia fazowego w temperaturze absolutnego zera silnie modyfikuje charakterystyki fizyczne układu w skończonych temperaturach, prowadząc w efekcie do pojawienia się anomalnych zachowań, które opisywane są w literaturze jako własności nielandauowskich cieczy fermionów (ang. non-Fermi liquid; NFL). Pomimo wysiłków bardzo wielu grup badawczych na świecie nie udało się dotąd opracować spójnej teorii układów NFL, a konstruowane modele zazwyczaj są w stanie poprawnie opisać tylko pojedyncze, wybrane przypadki i to niekiedy jedynie fragmentarycznie (np. tylko niektóre charakterystyki termodynamiczne). W szczególności wysoce problematyczne jest zagadnienie kwantowego punktu krytycznego w układach ferromagnetycznych, który wprawdzie został przewidziany przez teorię fal gęstości spinowej, ale którego istnienie nie zostało jak dotąd jednoznacznie udowodnione eksperymentalnie.

W wykładzie omówione zostaną najnowsze rezultaty badań własności magnetycznych, transportowych i cieplnych stechiometrycznych związków uranu UGe_2 , URhGe , UCoGe i UCoSi_2 , ze szczególnym uwzględnieniem wyników własnych zespołu wrocławskiego. Dyskusja przeprowadzona będzie pod kątem zjawisk charakterystycznych dla silnych korelacji elektronowych, a w szczególności własności typu NFL i niekonwencjonalnego nadprzewodnictwa, występujących w pobliżu postulowanych dla tych układów kwantowych punktów krytycznych o charakterze ferromagnetycznym.

ZJAWISKA KRYTYCZNE W ZWIĄZKACH MIĘDZYMETALICZNYCH ZALEŻNE OD ROZMIARÓW NANOZIAREN

Bogdan Idzikowski

|Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Poznań

Współpraca: Z. Śniadecki, B. Mielniczuk (IFM PAN, Poznań), D. Kaczorowski (INTiBS PAN, Wrocław), R. Puzniak, A. Wiśniewski (IF PAN, Warszawa)

Zjawiska ciężkofermionowe (np. anomalne wartości ciepła właściwego czy minimum oporu elektrycznego w niskich temperaturach) badane są głównie w związkach polikrystalicznych lub, w celu uzyskania danych rozstrzygających, z wykorzystaniem monokryształów. W niewielkim stopniu tego typu problematyka podejmowana jest w odniesieniu do faz amorficznych, a prawie wcale dla substancji nanokrystalicznych. Skuteczną metodą wytwarzania w materiale magnetycznym zróżnicowanych objętości frakcji krystalicznej jest precyzyjnie wygrzewanie (odpowiednia temperatura i czas) stopów amorficznych, o składach chemicznych zapewniających powstawanie nano- i mikrostruktury (nanotechnologia typu *top-down*) [1].

Składy poddane przez nas szczegółowym badaniom zawierają pierwiastek ziem rzadkich Ce, oraz Cu i Al. Metodą gwałtownego chłodzenia fazy ciekłej (*melt spinning*) wytworzyliśmy w pełni amorficzne stopy $Y_xCe_{50-x}Cu_{42}Al_8$ w postaci taśm, których struktura była modyfikowana poprzez wygrzewanie, tworząc w ten sposób nanokompozyty metaliczne [2]. Poznaliśmy własności stopów ze strukturą ziarnistą w skali nano i w stanie amorficznym, co np. dla stopów dwuskładnikowych CeAl już wcześniej okazało się niezwykle interesujące [3].

Ostatnio wykazaliśmy, że w procesie *melt spinning* możliwe jest wytworzenie nie tylko stechiometrycznych związków międzymetalicznych o metastabilnej strukturze krystalicznej, ale także wieloskładnikowych stopów o strukturze amorficznej oraz mieszanej (faza amorficzna i faza/fazy krystaliczne) [4]. W oparciu o te wyniki wiemy, jak stosując odpowiednie prędkości chłodzenia ciekłego stopu, wytworzyć materiały o strukturze kompozytowej bez konieczności ich wygrzewania, redukując jednocześnie ilość składników stopu do dwóch: CeAl, YAl.

Badania rentgenowskie jednoznacznie identyfikują w stopie CeAl nanokrystaliczną fazę o strukturze typu CICs (grupa przestrzenna $Pm-3m$), która osadzona jest w matrycy amorficznej. Jest to faza metastabilna i dlatego na krzywych kalorymetrycznych w temperaturach $T_{x1}=274^\circ\text{C}$ i $T_{x2}=352^\circ\text{C}$ uwiadcniają się dwa efekty egzotermiczne związane z krystalizacją. Całkowita entalpia ΔH tych procesów wynosi około 20 J/g. Zaobserwowano również efekty endotermiczne poniżej temperatury T_{x1} , co może świadczyć o poliamorficznym charakterze struktury matrycy [3].

Badana namagnesowania w funkcji temperatury wykazały, że faza nanokrystaliczna porządkuje się ferromagnetycznie w temperaturze bliskiej 21 K i jest zależna od rozmiarów ziaren. Średnice tych ziaren mieszczą się w przedziale od 10 do 40 nm. Objętość frakcji nanokrystalicznej CeAl można zmieniać poprzez odpowiednią aktywację termiczną, co wpływa między innymi na wartość współczynnika γ . Wcześniej zaobserwowano taką zależność dla stopów CeAl₂ i CePt_{2+x} w stanie nanokrystalicznym [5].

Literatura:

- [1] B. Idzikowski, A. Szajek, J.-M. Greneche, J. Kovac, „Nanogranular Fe_xNi_{23-x}B₆ phase formation during devitrification of nickel-rich Ni₆₄Fe₁₆Zr₇B₂₁Au₁ amorphous alloy”, *Appl. Phys. Lett.* **85**, 2004, 1392
- [2] B. Idzikowski, Z. Śniadecki, B. Mielniczuk, „Crystallization of amorphous Y₅₀Cu₄₂Al₈ alloy”, *Acta Phys. Pol. A* **115** (2009) 147
- [3] H.W. Sheng *et al.*, *Nature Mater.* **6**, 2007, 192
- [4] P. Kerschl, U.K. Roessler, T. Gemming, K.-H. Mueller, Z. Śniadecki, B. Idzikowski, “Amorphous states of melt-spun alloys in the system Dy–(Mn,Fe)₆–(Ge,Al)₆”, *Appl. Phys. Lett.* **90**, 2007, 31903
- [5] S.-W. Han *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 2006, 97204

MAGNETYCZNE UPORZĄDKOWANIE W ULTRACIENKICH WARSTWACH POJEDYNCZYCH ORAZ WIELOWARSTWACH

Maria Tekielak

*Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Fizyki, Zakład Fizyki Magnetyków
ul. Lipowa 41, 15-424 Białystok*

Pojedyncze ultracienkie warstwy magnetyczne oraz układy wielowarstwowe znajdują się w centrum zainteresowania zarówno ze względów poznawczych, jak również z powodu ich zastosowań w technice magnetycznego zapisu/odczytu informacji. Zainteresowanie to wynika ze szczególnych właściwości tych materiałów, wśród których należy wymienić występowanie prostopadłej anizotropii, gigantyczny magnetoopór oraz różnorodne sprzężenia międzywarstwowe w tym oscylacyjne.

W najczęściej badanych obecnie materiałach ferromagnetycznych duża wartość magnetyzacji, poprzez pole odmagnesowujące, preferuje w cienkich warstwach ustawienie wektora magnetyzacji w płaszczyźnie. Zmniejszając grubość d warstwy do skali atomowej obserwuje się silny wkład magnetycznej anizotropii powierzchniowej (związanej ze złamaniem symetrii przy obu powierzchniach magnetyka) prowadzący do uporządkowania magnetyzacji prostopadłego do powierzchni poniżej krytycznej grubości d_l (w przypadku warstw kobaltu d_l jest rzędu 2 nm). Podane będą przykłady sterowania zmianami uporządkowania magnetycznego poprzez zmianę otoczenia ultracienkiej warstwy, to jest struktury pokrycia (na poziomie atomowym) oraz struktury warstwy buforowej w tym jej orientacji. Zmian uporządkowania można również dokonywać poprzez zmianę rozmiarów poprzecznych ultracienkiego magnetyka.

Zaprezentowane zostaną wyniki badań rozkładów magnetyzacji i procesów magnesowania w wielowarstwach $(\text{Co}(d)/\text{Au}(d_{\text{Au}}))_N$ czyli N -krotnie powtórzonej sekwencji ultracienkiej warstwy kobaltu i przekładki złota o grubości d_{Au} . Wybrano odpowiednio duże d_{Au} zapewniające w sprzężeniu międzywarstwowym dominującą rolę oddziaływania magnetostatycznego. Badania wykonano stosując różne techniki eksperymentalne: (i) magnetometrię magnetoopieczną, wykorzystującą polarny i poprzeczny efekt Kerra z możliwością wektorowej analizy zmienności magnetyzacji pod wpływem różnej orientacji pola magnetycznego; (ii) mikroskopię sił magnetycznych MFM; (iii) spektroskopię rezonansu ferromagnetycznego FMR oraz (iv) magnetometrię VSM. Pomiary wykonano w warstwach Co o różnej grubości, a więc różnej anizotropii magnetycznej. W warstwach o grubości $d > d_l$ wzrost liczby powtórzeń N indukuje uporządkowanie magnetyczne z magnetyzacją prostopadłą do powierzchni warstwy. Obserwowana jest pasiasta struktura domenowa o submikronowych rozmiarach. W przypadku $d < d_l$ wzrost liczby powtórzeń N powoduje silne zmniejszenie rozmiarów struktury domenowej do wielkości submikronowych oraz zmianę charakteru krzywych magnesowania – przejście od magnetyka „twardego” do „miękkiego”.

Symulacje mikromagnetyczne potwierdzają jakościowo obserwacje doświadczalne. Zmieniając magnetyczną anizotropię warstwy, ilość powtórzeń N , czy grubość przekładki niemagnetycznej można uzyskiwać gigantyczne zmiany rozmiarów struktury domenowej od wielu metrów do submikrometrów. Przeanalizowano również proces magnetostatycznego sprzęgania się warstw o takiej anizotropii, która powoduje namagnesowanie w płaszczyźnie przy dużej grubości przekładki. W miarę zmniejszania grubości przekładki, poniżej grubości krytycznej, pojawia się rozkład namagnesowania w postaci periodycznie powtarzających się wirów o osiach zorientowanych równolegle do płaszczyzny wielowarstwy. Jest to submikronowa struktura domenowa z prostopadłą składową magnetyzacji.

EFEKTY ROZMIAROWE W ULTRACIENKICH WARSTWACH Fe

Ryszard Zdyb

*Institute of Physics, Maria Curie-Skłodowska University,
Pl. M. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin, Poland**Department of Physics, Arizona State University, Tempe, Arizona, 85287-1504, USA*

W referacie przedstawione zostaną wyniki badań ultracienkich warstw żelaza osadzanych na powierzchni W(110) przy użyciu mikroskopii niskoenergetycznych, spolaryzowanych elektronów SPLEEM.

W pierwszej części referatu przedstawione zostaną wyniki zależnego od spinu odbicia elektronów o energiach z zakresu 0 – 20 eV od warstw Fe o grubościach od 2 do 8 monowarstw (ML). Współczynnik odbicia elektronów wykazuje charakterystyczne oscylacje związane z przejściem cząstki nad studnią potencjału. Różnice w energiach, przy których występują minima i maksima odbicia elektronów z przeciwnie skierowanymi spinami, wynikają z różnych warunków kwantowania występujących dla obu typów elektronów. Analiza krzywych odbicia, wykonana w sposób analogiczny do analizy danych fotoemisji wykorzystującej model akumulacji fazy Bohra – Sommerfelda, pozwala wyznaczyć zależną od spinu strukturę pasmową żelaza powyżej poziomu próżni.

Druga część referatu przedstawia wyniki eksperymentów świadczące o istnieniu efektów skończonych rozmiarów w ciągłej warstwie Fe o grubości 1 ML. Pojedyncza monowarstwa Fe, osadzona na podłożu 2 ML Au/W(110), wykazuje uporządkowanie ferromagnetyczne w temperaturze pokojowej. Wraz ze wzrostem temperatury pojawia się faza paramagnetyczna, a temperatura przejścia ferromagnetyk-paramagnetyk zależy od morfologii podłoża. Jest niższa dla obszarów z dużą gęstością monoatomowych stopni i wzrasta wraz z szerokością tarasów podłoża. Zaobserwowana zależność została powiązana z efektem skończonych rozmiarów wprowadzonym przez występujące na podłożu monoatomowe stopnie.

**FERROELEKTRYKI PO RAZ PIERWSZY, FERROELEKTRYKI
PO RAZ DRUGI, FERROELEKTRYKI PO RAZ...?**

Krystian Roleder

UŚ

ORGANICZNE OGNIWA FOTOWOLTAICZNE

Jerzy Sanetra

*Instytut Fizyki, Politechnika Krakowska, 30 084 Kraków, ul. Podchorążych 1
e-mail: pusanetr@cyf-kr.edu.pl*

W wykładzie przedstawione zostaną związki organiczne i polimery pod kątem zastosowania ich w ogniw fotowoltaicznych. Omówione zostaną typowe struktury dla organicznych ogniw, mechanizmy konwersji światła na energię elektryczną, parametry fotowoltaiczne oraz detale przygotowania komórki.

Obecnie 85% energii produkowanej na świecie pozyskiwanej jest na drodze spalania surowców kopalnych, które są coraz droższe. Globalny pobór mocy na Ziemi jest na poziomie 13,5 TW (1TW=10¹²W), a do 2050 r. przewiduje się zapotrzebowanie ~ 30 TW. Codziennie do Ziemi dociera 170 000 TW energii słonecznej, z czego 600 TW można wykorzystać praktycznie. W styczniu 2007 Parlament Europejski zobowiązał kraje członkowskie do zredukowania do roku 2020 o 20% zużycia energii, zmniejszenia o 20% emisji gazów cieplarnianych oraz zwiększenia do 20% udziału energii ze źródeł odnawialnych.

Powodem dużego zainteresowania polimerami jest możliwość połączenia właściwości mechanicznych „plastików” z właściwościami przynależnymi metalom i półprzewodnikom nieorganicznym. W latach dziewięćdziesiątych XX wieku wzrosło zainteresowanie polimerami skoniugowanymi w aspekcie ich zastosowania w różnych urządzeniach optoelektronicznych takich jak tranzystory organiczne, diody świecące oraz baterie słoneczne. Łatwość przetwórstwa oraz tania technologia tworzenia cienkich warstw różnego rodzaju polimerów sprawiają, że materiały te są atrakcyjne dla zastosowań optoelektronicznych. Punktem wyjściowym do zrozumienia zachowania się polimerów jest poznanie ich struktury atomowej i elektronicznej.

Energia elektryczna wytwarzana przez ogniwa słoneczne jest generalnie droższa od konwencjonalnej, a mimo to staje się coraz bardziej powszechna. Gwałtowny wzrost produkcji w ciągu ostatnich 10 lat – 25% rocznie – wiąże się z budownictwem. Wydaje się, że po zastosowaniu materiałów polimerowych koszty produkcji fotoogniw powinny zmaleć, co zapewni tej technologii większą konkurencyjność. Ponadto moduły fotowoltaiczne o różnym kształcie i kolorystyce umieszczane na dachach i fasadach budynków mogą zastępować tradycyjne materiały budowlane, będąc jednocześnie generatorem energii elektrycznej.

Praca częściowo finansowana w ramach projektu Polsko Singapurskiego/2007/0.

PROCESY RELAKSACYJNE W MATERII MIĘKKIEJ

Stefan Jurga

UAM

SUPER-ARRHENIUSOWSKOŚĆ TEMPERATUROWEJ ZALEŻNOŚCI CZASÓW RELAKSACJI STRUKTURALNEJ W POLIMERACH I MAŁOCZĄSTECZKOWYCH CIECZACH TWORZĄCYCH FAZĘ SZKLISTĄ

Marian Paluch

Uniwersytety Śląski, Instytut Fizyki w Katowicach

Najbardziej charakterystyczną cechą dynamiki molekularnej w trakcie formowania się fazy szklistej jest odstępstwo temperaturowej zależności czasów relaksacji strukturalnej oraz lepkości cieczy od prawa Arrheniusa. Okazuje się bowiem, że zarówno czas relaksacji strukturalnej jak i lepkość cieczy przechłodzonej rosną wskutek obniżania temperatury znacznie szybciej niż to wynika z prawa Arrheniusa. Do niedawna panował pogląd, że takie zachowanie należy wyłącznie wiązać z obniżaniem energii termicznej molekuł. W konsekwencji powstanie fazy szklistej powinno być efektem „zamrożenia” ruchów molekuł wskutek niewystarczającej energii termicznej molekuł niezbędnej do pokonywania międzymolekularnych barier potencjału. W czasie tej prezentacji wykażemy, że nie tylko obniżanie energii termicznej, ale również wzrost upakowania kontroluje charakter temperaturowej zależności czasów relaksacji strukturalnej i lepkości przy zbliżaniu się do fazy szklistej. Nasze wyniki pokazują także w jaki sposób wpływ objętości swobodnej na zmiany czasów relaksacji zależy od rodzaju oddziaływań międzymolekularnych.

FAZY SZKLISTE Z UPORZĄDKOWANIEM DALEKIEGO-ZASIĘGU

Maria Massalska-Arodź

Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Maria.Massalska-Arodz@ifj.edu.pl

Badania zmian własności fizycznych związków organicznych w okolicy temperatury zeszklenia są prowadzone w ostatnich 30-latach bardzo intensywnie. W referacie pokazane będą przykłady takich faz szklistych, w których zamrożone są pewne elementy daleko-zasięgowego uporządkowania molekuł. Dotyczy to translacyjnych stopni swobody dla molekuł w fazach plastycznych oraz w wysoko uporządkowanych fazach smektycznych ciekłych kryształów, a także orientacyjnego uporządkowania długich osi molekuł w fazach nematycznych. Omówione będzie przejście szkliste związane z zahamowaniem ruchów konformacyjnych molekuł w fazach krystalicznych. Zostaną przedstawione szczegóły dynamiki molekuł w okolicy T_g : przede wszystkim relaksacja strukturalna i relaksacje drugorzędowe. Dla nieuporządkowanych faz niskotemperaturowych pokazane zostaną charakterystyczne anomalie, tj. pik bozonowy oraz tunelowanie. Przedstawiony będzie polimorfizm fazy stałej, zaobserwowany takimi metodami jak kalorymetria adiabatyczna, dyfraktometria oraz spektroskopia w podczerwieni, i różnice pomiędzy zeszkleniem a krystalizacją.

DYNAMICZNA KONTROLA SEPARACJI ŁADUNKÓW ELEKTROSTATYCZNYCH W UKŁADACH MIĘKKIEJ MATERII

Piotr Garstecki

Instytut Chemii Fizycznej PAN

Swobodnie zawieszona błonka ciekłokrystaliczna, poddana działaniu oscylującego pola elektrycznego wykazuje bardzo ciekawe niestabilności elektrohydrodynamiczne. Udało nam się pokazać eksperymentalnie, że dla danej amplitudy pola elektrycznego istnieje częstość graniczna, powyżej której menisk ciekłokrystaliczny jest stabilny, a poniżej której następuje makroskopowa separacja ładunku elektrycznego, która prowadzi do makroskopowych drgań menisku, synchronicznych z oscylującym polem elektrycznym. Zależność częstości granicznej od przyłożonej różnicy potencjałów wskazuje na to iż warunkiem uzyskania separacji ładunku jest ruch elektroforetyczny jonów na odległości równe lub większe długości Debye'a. Efekt dynamicznej separacji ładunku elektrostatycznego wykorzystaliśmy również do – nawet tysiąc-krotnego – przyspieszania procesu separacji faz w układach polimer-ciekły kryształ.

PRZESTRAJALNE ANIZOTROPOWE STRUKTURY CIEKŁOKRYSTALICZNE I MOŻLIWOŚCI ICH APLIKACYJNEGO WYKORZYSTANIA W SZEROKIM ZAKRESIE CZĘSTOTLIWOŚCI (VIS, IR, THZ, GHZ)

Janusz Parka

Instytut Fizyki Technicznej, Wojskowa Akademia Techniczna

Właściwości fizyczne, chemiczne oraz optyczne i elektrooptyczne ciekłych kryształów w widzialnej części widma są ogólnie dość dobrze poznane i jak powszechnie wiadomo znalazły wiele zastosowań. Te same właściwości w innych zakresach częstości widmowych nie są jeszcze zbyt dobrze poznane. W ostatnich latach pojawiło się wzmożone zainteresowanie zastosowaniem ciekłych kryształów w zakresie GHz i THz szczególnie ze względu na możliwe wykorzystanie anizotropowych właściwości tych materiałów w przestrajalnych urządzeniach takich jak przesuwniki fazy, przełączniki, nanoanteny i inne [1, 2].

Z punktu widzenia zastosowań, szczególnie istotne jest uzyskanie dla przetworników ciekłokrystalicznych relatywnie małych wartości współczynników strat oraz dużej wartości współczynników przestrajania w możliwie szerokim zakresie częstotliwości (GHz i THz).

W referacie zostaną omówione najnowsze wyniki badań ciekłych kryształów uzyskanych w zakresie GHz i THz w wiodących laboratoriach na świecie oraz zaprezentowane zostaną wyniki badań własnych. Ostatnie wyniki badań pokazały, że istnieje możliwość zaprojektowania struktury cząsteczki ciekłego kryształu tak, aby zmniejszyć współczynnik strat do wartości rzędu 10^{-2} przy uzyskaniu przestrajania ok. 30% [3]. Zostaną omówione także przykłady konstrukcji przetworników wykorzystujących zmianę anizotropii przenikalności elektrycznej materiału ciekłokrystalicznego do przestrajania częstotliwości pracy urządzeń.

1. C. Weil St. Mueller, P. Scheele, R. Jacoby, Highly Anisotropic Liquid Crystals for Tunable Microwave Devices, *Electronic Letters*, Vol. 39, No 24, pp. 1732-1734, (2003),
2. M. Oh-e, H. Yokoyama, M. Koeberg, E. Hendry, M. Bonn, High-frequency dielectric relaxation of liquid crystals: THz time domain spectroscopy of liquid crystal colloids, *Optics Letters*, Vol. 14, No 23, (2006.)
3. J. Parka, J. Krupka, R. Dąbrowski, J. Wosik, Measurements of Anisotropies Complex Permittivity of Liquid Crystals at Microwave Frequencies, *Journal of the European Ceramic Society*, pp. 2903 - 2905, (2007).

ORGANIZACJA MOLEKULARNA TERMOTROPOWYCH CIEKŁYCH KRYSZTAŁÓW W MONOWARSTWACH TWORZONYCH TECHNIKĄ LANGMUIRA-BLODGETT

Danuta Bauman

Katedra Spektroskopii Optycznej, Wydział Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska

Monowarstwy na granicy faz gaz-ciecz (warstwy Langmuira) oraz ciecz-ciało stałe (warstwy Langmuira-Blodgett – LB) są zwykle tworzone przez molekuły amfifilowe. Nic więc dziwnego, że tworzą je ciekłe kryształy liotropowe. Molekuły termotropowych ciekłych kryształów nie mogą być bezpośrednio traktowane jako amfifilowe, niemniej jednak wiele z nich jest zdolnych do utworzenia sprężalnych i stabilnych monowarstw na powierzchni cieczy, które mogą być następnie przeniesione na podłoża stałe. Już kilkanaście lat temu stwierdzono, że niektóre termotropowe ciekłe kryształy kalamityczne, których molekuły posiadają hydrofilową polarną grupę końcową i hydrofobowy łańcuch węglowodorowy, mogą tworzyć stabilne monowarstwy na granicy faz powietrze-woda, dając się łatwo osadzać na powierzchniach ciał stałych, takich jak kwarc czy mika. Monowarstwy takie są bardzo prostymi układami, pozwalającymi na łatwe badanie oddziaływań molekularnych. Ponadto, badając warstwy Langmuira i LB można otrzymać informacje o sposobie zakotwiczenia molekuł na powierzchni i wpływie oddziaływań powierzchniowych na makroskopowe uporządkowanie molekuł w objętości.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu struktury molekularnej ciekłego kryształu na organizację molekuł oraz oddziaływania międzymolekularne w dwuwymiarowych warstwach utworzonych techniką LB na granicy faz. Do badań wybrano kilka serii homologicznych termotropowych ciekłych kryształów o budowie prętopodobnej. Z badanych związków wytworzono monowarstwy na granicy faz powietrze-woda i powietrze-kwarc. Warstwy Langmuira scharakteryzowano na podstawie pomiarów zależności ciśnienia powierzchniowego i potencjału powierzchniowego od średniej powierzchni przypadającej na molekułę oraz obserwacji tekstur pod kątem Brewstera. Dla warstw LB wykonano pomiary absorpcji i emisji światła, zarówno naturalnego, jak i spolaryzowanego. Uzyskano informacje o ułożeniu molekuł na powierzchni wody oraz ciała stałego. Dla ciekłych kryształów, tworzących stabilne monowarstwy, znaleziono korelację pomiędzy organizacją molekuł w warstwie Langmuira a rodzajem mezofazy, którą tworzą w objętości. Stwierdzono również, że w warstwach LB wykazują one tendencję do tworzenia agregatów w stanie podstawowym.

INVESTIGATIONS OF OPTICAL INTERFEROMETRIC STRUCTURES APPLIED IN GAS SENSORS

Tadeusz Pustelny, Erwin Maciak, Zbigniew Opilski, Marian Urbanczyk, Przemysław Struk

*Department of Optoelectronics, Silesian University of Technology,
ul. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, Poland
e-mail address: tpustelny@polsl.pl*

The distinct advantages of optical methods in sensor systems including electromagnetic noise resistance, high sensitivity, fibre optics compatibility have proved their efficiency in many fields, to mention the most widely studied: temperature, strain and pressure sensors. Also the gas sensor applications make the optical methods very challenging for researchers. The physical principles of optical sensors are similar to the widely studied and commonly used electrical gas sensors. Namely the interaction between gas and sensing layers changes the physical properties of layer. The difference is in the properties which are to be monitored. In electrical solutions it is usually the resistance or the capacitance. In the optical case it is usually the refractive index (both the real and imaginary part) which determine many measurands including reflected or transmitted light intensity, interference spectra, surface plasmon resonance conditions, evanescence wave intensity etc.

The sensitivity toward the chemical agents seems to be the most important factor. Although the selectivity must not be omitted in considerations, because it determines the sensor effectiveness in real environment. Another important factor is the ease to recovery which allows the sensor to work continuously not only as a disposable indicator. The regeneration of the sensing layer can be achieved by exposure to agent of opposite influence on layer. The simplest way is the thermal annealing (widely used in electrical sensors), which usually operate at high temperatures up to few hundred degrees centigrade. Unfortunately the method requires external heating or equipping the sensor structure with heat source. In some cases the process of recovery is intrinsic after the discontinuation of the exposure of the agent.

The important problem, that ought to be taken into account, as far as gas sensors are concerned, is the influence of moisture. Most reported designs have shown their good sensing abilities in low humidity. In electrical designs the problem vanishes with high operating temperature. But in the case of low temperature optical devices, especially with organic layers the humidity fluctuations are sometimes crucial for sensor operation.

The presented gas sensors are the optical fibre Fabry-Perot interferometer structures and interferometers produced in integrated optic technology. The sensing layer – Nafion® exhibits the sensitivity toward ammonia gas. The main task of the researches was to observe the interaction with ammonia both at low and high humidity levels. Also to analyze the response upon moisture variations, and to suppress this unwanted effect. In order to attenuate the humidity influence few inhibiting layers (poly(methyl methacrylate) – PMMA, polyethylene, poly(isobutylene) – PIB, chitosan, polyvinyl acetate) have been deposited at the sensing layer and their efficiency has been measured. The sensing layers were deposited at the heads of the fibre forming the Fabry-Perot resonant cavity or in the case of difference interferometer – on its surface.

The sensor structures of these kinds are characterized by good sensitivities and small dimensions.

SOLITONY PRZESTRZENNE W NEMATYCZNYCH CIEKŁYCH KRYSZTAŁACH

Mirosław A. Karpierz, Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Nieliniowego oddziaływania pomiędzy światłem a materią umożliwia między innymi dynamiczne tworzenie kanałów światłowodowych, w których propaguje się wiązka zwana solitonem przestrzennym. Solitony takie mogą być sterowane zarówno poprzez zewnętrzne pola, w wyniku oddziaływania z innymi solitonami jak i poprzez zmianę parametrów wiązki solitonowej na wejściu (np. mocy wiązki, polaryzacji, fazy). W rezultacie możliwa jest budowa przestrajalnych połączeń i bramek logicznych. W wytworzonym przez taki soliton kanale może być prowadzona wiązka o innej długości fali a proponowane konfiguracje uwzględniają zarówno pojedyncze solitony przestrzenne jak ich jedno- i dwuwymiarowe matryce.

Zastosowanie tego typu zjawisk wymaga materiałów tanich, które jednocześnie charakteryzują się silnymi właściwościami nieliniowymi oraz często znaczną anizotropią optyczną. Atrakcyjnymi pod tym względem materiałami są ciekłe kryształy ze względu na bardzo duże wartości nieliniowości, małą tłumienność w szerokim zakresie widmowym, płynność, która znacznie ułatwia łączenie ich z innymi materiałami, oraz niską ceną. Niezwykle ważną właściwością ciekłych kryształów jest obserwowana w nich nieliniowość reorientacyjna, która wymaga niewielkich mocy, rzędu miliwatów [1]. Dodatkowo efekt nieliniowy może być w łatwy sposób modyfikowany i dostosowywany do wymaganej formy poprzez zmianę konfiguracji orientacji warstwy ciekłego kryształu, zmianę polaryzacji światła, czy też poprzez przyłożenie zewnętrznego pola elektrycznego. Oprócz licznych zjawisk nieliniowych w nematycznych ciekłych kryształach wytwarzane są również solitony przestrzenne, zwane nematikonami. Ich unikatowe właściwości, związane z mechanizmem nieliniowości, badane były w pojedynczych warstwach o różnych orientacjach i w układzie matrycy światłowodów paskowych [2-4].

W niniejszej pracy przedstawione zostaną główne właściwości nematikonów uzyskane w różnych konfiguracjach warstwy ciekłokrystalicznej. W szczególności przedstawione zostaną najnowsze wyniki w chiralnych nematycznych ciekłych kryształach, które umożliwiają tworzenie dwuwymiarowych struktur do propagacji wiązek światła.

- [1] F. Simoni, *Nonlinear Optical Properties of Liquid Crystals*, World Scientific Publ.: London (1997).
- [2] M.A. Karpierz, "Spatial solitons in liquid crystals", *Soliton Driven Photonics*, A.D. Boardman, A.P. Sukhorukov, (Eds.), p. 41, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht (2001).
- [3] G. Assanto, M. Peccianti, C. Conti, "Nematicons: Optical Spatial Solitons in Nematic Liquid Crystals", *Opt. Photon. News* **14**, 44, (2003).
- [4] G. Assanto, M.A. Karpierz, "Nematicons: self-localised beams in nematic liquid crystals", *Liq. Cryst.* (2009).

OPTYCZNE ZEGARY ATOMOWE

Czesław Radzewicz

Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa

Od kiedy, w połowie dwudziestego wieku, atomowe zegary cezowe zostały uznane za wzorce czasu i częstości są one ciągle doskonalone a ich precyzja systematycznie rośnie (obecnie jest na poziomie 10-15). Bez wątpienia, czas i częstość są wielkościami, które ludzie potrafią mierzyć z największą dokładnością. Jednak, że w pewnych zastosowaniach potrzebna jest precyzja jeszcze wyższa. Okazuje się, że można ją osiągnąć budując zegary atomowe nowej generacji – optyczne zegary atomowe. Są to urządzenia, w których wzorcem częstości są oscylacje fali elektromagnetycznej z obszaru widzialnego lub nadfioletu o częstości dopasowanej do bardzo wąskiego rezonansu absorpcyjnego w atomach lub jonach.

Konstrukcja optycznych zegarów atomowych łączy w sobie osiągnięcia z trzech, zdawałoby się, zupełnie odrębnych działów optyki oraz fizyki atomowej i laserowej: jednomodowe lasery z szerokością spektralną poniżej 1 Hz, optyczne grzebień częstości oraz chłodzenie i pułapkowanie atomów. W ostatnim dziesięcioleciu okazało się, że te trzy technologie pozwalają budować zegary o precyzji przewyższającej precyzję mikrofalowych zegarów cezowych.

W wykładzie opowiem krótko o historii pomiarów czasu, omówię wybrane zagadnienia dotyczące optycznych zegarów atomowych, zrobię przegląd osiągnięć światowych w tej dziedzinie. Wspomnę także o pewnych zastosowaniach takich zegarów. Ponadto, opowiem o polskich planach budowy optycznego zegara atomowego w Krajowym Laboratorium Fizyki Atomowej Molekularnej i Optycznej.

ROZPRASZANIE THOMSONA W TERMICZNEJ PLAZMIE ARGONOWEJ

K. Dzierżęga¹, W. Zawadzki¹, B. Pokrzywka², K. Musioł¹

¹*Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński,
ul. Reymonta 4, 30-059 Kraków, Polska.*

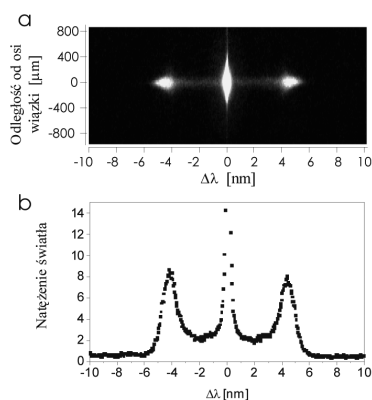
²*Obserwatorium Astronomiczne, Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN,
ul. Podchorążych 2, 30-083 Kraków, Polska*

Plazma termiczna jest szeroko wykorzystywana w pomiarach stałych atomowych (np. prawdopodobieństw przejść, szerokości linii), które mają olbrzymie znaczenie dla fizyki atomowej oraz w badaniach astrofizycznych. Pomiary oparte są prawie wyłącznie o spektroskopię emisyjną, która wymaga kilku założeń. Jednym z nich jest założenie o lokalnej równowadze termodynamicznej (LRT).

Rozwój aparatury pomiarowej w ostatnim czasie pozwolił na zastosowanie laserowych metod aktywnych, do których należą mieszanie czterech fal oraz rozpraszanie Thomsona (RT). RT to metoda diagnostyczna, która nie wymaga założenia stanu LRT w plazmie, a ponadto charakteryzuje się dobrą rozdzielczością przestrzenną i czasową. Ponadto, dla plazmy termicznej przy $k_B T_e > 1$ eV i $n_e > 10^{22}$ m⁻³ temperatura elektronowa oraz koncentracja elektronów mogą zostać jednocześnie wyznaczone na podstawie pojedynczego widma z rozpraszania Thomsona bez konieczności bezwzględnej kalibracji układu detekcji.

Wyniki przeprowadzonych pomiarów sugerowałyby, że model rozpraszania Thomsona jest niepoprawny lub że plazma nie jest w stanie LRT, co skutkowałoby koniecznością odrzucenia ogromnej liczby pomiarów stałych atomowych i swego rodzaju małą rewolucją w tej dziedzinie.

Okazuje się, że z powodu bardzo małego przekroju czynnego na RT i silnego promieniowania plazmy, pomiar wymaga impulsów laserowych o dużej energii, co może znacząco zaburzyć stan plazmy. Zarówno teoretyczne jak i eksperymentalne badanie efektu podgrzewania plazmy wiązką lasera i wpływ tego efektu na wynik pomiaru doprowadziło nas do wniosku, że konieczna jest zmiana sposobu analizy danych otrzymywanych z eksperymentu rozpraszania Thomsona.



Rys. 1. Obraz zarejestrowany na kamerze CCD podczas eksperymentu z laserowym rozpraszaniem Thomsona w plazmie termicznej (a) oraz pojedyncze widmo RT (b). Widoczny pik centralny oraz dwa, symetrycznie względem niego położone „satelity” – piki elektronowe. $\Delta\lambda$ – zmiana długości fali światła względem impulsu lasera.

INDUKOWANE ŚWIATŁEM NIELINIOWE EFEKTY OPTYCZNE W MATERIAŁACH NISKOWYMIAROWYCH O RÓŻNYM STOPNIU UPORZĄDKOWANIA

K. Oźga¹, A. Ślęzak¹, I. Kityk²

¹ *Katedra Zdrowia Publicznego, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska,
ul. Armii Krajowej 36 B, 42-200 Częstochowa*

² *Zakład Chemii Fizycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska,
ul. M. Strzody 9, 44-100 Gliwice*

Głównym celem było ustalenie wpływu stopnia uporządkowania w ciałach stałych na indukowane światłem nieliniowe efekty optyczne drugiego i trzeciego rzędu. Badania zjawisk drugiego (SHG) i trzeciego rzędu (TPA, POE) przeprowadzono w materiałach organicznych oraz nieorganicznych różniących się stopniem uporządkowania dalekiego zasięgu, wśród których były: monokryształy benzenu w postaci nanokrystalitów o rozmiarach 80–100 nm wtrącone w matryce polimerowe, molekuły organiczne jako chromofory wtrącone w matryce polimerowe, fotopolimery wtrącone do matrycy poli-vinilo-alkoholowej, amorficzne szkła germanowo-krzemowe, szkła ołowiowe domieszkowane ziemiami rzadkimi, w szczególności jonami Eu^{3+} i Tm^{3+} . Zbadano stopień zwiększenia nieuporządkowania ośrodka na rodzaj nieliniowych efektów optycznych i na rolę spójności wiązek świetlnych w tych zjawiskach, ustalono rolę niespójnych nieliniowych efektów optycznych poprzez udział fotoindukowanych anharmonicznych oddziaływań elektronowo-fononowych, ustalano korelację pomiędzy stopniem uporządkowania i kinetyką czasową odpowiednich nieliniowych efektów optycznych oraz przeprowadzono symulacje teoretyczne zmian fotoindukowanych (w rozkładzie gęstości elektronowej i momentów dipolowych) badanych materiałów metodami dynamiki molekularnej i chemii kwantowej.

W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że ze zwiększeniem uporządkowania dalekiego zasięgu w badanych materiałach zwiększa się prawdopodobieństwo wystąpienia w nich wymuszonych światłem optycznych efektów nieliniowych wyższego rzędu np. w stosunkowo dobrze uporządkowanych nanokrystalach benzenu wykryto zjawisko piezooptyczne trzeciego rzędu [1], a w materiałach o mniejszym stopniu uporządkowania, do których należą między innymi polimery wtrącone w matryce PVA zaobserwowano nieliniowy efekt optyczny drugiego rzędu- drugą harmoniczną światła [2]. Zaobserwowano absorpcję dla częstotliwości podwójonej w amorficznych szklach germanowo-krzemowych oraz stwierdzano, że poziomy pułapkowe w przerwie energetycznej zmieniają kinetykę obsadzeń poszczególnych poziomów [3]. Wykazano, że zwiększenie ilości defektów w kryształach molekularnych benzenu umieszczonych wewnątrz matrycy PVA powoduje wzrost współczynnika piezooptycznego. Wyznaczono efektywną podatność drugiego rzędu w chromoforach organicznych (otrzymana wartość jest większa, niż w szklach oraz bliska wartości dla tradycyjnych chromoforów) [4]. Wykazano, że w szklach ołowiowych domieszkowanych jonami Eu^{3+} i Tm^{3+} nieliniowa podatność optyczna trzeciego rzędu jest większa dla jonów Tm^{3+} oraz, że szkła $\text{PbO-Ga}_2\text{O}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-CdO}$ domieszkowane jonami ziem rzadkich wykazują większą wydajność procesu absorpcji dwufotonowej w porównaniu do podobnych szkieł $\text{As}_2\text{Te}_3\text{-CaCl}_2\text{-PbCl}_2$ i $\text{Sb}_2\text{Se}_3\text{-BaCl}_2\text{-PbCl}_2$ [5].

- [1] K. Ozga, Photoinduced piezooptic effect in the benzene molecular crystallites incorporated within the polyvinyl alcohol matrices, *Chemical Physics Letters*, 358, (2004) 255-258.
- [2] K. Ozga, Optically-induced second-order nonlinear optical effect in polyvinyl alcohol photopolymers, *European Polymer Journal*, 40 (7), (2004) 1381-1385.
- [3] M. K. Balakirev, L. I. Vostrikova, V. A. Smirnov, K. Ozga and I. V. Kityk, Restriction of the efficiency of photoinduced second-harmonic generation during optical poling of germanium-silicate glass, *Journal of Modern Optics*, 51 (8) (2004) 1223-1232.
- [4] K. Ozga, E. Gondek, A. Danel, K. Chaczatrian, Optical poling of oligoether acrylate photopolymers doped by 1-H-pyrazolo [3, 4-b]quinolines derivative chromophores. *Optics Communications*, 231, (2004) 437-446.
- [5] J. Wasylak, K. Ozga, I. V. Kityk, J. Kucharski, IR optical limiting in europium and thulium doped oxide glasses, *Infrared Physics & Technology*, V. 45, 4, (2004), 253-263.

ZDERZENIA RELATYWISTYCZNYCH JONÓW – CHARAKTERYSTYKI GLOBALNE

Helena Białkowska

IPJ Warszawa

Podstawowe pytanie motywujące badania zderzeń relatywistycznych – a więc przyspieszonych do najwyższych energii jonów – to czy w zderzeniach takich ujawnia się coś więcej, niż w zderzeniach nukleonów. Chromodynamika kwantowa czyli teoria oddziaływań silnych przewiduje przy wysokiej temperaturze lub wysokiej gęstości energii – przejście do nowego stanu materii, plazmy kwarkowo-gluonowej. Właśnie zderzenia jader mogą do takiego stanu doprowadzić.

Omówię podstawowe charakterystyki zderzeń relatywistycznych jonów, badanych w akceleratorach SPS w CERNie i RHIC w BNL, a także przewidywania dla akceleratora LHC, który również przyspieszać ma jony. Dane o krotnościach cząstek produkowanych, ich składzie „zapachowym” („zwykłe”, dziwne, powabne), widmach pędu podłużnego i poprzecznego stwarzają obraz daleki od jednoznaczności – i przez to nader intrygujący.

ZDERZENIA RELATYWISTYCZNYCH JONÓW: KORELACJE I FLUKTUACJE

Jan Pluta

PW

Mikro-laboratorium, jakim jest układ dwóch zderzających się jąder atomowych, stwarza możliwość uzyskania informacji o własnościach materii uczestniczącej w reakcji oraz o rozwoju procesu zderzenia w czasie i przestrzeni. Zadaniem makro-laboratorium, jaki stanowi układ detekcyjny i metoda analizy wyników pomiarów, jest uzyskanie tych, na ogół niemierzalnych bezpośrednio, informacji. Analiza korelacji pomiędzy charakterystykami cząstek emitowanych w procesie zderzenia oraz fluktuacji wartości tych charakterystyk, stanowi niezwykle czuły instrument pozwalający sięgnąć do informacji niedostępnych poprzez analizę charakterystyk globalnych.

W zderzeniach ciężkich jonów wykorzystuje się analizę korelacji pędowych do badania czasowo-przestrzennej ewolucji procesu zderzenia. W zderzeniach relatywistycznych jonów oczekujemy przejścia fazowego ze stanu materii hadronowej do stanu plazmy kwarkowo-gluonowej na jednym z etapów tej ewolucji. W zderzeniach niecentralnych, niezwykle istotną rolę odgrywają relacje pomiędzy geometrycznymi i dynamicznymi parametrami określającymi rozwój procesu, badane poprzez analizę korelacji azymutalnych. Analiza fluktuacji w pędzie poprzecznym emitowanych cząstek oraz w ich krotnościach, skanowana w funkcji energii zderzających się jąder oraz w funkcji centralności zderzenia, powinna pozwolić na zlokalizowanie punktu krytycznego na diagramie fazowym materii jądrowej.

Zagadnienia te będą przedstawione w referacie wraz z podaniem informacji o ostatnio uzyskanych wynikach eksperymentalnych oraz o planach dalszych badań z pomocą istniejących i budowanych układów pomiarowych.

FIZYKA ZDERZEŃ RELATYWISTYCZNYCH JONÓW – KILKA PYTAŃ I MOŻLIWE ODPOWIEDZI

Stanisław Mrówczyński

UJK Kielce, IPJ Warszawa

Po krótkim wprowadzeniu w problematykę fizyki zderzeń relatywistycznych jonów przedstawione są wyniki doświadczalne wskazujące na dwie ważne cechy materii – plazmy kwarkowo-gluonowej – powstającej w zderzeniach jonów. Plazma ta mianowicie bardzo szybko osiąga równowagę termodynamiczną i jest ośrodkiem silnie hamującym wysoko-energetyczne kwarki i gluony. Możliwe teoretyczne interpretacje owych cech są omówione.

CHIRALNE KWARKI W PROCESACH WYSOKOENERGETYCZNYCH

Wojciech Broniowski

IFJ PAN

Chiralne modele kwarkowe (wyróżnione ostatnią nagrodą Nobla dla Y. Nambu) pozwalają w prosty sposób wyjaśnić miękką fizykę hadronową, gdzie podstawowym czynnikiem dynamicznym jest spontaniczne łamanie symetrii chiralnej. W szczególności, można w tym podejściu wyliczyć elementy macierzowe pojawiające się w rozlicznych procesach wysokoenergetycznych z udziałem pionów i fotonów, jak funkcje struktury, amplitudy rozkładu, funkcje falowe na stożku świetlnym, uogólnione amplitudy rozkładu, itp., a także związane z nimi czynniki kształtu. Referat dokonuje przeglądu ostatnich osiągnięć na tym polu, porównując przewidywania modeli chiralnych do danych doświadczalnych oraz do niedawnych wyników z rachunków QCD na siatkach.

AKCELERATORY DLA TERAPII HADRONOWEJ – CYKLOTRON CZY SYNCHROTRON

Zygmunt Szepliński

Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa

Do połowy lat 90. ubiegłego wieku w radioterapii hadronowej wykorzystywano akceleratory dedykowane dla badań z zakresu fizyki jądrowej wysokich energii. Wymagania techniczne stawiane przed akceleratorami stosowanymi do celów radioterapeutycznych są jednak odmienne od wymagań, jakie spełniają akceleratory badawcze. Akceleratory dedykowane dla radioterapii jonowej powinny funkcjonować sprawnie w warunkach klinicznych. Dla terapii głęboko umiejscowionych nowotworów (~25 cm) potrzebna jest stabilna w czasie wiązka o stosunkowo niewielkiej intensywności, zbliżonej do 10^9 cząstek na sekundę i energiach dla protonów od 60 MeV do 250 MeV, a dla jonów ^{12}C ok. 300 do 400 MeV/u.

Wiązki dla terapii protonowej uzyskiwane są w cyklotronach izochronicznych o średnicy w granicach 3 – 4 m, choć do przyspieszania wiązek protonowych można stosować również niewielkie synchrotrony (synchrotron o średnicy 20 m w Loma Linda University Medical Center). W przyspieszaniu jonów węgla ^{12}C do energii, niezbędnych dla terapii głęboko położonych nowotworów, częściej stosuje się synchrotrony (HIMAC NIRS w Japonii, HIT w Heidelbergu i CNAO w Pawii koło Mediolanu), choć rozważa się stosowanie izochronicznych cyklotronów nadprzewodzących przyspieszających również jony węgla. Projekt takiego cyklotronu opracowywany jest przez INFN-LNS w Catanii oraz firmy ACCEL-Varian i IBA.

Rozważa się również konstrukcję liniowego akceleratora protonów, pracującego na częstotliwości mikrofalowej dla energii protonów z zakresu 65 – 200 MeV. Projekt ten pod nazwą TOP (Terapia Oncologica con Protoni) jest realizowany przez ENEA (Włochy).

Choć wady i zalety rozwiązań akceleratorowych dla przyspieszania wiązek protonowych i ciężkojonowych są szeroko dyskutowane, nadal nie znaleziono definitywnej odpowiedzi które z rozwiązań jest lepsze. Istnieje szereg czynników, które należy rozważyć przy wyborze rozwiązania: od rozwiązań technicznych wpływających na parametry wiązek i niezawodność urządzenia po koszty budowy i eksploatacji urządzenia.

Projekt wprowadzający metody radioterapii hadronowej w Polsce, zatytułowany „Narodowe Centrum Radioterapii Hadronowej” już realizuje I fazę zwaną „Centrum Cyklotronowe Bronowice” gdzie powstaje cyklotron przyspieszający protony do energii ponad 230 MeV. W drugiej fazie projektu NCRH przewiduje się budowę dedykowanego kompleksu terapeutycznego wyposażonego w akcelerator z wiązkami protonów o energii do 250 MeV i jonów węgla o energii do 400 MeV/amu. Stoimy więc przed wyborem akceleratora dla tego ośrodka.

MODELOWANIE RADIOBIOLOGICZNE WIĄZEK HADRONOWYCH W RADIOTERAPII NOWOTWOROWEJ

Michał Waligórski¹, Marta Korcyl²

¹*Centrum Onkologii Instytut im Marii Skłodowskiej-Curie, Oddział w Krakowie
oraz Państwowa Agencja Atomistyki*

²*Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński*

Wiązki hadronowe, najczęściej protonów lub jonów węgla, przyspieszanych do energii rzędu 250 MeV/amu, znajdują obecnie zastosowanie w radioterapii nowotworowej. W porównaniu z powszechnie dotąd stosowanymi w radioterapii „konwencjonalnej” wiązkami promieni X lub elektronów o energiach w zakresie 6-12 MeV uzyskiwanymi za pomocą akceleratorów medycznych, zastosowanie wiązek hadronowych pozwala uzyskać lepsze dopasowanie rozkładu dawki do obszaru leczonego przy napromienianiu pacjenta z mniejszej liczby kierunków, osiągnięcie efektu terapeutycznego przy mniejszej liczbie seansów terapeutycznych (tzw. frakcji) oraz pozwala wykorzystać podwyższony współczynnik skuteczności biologicznej (tzw. RBE), szczególnie w przypadku jonów węgla (uważa się za mniej korzystne wykorzystywanie w radioterapii jonów cięższych od C-12). Nierozwiązanym dotąd w sposób jednoznaczny zagadnieniem jest wyznaczenie odpowiedniej dla warunków klinicznych wartości RBE dla wiązek hadronowych. Wynika to ze skomplikowanej zależności wartości tego współczynnika od wielu parametrów: wewnętrznej wrażliwości komórek na dawki promieniowania, czy zależności wartości RBE od rodzaju jonu i jego energii (często charakteryzowanych przez liniowe przekazanie energii LET jonu), wartości dawki, lub zastosowanego schematu frakcjonowania. Do optymalizacji rozkładu dawki w obszarze leczonym wykorzystywane są w radioterapii konwencjonalnej złożone programy komputerowe, tzw. systemy planowania leczenia. W przypadku radioterapii hadronowej, w systemach tych konieczne jest dodatkowo uwzględnienie klinicznej wartości RBE, szacowanej na podstawie fenomenologicznych modeli radiobiologicznych. Omówiony zostanie tzw. model struktury śladu, pozwalający przewidywać efekty radioterapii hadronowej ze szczególnym uwzględnieniem RBE. Przewiduje się wykorzystanie tego modelu w systemach planowania leczenia mającymi zastosowanie kliniczne w radioterapii nowotworowej prowadzonej wiązkami protonów lub węgla C-12 w wielu ośrodkach zagranicznych oraz w Narodowym Centrum Radioterapii Hadronowej w Polsce.

LASEROWA GENERACJA STRUMIENI PRĘDKICH PROTONÓW I PERSPEKTYWA ICH ZASTOSOWANIA W RADIOTERAPII HADRONOWEJ

Piotr Rączka, Jan Badziak, Jerzy Wołowski

IFPiLM, Warszawa

Współczesna radioterapia hadronowa opiera się na wykorzystaniu wiązek formowanych w konwencjonalnych akceleratorach, których technologię w ciągu blisko 80 lat rozwoju udało się doprowadzić do bardzo wysokiego poziomu. Są to jednak urządzenia duże i dość kosztowne, a precyzyjne naprowadzenie wytworzonych przez nie wiązek na naświetlany obszar wymaga skomplikowanej i ciężkiej aparatury. Pod koniec lat 90. odkryto nowy mechanizm przyspieszania cząstek subatomowych, oparty na szczególnych właściwościach oddziaływania bardzo intensywnego promieniowania laserowego z materią. Stwierdzono, że w oddziaływaniu laser-tarcza możliwe jest przyspieszenie protonów do energii rzędu kilkadziesiąt MeV na odległościach rzędu mikrometrów [1-3]. Kiedy piko- lub femtosekundowy impuls laserowy o natężeniu wyższym niż 10^{18} W/cm² oddziałuje z cienką folią metalową, znaczna liczba elektronów zostaje przyspieszona do relatywistycznych prędkości i wyrzucone poza folię, gdzie tworzą gęstą warstwę ładunku, wytwarzającą pole elektrostatyczne o natężeniu sięgającym 1 TV/m [4]. W oddziaływaniach z tarczami innego typu możliwa jest też akceleracja protonów pod wpływem sił ponderomotorycznych [5]. Zjawisko generacji wiązek hadronów w oddziaływaniu laser-plazma wzbudziło wielkie zainteresowanie głównie ze względu na możliwość wykorzystania w pracach nad kontrolowaną syntezą termojądrową w plazmie ograniczonej bezwładnościowo, w której reakcja syntezy jest inicjowana przez tzw. „szybki zapłon” [6]. Takie podejście jest rozwijane w ramach ogólnoeuropejskiego programu HiPER [7]. Zjawisko akceleracji cząstek w oddziaływaniu laser-plazma pozwala jednak także na budowę akceleratorów protonów o rozmiarach „biurowych”. Szybko zauważono, że takie akceleratory szczególnie dobrze nadawałyby się do zastosowań w radioterapii hadronowej [8,9]. Referat jest poświęcony przedyskutowaniu parametrów uzyskiwanych obecnie i możliwych od uzyskania w niedalekiej przyszłości wiązek – średniej energii protonów w wiązce, dyspersji energetycznej wiązki, kolimacji wiązki, wartości strumienia protonów etc. – z punktu widzenia wymagań radioterapii hadronowej.

Literatura:

1. E. L. Clark et al., Phys. Rev. Lett. 84, 670 (2000).
2. A. Maksimchuk et al., Phys. Rev. Lett. 84, 4108 (2000).
3. R. A. Snavely et al., Phys. Rev. Lett. 85, 2945 (2000).
4. S. P. Hatchett et al., Phys. Plasmas 7, 2076 (2000).
5. J. Badziak et al., Appl. Phys. Lett. 85, 3041 (2004).
6. M. Roth et al., Phys. Rev. Lett. 86, 436 (2001).
7. <http://www.hiper-laser.org>
8. S. V. Bulanov, V. S. Khoroshkov, Plasma Phys. Rep. 28, 453 (2002).
9. S. V. Bulanov et al., Phys. Lett. A 299, 240 (2002).

RADIOTERAPIA PROTONOWA OKA NA CYKLOTRONIE AIC-144

Jan Swakoń¹, Dominika Adamczyk¹, Teresa Cywicka-Jakiel¹, Joanna Dąbrowska¹,
Barbara Dulny¹, Leszek Grzanka¹, Tomasz Horwacik¹, Barbara Michalec¹,
Tomasz Nowak¹, Marta Ptaszkiewicz¹, Urszula Sowa¹, Liliana Stolarczyk¹,
Michał Waligorski^{1,2}

¹ Instytut Fizyki Jądrowej im Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk,
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

² Centrum Onkologii Instytut Im. Marii Skłodowskiej-Curie Oddział w Krakowie
31-115 Kraków, ul. Garncarska 11

W Instytucie Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego, Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie zbudowane zostało stanowisko do radioterapii protonowej nowotworów oka.

Na potrzeby radioterapii protonowej nowotworów oka w IFJ PAN wykorzystywana będzie wiązka protonowa o energii 60 MeV, wytwarzana w cyklotronie izochronicznym AIC-144 pracującym w IFJ PAN. Cyklotron AIC-144 jest obecnie jedynym w Polsce cyklotronem, który przyspiesza wiązki protonów do energii, które mogą mieć zastosowania w radioterapii.

Zasadnicza część systemu formowania i diagnostyki wiązki terapeutycznej umieszczona jest na tzw. ławie optycznej. Odpowiednio „uformowana” wiązka protonów monitorowana jest przez zestaw komór jonizacyjnych i elektrometrów kontrolujących parametry wiązki.

Sterowanie i kontrola stanowiska prowadzone są przy pomocy systemu czasu rzeczywistego oraz oprogramowania działającego w środowisku LabVIEW.

Precyzyjne pozycjonowanie oraz unieruchomienie pacjenta umożliwia fotel terapeutyczny firmy Schaer Engineering Ltd. Planowanie radioterapii prowadzone będzie przy pomocy oprogramowania Eclipse Ocular Proton Planning firmy Varian Medical Systems.

Obecnie stanowisko znajduje się w końcowej fazie uruchamiania i testów. Podstawowe parametry wiązki protonowej mierzone w pomieszczeniu terapeutycznym (zasięg w wodzie 28mm, maksymalna stosowana moc dawki 0,45Gy/s) pozwalają na napromienienie guzów zlokalizowanych w większości lokalizacji wewnątrz gałki ocznej i pozwalają na dostarczenie pojedynczej frakcji promieniowania 15Gy w czasie nie dłuższym niż 60 sekund.

Planuje się, że stanowisko osiągnie gotowość do przyjęcia pierwszych pacjentów w bieżącym roku. Stanowisko powinno umożliwić radioterapię dla wszystkich pacjentów z Polski wymagających tego typu leczenia (około 100 pacjentów rocznie).

DZIŚ I JUTRO POZYTONOWEJ TOMOGRAFII EMISYJNEJ

Janusz Braziewicz

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Zdrowie pacjenta i koszty jego leczenia są bezpośrednio związane z szybkością i precyzją diagnozy, której podstawą jest obrazowanie narządów i procesów biochemicznych zachodzących w ciele człowieka. Dlatego też, metody diagnostyczne umożliwiające obrazowanie patologicznych procesów biochemicznych w ich fazie początkowej są niezwykle istotne w nowoczesnej diagnostyce medycznej, a pozytonowa tomografia emisyjna jest jedną z najbardziej dokładnych metod tu stosowanych. Jej działanie opiera się na wykorzystaniu faktu, że określonym zmianom chorobowym towarzyszy podwyższony lub obniżony metabolizm niektórych związków chemicznych, które wstępnie są znakowane promieniotwórczymi izotopami ulegającymi szybkiemu rozpadowi β^+ , najczęściej ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O . Takie rozwiązanie wiąże się z koniecznością uruchomienia w pobliżu centrum diagnostycznego produkcji tych izotopów promieniotwórczych oraz uruchomienia radiochemicznego procesu znakowania odpowiednich związków chemicznych.

Technikę diagnostyczną PET wykorzystuje się głównie w onkologii, neurologii i kardiologii. Tylko dzięki tej metodzie prawdopodobieństwo rozpoznawania niektórych nowotworów sięga 90% i więcej. Takiego wyniku nie daje się osiągnąć przy pomocy żadnej innej techniki obrazowania. Technikę tę, oprócz diagnostyki, stosuje się z wielkim powodzeniem również do planowania i kontroli efektów prowadzonej terapii nowotworowej.

Dotychczasowe rezultaty stosowania techniki PET wpłynęły znacznie na poszerzenie wiedzy o etiologii i przebiegu wielu chorób neurologicznych, takich jak choroby Alzheimera, Parkinsona, Huntingtona czy różnych postaci schizofrenii.

W kardiologii stosowanie PET pozwala jednoznacznie określić perfuzję mięśnia sercowego oraz stan jego żywotności, co jest niezwykle istotne w podejmowaniu decyzji o dalszym postępowaniu.

Nowe znaczniki promieniotwórcze oraz nowe związki chemiczne nimi znakowane będą potencjalnymi lekami innowacyjnymi stosowanymi w technice PET w niedalekiej przyszłości zarówno w badaniach przedklinicznych, jak i klinicznych oraz w badaniach podstawowych z zakresu fizjologii człowieka.

NOWE DETEKTORY SCYNTYLACYJNE W MEDYCYNIE NUKLEARNEJ

M. Moszyński

Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana, 05-400 Otwock-Świerk

Gwałtowny rozwój detekcji scyntylacyjnej w ostatnim dwudziestoleciu był inspirowany w znacznej mierze narastającymi potrzebami technik obrazowania w medycynie nuklearnej. Opracowano szereg nowych scyntylatorów dla tomografii pozytonowej (PET), jak np. LSO:Ce. Wykorzystano w tomografii rentgenowskiej (CT) najstarszy scyntylator CdWO₄ oraz dyskutuje się wykorzystanie tanich scyntylatorów ceramicznych. Poszukuje się wspólnych detektorów umożliwiających obrazowanie CT i PET dokładnie w tej samej geometrii. Celem prezentacji jest pokazanie rozwoju technik scyntylacyjnych w medycynie nuklearnej.

DWUWYMIAROWA DOZYMETRIA TERMOLUMINESCENCYJNA W ZASTOSOWANIACH MEDYCZNYCH

Mariusz Kłosowski i Łukasz Czopryk

Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Radzikowskiego 152, PL 31-342 Kraków

Postęp techniczny, jaki dokonał się w ostatnich latach w radioterapii spowodował pojawienie się nowych, bardziej precyzyjnych i skuteczniejszych metod leczenia przy pomocy promieniowania. Techniki konformalne IMRT, IGRT, 3DCRT stosowane z użyciem akceleratorów fotonów, pozwalają precyzyjnie dostarczyć określoną dawkę promieniowania jonizującego w określone miejsce ciała pacjenta omijając lub redukując dawkę na narządy krytyczne. Planowanie tego typu terapii wymaga weryfikacji dawki przed przystąpieniem do napromieniania. Testy dozymetryczne danego planu leczenia można przeprowadzać przy użyciu komór jonizacyjnych, detektorów termoluminescencyjnych lub folii fotochromowych. Stosując folie fotochromowych uzyskuje się dwuwymiarowy rozkład dawki promieniowania, co niewątpliwie wpływa na szybkość i jakość weryfikacji skomplikowanych planów terapeutycznych. Ujemnymi cechami wymienionych folii jest mały zakres liniowości w użytecznym zakresie dawek, zależność odpowiedzi detektora od czasu jego odczytu oraz jednorazowe zastosowanie. Tych niekorzystnych właściwości nie posiadają detektory termoluminescencyjne. W Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w ramach międzynarodowego projektu MAESTRO, powstał i jest rozwijany pomysł zastosowania materiałów termoluminescencyjnych do budowy detektorów, przy pomocy których można mierzyć rozkład dawki promieniowania. Opracowana została technologia wytwarzania folii z mieszaniny wysokotemperaturowych polimerów i materiałów termoluminescencyjnych oraz skonstruowano dwa urządzenia do odczytu detektorów. Powstał w ten sposób rozbudowany system dozymetryczny mający zastosowanie nie tylko naukowo-badawcze, ale przede wszystkim zastosowanie praktyczne w ośrodkach medycyny nuklearnej. Aktualnie w skład dwuwymiarowego systemu dozymetrycznego wchodzi dwa typy detektorów o różnych zakresach czułości na promieniowanie, jeden z zakresu 25mGy do 2 Gy, drugi w zakresie 250mGy do 25 Gy oraz dwa czytniki TL wyposażone w wysokoczułe kamery CCD, laboratoryjny i kliniczny. Detektory mogą objąć pole promieniowania o wymiarach 20 cm x 20 cm, są wielokrotnego użytku oraz łatwe w użyciu. Wynik badania przy pomocy tego typu detektorów można bardzo szybko otrzymać w postaci cyfrowej, łatwej do opracowywania i weryfikacji planów terapeutycznych. W pracy przedstawiamy właściwości systemu dozymetrycznego i jego zastosowanie na przykładzie badań preklinicznych z użyciem akceleratorów liniowych do kontroli planów terapeutycznych, zastosowanie tego systemu do kontroli wiązek protonowych w terapii oka oraz innych medycznych aplikacji.

NEUTRINA, NOWOŚCI TEORII

Marek Zrałek

UŚ

EKSPERYMENTY DAMA, PAMELA II

Marcin Misiaszek

UJ

PROBLEM MAKSYMALNEJ MASY GWIAZD NEUTRONOWYCH

Ilona Barbara Bednarek

Uniwersytet Śląski, Instytut Fizyki.

Równanie stanu materii gwiazd neutronowych jest najważniejszym czynnikiem decydującym zarówno o ich strukturze jak i o podstawowych parametrach, do których należą masa maksymalna i typowy, odpowiadający danej masie promień. Wyznaczenie tych parametrów jest jednym z ważniejszych problemów astrofizyki.

Materia w rdzeniach gwiazd neutronowych osiąga gęstości znacznie przekraczające wartość gęstości jądrowej ρ_0 . Niestety ciągle nie znamy zadowalającej postaci równania stanu materii dla takich ekstremalnych warunków. Istnieje więc konieczność określenia obserwacyjnych parametrów gwiazd neutronowych, których pomiary będą nakładały ograniczenia na postać równania stanu w tym zakresie gęstości. Konsekwencją Ogólnej Teorii Względności jest istnienie masy maksymalnej gwiazd neutronowych, natomiast jej wartość jest zdeterminowana przez równanie stanu materii w zakresie wysokich gęstości. Na teoretyczną wartość promienia gwiazdy neutronowej największy wpływ ma równanie stanu dla gęstości znacznie niższych, oscylujących wokół wartości ρ_0 . Istnieją bezpośrednie metody wyznaczenia mas gwiazd neutronowych, natomiast nie ma bezpośrednich pomiarów ich promieni. Niezbędne staje się więc określenie takich parametrów obserwacyjnych, które jednocześnie podawałyby informacje o masie i promieniu gwiazdy. Najistotniejsze pomiary masy gwiazd neutronowych związane są z obserwacjami tych gwiazd w radiowych i rentgenowskich układach podwójnych. Najbardziej dokładne wartości mas gwiazd neutronowych uzyskane zostały przy użyciu metody wykorzystującej analizę pomiaru czasu nadchodzenia impulsów radiowych z pulsarów.

Bardzo obiecujące są obserwacje układów podwójnych pulsara i białego karła. Dokładne pomiary uzyskane za pomocą radioteleskopu w Arecibo wskazują na istnienie masywnych gwiazd neutronowych w obserwowanych układach. Jednak najbardziej spektakularny wynik, podany przez obserwatorów z Arecibo, otrzymany dla pulsara PSR J0752+1807 dający masę $2.1 \pm 0.2 M_\odot$ (1σ) został skorygowany. Nowe wartości parametrów opisujących zmiany okresu orbitalnego układu podwójnego oraz obliczenia opóźnienia Shapiro dają wartości masy $1.26 M_\odot$. Niestety wyniki te są obarczone dużymi błędami ($1.12\text{--}1.30 M_\odot$ (1σ) i $0.98\text{--}1.53 M_\odot$ (2σ)) co powoduje, że nie mogą zostać wykorzystane do wprowadzenia ograniczenia na równanie stanu materii jądrowej. Istnieją jednak inne obserwacje również wskazujące na istnienie masywnych gwiazd neutronowych o masach rzędu $2 M_\odot$.

Wymienić należy gwiazdę neutronową w rentgenowskim układzie podwójnym 4U 1636-536. Wartość jej masy oszacowana została na poziomie $2.0 \pm 0.1 M_\odot$. Innym przykładem jest gwiazda neutronowa w układzie rentgenowskim EXO 0748-676, której parametry zostały oszacowane dzięki detekcji linii żelaza w widmach tego układu. Obserwacje te pozwoliły na wyznaczenie grawitacyjnego przesunięcia ku czerwieni. Natomiast dodatkowe dane uzyskane dla tego układu dały możliwość oszacowania zarówno masy jak i promienia tej gwiazdy neutronowej: $M \geq 2.1 \pm 0.28 M_\odot$ i $R \geq 13.8 \pm 1.8$ km.

Otrzymane wartości parametrów gwiazd neutronowych mają daleko idące konsekwencje dla określenia równania stanu gęstej materii. Duże wartości mas wskazują na usztywnienie równania stanu dla gęstości dużo większych od gęstości jądrowych.

WIDMA NEUTRIN EMITOWANYCH PRZEZ ZAAWANSOWANE EWOLUCYJNIE GWIAZDY

Andrzej Odrzywołek

UJ

**OCENA MASY GALAKTYK SPIRALNYCH
W SAMOUZGODNIONYM MODELU DYSKOWYM**

Joanna Jałocha Bratek

IFJ PAN

LABORATORIUM "MEGAJOULOWY GENERATOR PLASMA-FOCUS PF-1000"

Ryszard Miklaszewski

IFPiLM

DEDYKOWANE METODY NEUTRONOWE DO BADANIA PARAMETRÓW PLAZMY WYSOKOTEMPERATUROWEJ W STELLARATORZE WENDELSTEIN W-7X

K. Drozdowicz¹, A. Igielski¹, W. Janik¹, A. Kurowski¹, R. Prokopowicz², M. Scholz²,
G. Tracz¹, U. Woźnicka¹

¹ Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN,
31-342 Kraków, ul. Radzikowskiego 152

² Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, 01-497 Warszawa, ul. Hery 23

Plazma wysokotemperaturowa, wewnątrz której możliwe jest zainicjowanie procesu syntezy termojądrowej, wzbudza nie tylko zainteresowania poznawcze, ale jest również postrzegana jako źródło ciepła w elektrowniach nowej generacji dla przyszłych pokoleń. Europejska strategia w dziedzinie badań i rozwoju syntezy jądrowej ukierunkowana jest na zbudowanie komercyjnej elektrowni plazmowej. Podjęto w Europie budowę eksperymentalnego reaktora termojądrowego, tokamaka ITER. Działaniom tym towarzyszą prace badawcze i rozwojowe w dziedzinie fizyki i technologii, w które angażują się europejskie środowiska naukowe i przemysł. Jednym z takich programów jest trwająca obecnie budowa innego reaktora termojądrowego, stellaratora Wendelstein W-7X, który ma być doświadczalnym urządzeniem do badania właściwości gorącej plazmy deuterowej.

W wyniku zachodzących w plazmie reakcji jądrowych emitowane jest wiele rodzajów promieniowania, w tym neutrony. Wielkość strumienia i widmo energetyczne neutronów są źródłem informacji o parametrach plazmy i urządzenia, w której jest wytwarzana. Pomiar całkowitej emisji neutronów wskazuje na skuteczność podtrzymywania i podwyższania energii plazmy utrzymywanej polem magnetycznym, falami radiowymi, wiązkami cząstek czy też za pomocą prądu płynącego przez plazmę. W referacie zostaną przedstawione dedykowane metody pomiarowe służące diagnostyce pierwotnego pola neutronowego generowanego przez plazmę wysokotemperaturową, w tym rozwijana w IFPiLM wielo-nuklidowa metoda aktywacyjna oraz metoda oparta na detekcji opóźnionych neutronów z rozszczepień rozwijana w IJ PAN.

Typowe zastosowanie metody aktywacyjnej polega na naświetlaniu nieznanej próbki określonym strumieniem neutronów, a następnie na analizie widma promieniowania gamma powstałych w próbce izotopów promieniotwórczych. Na tej podstawie można określić skład analizowanej próbki. W przypadku zastosowania metody aktywacyjnej do wyznaczenia natężenia i energii neutronów realizowane jest zadanie odwrotne. Próbkę (która staje się detektorem neutronów) o dokładnie dobranym i znanym składzie izotopowym umieszcza się w strumieniu neutronów, którego parametry chcemy zmierzyć. Analiza promieniowania gamma naświetlonej próbki pozwala wyznaczyć parametry strumienia neutronów. Próbką może być również materiał rozszczepialny – naświetlony w strumieniu neutronów staje się źródłem tzw. neutronów opóźnionych. Odpowiedni dobór materiałów, które służą jako tarcze (folie) do naświetlania, systemy transportu próbki z miejsca naświetlania do miejsca pomiaru, systemy pomiarowe są obecnie szczegółowo opracowywane dla potrzeb diagnostyki plazmy wysokotemperaturowej.

BADANIA SZYBKICH ELEKTRONÓW W UKŁADACH TYPU TOKAMAK PRZY WYKORZYSTANIU EFEKTU CZERENKOWA

L. Jakubowski, M.J. Sadowski, K. Malinowski, M. Rabiński, J. Żebrowski, M. Jakubowski

Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana, 05-400 Otwock-Świerk

Pomiary wiązek szybkich elektronów emitowanych przez układy typu tokamak za pomocą detektorów Czerenkowa pozwalają określić zarówno przestrzenny rozkład jak i ich czasowe charakterystyki. Badania mogą przynieść informacje o procesach zderzeniowych cząstek elementarnych zachodzących w plazmie, a w szczególności o procesach nieliniowych generowanych w stadiach rozpadu plazmy, które często powodują silną erozję ścianek komory eksperymentalnej.

Badania wiązek elektronowych emitowanych przez plazmę wysokotemperaturową prowadzono w Instytucie Problemów Jądrowych od wielu lat, głównie na układach typu Plasma-Focus. Pomiary opierano na zjawisku Czerenkowa, które pozwala uzyskać dobrą rozdzielczość czasową i przestrzenną, niski próg energii rejestrowanych elektronów i wysoką wydajność świetlną. Zdobyte doświadczenie pozwoliło na przeprowadzenie podobnych pomiarów w dużych urządzeniach plazmowych, m.in. jak tokamak TORE-SUPRA w Cadarache (Francja). Widmo energetyczne elektronów w tym tokamaku szacuje się na 50-300keV, a gęstość mocy do $1\text{kW}/\text{cm}^2$, co stwarza duże problemy konstrukcyjne. Zdecydowano się na pomiar elektronów w czterech kanałach energetycznych z diamentowymi radiatorami pokrytymi filtrami molibdenowymi o różnych grubościach określającymi zakres energii rejestrowanych elektronów. Wykonano obliczenia transportu ciepła i określono rozkłady temperatur w filtrze, diamentcie i korpusie detektora. Na tej podstawie dokonano wyboru odpowiednich materiałów i skonstruowano sondę.

W międzyczasie przeprowadzono serie pomiarów w małych tokamakach: CASTOR w Pradze i ISTTOK w Lizbonie. Wstępna analiza wyników uzyskanych w tych tokamakach potwierdza występowanie intensywnych impulsów elektronowych, zwłaszcza pod koniec poszczególnych wyładowań w układzie, kiedy ekspandująca kolumna plazmy osiąga rejon detektora. Eksperymentalnie stwierdzono silną zależność intensywności wiązek elektronowych od położenia detektora (wzdłuż małego promienia komory tokamaka), od wielkości zewnętrznego pola magnetycznego, a także od gęstości wytwarzanej plazmy (uzależnionej od początkowych warunków gazowych w komorze). Wstępne wyniki pomiarów uzyskane w tokamaku ISTTOK w Lizbonie wykazały dobrą zgodność z wcześniejszymi obliczeniami teoretycznymi.

Zasadniczym celem było jednak przygotowanie i przeprowadzenie próby rejestracji wiązek elektronowych w dużym tokamaku TORE-SUPRA. Zastosowano detektory diamentowe, napyłone różnymi warstwami molibdenu, które tworzyły 4-kanałowy system pomiarowy. Układ ten pozwala oszacować nie tylko czasowy przebieg intensywności wiązki elektronów, ale także ich widmo energetyczne. Skonstruowaną sondę sprawdzono na akceleratorze elektronowym w Zakładzie P-X IPJ i dokonano odpowiedniej kompensacji kanałów pomiarowych. W tym czasie strona francuska przygotowała odpowiedni wysięgnik, pozwalający wprowadzać na 0,3 sek sondę do plazmy w tokamaku TORE-SUPRA. Przeprowadzone tam pomiary wykazały że, przy najwyższych mocach grzania otrzymuje się impulsy elektronowe zgodne z przewidywaniami teorii tzw. „ripple-born electrons”. Sesja pomiarowa przeprowadzona przy dużych obciążeniach termicznych (strumień ciepła $\sim 2\text{kW}/\text{cm}^2$) i przy ogromnych przeciążeniach bezwładnościowych wykazała całkowitą przydatność skonstruowanej sondy.

1. M. J. Sadowski, L. Jakubowski, A. Szydlowski, Czech J. Phys. **54**, Suppl. C, C74 (2004).
2. L. Jakubowski, M. Rabiński, J. Stanisławski, M. J. Sadowski, J. Żebrowski, Problems Atom. Sci. & Technol. **1**, Series: Plasma Physics **13**, 206 (2007).

METODA EFEKTYWNEGO NAPĘDZANIA MAKROCZĄSTEK DO PRĘDKOŚCI POWYŻEJ 1×10^7 CM/S

S. Borodziuk¹, A. Kasperczuk¹, T. Pisarczyk¹, Chodukowski¹, J. Ullschmied², E. Krousky³, K. Masek³, M. Pfeifer³, K. Rohlena³, J. Skala³, and P. Pisarczyk⁴

¹ Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion, 23 Hery St., 00-908 Warsaw, Poland

² Institute of Plasma Physics AS CR, v.v.i., Za Slovankou 3, 182 00 Prague 8, Czech Republic

³ Institute of Physics AS CR, v.v.i., Na Slovance 2, 182 21 Prague 8, Czech Republic

⁴ Politechnika Warszawska, Instytut Informatyki 15/19 Nowowiejska St., 00-665 Warszawa

Praca przedstawia wyniki akceleracji makrocząstek uzyskane z zastosowaniem nowej, dwustopniowej metody akceleracji targetów foliowych [1] alternatywnej do powszechnie stosowanej klasycznej metody ablacyjnej [np. 2]. Ta nowa metoda wykorzystuje do napędzania folii plazmę ablacyjną generowaną z powierzchni tarczy masywnej oświetlanej impulsem lasera i specjalną konstrukcję targetu typu „cavity”, co gwarantuje wysoką efektywność procesu akceleracji. Taki schemat napędzania pozwala w znacznie lepszym stopniu wykorzystać zaabsorbowaną energię impulsu laserowego i zdecydowanie zwiększa ciśnienie powodujące akcelerację folii. W efekcie uzyskuje się znacząco wyższe wartości podstawowych parametrów przyśpieszanej makrocząstki tj. jej prędkości, gęstości, a przede wszystkim współczynnika wydajności hydrodynamicznej (stosunek energii kinetycznej makrocząstki do zaabsorbowanej energii impulsu laserowego). Metoda ta eliminuje, w dużym stopniu, podstawową sprzeczność klasycznej akceleracji ablacyjnej, w której to metodzie uzyskanie wysokich wartości prędkości i współczynnika wydajności hydrodynamicznej okupione jest utratą masy i spadkiem gęstości napędzanej makrocząstki.

Eksperyment wykonany został na układzie laserowym PALS (Prague Asterix Laser System). Najbardziej istotne wyniki są następujące:

- dla trzeciej harmonicznej lasera jodowego ($\lambda_3 = 0.438 \mu\text{m}$) i energii lasera 75J oraz 190 J, przyśpieszono 10 μm folię Al do prędkości 0.9×10^7 cm/s i 1.3×10^7 cm/s tj. (30–50)% wyższej niż te, które uzyskano dla podobnego ale klasycznego eksperymentu,
- dla pierwszej harmonicznej ($\lambda_4 = 1.315 \mu\text{m}$) i energii lasera w zakresie 120–500 J przeprowadzono znacznie obszerniejsze badania i uzyskano bardzo obiecujące wyniki, z których najważniejsze to:
 - napędzenie cienkich (10 μm) folii Al i polistyrenowych do prędkości $\sim (2-3) \times 10^7$ cm/s,
 - napędzenie grubych (300 i 500 μm) folii Al do prędkości $\sim 1 \times 10^7$ cm/s.

Ten ostatni wynik nie ma swojego odpowiednika w literaturze światowej. W eksperymencie uzyskano również rekordowe objętości kraterów (największy z nich miał objętość $V_c \sim 11 \text{ mm}^3$), co również świadczy o wysokiej efektywności zastosowanej metody.

Uzyskane rezultaty mogą być wykorzystane w badaniach nad syntezą termojądrową do tzw. „szybkiego zapłonu” (impact fast ignition) jak również fuzji zderzeniowej (impact fusion). Konstrukcja zapłonika wykorzystującego zaproponowaną metodę daje szansę – z uwagi na wysoką efektywność procesu napędzania — na znaczne obniżenie niezbędnej energii lasera potrzebnej do skutecznego zainicjowania reakcji syntezy w całej objętości materiału tarczy.

[1] S. Borodziuk, A. Kasperczuk, T. Pisarczyk, J. Ullschmied, E. Krousky, K. Masek, M. Pfeifer, K. Rohlena, J. Skala, and P. Pisarczyk: Applied Physics Letters 93, 101502 (2008).

[2] S. Borodziuk and J. Kostecki: Laser and Particle Beams 8, 241 (1990).

ANALIZA WPLYWU WŁÓKIEN PRĄDOWYCH NA ROZKŁAD KĄTOWY SZYBKICH PROTONÓW EMITOWANYCH Z REAKCJI SYNTEZY JĄDROWEJ W UKŁADACH TYPU PF

W. Stępniewski¹, M.J. Sadowski^{1,2}, M. Scholz¹, K. Malinowski²

¹*Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy (IFPiLM), 01-497 Warszawa*

²*Instytut Problemów Jądrowych (IPJ), 05-400 Otwock-Swierk*

Praca poświęcona jest roli włókien prądowych (current filaments), które występują często w silnoprądowych impulsowych wyładowaniach plazmowych typu PF (Plasma-Focus) oraz Z-Pinch. Wyraźne włókna prądowe były obserwowane w wielu eksperymentach typu PF, w szczególności w warstwie prądowej (current sheath) w czasie jej ruchu poosiowego w obszarze międzyelektrodowym, a także w czasie końcowej fazy kompresji radialnej na osi układu. Obrazy wyraźnych włókien prądowych były uzyskiwane za pomocą ultra-szybkich kamer fotograficznych rejestrujących promieniowanie widzialne, a także za pomocą rentgenowskich kamer typu „pinhole”. Takie obserwacje były realizowane od wielu lat w różnych laboratoriach plazmowych, w tym także w laboratoriach w Polsce (IPJ i IFPiLM). Część badaczy zaniedbywała rolę takich włókien prądowych, zwłaszcza dla produkcji neutronów w reakcjach syntezy jądrowej D-D. Głębsza analiza omawianych zjawisk wykazała jednak, że takie opinie nie były prawidłowe. Silne lokalne pola magnetyczne, które pochodzą od poszczególnych włókien prądowych, mogą istotnie wpływać na ruch cząstek naładowanych, tj. pierwotnych deuteronów (wchodzących w reakcje syntezy), jak również naładowanych produktów tych reakcji (np. szybkich protonów).

Komputerowe modelowanie różnych struktur włóknistych kolumny plazmowej w wyładowaniach typu PF było zainicjowane kilka lat temu, ale wstępna analiza teoretyczna dotyczyła głównie ruchów przyspieszonych deuteronów pierwotnych (z gazu roboczego). Głównym celem tej pracy, która rozpoczęto dwa lata temu, było modelowanie trajektorii szybkich protonów stanowiących ważny produkt reakcji syntezy D-D. Takie protony powinny mieć energie zbliżone do ok. 3 MeV i rzeczywiście zostały one zaobserwowane w kilku różnych eksperymentach typu PF, m.in. w układzie PF-360 w IPJ oraz układzie PF-1000 w IFPiLM. Zakładając różne liczby i rozmiary włókien prądowych wewnątrz kolumny plazmowej przeprowadziliśmy obliczenia lokalnych pól magnetycznych, a następnie trajektorii szybkich protonów. Obliczenia te wykonaliśmy przy założeniu, że 3,05-MeV protony są emitowane z wielu lokalnych mini-źródeł we wszystkich kierunkach.

Najważniejszym wynikiem opisywanej analizy było potwierdzenie hipotezy o silnym wpływie włókien prądowych na rozkład kątowy szybkich protonów, szczególnie w wypadku gdy prąd wyładowania jest dostatecznie intensywny i liczba włókien nie jest zbyt duża. Stwierdzono, że jeśli całkowity prąd wyładowania przez kolumnę plazmową przekracza 350 kA prawie wszystkie protony rotują w pobliżu kolumny i nie mogą być zarejestrowane w większych odległościach radialnych, za wyjątkiem protonów ulegających rozproszeniom. Pokazano również, że jeśli pojawia się tylko kilka wyraźnych włókien prądowych azymutalny rozkład szybkich protonów wykazuje pewną strukturę periodyczną. Jeśli liczba włókien jest większa rozkład azymutalny staje się bardziej rozmyty. Przedstawiona analiza ma znaczenie nie tylko dla interpretacji wyników eksperymentalnych, ale również dla głębszego poznania wewnętrznej struktury kolumn plazmowych.

ZASTOSOWANIE DIELEKTRYCZNYCH JĄDROWYCH DETEKTORÓW ŚLADOWYCH (SSNTD) DO BADAŃ PRĘDKICH JONÓW EMITOWANYCH Z PLAZMY

A. Szydłowski, A. Malinowska, K. Malinowski, M. Rabiński i M.J. Sadowski

Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Soltana, 05-400 Otwock-Świerk

Prędkie jony, w tym także naładowane elektrycznie produkty reakcji jądrowych (protony, trytony) często uciekają z obszaru gorącej plazmy, niosąc ze sobą istotne informacje o jej parametrach. Aby efektywnie zmierzyć takie jony i uzyskać pożądane informacje potrzebne są odpowiednie detektory. Dielektryczne jądrowe detektory śladowe (SSNTD), a zwłaszcza nowoczesne detektory typu CR-39/PM-355 nadają się dobrze do takich celów.

W pracy przedstawiono metodykę i wyniki pomiarów przestrzennych i energetycznych rozkładów szybkich protonów, które stanowią produkty reakcji syntezy D-D zachodzących w gorącej plazmie deuterowej. Omawiane pomiary wykonano w dwu różnych urządzeniach plazmowych: w wielkim układzie PF-1000 (Plasma-Focus o energii nominalnej 1000 kJ), którego badania prowadzone są w ramach współpracy między IPJ i IFPiLM w Warszawie; oraz w dużym tokamaku TEXTOR, którego badania realizowane są w ramach programu EURATOM w KFZ Juelich (Niemcy). W obydwu eksperymentach wykorzystano miniaturowe kamery jonowe typu „pinhole”, które wyposażono w dielektryczne detektory śladowe typu PM-355. Zastosowane detektory zostały wcześniej precyzyjnie wykalibrowane za pomocą mono-energetycznych wiązek protonów, uzyskanych z odpowiednich akceleratorów cząstek naładowanych. W eksperymencie wykonanym w układzie PF-1000 zastosowano kilka kamer, które umieszczono w komorze eksperymentalnej w wybranej odległości od środka „ogniska plazmowego” (ok. 30 cm), ale pod różnymi kątami względem osi symetrii elektrod. W tokamaku TEXTOR posłużono się tylko jedną kamerą, ale w czasie poszczególnych serii wyładowań kamera ta była ustawiana pod różnymi kątami w stosunku do toroidalnego pola magnetycznego tokamaku w tzw. „warstwie przyściennej”.

Uzyskane wyniki jeszcze raz potwierdziły, że wybrane detektory śladowe PM-355 są bardzo użytecznymi narzędziami pomiarowymi do badań szybkich protonów, stanowiących (podobnie jak szybkie neutrony) produkty reakcji syntezy jądrowej D-D. Na podstawie określonych wcześniej charakterystyk kalibracyjnych detektorów PM-355, tj. wykresów zależności średnic śladów od energii protonów i czasu trawienia detektorów, histogramy wielkości zarejestrowanych śladów, które uzyskano na podstawie pomiarów w obu wymienionych wyżej układach, zostały następnie przeliczone na rozkłady energetyczne badanych protonów. Wyznaczone w ten sposób rozkłady energetyczne charakteryzowały się tym, że ich maksima były przesunięte w kierunku wyższych energii, od wartości ok. 3.0 MeV do wartości ok. 4.5 MeV, co świadczyło o tym, że znaczna ilość protonów nie pochodzi z czystych reakcji termojądrowych. Dla interpretacji otrzymanych wyników rozpatrzono dwa różne mechanizmy generacji szybkich protonów (i neutronów) z reakcji syntezy D-D: mechanizm termojądrowy oraz mechanizm „wiązka-tarcza”, polegający na akceleracji pewnej populacji pierwotnych deuteronów (na skutek procesów nieliniowych w plazmie) i ich oddziaływaniu z obszarem stosunkowo gęstej plazmy deuterowej. Rozpatrywano także anizotropię emisji szybkich protonów, która jest rezultatem oddziaływania na nich silnych pól magnetycznych, które pochodzą od prądów płynących przez obszar plazmowy.

AKTYWACYJNE POMIARY NEUTRONÓW NA TOKAMAKU JET

R. Prokopowicz¹, M. Scholz¹, A. Szydłowski², S. Popovichev³, S. Jednoróg¹,
E. Kowalska-Strzęciwilk¹ oraz współpracownicy EFDA-JET*

¹ Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, ul. Hery 23, 01-497 Warszawa;

² Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, 05-400 Otwock-Świerk;

³ United Kingdom Atomic Energy Authority, Fusion Association,
Culham Science Centre, Wielka Brytania;

*por. Appendix of F. Romanelli et al., Fusion Energy Conf. 2008
(Proc. 22nd Int. FEC Geneva) IAEA, 2008.

Praca przedstawia wyniki eksperymentów przeprowadzonych na tokamaku JET, a mających na celu udoskonalenie i usprawnienie funkcjonującego tam układu do pomiarów aktywacyjnych oraz metodyki tych pomiarów.

Aktywacyjna metoda pomiaru neutronów jest powszechnie stosowana w akceleracyjnych generatorach neutronów prędkich do pomiaru fluencji oraz w reaktorach jądrowych zarówno do pomiaru fluencji, jak i widma energetycznego. Została ona zastosowana także w tokamakach do pomiaru całkowitej produkcji neutronów oraz do kalibracji innych diagnostyk neutronowych.

Metoda polega na napromienieniu w badanym polu neutronowym odpowiednio dobranych materiałów, w których pod wpływem neutronów zachodzą reakcje jądrowe. Mierząc ilość produktów tych reakcji oraz znając przekrój czynny na te reakcje można wnioskować o ilości neutronów bądź ich widmie energetycznym.

Materiały wytypowane na detektory aktywacyjne muszą mieć odpowiednio wysoki i dobrze zidentyfikowany przekrój czynny na reakcje z neutronami. Najkorzystniejsza sytuacja występuje w przypadku przekrojów progowych o dobrze zdefiniowanym progu energii reakcji. Produkty reakcji muszą rozpadać się z półokresami odpowiednimi ze względu na zastosowaną procedurę pomiarową. Zwykle nie są one krótsze niż 10 sek., ani dłuższe niż 100 dni.

Aktywność zaidukowana w aktywowanych próbkach mierzona była przy pomocy spektrometru gamma, którym był półprzewodnikowy detektor HPGe. Dlatego wszystkie produkty wytypowanych reakcji powinny rozpadać się z emisją kwantów gamma o energii odpowiedniej ze względu na zastosowany detektor, w tym przypadku jest to przedział od 100 keV do 2 MeV.

Ze względu na fizykę reakcji syntezy zachodzących w tokamaku wytypowane zostały materiały o progach energetycznych w okolicy 2,5 MeV oraz 14,1 MeV.

Wśród zastosowanych detektorów niektóre okazały się bardzo przydatne. Dotyczy to szczególnie itru, który po raz pierwszy został zastosowany jako materiał aktywacyjny w pomiarach neutronów. Zachodząca na nim reakcja $^{89}\text{Y}(n,n')^{89\text{m}}\text{Y}$ rokuje nadzieję na zastąpienie indu powszechnie używanego do tej pory w pomiarach aktywacyjnych na tokamakach. W przeciwieństwie do indu, bardzo krótki okres połowicznego rozpadu stanu wzbudzonego $^{89\text{m}}\text{Y}$ (16 sek.) pozwala na bardzo szybkie uzyskanie wyników pomiarów.

W celu usprawnienia procedury pomiarowej jako pierwsi zastosowaliśmy w JET wieloelementowe próbki aktywacyjne. Składają się one z odpowiednio dobranych, sproszkowanych materiałów, zmieszanych w odpowiednich stosunkach i sprasowanych pod wysokim ciśnieniem do postaci pastylek.

Podczas eksperymentów w JET wielokrotnie udowodniliśmy ich dużą przydatność.

SPEKTROSKOPIA MIĘKKIEGO PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO EMITOWANEGO Z PLAZMY WYSOKOTEMPERATUROWEJ

Ireneusz Książek

Instytut Fizyki, Uniwersytet Opolski, ul. Oleska 48, 45-052 Opole

Badania plazmy wysokotemperaturowej mają na celu opanowanie technologii kontrolowanej syntezy termojądrowej a następnie budowy elektrowni termojądrowej. Plazma ta ma temperaturę rzędu 100 mln. K i jest wytwarzana i utrzymywana w polu magnetycznym w urządzeniach typu tokamak (np. JET – Joint European Torus w Wlk. Brytanii) lub stellarator (np. budowany w Niemczech Wendelstein 7-X).

Miękkie promieniowanie rentgenowskie jest głównym źródłem informacji o zanieczyszczeniach tej plazmy. W tym zakresie widmowym emitowane są bowiem najsilniejsze linie emisyjne wodoropodobnych jonów lekkich pierwiastków jak np. Be IV (7.6 nm), B V (4.9 nm), C VI (3.4 nm), NVII (2.5 nm) czy O VIII (1.9 nm).

Pomiary natężeń tych linii pozwalają m.in. na wykrycie zwiększonej erozji ścian (linie węgla, tlenu, berylu), nieszczelności układów próżniowych (linia azotu) lub zwiększonego oddziaływania plazmy z elementami poddanymi boronizacji (linia boru).

Spektroskopia promieniowania elektromagnetycznego w tym zakresie jest skomplikowana ze względu na fakt iż dla tych długości fal występuje granica stosowalności zarówno metod spektroskopii rentgenowskiej jak i technik spektroskopii ultrafioletu próżniowego.

Jako elementy dyspersyjne w tym zakresie mogą być stosowane zarówno kryształy (organiczne o odpowiednio dużej stałej sieciowej) jak i siatki dyfrakcyjne (przy niewielkim kącie połysku). W obu przypadkach jednakże współczynnik odbicia jest bardzo mały.

Promieniowanie to, w odróżnieniu od twardego promieniowania rentgenowskiego, jest bardzo silnie absorbowane we wszelkich materiałach. Wiąże się to z koniecznością stosowania technik spektroskopii próżniowej, a nawet układ pomiarowy nie jest zazwyczaj oddzielony od badanej plazmy. Brak okienek oddzielających obszar wyładowania od spektrometru naraża układ na zanieczyszczenia wnętrza spektroskopu co może powodować zmiany jego parametrów. Silna absorpcja powoduje iż nawet okienko wejściowe detektora (licznika proporcjonalnego) musi być wykonane z niezwykle cienkiej folii.

METODOLOGIA POMIARÓW INTERFEROMETRYCZNYCH W ZASTOSOWANIU DO OKREŚLANIA KONCENTRACJI ELEKTRONOWEJ PLAZMY W URZĄDZENIU PLASMA-FOCUS PF-1000

T. Pisarczyk¹, M. Paduch¹, A. Kasperczuk¹, T. Chodukowski¹, M. Scholz¹,
E. Zielińska¹ and P. Pisarczyk²

¹*Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, ul. Hery 23, 00-908 Warszawa*

²*Instytut Informatyki, Politechnika Warszawska, Nowowiejska 15/19, 00-665 Warszawa*

Do badania szybkozmiennych procesów, z jakimi mamy do czynienia w plazmie termojądrowej wytwarzanej w wyniku wyładowań silnoprądowych wymagana jest aparatura diagnostyczna umożliwiająca rejestrację poszczególnych faz wyładowania z możliwie wysoką czasową i przestrzenną zdolnością rozdzielczą. W przypadku urządzeń typu *plasma-focus* – aby efektywnie śledzić proces formowania, kompresji oraz rozpadu warstwy plazmowej, należy zastosować metody kadrowej rejestracji obrazu, najlepiej wielo-kadrowej interferometrii, o czasie ekspozycji zawierającym się w zakresie od jednej do kilkunastu nanosekund. W przypadku bardzo dużych urządzeń *plasma-focus*, budowanych do badań związanych głównie z syntezą termojądrową, stosowanie interferometrii napotyka na duże trudności i naturalne ograniczenia eksploatacyjne. Wynikają one głównie z: rozciągłości przestrzennej badanej plazmy, wysokiego poziomu promieniowania własnego emitowanego przez plazmę, refrakcji, depolaryzacji oraz rozpraszania sondującej wiązki lasera.

W pracy przedstawione są szczegóły zrealizowania pomiarów interferometrycznych plazmy na jednym z największych w świecie urządzeniu *plasma-focus* PF-1000 o energii baterii ~1 MJ, zainstalowanym w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie. Praca obejmuje opis wielo-kadrowego układu interferometrycznego, na bazie interferometru Macha-Zahndera, umożliwiającego zarejestrowanie 16 obrazów interferometrycznych plazmy w jednym wyładowaniu urządzenia *plasma-focus*. Rozdzielnie przestrzenne i czasowe poszczególnych kadrów zostało zrealizowane za pomocą specjalnej konstrukcji optycznej linii opóźniającej oraz zespołu pryzmatów w układzie rejestracji interferometru. Interferometr oświetlany jest impulsem promieniowania laserowego o długości fali 532 nm (II harmoniczna promieniowania lasera Nd) o parametrach: czasie trwania ~1 ns i energii około 1 J. Przedstawione są sekwencje interferogramów uzyskane w charakterystycznych fazach rozwoju wyładowania *plasma-focus*, a mianowicie: (i) akceleracji radialnej powłoki plazmowej, (ii) maksymalnej kompresji plazmy oraz (iii) rozpadu sznura plazmowego.

Zasadniczą część pracy stanowią szczegóły ilościowej analizy interferogramów plazmy obejmujące proces rekonstrukcji bardzo złożonych struktur prążków interferencyjnych, sposoby określenia na ich podstawie rozkładów fazy oraz metodę numerycznego rozwiązania Abela, z wykorzystaniem FFT (*Fast Fourier Transform*), prowadzącą do uzyskania rozkładów koncentracji elektronowej plazmy oraz innych parametrów takich jak koncentracja liniowa oraz ilość elektronów w powłoce i sznurze plazmowym, możliwych do określenia na podstawie informacji o rozkładach koncentracji elektronowej i wymiarach badanej plazmy.

Zastosowana metodologia pomiarów interferometrycznych oraz opracowane oprogramowanie umożliwiły określić przestrzenno-czasowe rozkłady koncentracji elektronowej w w/w charakterystycznych fazach wyładowania w urządzeniu PF-1000. Szczególnie interesujące okazały się rozkłady koncentracji elektronowej uzyskane w końcowej fazie zjawiska, pokazujące rozwój niestabilności magnetohydrodynamicznych i rozpad sznura plazmowego. Rozkłady te okazały się niezwykle przydatne do analizy i interpretacji procesów fizycznych towarzyszących silnemu wyładowaniu prądowemu w układach *plasma-focus*, a w szczególności związanych z emisją promieniowania rentgenowskiego, mechanizmami generacji wiązek elektronów i jonów oraz produkcją neutronów z plazmy urządzenia PF-1000.

LASEROWA GENERACJA STRUMIENI PRĘDKICH PROTONÓW I PERSPEKTYWA ICH ZASTOSOWANIA W RADIOTERAPII HADRONOWEJ

Piotr Rączka

IFPiLM

Współczesna radioterapia hadronowa opiera się na wykorzystaniu wiązek formowanych w konwencjonalnych akceleratorach, których technologię w ciągu blisko 80 lat rozwoju udało się doprowadzić do bardzo wysokiego poziomu. Są to jednak urządzenia duże i dość kosztowne, a precyzyjne naprowadzenie wytworzonych przez nie wiązek na naświetlany obszar wymaga skomplikowanej i ciężkiej aparatury. Pod koniec lat 90. odkryto nowy mechanizm przyspieszania cząstek subatomowych, oparty na szczególnych właściwościach oddziaływania bardzo intensywnego promieniowania laserowego z materią. Stwierdzono, że w oddziaływaniu laser-tarcza możliwe jest przyspieszenie protonów do energii rzędu kilkadziesiąt MeV na odległościach rzędu mikrometrów [1-3]. Kiedy piko- lub femtosekundowy impuls laserowy o natężeniu wyższym niż 10^{18} W/cm² oddziałuje z cienką folią metalową, znaczna liczba elektronów zostaje przyspieszona do relatywistycznych prędkości i wyrzucone poza folię, gdzie tworzą gęstą warstwę ładunku, wytwarzającą pole elektrostatyczne o natężeniu sięgającym 1 TV/m [4]. W oddziaływaniach z tarczami innego typu możliwa jest też akceleracja protonów pod wpływem sił ponderomotorycznych [5]. Zjawisko generacji wiązek hadronów w oddziaływaniu laser-plazma wzbudziło wielkie zainteresowanie głównie ze względu na możliwość wykorzystania w pracach nad kontrolowaną syntezą termojądrową w plazmie ograniczonej bezwładnościowo, w której reakcja syntezy jest inicjowana przez tzw. „szybki zapłon” [6]. Takie podejście jest rozwijane w ramach ogólnoeuropejskiego programu HiPER [7]. Zjawisko akceleracji cząstek w oddziaływaniu laser-plazma pozwala jednak także na budowę akceleratorów protonów o rozmiarach „biurowych”. Szybko zauważono, że takie akceleratory szczególnie dobrze nadawałyby się do zastosowań w radioterapii hadronowej [8,9]. Referat jest poświęcony przedyskutowaniu parametrów uzyskiwanych obecnie i możliwych od uzyskania w niedalekiej przyszłości wiązek – średniej energii protonów w wiązce, dyspersji energetycznej wiązki, kolimacji wiązki, wartości strumienia protonów etc. – z punktu widzenia wymagań radioterapii hadronowej.

Literatura:

1. E. L. Clark et al., Phys. Rev. Lett. **84**, 670 (2000).
2. A. Maksimchuk et al., Phys. Rev. Lett. **84**, 4108 (2000).
3. R. A. Snavely et al., Phys. Rev. Lett. **85**, 2945 (2000).
4. S. P. Hatchett et al., Phys. Plasmas **7**, 2076 (2000).
5. J. Badziak et al., Appl. Phys. Lett. **85**, 3041 (2004).
6. M. Roth et al., Phys. Rev. Lett. **86**, 436 (2001).
7. <http://www.hiper-laser.org>
8. S. V. Bulanov, V. S. Khoroshkov, Plasma Phys. Rep. **28**, 453 (2002).
9. S. V. Bulanov et al., Phys. Lett. A **299**, 240 (2002).

POSZANOWANIE ENERGII

Andrzej Kreft

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza

Ostatnie dwa stulecia były okresem szybkiego rozwoju cywilizacyjnego opartego na intensywnej eksploatacji dostępnych na Ziemi nieodnawialnych zasobów energii. W tym czasie globalne zużycie organicznych paliw kopalnych wzrosło około tysiąckrotnie. Ukształtował się paradygmat, że poprawa poziomu życia nie jest możliwa bez zwiększania konsumpcji energii. Na dowód tej tezy są przytaczane korelacje pomiędzy rocznym zużyciem energii na głowę, a różnymi wskaźnikami jakości życia. W ostatnich latach ten pogląd jest jednak coraz częściej uznawany za błędny (zwłaszcza w odniesieniu do krajów rozwiniętych) i wielce szkodliwy ze względu na zaostrzającą się sytuację na rynku paliw. Przy aktualnym tempie eksploatacji udokumentowane zasoby ropy i gazu mogą bowiem wystarczyć zaledwie na kilkadziesiąt lat, a tempo odkrywania nowych złóż od dawna jest mniejsze od bieżącej konsumpcji. Widmo niezaspokojonego popytu na nośniki energii to nie jedyne zagrożenie energetyczne XXI wieku. Coraz więcej jest dowodów na to, że spalanie węglowodorów jest istotną przyczyną globalnych zmian klimatycznych. Aby zaradzić obydwu zagrożeniom, w ciągu najbliższych kilku dekad cywilizacja musi radykalnie zmienić sposób zaspakajania swoich potrzeb energetycznych. Równoległe z rozwijaniem technologii jądrowych i opartych na odnawialnych źródłach energii, konieczne są kompleksowe działania na rzecz poszanowania energii. Terminem poszanowanie energii określa się dążenie do zaspakajania obiektywnych potrzeb energetycznych człowieka przy jak najmniejszym zużyciu energii, zwłaszcza w postaciach nieodnawialnych. Zmniejszenie popytu na energię można osiągać zarówno poprzez działania w sferze techniki polegające na poprawie efektywności energetycznej (np. zwiększanie sprawności przemian energetycznych), jak i działania w sferze społecznej polegające na kształtowaniu skłonności do oszczędzania energii. Na przykładach szeregu krajów (w tym Polski) można wykazać, że znaczną poprawę jakości życia można osiągnąć bez zwiększania konsumpcji energii. W ostatnio opracowywanych scenariuszach rozwoju energetyki światowej zagadnieniu poszanowania energii przypisuje się pierwszoplanową rolę, ponieważ jest to najtańszy sposób przeciwdziałania globalnym zagrożeniom energetycznym. Również w dokumencie rządowym pt. „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku” poprawa efektywności energetycznej została uznana za cel priorytetowy.

BEZEMISYJNA ENERGETYKA WĘGLOWA

Jan Górski

Wydział Energetyki i Paliw AGH
e-mail: jagorski@agh.edu.pl

Zainteresowanie czystymi technologiami węglowymi (CCT – *Clean Coal Technology*) nie jest czymś absolutnie nowym, lecz w świetle konieczności ograniczenia emisji ditlenku węgla i innych szkodliwych gazów stanowi istotny dylemat związany z dalszym rozwojem energetyki ciepłej opartej na paliwach węglowych. Istnieją zatem dwa główne obszary rozwijanych w tym zakresie technologii: wzbogacanie i przetwarzanie paliw węglowych w celu otrzymania możliwie czystych finalnych nośników energii (zgazowanie paliw) oraz wychwytywanie, wykorzystanie i usuwanie CO₂ powstającego w wyniku spalania paliw. Jednocześnie radykalnej zmianie ulega koncepcja organizacji procesów spalania poprzez ich sterowanie i kontrolę (w tym systemy katalityczne) oraz zastępowanie spalania w powietrzu przez „sztuczną atmosferę” (m.in. Oxy-Fuel – spalanie w czystym tlenie, CLC – *Chemical Looping Combustion* bądź inne rozwiązania). Końcowym efektem tych przedsięwzięć powinna być w najbliższym czasie „dekarbonizacja” technologii energetycznych.

Spośród znaczących inicjatyw w tym zakresie należy wymienić w szczególności: projekt CES (*Clean Energy Systems Inc.*), zrealizowany w 2005 r. w Kimberlina (USA) i pilotażową instalację Vattenfall (Niemcy). Szereg innych zaawansowanych rozwiązań technologicznych znajduje się w fazie prac studialnych (projekt AZEP, ZECA, GRAZ, ZEITMOP i ZEMPES).

Celem prezentacji jest wskazanie istotnych cech i kierunków doskonalenia wspomnianych technologii, a także realnych możliwości i uwarunkowań ich rozwoju.

ENERGETYKA JĄDROWA DLA POLSKI

Jerzy Niewodniczański

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Świat przeżywa renesans energetyki jądrowej, która po wprowadzeniu istotnych usprawnień stała się technologią w pełni bezpieczną i wyraźnie konkurencyjną w stosunku do innych opcji energetycznych. Jest to jedyna technologia bezemisyjna mogąca stanowić systemowe źródło energii elektrycznej. W Polsce ponad 95% energii elektrycznej pochodzi z elektrowni spalających węgiel, w dwóch trzecich kamienny, w jednej trzeciej brunatny. Polska stoi wobec konieczności drastycznego obniżenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery, winna również stopniowo eliminować wyeksploatowane elektrownie węglowe. Dlatego też w styczniu 2009 roku Rząd podjął decyzję powrotu Polski do energetyki jądrowej, powołując w strukturze Ministerstwa Gospodarki urząd odpowiedzialny za ten proces. Mowa tu o powrocie do energetyki jądrowej, z uwagi na prace w latach 1970. i 1980., zmierzające do wybudowania elektrowni jądrowych w Żarnowcu i w Kłempiczu. Powodzenie programu polskiej energetyki jądrowej wymaga między innymi rozwiązania problemu zagospodarowania wypalonego paliwa jądrowego i wysoko-aktywnych odpadów promieniotwórczych. Ponadto, istotnym elementem w państwie demokratycznym jest przyzwolenie społeczne na tego typu inwestycję. Ostatnie badania pokazują, że większość Polaków aprobuje uruchomienie w Polsce elektrowni jądrowych, a większość osób ze średnim i wyższym wykształceniem zgadza się na budowę takiego obiektu w sąsiedztwie swojego miejsca zamieszkania.

SYNERGIA JĄDROWO-WĘGLOWA

Stefan Taczanowski

AGH

ENERGETYKA WODOROWA

Piotr Tomczyk

*Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, al. Mickiewicza 30,
30-059 Kraków, e-mail: ptomczyk@agh.edu.pl*

Energetyka wodorowa obejmuje trzy etapy funkcyjne: (1) produkcję, (2) transport i magazynowanie oraz (3) wykorzystanie paliwa wodorowego. Najpierw dostrzeżono zalety ogniw paliwowych wodorowo-tlenowych jako wydajnych, czystych i cichych generatorów prądowców. Mimo, że pierwsze ogniwo paliwowe zostało skonstruowane bardzo dawno temu (1839), przez długie lata prawie o nich zapomniano – w sektorze energetycznym panowały i panują prądnice samowzbudne napędzane silnikami cieplnymi. Od drugiej połowy XX wieku, coraz więcej uwagi zaczęto poświęcać wodorowi jako nośnikowi energii. Choć nie występuje na Ziemi w stanie wolnym, jego obecność w związkach chemicznych jest powszechna a pozyskiwanie jest stosunkowo łatwe. Wodór nie jest toksyczny a produktem jego spalania jest woda – obojętna dla środowiska naturalnego. Wodór można też łatwiej magazynować niż inny ważny wtórny nośnik energii: elektryczność.

Zalety te spowodowały, że od połowy XX w. zaczęto prowadzić szerokie badania w zakresie wszystkich trzech etapów funkcjonalnych energetyki wodorowej. Okazało się, że w każdym z nich istnieją istotne bariery do pokonania, między innymi są to: zbyt wysokie koszty produkcji wodoru, jego magazynowania i generatorów z ogniwami paliwowymi, niska efektywność magazynowania H_2 oraz niewystarczająca niezawodność ogniw paliwowych. Nietrudno zauważyć, że postęp w każdej z tych gałęzi energetyki wodorowej nie jest zbyt szybki, chociaż jego elementy są coraz bardziej widoczne, na przykład w zastosowaniach niszowych (wyposażenie wojskowe) i energetyce (technologia IGCC: *Integrated Gasification Combined Cycle*). Ogromne nadzieje pokłada się w rozwoju samochodów elektrycznych z ogniwami paliwowymi, powoli zaczyna się również testować ogniwa paliwowe w energetyce rozproszonej. Po niedawnej fali optymizmu, obecne prognozy dotyczące masowego zastosowania tych technologii wydają się być bardziej realistyczne: nastąpi to około roku 2050.

ENERGETYKA WIATROWA W XXI WIEKU

Bartosz Soliński

AGH

Zwiększone wykorzystanie energii odnawialnej, a w tym i energii wiatrowej wydaje się być w chwili obecnej nieuniknione, czego głównymi przyczynami są wyczerpujące się zasoby paliw kopalnych i możliwość przekroczenia bariery ekologicznej.

Energetyka wiatrowa jest najdynamiczniej rozwijającym się sektorem energetyki odnawialnej na Świecie. W ciągu ostatniego dziesięciolecia prawie dziesięciokrotnie zwiększyła się całkowita moc zainstalowana w sektorze energetyki wiatrowej na świecie, a w Europie wzrost ten był jeszcze bardziej spektakularny (ponad szesnastokrotnie). Prognozy wskazują, że w zależności od scenariusza rozwoju w roku 2020 w energetyce wiatrowej na Świecie może być zainstalowane od 350 do ponad 1080 GW mocy, co pozwoli na osiągnięcie udziału w produkcji energii elektrycznej na poziomie od 4,1 do 12,6%.

Polska należy do krajów o korzystnych do rozwoju energetyki zasobach wiatru, porównywalnych do Niemiec. Jednak do tej pory w Polsce zainstalowano moc zaledwie ok. 450 MW, a w Niemczech 24 000 MW.

W referacie przedstawiono m.in. dostępne obecnie typy elektrowni wiatrowych wykorzystywane komercyjnie, wpływ ich zastosowania na środowisko, aspekty związane z ekonomiczną efektywnością ich implementacji ze szczególnym uwzględnieniem odpowiednich finansowych instrumentów wsparcia stosowanych obecnie na rynku energii elektrycznej oraz stan i perspektywy rozwoju sektora energetyki wiatrowej.

ENERGETYKA GEOTERMALNA

Wojciech Górecki

AGH

SYMETRIA MUZYKI

P. Zieliński

*Instytut Fizyki Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki, ul. Podchorążych 1, 30-084 Kraków,
Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN, ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków,*

Rozpoznanie epoki stylistycznej, do której należy dany utwór muzyczny nie sprawia na ogół trudności nawet mało przygotowanemu słuchaczowi. Jednakże, oprócz cech zewnętrznych, takich jak liczba głosów, używane instrumenty, pewne elementy formy itp. trudno jest określić na czym polegają różnice stylu. Tym bardziej, że wielu znanych kompozytorów wyprzedzało swoją epokę, a inni świadomie tworzyli w stylach minionych. Dawni teoretycy różnicowali style muzyki w kontekście jej cech użytkowych. Np. w starożytności i średniowieczu ustalano jakie skale, i/lub postępy melodyczne są odpowiednie do tańca, modlitw o różnym charakterze itp. Nowoczesna świadomość stylu powstała z chwilą wprowadzenia monodii akompaniowanej: jednogłosowego śpiewu na tle instrumentów w odróżnieniu od dotychczasowego śpiewu w równoprawnych głosach wokalnych [1]. Późniejsza muzykologia odwołuje się zazwyczaj do określeń pochodzących z innych sztuk: barok, klasycyzm, romantyzm, impresjonizm, ekspresjonizm, ...

W poszukiwaniu bardziej obiektywnych sposobów charakteryzowania muzyki zwrócono się w latach 70. XX w. do analiz statystycznych i widmowych. Traktując utwór jako czasowy szereg interwałów, długości dźwięków, a także czasem innych parametrów, stwierdzono, że większość utworów z europejskiego kręgu kulturowego, wykazuje przebieg typowy dla szumu $1/f$ [2]. Dało to początek tzw. muzyki fraktalnej, tworzonej automatycznie przez generatory liczb losowych. Jednak w takim podejściu pomija się pokrewieństwo dźwięków i wynikające stąd zwroty, takie jak kadencje, modulacje, progresje, a także zjawiska harmoniczne takie jak opóźnienia oraz formalne: przekształcenia motywów i tematów. Wydaje się, że używane w fizyce pojęcie symetrii, jako niezmienniczości względem pewnych operacji może dostarczyć wartościowych wskazówek dotyczących rozwoju stylów muzycznych. Np. operacja inwersji, tj. zamiana interwałów w górę na interwały w dół i odwrotnie (co jest równoważne zamianie harmonik i subharmonik) przeprowadza utwór skomponowany w systemie tonalnym dur-moll, w utwór przynależny do systemu modalnego. Ponieważ każda tonacja systemu modalnego posiada swój odpowiednik wynikający z inwersji, a tonacje systemu tonalnego nie posiadają tej właściwości, należy uznać, że wykształcenie się systemu tonalnego miało charakter pewnego łamania symetrii [3]. Symetria względem inwersji niejako powróciła z chwilą przełamania tego systemu, co doskonale słysząc, gdy podda się inwersji utwory epoki impresjonizmu i dodekafonii. Inną cechą systemu tonalnego jest następstwo akordów wykluczające bezpośrednie następstwa dominanty i subdominanty, dozwolone w muzyce renesansu. Mamy tu do czynienia z pewnym łamaniem symetrii zwrotu strzałki czasu. Zostaną przedstawione przykłady ilustrujące te zjawiska w muzyce europejskiej, a także konsekwencje innych symetrii, np. równoważności dźwięków odległych o oktawę, symetrii przesunięcia w czasie wynikającej z rytmu i in. Zostaną omówione koncepcje innych autorów dotyczące wykorzystania symetrii do charakteryzowania zjawisk dźwiękowych i muzyki [4].

- [1] Vincenzo Galilei, *Dialogo della musica antica e della moderna*, Fiorenza (1581)
- [2] R. F. Voss i J. Clarke, $1/f$ noise in music and speech, *Nature* **258**, 317 (1975)
K.J.Hsu i A.J.Hsu *Fractal Geometry of Music*, *Proc.Natl.Acad.Sci. USA*, **87**, 938 (1990)
- [3] P. Zieliński, *Spatial and Temporal Symmetries in Arts and in Music*, w *Symmetry and Structural Properties of Condensed Matter*, ed. T. Lulek, World Scientific, Singapore (2001) p. 449
- [4] Ph. Dorrell, *What is Musi? Solving a Scientific Mystery* <http://whatismusic.info/> (2005)

FIZYKA NA SCENIE

Wojciech Nawrociak

Wydział Fizyki UAM

Festiwal ogólnopolskie „Fizyka na Scenie” i następnie „Nauki przyrodnicze na Scenie” oraz festiwale europejskie „Physics on Stage” i „Science on Stage” odbywają się od roku 2000.

Ogólnopolskie festiwale zawsze organizowane na Wydziale Fizyki UAM w Poznaniu zaś festiwale europejskie organizowano w różnych europejskich centrach naukowych: Genewie (CERN), Grenoble (ILL i ESRF), Nordwijk (ESA).

Pierwszy ogólnopolski festiwal „Fizyka” na Scenie” zorganizowaliśmy w Poznaniu dzięki inicjatywie Prof. Tadeusza Skośkiewicza i Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Laureaci tego festiwalu tworzyli trzon polskiej delegacji na pierwszy europejski festiwal „Physics on Stage” zorganizowany w Genewie na terytorium CERN. Od festiwalu w Genewie polska delegacja (około 24 osoby) zawsze brała udział w kolejnych europejskich festiwalach. Ten udział był aktywny i zauważalny przez organizatorów i uczestników festiwalu. Członkowie delegacji z powodzeniem pokazywali własne ciekawe propozycje i dużo nauczyli się od swoich kolegów z ponad 20 krajów europejskich. W festiwalach europejskich uczestniczyło zawsze około 400–500 osób – głównie nauczycieli fizyki, chemii, biologii i geografii.

W ogólnopolskich festiwalach liczba uczestników wzrosła od około 40 na pierwszym festiwalu do około 400 na ostatnim festiwalu „Nauki Przyrodnicze na Scenie”, który odbył się w Poznaniu we wrześniu 2008 roku. W ogólnopolskich festiwalach uczestniczą nauczyciele i uczniowie szkół ponadpodstawowych oraz dydaktycy z wyższych uczelni. Festiwale ogólnopolskie są sceną na której nauczyciele i uczniowie prezentują swoje dokonania w trzech kategoriach: demonstracje zjawisk, opracowania multimedialne i przedstawienia o charakterze teatralnym. Jury stanowią nauczyciele akademickie i nauczyciele szkolni.

W opinii jurorów i uczestników poziom ogólnopolskich festiwalu jest wysoki i zawsze kilka wystąpień jest na bardzo wysokim poziomie. Cieszy to, że coraz aktywniejsi w kategorii demonstracji zjawisk są uczniowie, którzy tylko pod opieką nauczyciela sami przygotowali bardzo interesujące pokazy.

Polskim nauczycielom udział w ogólnopolskich i europejskich festiwalach pozwolił pokazać swoje osiągnięcia dydaktyczne na arenie krajowej i europejskiej, skorzystać z doświadczeń dydaktycznych nauczycieli z całej Europy, nawiązać współpracę z nimi i wziąć udział w europejskich programach dydaktycznych.

Los europejskich festiwalu jest niepewny ale narodowe komitety organizacyjne festiwalu bardzo starają się o podtrzymanie tradycji europejskich festiwalu. Ogólnopolski Komitet Organizacyjny festiwalu „Nauki Przyrodnicze na Scenie” uznając wagę festiwalu i biorąc pod uwagę oczekiwania nauczycieli i uczniów organizuje we w dniach 24-25 września 2010 roku kolejny festiwal „Nauki Przyrodnicze na Scenie 4”, na który zaprasza nauczycieli przedmiotów przyrodniczych z całej Polski.

FIZYKA JĄDROWA W SŁUŻBIE MEDYCYNY

Ludwik Dobrzyński

UB, IPJ

ŁAPKI GEKONA I FIZYKA

Piotr Pierański

UAM

POPULARYZACJA KOSMOLOGII WŚRÓD STUDENTÓW I UCZNIÓW

Henryk Drozdowski

*Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Umultowska 85,
61-614 Poznań, riemann@amu.edu.pl*

Kosmologia (fizyka Wszechświata) jest nauką mającą za przedmiot stan Wszechświata jako całości, z uwzględnieniem jego ewolucyjnego rozwoju. Według słów prof. Michała Hellera „ostatecznym celem kosmologii jest pełne zrozumienie globalnych właściwości Wszechświata”. Istnieje, jak powiedział Karl Popper „co najmniej jeden problem zaprzatający wszystkich myślących ludzi – jest nim problem kosmologii: dążenie do zrozumienia świata, którego częścią jesteśmy my sami”. Wciąż żywa pozostaje tęsknota człowieka do nielicznych prawd porządkujących obraz świata. W kosmologii dokonuje się integracja niemal wszystkich dziedzin fizyki.

Kosmologia daje więc unikalną szansę na wzbudzenie zainteresowania studentów i uczniów całą fizyką. „Obecnie teoria Gorącego Wybuchu jest ugruntowana ponad wszelką rozsądną wątpliwość. Pod tym względem porównałbym ją do stwierdzenia, że Ziemia i inne planety krążą wokół Słońca” tak napisał wybitny fizyk J. Zeldowicz już w 1983 roku.

Współczesny dynamiczny obraz Wszechświata to ekspansja i ewolucja materialnej zawartości Wszechświata. W całym kursie wykładów kładę więc szczególny nacisk na omówienie historii odkrycia rozszerzania się Wszechświata i jego początku oraz relikтового promieniowania tła.

W wykładzie przedstawię krótko, w jaki sposób od kilkunastu lat popularyzuję kosmologię wśród studentów i uczniów w ramach Festiwalu Nauki i Sztuki oraz wykładów otwartych, organizowanych na Wydziale Fizyki UAM.

Literatura

- [1] A.K. Wróblewski, Historia fizyki. Od czasów najdawniejszych do współczesności, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [2] M. Heller, Ostateczne wyjaśnienia wszechświata, Universitas, Kraków 2008.
- [3] H. Drozdowski, Fizyczny Obraz Świata, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2007.
- [4] J. Gribbin, W poszukiwaniu Wielkiego Wybuchu. Kosmologia i fizyka kwantowa, Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań 2000.

POPULARYZACJA ASTROFIZYKI

Jerzy Kreiner

UP Kraków

PROJEKT DLA NAUCZYCIELI „FUZJA W SZKOLE I SPOŁECZEŃSTWIE”

A Gałkowski, H. Howaniec

Projekt edukacyjny „Fuzja w szkole i w społeczeństwie” został opracowany i od stycznia 2008 roku jest realizowany w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie. Jego celem jest popularyzacja fuzji jądrowej jako przyszłego źródła energii, jest przeznaczony dla nauczycieli fizyki w szkołach gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych w całej Polsce. W ramach projektu nauczyciele mają możliwość szkolenia w ośrodkach Euratomu w Polsce oraz w całej Europie. Materiały, które są wykorzystywane w projekcie pochodzą z Europejskiego Konsorcjum EFDA (*European Fusion Development Agreement*) koordynującego europejski program badań nad fuzją jądrową, oraz polskiej Asocjacji Euratom – IFPiLM.

Po prawie dwuletniej działalności, nauczyciele mogą pochwalić się bardzo dobrymi wynikami swojej pracy.

POPULARYZOWANIE WIEDZY O PROJEKCIE LHC

Środa

HIGH TC SUPERCONDUCTIVITY – A DISCOVERY AND ITS IMPACT

J. G. Bednorz

*IBM Research, Zurich Research Laboratory
8803 Rüschlikon, Switzerland*

The research on insulating oxides with a particular crystal structure (perovskites) had for decades been a traditional field at the IBM Zurich Research Laboratory (ZRL). It was in 1983 when the idea for a radically new approach, to search for superconductivity in these materials emerged. The search was guided by a simple model and intuition, and after three years of uncertainty culminated in the discovery of layered copper oxides with surprisingly high superconducting transition temperatures (T_c). I will describe personal experiences made during this time and discuss decisive moments as well as the environment that made this breakthrough possible. The discovery led to an intensive research effort, with the discovery of a series of new copper oxide phases and rapidly increasing transition temperatures. This also

raised the level of expectations concerning the timescale for the realization of practical applications. Because of their specific crystal structure, however, the new superconductors exhibited very unusual properties, which experts regarded as major obstacles for most of the applications envisaged. A concentrated, worldwide scientific effort, characterized by efficient international collaborations, has over the past two decades provided deep insight into the basic materials properties and led to impressive progress in many segments of powerful superconductor applications.

NADPRZEWODNICTWO W TEMPERATURZE POKOJOWEJ: MIT CZY REALNA PERSPEKTYWA.

K. Rogacki

*Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych,
Polska Akademia Nauk,
Wrocław*

Ponad 20 lat temu odkryto nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe, które znalazło szereg zastosowań w łatwej do otrzymania temperaturze ciekłego azotu. Do dzisiaj jednak nie znany jest pełny opis mechanizmu prowadzącego do tego zjawiska. Ostatnio pojawiło się wiele nowych materiałów, w których nadprzewodnictwo ma charakter egzotyczny. Przejawy niekonwencjonalnego nadprzewodnictwa w tych materiałach (np. KOs_2O_6 i LaFeAsO:F) stwarzają szanse na zrozumienie istoty nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego i stąd, być może, przyczynią się do odkrycia związku będącego nadprzewodnikiem w temperaturze pokojowej. Czy materiał taki, jeśli powstanie, będzie można szeroko stosować w przemyśle i technice? Wydaje się, że z przyczyn całkiem fundamentalnych istnieją poważne ograniczenia w wykorzystaniu nadprzewodnictwa w temperaturach bliskich temperaturze pokojowej. Podczas wykładu zastanowimy się, czy ograniczenia te można usunąć.

MIĘDZY ŚWIATEM KLASYCZNYM A KWANTOWYM

Wojciech H. Żurek

LANL

INFORMATYKA KWANTOWA

Paweł Horodecki

PG

SPLĄTANIE KWANTOWE W UKŁADACH SILNIE SKORELOWANYCH ELEKTRONÓW*

Andrzej M. Oleś

*Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Jagielloński, Reymonta 4, 30-059 Kraków*

Silne korelacje elektronowe w stanach 3d w tlenkach metali przejściowych są odpowiedzialne za częściową lokalizację elektronów, która prowadzi do szeregu bardzo interesujących stanów uporządkowanych. Przykładami nie do końca jeszcze zrozumianych zjawisk występujących w układach silnie skorelowanych elektronów w tej klasie materiałów jest nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe oraz efekt kolosalnego magnetooporu w manganitach. Opis teoretyczny tych i innych zjawisk wymaga uwzględnienia efektywnych oddziaływań nadwymiany.

W przypadku związków z częściowo wypełnionymi stanami orbitalnie zdegenerowanymi, przy opisie własności magnetycznych zachodzi konieczność uwzględnienia orbitalnych stopni swobody, co prowadzi do spinowo-orbitalnych modeli nadwymiany ze spinowo-orbitalnym splątaniem kwantowym. Należy je uwzględnić w opisie (antyferromagnetycznych) stanów podstawowych oraz w obszarze skończonych temperatur [1]. Splątanie kwantowe prowadzi do odstępstw od koncepcji klasycznej (tzw. reguły Goodenough'a-Kanamori'ego). Wobec silnych fluktuacji spinowo-orbitalnych spowodowanych istnieniem stanów splątanych, separacja spinowych i orbitalnych oddziaływań nie jest możliwa co prowadzi do interesujących nowych własności, czego przykładami są silna zależność intensywności spektralnej wzbudzeń optycznych w LaVO_3 od temperatury oraz dimeryzacja ferromagnetycznych oddziaływań wymiany zaobserwowana w fazie antyferromagnetycznej typu C w YVO_3 . Jak się wydaje, zrozumienie spinowo-orbitalnego splątania kwantowego w układach silnie skorelowanych elektronów może doprowadzić w przyszłości do nowych zastosowań, w tym również w kwantowym przekazie informacji.

- [1] A.M. Oleś, P. Horsch, L.F. Feiner, G. Khaliullin, *Phys. Rev. Lett.* **96**, 147205 (2006); P. Horsch, A.M. Oleś, L.F. Feiner, G. Khaliullin, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 167205 (2008).

* Praca finansowana częściowo przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej w ramach subsydium MISTRZ 10/2007 oraz przez MNiSW w ramach projektu badawczego N202 068 32/1481.

ELEKTRYCZNE STEROWANIE MAGNETYZMEM ROZCIĘNCZONYCH PÓLPRZEWODNIKÓW FERROMAGNETYCZNYCH*

Maciej Sawicki

Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, 02-668 Warszawa, Al. Lotników 32/46

Niepodzielnie panująca w dziedzinie magazynowania i przetwarzania informacji technologia C-MOS stanie za kilkanaście lat przed nieprzekraczalną dla niej barierą dalszej miniaturyzacji. Potrzebne jest więc wypracowanie nowego podejścia naukowo-technologicznego, które z jednej strony pozwoli na dalszy wzrost miniaturyzacji i szybkości, a z drugiej będzie jak najbardziej kompatybilne z wykorzystywanymi obecnie technologiami na bazie półprzewodników. Wydaje się, że odpowiednie rozwiązanie może zaoferować elektronika wykorzystująca spin (kręt) elektronu jako podstawowy nośnik informacji, a całą gałąź wiedzy zajmującą się tymi zagadnieniami nazwano spintroniką. Jednym z kluczowych obecnie zagadnień spintroniki jest wypracowanie nowych materiałów o połączonych własnościach typowych tak dla półprzewodników jak i (ferro-)magnetyków. Co jednak ciekawsze i ważniejsze, już opracowane materiały wykazują całkowicie nowe własności związane z dominacją spinowych stopni swobody [1]. Jednym z najciekawszych jest możliwość zaistnienia fazy uporządkowanej ferromagnetycznie w półprzewodnikach zawierających zaledwie kilka procent czynnika magnetycznego – jonów manganu. Faza ta jest indukowana w obecności odpowiednio dużej koncentracji dziur i praktycznie wszystkie jej własności, w tym wielkość temperatury Curie i anizotropia magnetyczna wynikają z własności dziur w spinowo-rozszerzonym paśmie walencyjnym [2].

W czasie referatu, po streszczeniu podstawowych własności tych materiałów na bazie prototypowego rozcieńczonego półprzewodnika ferromagnetycznego (Ga,Mn)As, przedstawie krótką historię badań nad zmianami własności magnetycznych tych materiałów wykorzystując względnie łatwą modyfikowalność gęstości dziur w półprzewodnikach, np. przykładając zewnętrzne pola elektryczne [3-4]. Następnie przedstawie najnowsze osiągnięcia w tej dziedzinie uzyskane po zastosowaniu dielektrycznych tlenków izolujących o dużej stałej dielektrycznej w strukturach metal (bramka) – izolator – półprzewodnik ferromagnetyczny. [5-6]. W szczególności, stosunkowo obszernie omówię wyniki dokumentujące zmiany anizotropii magnetycznej pod wpływem napięcia bramki w takich strukturach, w tym pierwszą obserwację prostopadłej zmiany osi łatwego namagnesowania [6]. Wyniki tych pomiarów zostaną porównane z najnowszymi wynikami w tej dziedzinie otrzymanymi pokrewnymi metodami dla ferromagnetyków metalicznych [7-8].

- [1] Semiconductors and Semimetals Vol. 82, T. Dietl, D. D. Awschalom, M. Kaminska, and H. Ohno eds. (Amsterdam, Elsevier, 2008).
- [2] T. Dietl, H. Ohno, F. Matsukura, J. Cibert, and D. Ferrand, *Science* 287, 1019 (2000).
- [3] H. Ohno, D. Chiba, F. Matsukura, T. Omiya, E. Abe, T. Dietl, Y. Ohno, K. Ohtani, *Nature* 408, 944 (2000).
- [4] D. Chiba, M. Yamanouchi, F. Matsukura, H. Ohno, *Science* 301, 943 (2003).
- [5] D. Chiba, F. Matsukura, H. Ohno, *Appl. Phys. Lett.* 89, 162505 (2006).
- [6] D. Chiba, M. Sawicki, Y. Nishitani, Y. Nakatani, F. Matsukura, H. Ohno, *Nature* 455, 515 (2008).
- [7] M. Weisheit, S. Fähler, A. Marty, Y. Souche, Ch. Poinsignon, D. Givord, *Science* 315, 349 (2007).
- [8] T. Maruyama, et al., *Nature Nanotechn.* 4, 158 (2009).

*Praca finansowana częściowo przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego poprzez Projekt Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka InTechFun (POIG.01.03.01-00-159/08) oraz programu FundMS finansowanego przez Europejską Radę Nauki.

POROZYMETRIA POZYTONOWA

Tomasz Goworek

UMCS

Pozyt – stan związany pozytonu i elektronu – może występować jako singletowy (*para*-Ps), lub tripletowy (*orto*-Ps). W próżni czas życia *para*-pozytu wynosi 125 ps, zaś *orto*-pozytu – 142 ns. Aby pozyt mógł utworzyć się w ośrodku, muszą istnieć obszary o zaniedbywalnej gęstości elektronowej, w których zostanie on spułapkowany. Są to wakanse w strukturze kryształu, wolne objętości międzymolekularne w ośrodkach bezpostaciowych itp. Czas życia *orto*-pozytu w pułapce jest znacznie krótszy niż w próżni, a to z powodu procesu *pick-off*, tzn. anihilacji pozytonu wchodzącego w skład pozytu z innym elektronem w ośrodku, o przeciwnej orientacji spinu. Stała zaniku dla procesu *pick-off* jest proporcjonalna do prawdopodobieństwa znalezienia pozytu na zewnątrz studni potencjału. Ponieważ prawdopodobieństwo to maleje wraz ze zwiększaniem rozmiarów studni, czas życia *orto*-Ps w ośrodku może być wykorzystany do określania promienia wolnej objętości. Relację między czasem zaniku *orto*-Ps i równoważnym promieniem pustej objętości R podaje tzw. model Tao-Eldrupa. Metoda szacowania wolnej objętości na podstawie widm czasu życia pozytonów znalazła zastosowanie m.in. w badaniach polimerów.

Model Tao-Eldrupa dobrze opisuje wolne objętości o promieniach w granicach 0.1 do 1 nm, natomiast zawodzi w przypadku promieni większych; nie może być zatem stosowany do określania rozmiaru porów. W roku 1997 zespół nasz wykazał, że rozbieżność spowodowana jest przez uwzględnianie anihilacji jedynie z najniższego poziomu energetycznego cząstki spułapkowanej w studni. W studniach o promieniu poniżej 1 nm jest praktycznie tylko jeden taki poziom, ale energia poziomów maleje wraz ze wzrostem R jak $1/R^2$ i przy dostatecznie dużym promieniu poziomów jest więcej, a ich odstępstwa mogą stać się porównywalne lub mniejsze niż kT . Obsadzenie wyższych stanów nie jest wtedy zaniedbywalne i stała zaniku *orto*-Ps jest uśredniona po stałych dla wszystkich poziomów (możemy założyć stan równowagi i boltzmanowskie obsadzenie poziomów). Z reguły im stan położony jest wyżej, tym czas do anihilacji z niego jest krótszy. Pierwszą konsekwencją przyjęcia możliwości anihilacji ze stanów wzbudzonych jest pojawienie się zależności czasu życia *orto*-Ps od temperatury, nie przewidywanej przez dotychczasowy model. Stwierdzone przez nas skracanie czasu życia w żelu krzemionkowym (Si-40) ze wzrostem temperatury stanowiło pierwszy dowód poprawności założeń modelu.

Stała procesu *pick-off* maleje wraz ze wzrostem promienia i powyżej $R = 50$ nm jest już b. mała w porównaniu ze stałą zaniku *orto*-Ps w próżni, czas życia zdąża do wartości granicznej 142 ns. Jak widać, zaproponowany model pozwala określać promienie z całego zakresu mezoporów. W pierwszej wersji nasz model dotyczył geometrii kulistej, takiej jak w modelu Tao-Eldrupa, jednakże w przypadku porów często mamy do czynienia z kanałami, tj. z geometrią cylindryczną. Opracowana została zatem wersja obejmująca i ten przypadek. Jako przykład poprawności modelu można podać rezultat pomiarów wykonanych przez zespół Krause-Rehberga (Halle) dla serii szkieł Vycor (R od 2 do 60 nm). W r.1999 zespół z Ann Arbor (Gidley i inn.) uprościł rachunki przybliżając kształt porów jako prostopadłościanów (kanałów o przekroju kwadratowym) i zastosował m.in. do porów w cienkich foliach (porowate warstwy izolacyjne mają znaczenie w opracowywaniu najszybszych obwodów scalonych).

Zaletą metody określania rozmiarów porów (porozymetrii) za pomocą anihilacji pozytonów jest możliwość a) obserwacji porów zamkniętych, niedostępnych dla klasycznych metod adsorpcyjnych, b) pomiarów w dowolnej temperaturze, c) śledzenia dynamiki procesów w porach.

W referacie przedstawione będą przykłady zastosowania metody czasu życia pozytonów do badań ośrodków porowatych.

ELEKTRONOWE KUBITY SPINOWE W SPRĘŻONYCH KROPKACH KWANTOWYCH

Janusz Adamowski

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Kropki kwantowe, czyli układy o wszystkich trzech rozmiarach przestrzennych nie przekraczających ~ 100 nm, pozwalają na kontrolowaną manipulację elektronami. Z punktu widzenia zastosowań w obliczeniach kwantowych i spintronice bardzo obiecujące jest wykorzystanie spinowych stopni swobody elektronów w sprzężonych kropkach kwantowych. W laboratoriach wytwarzane są obecnie z materiałów półprzewodnikowych układy sprzężonych kropek kwantowych o strukturze planarnej ze sprzężeniem bocznym i strukturze wertykalnej ze sprzężeniem pionowym między kropkami. Sprzężenia te mogą być zmieniane w zaplanowany sposób w procesie technologicznym przez wytwarzanie kropek kwantowych o odpowiednich kształtach i rozmiarach oraz w trakcie wykonywania eksperymentów poprzez zastosowanie odpowiednich pól zewnętrznych: elektrycznego i magnetycznego. Zmiany te prowadzą do odpowiednich modyfikacji stanów kwantowych elektronów uwięzionych w kropkach kwantowych.

W wykładzie tym przedstawiony zostanie przegląd najnowszych wyników eksperymentalnych i teoretycznych dotyczących stanów spinowych układów kilku elektronów w sprzężonych kropkach kwantowych. Ze względu na długie czasy życia i koherencji stany spinowe elektronów uwięzionych w kropkach kwantowych są obecnie przedmiotem intensywnych badań, których celem jest wykorzystanie spinowych stopni swobody do zapisu/odczytu i przetwarzania informacji kwantowej. Kombinacja liniowa dwóch różnych stanów spinowych elektronu jest kwantowym bitem (kubitem), który jest nośnikiem informacji kwantowej. Kontrolowane zmiany spinu elektronu za pomocą zmiany zewnętrznych pól elektrycznego i magnetycznego odpowiadają wykonywaniu kwantowych operacji logicznych na kubitach. Podczas tego wykładu zaprezentowane zostaną wyniki symulacji komputerowych kwantowych operacji logicznych wykonywanych na elektronowych kubitach spinowych w sprzężonych kropkach kwantowych sterowanych zewnętrznymi napięciami elektrycznymi. Przedyskutowane zostanie możliwe zastosowanie sprzężonych kropek kwantowych w obliczeniach kwantowych.

CIŚNIENIOWE BADANIA CIEKŁYCH KRYSZTAŁÓW

Stanisław Urban

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

Pełne poznanie własności fizycznych układu molekularnego możliwe jest wtedy, gdy wyniki pomiarów charakteryzujące ten układ mogą być analizowane jako zmienne wszystkich trzech parametrów termodynamicznych: temperatury (T), ciśnienia (P) i objętości (V). Konieczne jest zatem eksperymentalne wyznaczenie równania stanu układu $V = f(P, T)$. W niniejszym komunikacie przedstawione będą wyniki badań ciśnieniowych szeregu substancji tworzących różne fazy ciekło-krystaliczne (nematyki, smektyki A, C, B, E). Dotyczą one: diagramów fazowych $P(T)$, parametru porządku nematycznego $S(P, T, V)$, czasów relaksacji podłużnej $\tau_{||}(P, T, V)$, anizotropii dielektrycznej $\Delta\epsilon(P, T, V)$. Analiza wyników umożliwia testowanie modeli potencjału oddziaływania pomiędzy molekułami w różnych fazach.

BADANIA STRUKTURY CIECZY I CIAŁ AMORFICZNYCH – OBECNY STAN BADAŃ I PERSPEKTYWY ROZWOJU

Henryk Drozdowski, Zdzisław Błaszczak,

Wydział Fizyki UAM

Podstawowym przedmiotem współczesnych badań strukturalnych w fizyce są coraz częściej ośrodki ciekłe. Inżynieria materiałowa wykorzystuje w procesach obróbki substancje dalekie od stanu krystalicznego: ciekłe, płynne lub szkliste. Większość badanych i przeprowadzanych procesów chemicznych przebiega właśnie w fazie ciekłej.

Badania strukturalne cieczy i ciał amorficznych (bezpostaciowych) metodami dyfrakcji promieni rentgenowskich stały się w ostatnich latach, dzięki wykorzystaniu szybkich metod komputerowych, jedną z szybko rozwijających się dziedzin fizyki miękkiej materii.

Ostatnie prace, wykonane dla pochodnych naftalenu [1], metylocykloheksanu [2] i metylnaftalenu [3] wykazały, że metoda dyfrakcji promieni rentgenowskich, na ośrodkach ciekłych, prowadzi nie tylko do wyznaczenia odległości międzyatomowych w molekułach, ale umożliwia również określenie rodzaju oddziaływań pomiędzy molekułami oraz ocenę stopnia ich uporządkowania.

Możliwa stała się rentgenowska analiza strukturalna oddziaływań międzymolekularnych w rozcieńczonych dwuskładnikowych roztworach. Wyniki tej analizy przeprowadzonej dla roztworu orto-nitroanizolu w p-ksylenie [4] pozwoliły rozszerzyć interpretację rezultatów magneto- i elektrooptycznych badań oddziaływań w wymienionym roztworze.

W wykładzie omówione zostaną najnowsze wyniki badań, dotyczące analizy porównawczej skondensowanych liniowych związków aromatycznych [5] oraz wyniki strukturalnych badań nanoukładów węglowych [6], uzyskane w laboratorium badań strukturalnych Zakładu Optyki na Wydziale Fizyki UAM.

Literatura:

- [1] H. Drozdowski, Z. Błaszczak, *Phys. Chem. Liq.*, **45** (2), 197-206 (2007).
- [2] H. Drozdowski, K. Nowakowski, *Acta Phys. Pol. A*, **114** (2), 383-389 (2008).
- [3] H. Drozdowski, *Chem. Phys. Letters*, **351** (2002), 53-60.
- [4] H. Drozdowski, A. Mansfeld, *Phys. Chem. Liq.*, **46** (3), 255-262 (2008).
- [5] H. Drozdowski, B. Taberski, *Phys. Chem. Liq.*, **43** (5), 449-457 (2005).
- [6] M. Kempański, M. Śliwińska-Bartkowiak, W. Kempański, H. Drozdowski, *Carbon for Energy Storage and Environment Protection CESEP'07*, 2-6 September 2007, Kraków, Poland.

SAMO-ORGANIZACJA W TRAKCIE DEPONOWANA WARSTW MIESZANIN POLIMERÓW FUNKCJONALNYCH I JEJ ZASTOSOWANIA W ELEKTRONICE I BIOTECHNOLOGII

J. Rysz^a, A. Bernasik^b, E. Moons^c, J. Jaczewska^a, A. Budkowski^a, J. Raczkowska^a,
J. Haberk^b, W. Łużny^b, J. Zemła^a, M. Lekka^d, K. Awiuk^a

^a Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, ul. Reymonta 4, 30-059 Kraków ^b
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30,
30-059 Kraków

^c Wydział Fizyki, Karlstad University, SE-651 88 Karlstad, Szwecja

^d Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN, ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

Deponowanie z roztworu na szybko wirujący podkład to jedna z podstawowych technik tworzenia cienkich warstw polimerowych powszechnie stosowana nie tylko w laboratoriach badawczych ale również w zaawansowanych procesach technologicznych takich jak wytwarzanie układów mikroelektronicznych. Zastosowanie wieloskładnikowych mieszanin, dobór podkładu oraz kontrola warunków deponowania pozwalają na sterowanie procesami samo-organizacji jakie zachodzą w czasie tworzenia warstwy i uzyskanie w jednostopniowym procesie technologicznym zadanego z góry układu domen fazowych. Szybki spadek koncentracji rozpuszczalnika w czasie wirowania wyzwała, a następnie powoduje zamrożenie procesu separacji faz. Morfologia powstającej w ten sposób warstwy zależy od oddziaływań na wewnętrznych oraz zewnętrznych powierzchniach rozdziału faz i czasu odparowywania rozpuszczalnika. Kropelki kondensującej pary wodnej czy też chemiczny wzór podłoża mogą stanowić dodatkowy czynnik wymuszający organizację powierzchni swobodnej lub domen fazowych w warstwie według regularnych szablonów. Koszty wytwarzania urządzeń zbudowanych z różnych elementów nanoszonych w oddzielnych krokach mogą być znacznie zredukowane dzięki wykorzystaniu procesów technologicznych opartych o zjawiska samo-organizacji.

W wykładzie zostaną pokazane przykłady wykorzystania procesów samo-organizacji zachodzących w cienkich warstwach mieszanin polimerów o własnościach półprzewodnikowych oraz izolujących w czasie ich deponowania i prowadzących do tworzenia struktur dla (opto)elektroniki: wielowarstwowe urządzenia fotowoltaiczne, ścieżki półprzewodników w matrycy izolatorów oraz zastosowań biomedycznych takich jak mikromacierze białkowe.

SEPARACJA FAZ W CIENKICH WIELOSKŁADNIKOWYCH WARSTWACH POLIMERÓW SPRZĘŻONYCH I JEJ WYKORZYSTANIE W PLASTIKOWEJ ELEKTRONICE

W. Łużny^a, A. Bernasik^a, J. Haberko^a, A. Budkowski^b, J. Raczkowska^b, J. Rysz^b

^a Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

^b Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński,
ul. Reymonta 4, 30-059 Kraków

Poznanie i uzyskanie kontroli nad procesami samoorganizacji w wieloskładnikowych cienkich warstwach polimerowych daje nadzieję na uzyskanie tanich metod tworzenia urządzeń optoelektronicznych (np. plastikowych diod świecących i ogniw słonecznych). W przeciwieństwie do metali i krzemu przetwarzanie materiałów polimerowych nie jest energochłonne.

Separację faz można zainicjować przeprowadzając układ do obszaru dwufazowego na diagramie fazowym, czego można dokonać np. poprzez odparowanie rozpuszczalnika z roztworu zawierającego dwa składniki mieszaniny. Separacja faz może wówczas zachodzić na drodze rozpadu spinodalnego lub poprzez zarodkowanie i wzrost, co prowadzi do powstawania bardzo różnorodnych i interesujących form morfologicznych. W przypadku cienkich warstw polimerowych szczególnie istotne i pasjonujące są zagadnienia związane z wpływem oddziaływań powierzchni ograniczających warstwę na rozkład i kształt domen fazowych w niej powstających.

Wcześniejsze nasze prace pokazały, że morfologia cienkich warstw kompozytów zawierających domieszkowaną (a więc przewodzącą) polianilinę i konwencjonalny polimer (np. polistyren lub poli(metakrylan metylu)) jest funkcją wielu czynników, z których ważne znaczenie ma m.in. atmosfera, w której kompozyty są przygotowywane. Ważnym celem prezentowanych tutaj badań było uzyskanie kontroli nad separacją faz do tego stopnia, aby w sposób w pełni powtarzalny można było wytwarzać warstwy o pożądanej morfologii i zdefiniowanym ułożeniu domen fazowych. Postanowiono wykorzystać w tym celu techniki miękkiej litografii, w szczególności druk mikrokontaktowy i selektywną modyfikację podłoża. Dzięki temu udało się odtworzyć zadaną morfologię w warstwie zawierającej polimer przewodzący, co jest przydatne w zastosowaniach elektronicznych. Przewodnictwo elektryczne cienkich warstw zawierających polianilinę było badane zarówno metodami stałoprądowymi, jak i metodą spektroskopii impedancyjnej.

TERMICZNIE STYMULOWANA RELAKSACJA W UKŁADACH ZŁOŻONYCH

Arkadiusz Mandowski

AJD

NANOADHEZJA

Arkadiusz Ptak

*Politechnika Poznańska, Wydział Fizyki Technicznej, ul. Nieszawska 13A, 60-965 Poznań
arkadiusz.ptak@put.poznan.pl*

Adhezja jest powszechnie występującym zjawiskiem, wykorzystywanym w wielu gałęziach przemysłu (kleje, farby, środki smarne itd.), a także w przyrodzie przez niektóre zwierzęta do poruszania się po pionowych, gładkich powierzchniach (rzekotka drzewna, gekon). Pomimo że zjawisko adhezji badane jest od kilkudziesięciu lat, jak dotąd nie ma spójnej koncepcji jego opisu. Wynika to głównie z faktu, że za adhezję odpowiedzialnych jest wiele różnych oddziaływań – siły van der Waalsa, siły kapilarne, oddziaływania elektrostatyczne, wiązania wodorowe czy nawet krótkotrwałe wiązania walencyjne – których udział w całkowitej sile adhezji jest trudny do oszacowania [1]. Rozróżnienie oddziaływań odpowiedzialnych za obserwowaną wypadkową adhezję jest jednym z kluczowych wyzwań stojących przed naukowcami różnych dyscyplin badającymi adhezję. Kluczem do zrozumienia tego złożonego zjawiska może być badanie adhezji w skali nanometrowej (nanoadhezji), szczególnie, że udział adhezji we wzajemnym oddziaływaniu ciał jest często dominujący w tej skali ze względu na duży stosunek powierzchni do objętości oddziałujących ciał.

Narzędziem idealnie nadającym się do badania nanoadhezji jest mikroskop sił atomowych (AFM) pracujący w trybie spektroskopii siły. Tryb ten polega na rejestrowaniu i analizie tzw. charakterystyk siłowych, czyli zależności siły wywieranej przez (działającej na) dźwignię AFM od przemieszczenia skanera piezoelektrycznego w kierunku osi z. Analiza charakterystyki siłowej może dostarczyć informacji o właściwościach mechanicznych badanego materiału, jednak należy pamiętać, że charakterystyka siłowa nie odzwierciedla w pełni potencjału oddziaływania ostrze-próbka, w tym najważniejszej jego części obejmującej barierę (lub bariery) aktywacji, która charakteryzuje wiązanie adhezyjne powstałe w wyniku kontaktu ostrza AFM z próbką. Charakterystyka siłowa nie pozwala też w żaden sposób wnioskować o rodzaju oddziaływań składających się na adhezję, gdyż rejestrowana jest tylko wypadkowa siła adhezji.

Rozwinięciem metody jest tzw. dynamiczna spektroskopia sił (DFS), czyli rejestrowanie charakterystyk siłowych przy różnych szybkościach separacji ostrza od próbki. Analiza zależności siły adhezji od szybkości przykładania siły zrywającej za pomocą modelu Bella-Evansa [2,3] pozwala uzyskać informacje na temat potencjału oddziaływania ostrze-próbka takie jak: położenie i względną wysokość barier aktywacji oraz czas życia poszczególnych rodzajów wiązań adhezyjnych. W celu efektywnego zastosowania metody DFS, fabryczny AFM powinien zostać zmodyfikowany, by powiększyć zakres dostępnych szybkości separacji ostrza od próbki o kilka rzędów wielkości [4]. Wtedy możliwym staje się określenie rodzaju oddziaływań odpowiedzialnych za wypadkową adhezję [5]. W prezentacji przedstawione zostaną przykładowe wyniki i ich interpretacja dla oddziaływań adhezyjnych pomiędzy ostrzem AFM a monowarstwami wybranych tioli i silanów oraz warstw wierzchnich metali i półprzewodników.

- [1] K. W. Allen, "At forty cometh understanding" A review of some basics of adhesion over the past four decades, *Int. J. Adh. Adh.* 23 (2003) 87–93.
- [2] G. I. Bell, Models for the specific adhesion of cells to cells, *Science* 200 (1978) 618–627.
- [3] E. Evans, K. Ritchie, Dynamic strength of molecular adhesion bonds, *Biophys. J.* 72 (1997) 1541–1555.
- [4] A. Ptak, M. Kappl, H.-J. Butt, Modified atomic force microscope for high-rate dynamic force spectroscopy, *Appl. Phys. Lett.* 88 (2006) 263109–263111.
- [5] A. Ptak, M. Kappl, S. Moreno-Flores, H. Gojzewski, and H.-J. Butt, Quantitative Characterization of Nanoadhesion by Dynamic Force Spectroscopy, *Langmuir* 25 (2009) 256–261.

OPTYCZNA DETEKCJA I SPEKTROSKOPIA POJEDYNCZYCH CZĄSTECZEK

Bolesław Kozankiewicz

Instytut Fizyki PAN, Warszawa

Od pierwszej udanej rejestracji pojedynczych cząsteczek barwnika organicznego w roku 1989 obserwuje się burzliwy rozwój tej nowej dziedziny badań. Podstawową zaletą jest fakt, że pojedyncza cząsteczka dostarcza informacji (jest sondą) najbliższego jej nano-otoczenia. Jest to informacja unikatowa, najczęściej niemożliwa do otrzymania podczas badań prowadzonych ze zbiorem cząsteczek.

W typowym doświadczeniu wybraną cząsteczkę wzbudza się do jej najniższego wzbudzonego elektronowo stanu singletowego S_1 i rejestruje się (zlicza) fotony fluorescencji, które ta cząsteczka emituje powracając do stanu podstawowego S_0 . Cząsteczka taka musi być w stanie emitować dużą liczbę fotonów, czyli mieć wysoki przekrój czynny na absorpcję i bliską jedności wydajność kwantową fluorescencji. Badania prowadzi się przy pomocy technik mikroskopowych głównie w dwóch zakresach temperatur. W temperaturach poniżej 2 K widmo absorpcyjne cząsteczek składa się z wąskich linii zero-fononowych i można je selektywnie wzbudzać przy pomocy wąskiej linii laserowej (jest to tzw. selekcja spektralna). W temperaturze pokojowej widma absorpcyjne są szerokie i koniecznym jest dalsze ograniczenie stężenia cząsteczek aż w ognisku obiektywu mikroskopowego znajdować się będzie co najwyżej jedna (jest to tzw. selekcja przestrzenna).

W prezentacji, omówione zostaną wymagania doświadczalne oraz pokazane możliwości tej nowej techniki badawczej. Przedstawione zostaną wybrane wyniki uzyskane w obu zakresach temperatur.

Doświadczalne badania pojedynczych cząsteczek od kilku lat rozwijane są również w Polsce. W Instytucie Fizyki PAN w Warszawie zbudowany został pierwszy w kraju mikroskop współogniskowy (konfokalny) do badań w szerokim zakresie temperatur, od 5 do 300 K. W prezentacji przedstawione zostaną najciekawsze wyniki naszych badań.

KSZTAŁTY LINII WIDMOWYCH W SPEKTROSKOPII STRAT WE WNĘCE

R. Ciuryło, D. Lisak, P. Masłowski, K. Bielska, A. Cygan, S. Wójtewicz, M. Piwiński,
A. Urbanowicz, J. Domysławska, R. S. Trawiński, A. Bielski, J. Szudy

Instytut Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń

Dynamiczny postęp szeregu dziedzin nauki i technologii takich jak: satelitarne badania atmosfery ziemskiej, diagnostyka medyczna czy kontrola przemysłowych procesów technologicznych jest ściśle związany i uwarunkowany rozwojem spektroskopii cząsteczek. Zainteresowanie danymi spektroskopowymi o dużej dokładności wzmacnia rozwój doświadczalnych metod precyzyjnej spektroskopii oraz modeli opisu widm wychodzący z pierwszych zasad.

Otrzymanie parametrów linii widmowych z dokładnością lepszą niż 1% wymaga użycia modeli znacznie bardziej wyrafinowanych niż powszechnie stosowany profil Voigta opisujący jednoczesny wpływ rozszerzenia dopplerowskiego i ciśnieniowego na kształt linii widmowych w ośrodkach gazowych. Pokróćce przedstawione zostaną najistotniejsze efekty wpływające na ostateczny kształt linii widmowych cząsteczek. Oprócz dobrze znanych mechanizmów dopplerowskiego i zderzeniowego rozszerzenia i przesunięcia linii przybliżone zostaną również inne zjawiska, takie jak: zwężenie Dicke'go, zależność szerokości i przesunięcia linii od prędkości absorbera, korelacje między zderzeniami zmieniającymi prędkość a zderzeniami zmieniającymi fazę, skończony czas trwania zderzenia i mieszanie nakładających się linii.

Szczególnie pożądane są metody doświadczalne, które jednocześnie są w stanie spełnić szereg wymagań. Ważna jest wysoka czułość i dokładność spektrometru, który jednocześnie powinien być wolny od efektów aparaturowych mogących zniekształcić mierzone widmo. Jedną z niewielu technik spełniających te wymagania jest spektroskopia strat we wnęce ze stabilizacją częstotliwości (*frequency-stabilized cavity ring-down spectroscopy* FS-CRDS). Spektrometr tego typu pozwala rejestrować widma z rozdzielczością spektralną sięgającą 50 kHz i stosunkiem sygnału do szumu rzędu kilku tysięcy. Dzięki użyciu w nim wnęki zwielokrotniającej drogę optyczną absorbowanego promieniowania możliwe są badania zarówno linii silnych jak i bardzo słabych. Przedstawione zostaną otrzymane wyniki dla pary wodnej i tlenu.

W podsumowaniu podkreślona zostanie rola wyników obliczeń kwantowo-mechanicznych zależności od prędkości szerokości i przesunięcia linii w analizie danych. Wskazany zostanie wpływ prowadzonych prac na istniejące bazy danych takie jak HITRAN oraz wyznaczanie stałych fizycznych, w szczególności stałej Boltzmanna. Nowe perspektywy w spektroskopii otwiera zastosowanie grzebienia częstości optycznych, który w połączeniu z techniką CRDS kładzie podwaliny ultraczułej szerokopasmowej spektroskopii wysokiej zdolności rozdzielczej.

INTERPRETACJA WIDM MOLEKULARNYCH ($3^1\Pi_u, 4^1\Pi_u$) $\leftarrow X^1\Sigma_g^+$ CZĄSTECZKI Li_2 I ZABURZEŃ ELEKTROSTATYCZNYCH STANÓW $^1\Pi_u$

Zbigniew Jędrzejewski-Szmek^{1,*}, Anna Grochola¹, Paweł Kowalczyk¹,
Włodzimierz Jastrzębski²

¹*Instytut Fizyki Doświadczalnej. Uniwersytet Warszawski, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, Polska*

²*Instytut Fizyki, Polska Akademia Nauk, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, Polska*

*e-mail: zbyszek@in.waw.pl

Zarejestrowano widma przejść do stanów $3^1\Pi_u, 4^1\Pi_u$ ze stanu podstawowego $X^1\Sigma_g^+$ w cząsteczce $^7\text{Li}_2$ metodą laserowej spektroskopii polaryzacyjnej. Wykorzystanie znakowania polaryzacyjnego pozwoliło na rejestrację widm składających się z czytelnych progresji linii PQR. Na podstawie wykonanych pomiarów i wcześniejszych prac, m.in. Theissa [1], wiarygodnie przypisano liczby kwantowe poszczególnym obserwowanym przejściom.

Opisywana para wzbudzonych stanów elektronowych jest ciekawa i jednocześnie trudna w analizie. Poziomy oscylacyjno-rotacyjny są silnie zaburzone przez wzajemną interakcję dwóch stanów o tej samej symetrii. Ze względu na ich parzystość, poziomy obserwowane w przejściach P i R są dodatkowo silnie zaburzone przez blisko leżące stany Σ .

Za potwierdzenie poprawności interpretacji obserwowanych widm uznaje się odtworzenie obserwowanych energii przejść z krzywych energii potencjalnej opisujących stany elektronowe. Na podstawie wcześniejszych prac [2] wiadomo było, że nie jest możliwy zadowalający opis obydwu stanów z osobna, nawet z wykorzystaniem w pełni kwantowej metody Inverted Perturbation Approach (IPA). Dlatego zbudowano model zawierający obydwa stany elektronowe i zaburzenie elektrostatyczne sprzęgające poziomy z obydwu studni potencjału – energie obserwowane odpowiadają rozwiązaniom znalezionym po diagonalizacji hamiltonianu molekularnego uwzględniającego nieadiabaticzne oddziaływanie stanów. Opracowano metodę iteracyjnego ulepszania kształtów studni potencjału i parametrów zaburzenia na podstawie odchyłek energii przejść wyliczonych z modelu i tych obserwowanych. Metoda ta stanowi rozszerzenie metody IPA na dwa oddziałujące stany elektronowe. Przedstawione zostaną szczegóły tej metody i przeprowadzonej optymalizacji.

Bibliografia

- [1] Theiss et al, Chemical Physics Letters **174**, 128 (1990)
- [2] Jędrzejewski-Szmek et al, Chemical Physics Letters **444**, 229 (2008)

SPEKTROSKOPIA STRAT WE WNECIE OPTYCZNEJ W ZASTOSOWANIU DO WYKRYWANIA MATERII ŚLADOWEJ

T. Stacewicz¹, J. Wojtas², Z. Bielecki⁴, K. Holc³, E. Bulska⁴, A. Ruszczyńska², P. Perlin³,
S. Chudzyński¹

¹*Institut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa*

²*Instytut Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Kaliskiego 2*

³*Instytut Wysokich Ciśnień PAN, ul. Sokolowska 29/37, 01-142 Warszawa*

⁴*Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Pasteura 1, 02-093 Warszawa*

Spektroskopia Strat we Wnęce Optycznej (ang. *Cavity Ring-Down Spectroscopy*) należy do najczulszych metod wyznaczania absorpcji światła. Pomiar polega na badaniu dobroci rezonatora optycznego. Gdy do rezonatora wprowadzony zostaje absorber, jego dobroć zmniejsza się. Gdy wnęka jest zbudowana ze zwierciadeł o dużym współczynniku odbicia ($R > 0.9999$), porównanie jej dobroci w przypadku, gdy jest pusta oraz gdy zawiera absorber, umożliwia rejestrację współczynnika absorpcji $\alpha < 10^{-8} \text{ m}^{-1}$.

Wykorzystanie współczesnych urządzeń optoelektronicznych, jak lasery półprzewodnikowe i fotodetektory, pozwala budować czułe detektory materii śladowej. Dostępne ostatnio na polskim rynku impulsowe diodowe lasery niebieskie pracujące w pasmie 395–440 nm są dobrze dopasowane do widma absorpcji NO_2 . Z ich użyciem skonstruowaliśmy pracujące przy ciśnieniu atmosferycznym detektory tego związku o czułości dochodzącej do pojedynczych ppb, skutecznie konkurujące z powszechnie stosowanymi detektorami chemicznymi.

W detekcji materii śladowej szczególną rolę odgrywają lasery jednomodowe, które można dostrajać do wybranych linii atomowych. Stosując lasery niebieskie, można wykrywać potas, ind, gal i inne. Dzięki temu, że siły oscylatorów dla przejść atomowych są nawet 5–7 rzędów wielkości większe, niż dla przejść molekularnych, uzyskuje się czułości przekraczające kilkadziesiąt at/cm^3 .

Fluor należy do pierwiastków o wielkim znaczeniu dla organizmów żywych, ale także dla przemysłu i rolnictwa. Ze względu na niewielką różnicę między dawkami koniecznymi dla życia i dawkami szkodliwymi, rozwijanie technik monitorowania tego pierwiastka ma istotne znaczenie.

W naszych eksperymentach zastosowaliśmy podwójną technikę plazmowo spektroskopową. Plazma powoduje dysocjację związków fluoru, uwalniając atomy F i wzbudzając je do stanu metastabilnego $3s^4\text{P}_{5/2}$. Atomy te są wykrywane dzięki SSWO na długości fali 685.603 nm odpowiadającej przejściu między poziomami $3s^4\text{P}_{5/2} - 3p^4\text{D}^{\circ}_{7/2}$. Uzyskiwana czułość sięga 100 $\mu\text{g/kg}$.

Za pomocą SSWO w podczerwieni można selektywnie wykrywać wybrane związki, wykorzystując przejścia oscylacyjne w molekułach. Jednym z istotnych problemów jest czuła detekcja H_2O (np. dla fizyki atmosfery – w stratosferze, dla przemysłu – jako zanieczyszczenia produktów). W doświadczeniu wykazaliśmy, że z użyciem SSWO na długości fali 936 nm możliwe jest zbudowanie detektora wilgotności względnej o czułości $10^{-5}\%$. Dla długości fali 1036 nm czułość ta może być około 50 razy większa.

Praca finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, nr. grantów N202 085 31/0548 oraz R00-O0025/3

EGZOTYCZNE KSZTAŁTY JĄDROWE W POMIARACH SPEKTROSKOPOWYCH

Witold Męczyński

IFJ PAN

Greckie słowo spektro znaczy patrzeć. Spektroskopia jądrowa pozwala nam dostrzec, że jądro atomowe mówi o sobie poprzez wysyłane promieniowanie. Pomiary tego promieniowania przynoszą unikalne informacje o strukturze, własnościach i ruchach jądra atomowego.

Szczególnie przemawiają do wyobraźni pomiary kształtów jądrowych, a zwłaszcza egzotycznych kształtów jąder superzdeformowanych, czy poszukiwanie przewidywanych przez teorię jąder hiperzdeformowanych i wysoce egzotycznych jąder tetrahedralnych. Niezwykle cenne dane, pozwalające na dogłębną weryfikację modeli teoretycznych, przynoszą obserwacje współistnienia kształtów jądrowych oraz ewolucji kształtów wzbudzonych i szybko obracających się jąder w przejściu Jacobiego.

Przedstawione będą niektóre wyniki pomiarów egzotycznych kształtów jąder atomowych, wykonanych różnymi metodami przez grupę spektroskopową IFJ PAN w Krakowie we współpracy z renomowanymi ośrodkami badawczymi. Znaczna część prezentacji poświęcona będzie pomiarom promieniowania gamma w koincydencji czasowej z jądrami odrzutu, wytworzonymi w reakcji fuzji-wyparowania z wiązkami stabilnych ciężkich jonów oraz wykorzystaniu zjawiska gigantycznego rezonansu jądrowego jako sondy kształtów jądrowych.

Nakreślone też będą perspektywy dalszych prac z wykorzystaniem wiązek stabilnych i radioaktywnych w europejskich programach AGATA i SPIRAL2, a także z użyciem wysokoenergetycznej wiązki protonowej z tworzonego obecnie Narodowego Centrum Radioterapii Hadronowej w IFJ PAN w Krakowie.

DYNAMIKA ODDZIAŁYWANIA W UKŁADZIE KILKU NEUTRONÓW

Stanisław Kistryn

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

Oddziaływanie nukleon-nukleon jest obecnie bardzo dobrze modelowane w szeregu podejść, opierających się na obrazie wymiany mezonowej. Układ trzech nukleonów jest najprostszym polem testowania jakości tych modeli w nietrywialnym środowisku jądrowym, przy zastosowaniu metody numerycznego rozwiązywania równań Faddeeva. Dane eksperymentalne wskazują, że do poprawnego teoretycznego opisu obserwabli w układzie trzech nukleonów wymagane jest uwzględnienie dodatkowych składników dynamiki, które określa się pojęciem nieredukowalnych sił trójnukleonowych.

Niedawne, uzyskane w nowej generacji eksperymentów, precyzyjne wyniki pomiarowe dla reakcji rozszczepienia deuteronów na protonach, potwierdzają istotny wpływ oddziaływania trójnukleonowego na wartości przekrojów czynnych tej reakcji. Co więcej, wyniki te pozwoliły na stwierdzenie poważnego udziału także innych składników dynamiki oddziaływania: przyczynku od sił kulombowskich i efektów relatywistycznych, których wprowadzanie do teoretycznego opisu reakcji rozszczepienia jest dopiero na etapie prób. W referacie omówione zostaną podstawowe metody modelowania potencjału nukleon-nukleon oraz sił trójciałowych, pokazane zostaną przesłanki eksperymentalne, sugerujące konieczność wprowadzenia egzotycznej dynamiki. W drugiej części przedstawione zostaną pionierski pomiar reakcji rozszczepienia deuteron-proton w dużym obszarze przestrzeni fazowej oraz porównanie otrzymanych w nim wyników z przewidywaniami teoretycznymi.

ROZPAD DWUPROTONOWY – PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ NA GRANICY ŚWIATA NUKLIDÓW

Zenon Janas

UW

Jednym z najbardziej spektakularnych osiągnięć ostatnich lat w badaniach jąder dalekich od ścieżki trwałości beta było odkrycie promieniotwórczości dwuprotonowej – nowego rodzaju przemiany nuklidów, w której jądro atomowe rozpada się emitując dwa protony. Przedyskutowane zostaną warunki umożliwiające zachodzenie i obserwację tego procesu. Przedstawione zostaną wyniki eksperymentu, w którym szczegółowo zbadano rozpad dwuprotonowy niezwykle egzotycznych jąder ^{45}Fe . Dzięki zastosowaniu oryginalnej metody detekcji cząstek, po raz pierwszy określono energetyczne i kątowe korelacje emitowanych protonów. Uzyskane dane pozwoliły zrozumieć mechanizm emisji cząstek w rozpadzie dwuprotonowym i dostarczyły informacji o strukturze ^{45}Fe - jądra leżącego na granicy świata nuklidów.

PROCESY EKSKLUZYWNEJ PRODUKCJI MEZONÓW W OBSZARZE WYSOKICH ENERGII

Antoni Szczurek

IFJ PAN

Dyskutowane będą różne typy ekskluzywnej produkcji mezonów w obszarze wysokich energii. Dotyczy to produkcji kwarkonii typu χ_c , glueballi, mezonów wektorowych i bozonu Z_0 jak i par mezonów. Przedstawione zostaną różniczkowe przekroje czynne na produkcję $\chi_c(0)$, $\chi_c(1)$ i $\chi_c(2)$ i mezonu skalarnego $f_0(1500)$. W tym przypadku dominującym mechanizmem, podobnie jak dla ekskluzywnej produkcji czastki Higgsa, jest fuzja dwóch drabin gluonowych. Porównane zostaną wyniki otrzymane przy użyciu różnych nieprzełączanych rozkładów gluonów.

W przypadku produkcji mezonów wektorowych (ϕ , J/ψ , Υ) i bozonu Z_0 dominującym procesem jest fuzja foton-drabina gluonowa. Przewidywania teoretyczne zostaną skonfrontowane z wynikami eksperymentalnymi dla procesów fotoprodukcji jak również dla reakcji hadroprodukcji w zderzeniach proton-antyproton na Tevatronie. Uwzględnione zostaną efekty absorpcyjne. Dyskutowana będzie również produkcja par pionów i szereg z wielu możliwych obserwabli korelacyjnych.

Rozważony zostanie w końcu mechanizm produkcji par mezonów wektorowych w ultra-peryferycznych i ultra-relatywistycznych zderzeniach ciężkich jąder z uwzględnieniem realistycznych formfaktorów ładunkowych jąder i realistycznych przekrojów czynnych dla procesu $\gamma\gamma \rightarrow \rho\rho$.

LHC STATUS, MASZYNA I DETEKTORY

Michał Turała

IFJ PAN

LHC – FIZYKA: PIERWSZY DZIEŃ, TYDZIEŃ, MIESIĄC!

Barbara Wosiek

IFJ PAN

WMAP, PLANCK

Roman Juszkiewicz

CAMK, UZG

CIEMNA ENERGIA

Edward Malec

UJ

FALE GRAWITACYJNE, VIRGO, LIGO

Tomasz Bulik

CAMK

AKRECJA GAZU NA CZARNĄ DZIURĘ

Patryk Mach

UJ

POLSKIE BADANIA PLAZMY OKOŁOZIEMSKIEJ

Zbigniew Kłos

CBK PAN

POPZREZCZNY EFEKT DOPPLERA W TEORII KLASYCZNEJ

Kazimierz Turzyniecki

Kolegium KSW, Warszawa

Zostanie zaprezentowana nowa teoria zjawiska Dopplera [1] dla światła oparta na klasycznym dodawaniu prędkości światła i jego źródła, która – podobnie jak teoria relatywistyczna – zawiera w sobie zjawisko aberracji Bradleya [2] oraz przewiduje poprzeczny efekt Dopplera. Dla małych prędkości świecących jonów uzyskiwanych w warunkach laboratoriach przewidywania nowej teorii pokrywają się, w granicach błędów pomiarowych, z wynikami laboratoryjnych pomiarów [3,4,5]. W świetle eksperymentu D. Hasselkampa, E. Mondrego, A. Scharmanna z 1979 roku [6], który bezspornie potwierdził występowanie efektu poprzecznego Dopplera dla światła, obie teorie – ta nowa i relatywistyczna – jawią się jako teorie wzajemnie konkurencyjne. Fakt otrzymania takiego samego wyniku z dwóch zasadniczo różnych podstaw wymaga wyjaśnienia. Dlatego, mając na uwadze wyniki nowej teorii, przeprowadzono szczegółową analizę drogi dojścia do modelu relatywistycznego zjawiska Dopplera [7]. Dokonano też krytycznej analizy wcześniejszych eksperymentów laboratoryjnych badających to zjawisko zwracając szczególną uwagę na różnice i podobieństwa pojęć związanych z tymi badaniami, takich jak: „efekt Dopplera drugiego rzędu”, „efekt przesunięcia środka ciężkości linii”, „efekt kwadratowy Dopplera” i „efekt poprzeczny Dopplera”, oraz na oparte na błędnych przesłankach próby interpretowania wymienionych efektów jako przejawu zmian tempa drgań poruszających się zegarów atomowych [8].

Literatura:

- [1] Doppler Ch., Über das farbige Light der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels, Abh. Königl. Böhm. Gesellsch. Wissen. 2, Prag (1842) 465- 482.
- [2] Bradley J., A new Apparent Motion discovered in the Fixed Stars; its Cause assigned; the Velocity and Equable Motion of Light deduced, Proc. Roy. Soc. London, 35, 308-321 (1728)
- [3] Ives H. Stilwell G., An Experimental Study of the Rate of a Moving Atomic Clock, J. Opt. Soc. Am., 28, (1938) p. 215 i 31, (1941) p. 369;
- [4] Mandelberg H., Witten L., Experimental Verification of the Relativistic Doppler Effect, J. Opt. Soc. Am. 52, (1962) 529;
- [5] Olin A., Aleksander T., Haeuser O., McDonald A., Evan G., Measurement of the Relativistic Doppler Effect Using 8,6-MeV Capture γ Rays Phys. Rev., D8 (1973) 1633.
- [6] D. Hasselkamp, E. Mondry, A. Scharmann, Direct Observation of the Transversal Doppler-Shift, Z. Physik A, 289, 151-155 (1979)
- [7] Einstein A., Zur Elektrodynamik Bewegter Körper, Ann. Phys. 17, p.891-921 (1905)

ODKRYWANIE KOŃCA WIDMA PROMIENIOWANIA KOSMICZNEGO W ASPEKCIE NIEFIZYCZNYM

Tadeusz Wibig

Instytut Problemów Jądrowych im. A. Soltana, Uniwersytet Łódzki

Pojawiające się w ostatnim czasie doniesienia o długo oczekiwanych odkryciach w obszarze fizyki promieniowania kosmicznego najwyższych energii, rozstrzygające definitywnie o istnieniu tak zwanego obciążenia GZK, przy bliższej analizie okazują się nie tak do końca oparte na materiale doświadczalnym. Analizując cały problem pod względem historycznym i statystycznym w ujęciu bayesowskim, dojść można do zaskakujących wniosków, które, po (nieuzasadnionym być może) uogólnieniu nie najlepiej świadczą o kondycji naszego środowiska naturalnego.

KWANTOWE POWSTANIE WSZECHŚWIATA

Henryk Drozdowski

Wydział Fizyki UAM, Umultowska 85, 61-614 Poznań,
riemann@amu.edu.pl

Pytanie, jak powstał Wszechświat, jest jednym z najstarszych pytań, jakie postawił człowiek usiłujący od zarania dziejów zrozumieć naturę otaczającej go rzeczywistości. Fakt, że istniał jakiś początek Wszechświata, nasuwał pytanie o przyczynę i sens jego narodzin. Każdy model Wielkiego Wybuchu musi rozwiązywać problem „kreacji” Wszechświata [1]. Steven Weinberg zwykł mawiać, że jeśli konsekwentnie będziemy zadawać pytania: Dlaczego...?, Dlaczego...?, Dlaczego...?, to musimy znaleźć się na poziomie kosmologii i cząstek elementarnych. Ewolucja Wszechświata zaczyna się od stanu osobliwego w umownej chwili $t = 0$. W roku 1970 Stephen Hawking i Roger Penrose udowodnili najmocniejsze twierdzenie o osobliwościach, według którego występowanie osobliwości w ogólnej teorii względności (OTW) wynika z samej matematycznej struktury teorii grawitacji Einsteina. Osobliwość typu Wielkiego Wybuchu (*Big-Bangu*) musiała mieć miejsce, jeśli tylko poprawna jest OTW.

W 1980 roku Alan Guth [2] wprowadził model inflacji Wszechświata. Paradygmat inflacyjny próbuje uzupełnić teorię Wielkiego Wybuchu poprzez dokładny opis tego, w jaki sposób cały proces został zapoczątkowany. Zgodnie z poglądem Gutha, liczący zaledwie 10^{-35} sekundy Wszechświat, przeszedł przez fazę niezmiernie gwałtownego rozszerzenia, rozděcia (ang. *inflation*). Jeżeli przyjmiemy, że inflacja trwała 10^{-30} s, to w tym czasie liniowe rozmiary Wszechświata powiększyły się 10^{28} razy [3]. Jeżeli przed inflacją Wszechświat miał typowe rozmiary 10^{-30} cm, to po zakończeniu inflacji jego typowe rozmiary były rzędu 10^{-2} cm.

Inflacyjny scenariusz ewolucji Wszechświata zwrócił uwagę na problem próżni kwantowej, niezbędnej do tego, aby zapoczątkować i podtrzymać inflację. Istniało i wszystko przenikało pole kwantowe, które znajdowało się w stanie o bardzo wysokiej energii, zwanej fałszywą próżnią. Próżnia kwantowa nie jest metafizyczną nicością; jest fizycznym stanem o najmniejszej dopuszczalnej energii. W kwantowej próżni nieustannie rodzą się pary cząstka-antycząstka, by po krótkim czasie anihilować. Kwantowa próżnia jest więc „oceanem” fluktuującej energii. Gdy rodzący się Wszechświat znalazł się w stanie takiej próżni, wtedy antygravitacja pchnęła go w fazę gwałtownej ekspansji (inflacji), którą znamy jako Wielki Wybuch. W miarę rosnącej inflacji Wszechświata fałszywa próżnia stawała się przechłodzona, przeszła do stanu niższego poziomu energetycznego, a olbrzymie zasoby energii wydobywające się z owej próżni przyjęły postać promieniowania i materii. Faza inflacyjna skończyła się po upływie 10^{-30} sekundy od punktu osobliwego, z chwilą rozproszenia się energii próżni.

W wykładzie przedstawię, w jaki sposób prawa fizyki kwantowej mogą wykreować z próżni kwantowej materię - bez naruszania zasad zachowania. Na zakończenie, omówię krótko, aktualność koncepcji kwantowego początku Wszechświata. Czy widoczne dziś na reliktowym promieniowaniu tła „zmarszczki” są dowodem istnienia kwantowych fluktuacji w okresie inflacyjnej ekspansji Wszechświata? [4].

Literatura:

- [1] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, Kosmogenez Kwantowa, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2008.
- [2] A. H. Guth, Wszechświat inflacyjny. W poszukiwaniu nowej teorii pochodzenia kosmosu, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2000.
- [3] M. Heller, Ostateczne wyjaśnienia wszechświata, Universitas, Kraków 2008.
- [4] H. Drozdowski, Fizyczny Obraz Świata, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2007.

PERSPEKTYWY SYNTEZY TERMOJĄDROWEJ Z MAGNETYCZNYM UTRZYMANIEM PLAZMY

Andrzej Gałkowski

IFPiLM

LASEROWA SYNTEZA TERMOJĄDROWA Z „SZYBKIM ZAPŁONEM”

Jerzy Wołowski

Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie, Asocjacja EURA TOM

Okolo 40 lat temu powstała koncepcja zastosowania laserów wielkiej energii dla produkcji energii termojądrowej użytecznej ekonomicznie. Badania procesów fizycznych związanych z takim zastosowaniem laserów zostały w laboratoriach amerykańskich, francuskich i w ZSRR w dużym stopniu utajnione ze względu na możliwość wykorzystania ich dla celów militarnych. W Stanach Zjednoczonych A.P. i we Francji uruchamiane są obecnie wielkie instalacje laserowe (NIF i LMJ) przeznaczone dla uzyskania nadwyżki produkowanej energii termojądrowej w stosunku do dostarczonej energii impulsu laserowego. Te projekty także są w dużym stopniu utajnione.

Przełom w rozwoju badań nad pokojowym wykorzystaniem energii termojądrowej produkowanej z użyciem laserów pojawił się kilkanaście lat temu kiedy to zaproponowano zastosowanie tzw. szybkiego zapłonu paliwa DT sferycznie skompresowanego impulsem laserowym. Idea ta była intensywnie rozwijana i obecni stała się podstawą projektów wielkich instalacji laserowych w Unii Europejskiej (projekt HiPER), W Japonii (projekt FIREX 2) i w St. Zjed. A.P. (projekty Omega EP i NIF PW) przeznaczonych dla zademonstrowania efektywności energetycznej syntezy laserowej z szybkim zapłonem.

W klasycznej metodzie realizacji laserowej syntezy termojądrowej (czyli syntezy z inercyjnym utrzymaniem plazmy) zakłada się centralny zapłon sferycznie skompresowanego paliwa DT za pomocą laser wielowiązkowego o wielkiej energii lub promieniowania rentgenowskiego generowanego takim laserem. Jednak dla uzyskania w centrum kulki tego paliwa gęstości i temperatury niezbędnych do termojądrowego zapłonu i wypalenia plazmy DT konieczne jest precyzyjne przeprowadzenie kompresji sferycznej dla uniknięcia narastania niestabilności hydrodynamicznych. Jest to bardzo trudne zadanie wymagające wielokierunkowych działań. Koncepcji szybkiego zapłonu polega na nielokalnym zapłonie wstępnie skompresowanej plazmy DT (przed rozwinięciem się niestabilności hydrodynamicznej) przez dodatkowe dostarczenie porcji energii za pomocą impulsu innego lasera wielkiej mocy lub impulsu prędkich elektronów, czy jonów przyspieszanych takim laserem. Niezbędny jest do tego dodatkowy laser wielkiej mocy (setki PW), ale laser komprymujący paliwo DT może być prostszy i o energii ok. 10 razy mniejszej (200–300 kJ).

W niniejszej pracy przedstawiono fizyczne podstawy i stan badań szybkiego zapłonu realizowanych także z udziałem zespołu pracowników IFPiLM w ramach wielkiego europejskiego projektu HiPER. Projekt ten dotyczy przygotowania budowy w Europie układu laserowego już z laserami repetetywnymi dla przełomowych eksperymentów termojądrowych oraz dla różnych badań podstawowych i aplikacyjnych wykorzystujących impulsy lasera wielkiej mocy i energii. Przewiduje się rozwój następujących badań: oddziaływań laser–materia przy ultra wysokich gęstościach mocy, hadronowej radioterapii, symulacji zjawisk astrofizycznych, supergęstej materii i innych. W IFPiLM realizowane są trzy następujące zadania objęte projektem HiPER: optymalizacja protonowego zapłonu, badania laserowej akceleracji jonów i laserowa symulacja astrofizycznych strumieni plazmowych. Dotychczasowe wyniki tych prac będą przedstawione w niniejszej pracy.

FIZYKA I INŻYNIERIA PLAZMY W INSTYTUCIE PROBLEMÓW JĄDROWYCH

M. Rabiński

Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Soltana, 05-400 Otwock-Świerk

W referacie przedstawiono kierunki prac związanych z fizyką i inżynierią plazmy, prowadzonych w Instytucie Problemów Jądrowych w Świerku. Badania wykonywane są na wysokonapięciowych i wysokoprądowych układach impulsowych typu Plasma-Focus, iniektorze prętowym RPI z impulsowym napuszczaniem gazu oraz toroidalnych układach z magnetycznym utrzymaniem plazmy typu tokamak.

Rozwijane są wybrane metody diagnostyki plazmy wysokotemperaturowej. Prowadzone są badania strumieni plazmowych oraz ich oddziaływania na materiał tarcz, obejmujące analizę spektroskopową linii jonów gazu roboczego i jonów materiału elektrod. W ramach diagnostyki korpuskularnej rozwijana jest technika spektrometrii masowej Thomsona, wykorzystywana do pomiarów rozkładu masowego i energetycznego impulsowych strumieni jonów.

Pakiet wybranych zagadnień teoretycznych obejmuje badania włókien prądowych w wyładowaniach typu Plasma-Focus oraz ich wpływu na emisję szybkich deuterionów i protonów. Innym tematem z tego zakresu jest modelowanie numeryczne dynamiki plazmy w układach impulsowych.

Zadania związane z diagnostyką plazmy w układach typu tokamak wykonywane są w ramach programu syntezy jądrowej EURATOM. Prace obejmują badanie wiązek elektronowych, pomiary emisji szybkich jonów i neutronów przy wykorzystaniu detektorów śladowych oraz pomiary strumienia i widma neutronów metodami aktywacyjnymi. Badania wiązek elektronowych oparte są na wykorzystaniu zjawiska Czerenkowa. Zbudowano szereg wielokanałowych detektorów do pomiarów szybkich elektronów w różnych zakresach energii. Detektory te przeznaczone są do eksperymentów zarówno w średnich układach (takich jak tokamak CASTOR w Pradze i ISTTOK w Lizbonie, a w najbliższej przyszłości COMPASS-D w Pradze) jak i w dużym układzie TORE SUPRA w Cadarache we Francji.

Innym kierunkiem badawczym jest wykorzystanie dielektrycznych detektorów śladowych (SSNTD) do pomiarów emisji szybkich jonów (m.in. protonów i deuterionów) oraz neutronów emitowanych w układach eksperymentalnych – tokamaku TEXTOR w Jülich w Niemczech, układach Plasma-Focus oraz w układzie z laserem neodymowym 15-J w Palaiseau we Francji. Prowadzone są także aktywacyjne pomiary neutronowe na największym tokamaku JET w Culham w Wielkiej Brytanii, których celem jest oszacowanie strumienia i widma neutronów. Przygotowywane są metody diagnostyki cząstek alfa przy wykorzystaniu detektorów z diamentu.

W Instytucie Problemów Jądrowych w Świerku zaprojektowano i zastosowano metodę osadzania warstw metalicznych za pomocą wyładowania łukowego warunkach ultrawysokiej próżni. Zaletami tej metody jest duża zwartość i czystość tworzonej warstwy, uzyskana dzięki wysokiej energii jonów oraz wyeliminowaniu gazu roboczego. Pozwala to na osadzanie mikrometrycznej grubości warstw na wewnętrznych ścianach wnęk akceleratorów liniowych. Nowym kierunkiem badań jest plazmowe łączenie warstw miedzi z ceramiką, charakteryzujące się wysoką zwilżalnością powierzchni.

Realizowany jest też projekt przygotowania budowy elementów iniektorów wiązki cząstek neutralnych dla toroidalnego układu W7-X typu stellarator, budowanego przez Max-Planck-Institut für Plasmaphysik w Greifswaldzie w Niemczech.

DOKŁADNY POMIAR CZASU – ZEGARY ATOMOWE

Jerzy Zachorowski

Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

Obowiązująca definicja sekundy mówi, że jest to czas 9 192 631 770 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu pomiędzy dwoma stanami nadsubtelnymi stanu podstawowego atomu cezu. Wykład przedstawi zasady konstrukcji „zegarów atomowych” czyli urządzeń stanowiących fizyczną realizację takiego wzorca. Zaprezentowane zostaną zalety wzorca atomowego i ograniczenia dokładności, jaka jest możliwa do osiągnięcia w tego typu wzorcach. Opisane zostaną następnie zasady konstrukcji zegarów atomowych wykorzystujących atomy chłodzone i pułapkowane metodami laserowymi.

Obecnie rozważa się możliwość stworzenia nowego wzorca sekundy, opartego o pomiar częstotliwości fali świetlnej (a nie z zakresu mikrofal) odpowiadającej przejściu między poziomami atomowymi. Wykład przedstawi sposoby budowy takich „optycznych” zegarów atomowych wykorzystujący metodę pomiaru częstotliwości fali świetlnej zaproponowaną przez Theodora Hänscha, laureata nagrody Nobla z 2005 roku. W szczególności przedstawiony zostanie projekt zegara z zimnymi atomami strontu uwięzionymi w sieci optycznej.

Prezentowany zostanie również stan prac nad polskim optycznym zegarem atomowym, który powstaje we współpracy uniwersytetów w Krakowie, Toruniu i Warszawie.

ŁAMANIE PRAWA GRAWITACJI

Bogan Idzikowski

Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Poznań

W trakcie wykładu omówione zostaną własności materiałów do wytwarzania konwencjonalnych i nadprzewodnikowych magnesów trwałych oraz sposoby ich produkcji. Zaprezentowane też będą niektóre typy uporządkowań magnetycznych i fizyczne przyczyny ich powstawania. Przypomnimy sobie, co to jest diamagnetyzm i jak zachowują się diamagnetyki w polu magnetycznym. Zrozumienie prawa Faradaya i efektu Meissnera umożliwi nam wytłumaczenie kilku ciekawych zjawisk fizycznych. Poznamy również warunki konieczne do powstania wirów prądowych (worteksów) i pułapkowania pól magnetycznych w wysokotemperaturowych nadprzewodnikach II-go rodzaju. Obserwując kilkanaście eksperymentów przekonamy się o istnieniu sił lewitacyjnych, pozwalających dużym obiektom fizycznym unosić się w powietrzu. Do przeprowadzenia najważniejszego i najciekawszego eksperymentu konieczne będzie osiągnięcie niskich temperatur, co zapewni nam ciekły azot. Spotkanie z niezwykłą fizyką zakończy się krótkim przeglądem zastosowań lewitacji magnetycznej (np. w nowoczesnych pociągach, windach, łożyskach, silnikach, żyroskopach, pompach do skroplonych gazów itp.). Wykład będzie ilustrowany wieloma animacjami komputerowymi.

Czwartek

PROJEKT REAKTORA TERMOJĄDROWEGO ITER W CADARACHE

Andrzej Gałkowski

IFPiLM

Świat potrzebuje energii – bezpiecznej, nie zanieczyszczającej środowiska naturalnego, a przy tym taniej, wszędzie dostępnej i zapewniającej dostawę przez wiele lat. Fuzja jądrowa może być odpowiedzią na to zapotrzebowanie.

Tokamak ITER, którego budowa rozpoczęła się w Cadarache koło Aix-en-Provence, będzie kolejnym krokiem na drodze (łac. iter) do zbudowania komercyjnego reaktora fuzji jądrowej. W tym międzynarodowym eksperymencie, w którym uczestniczy siedem największych potęg świata, uzyskane będą warunki intensywnego spalania izotopów wodoru.

W referacie zamierzam przedstawić podstawy fizyczne procesu fuzji jądrowej w warunkach ziemskich, do czego potrzebne jest stworzenie w reaktorze syntezy środowiska gorącej (miliony kelwinów) plazmy izotopów wodoru. Są dwa podstawowe sposoby utrzymania gorącej plazmy – siłami inercji (ten sposób wykorzystywany jest, na przykład, w układach syntezy laserowej) lub siłami pola magnetycznego. W referacie omówione zostaną zamknięte pułapki magnetyczne typu tokamak i stellarator utrzymujące gorącą plazmę z dala od ścian reaktora w polu magnetycznym o topologii torusa. Wprowadzone zostaną podstawowe parametry charakteryzujące stan plazmy utrzymywanej w takich pułapkach, w tym parametr podstawowy – czas utrzymania energii. Wielkość ta jest skończona ze względu na niestabilności plazmy i procesy transportu. Bardzo ogólnie zostanie naszkicowana teoria transportu masy i energii w toroidalnym polu magnetycznym. Energia dostarczana jest do plazmy w postaci ciepła Joule’a wskutek przepływu prądu elektrycznego przez plazmę oraz dzięki zastosowaniu układów dodatkowych – generatorów promieniowania w zakresie mikrofalowym oraz akceleratorów wytwarzających wiązki cząstek. Wprowadzone zostanie zmodyfikowane kryterium Lawsona będące warunkiem na osiągnięcie stanu zapłonu (ang. ignition). W stanie zapłonu energia wydzielana w wyniku reakcji fuzji jądrowej wystarcza do podtrzymania stanu stacjonarnego, bez konieczności użycia dodatkowych źródeł energii dostarczanej do plazmy. Słabszy warunek jest wymagany do tego, aby osiągnąć stan, w którym energia fuzji jest równa energii dostarczanej do plazmy przez dodatkowe układy nagrzewania. Stan ten został praktycznie osiągnięty w tokamaku JET zbudowanym w Culham koło Oksfordu przez Wspólnotę Euratom.

W referacie zostaną omówione eksperymenty na układzie fuzji jądrowej JET, w tym zjawiska samoorganizacji prowadzące do wytworzenia barier termicznych w plazmie, co w efekcie zapewnia dobre warunki utrzymania masy i energii. JET należy do tej samej co ITER rodziny tokamaków. Pozwala to przetestować rozwiązania technologiczne i scenariusze eksperymentalne, które będą zastosowane w ITERze.

W referacie powiem o tym, jakie wyzwania stoją przed tymi, którzy eksperyment ITER planują i będą realizować. Jednym z tych wyzwań jest ciągle nie rozwiązany problem materiałów konstrukcyjnych i materiałów pierwszej ściany reaktora. Na koniec wytyczona zostanie (szybka) ścieżka dojścia do reaktora komercyjnego, którego prototypem będzie układ DEMO, następca ITERa.

PROMIENIOWANIE KOSMICZNE

Henryk Wilczyński

IFJ PAN

Piątek

ULTRAZIMNA MATERIA

Jakub Zakrzewski

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

Laserowe schładzanie i pułapkowanie atomów pozwala na uzyskanie unikalnych układów kwantowych w bardzo niskich (kilkadziesiąt nanoKelwinów) temperaturach. Ujawnia się wówczas kwantowy charakter ruchu atomu, który w zależności od liczby masowej może być (złożonym) fermionem lub bozonem. Układ bozonów może stworzyć kondensat Bosego-Einsteina, unikalny stan materii, w którym makroskopowa liczba (np. milion) atomów znajduje się w jednym wspólnym stanie kwantowym. Układ fermionów pozwala na badanie w układzie atomowym zjawisk znanych dotychczas w fizyce materii skondensowanej (np. teoria BCS nadprzewodnictwa). W wykładzie po wprowadzeniu do fizyki chłodzenia i pułapkowania atomów pokażę szereg rezultatów eksperymentalnych dla kondensatu i zimnych fermionów – również te otrzymane ostatnio w Polsce. Następnie pokażę, że umieszczenie takiego zbioru atomów w periodycznym potencjale optycznym pozwala w unikalny sposób stworzyć układy, które są dobrze opisywane przez standardowe modele ciasnego wiązania znane w fizyce materii skondensowanej. Niespotykana w innych działach fizyki kontrola nad parametrami układu pozwala nam, fizykom atomowym, modelować i badać eksperymentalnie kwantowe przejścia fazowe, wprowadzać w sposób kontrolowany nieporządek do układu oddziałujących cząstek, realizować w domenie atomowej kwantowy efekt Halla czy nawet modelować na sieci nieabelowe teorie gauge. Kontrola ta pozwala też realizować pojedyncze bramki logiczne co w przyszłości może doprowadzić do konstrukcji kwantowego komputera.

LHC – OKNO NA FIZYKĘ POZA MODELEM STANDARDOWYM

Jan Królikowski

Uniwersytet Warszawski

Sesja plakatowa

WYKORZYSTANIE NANOSOND CIEPLNYCH DO POMIARU PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ W MIKRO- I NANOSTRUKTURACH

Jerzy Bodzenta, Jacek Mazur, Maciej Lorenc

Politechnika Śląska, Instytut Fizyki

Właściwości cieplne materiałów coraz częściej mają decydujące znaczenie dla ich zastosowań praktycznych. Dotyczy to w szczególności materiałów wykorzystywanych w technice laserowej, elektronice i optoelektronice. Rosnąca skala integracji przyrządów, które towarzyszy wzrost rozpraszanych mocy powoduje, że zapewnienie efektywnego odprowadzania ciepła staje się kluczowym problemem. Jego rozwiązanie wymaga stosowania specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych, ale przede wszystkim znajomości właściwości cieplnych stosowanych materiałów. Standardowe metody pomiaru przewodności i dyfuzyjności cieplnej (metody stałego strumienia, metoda błysku) pozwalają badać próbki o rozmiarach nie mniejszych niż kilka-kilkanaście milimetrów. Jednakże w typowych przyrządach elektronicznych stosowane są warstwy o grubościach nieprzekraczających $1\ \mu\text{m}$, a często dużo cieńsze. Z prowadzonych dotychczas badań wynika, że szczególnie w przypadku warstw dielektrycznych, przewodność cieplna warstw może być nawet o kilka rzędów mniejsza od przewodności materiałów litych i silnie zależy od struktury warstwy. Dlatego też konieczne jest opracowanie metod pomiaru właściwości cieplnych obiektów o rozmiarach rzędu kilkudziesięciu-kilkuset nanometrów. Ciekawe możliwości stwarza tutaj skaningowa mikroskopia cieplna. Wykorzystuje się w niej układ mikroskopu sił atomowych i specjalne sondy, które pozwalają na pomiar temperatury z rozdzielczością przestrzenną rzędu $100\ \text{nm}$. Obecnie najczęściej wykorzystywane są dwa rodzaje sond: skonstruowane w oparciu o drut Wollastona oraz nanosondy cieplne. Te drugie zapewniają lepszą czułość i rozdzielczość przestrzenną.

Skaningowa mikroskopia cieplna, w zależności od trybu pracy układu, pozwala na zbadanie rozkładu temperatury na powierzchni próbki (tryb pasywny) lub rozkładu przewodności cieplnej (tryb aktywny). Problemem jest jednak wykonanie pomiarów ilościowych – wyznaczenie wartości przewodności cieplnej badanej próbki. W pracy przedstawiono analizę możliwości wykorzystania nanosond cieplnych w takich pomiarach. Badania były prowadzone w dwóch kierunkach. Po pierwsze stworzono model nanosondy cieplnej z wykorzystaniem analizy metodą elementów skończonych. Model pozwala symulować warunki eksperymentu z uwzględnieniem różnych trybów pracy sondy (stało- i zmiennoprądowy), pozwala także na analizę wpływu na sygnał mierzony przewodności cieplnej próbki oraz jakości kontaktu cieplnego między sondą i próbką. Wyniki badań pokazały, że przy użyciu nanosond cieplnych powinien być możliwy pomiar przewodności cieplnej z rozdzielczością przestrzenną określona rozmiarami liniowymi kontaktu sonda-próbka. Najlepszą dokładność pomiaru można osiągnąć dla materiałów o przewodności cieplnej z zakresu $(2\text{--}200)\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Równolegle prowadzone były badania eksperymentalne. Wykorzystane w nich mikroskopy sił atomowych XE-70 firmy PSIA Inc. wyposażony w moduł do skaningowej mikroskopii cieplnej i moduł dostępu do sygnałów sterujących i mierzonych. Sonda pracowała w trybie aktywnym. Badano zależność sygnału pomiarowego od częstotliwości prądu płynącego przez sondę dla różnych materiałów. Wykazano jakościową zgodność mierzonych zależności z przewidywaniami wynikającymi z analizy numerycznej. Stwierdzono również, że istnieje podobieństwo pomiędzy wynikami otrzymywanymi w innych ośrodkach z wykorzystaniem sond Wollastona oraz rezultatami eksperymentów z użyciem nanosond cieplnych.

EKSPERYMENTALNE MOŻLIWOŚCI MIĘDZYNARODOWEGO INSTYTUTU PAN: MIĘDZYNARODOWE LABORATORIUM SILNYCH PÓL MAGNETYCZNYCH I NISKICH TEMPERATUR

Jacek Ćwik, Daniel Gajda, Tomasz Palewski, Jan Klamut, Wiktor Niżankowski

W fizyce ciała stałego często wykonywane są precyzyjne pomiary właściwości fizycznych. Takie pomiary pozwalają określić strukturę elektronową interesującej grupy ciał jaką stanowią różnorodne metale i przewodzące substancje organiczne, nadprzewodniki, magnetyki czy półprzewodniki. Aby zminimalizować wpływ innych właściwości fizycznych na jedną z wybranych właściwości, badania prowadzi się zwykle w ekstremalnych warunkach: w bardzo niskiej temperaturze, w silnym polu magnetycznym czy elektrycznym czy przy wysokim ciśnieniu zewnętrznym.

Międzynarodowe Laboratorium jest taką jednostką naukową, która realizuje badania strukturalne, magnetyczne, elektryczne i niektóre optyczne oraz cieplne różnorodnych ciał stałych w postaci proszków, substancji litych, monokryształów, kryształów nitkowych i cienkich warstw w niskich temperaturach i silnych polach magnetycznych. Standardowe zakresy temperatur rozciągają się od 2 K do 300 K, a silne stałe pola magnetyczne sięgają 20 T, natomiast magnetyczne pola kwazi-impulsowe sięgają nawet do 60 T.

Międzynarodowe Laboratorium (ML) powstałe w 1968 roku jest placówką finansowaną przez swoich członków, którymi są zarówno akademie nauk jak i pojedyncze jednostki naukowe usytuowane w różnych krajach europejskich. Badania są realizowane przez mieszane zespoły naukowców z zagranicy lub Polski oraz personel placówki, a ML zapewnia osobom przybywającym do Wrocławia zakwaterowanie i diety.

BADANIE PRZEMIAN FAZOWYCH W $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

Joanna Hetmańczyk, Anna Migdał-Mikuli, Edward Mikuli

Zespół Badań Przemian Fazowych, Wydział Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków

W temperaturze pokojowej azotan(V) baru krystalizuje w układzie regularnym w centrosymetrycznej grupie przestrzennej $\text{Pa}\bar{3}$ (Nr 205) ze stałą sieci $a = 8,1184(2) \text{ \AA}$. W komórce elementarnej znajdują się cztery molekuły $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ [1, 2]. Natomiast Zverev i in. [3] sugerują, że $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ krystalizuje w niecentrosymetrycznej grupie przestrzennej P213 .

Z pomiarów metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) przeprowadzonych w zakresie temperatur 300–873 K oraz analizy termograwimetrycznej (TG) wynika, że azotan(V) baru jest stabilny do temperatury około 450 K. Powyżej tej temperatury, związek najprawdopodobniej detonuje i na krzywej DSC obserwuje się anomalię endotermiczną, zaś na krzywych kwadrupolowej spektrometrii masowej (QMS) widoczny jest sygnał od wolnego tlenu. W temperaturze 840 K rozpoczyna się całkowity rozkład $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ do tlenku azotu(II), wolnego azotu, tlenu i stałego tlenku baru. Końcowe produkty rozkładu azotanu(V) baru zidentyfikowano na podstawie krzywych QMS dla $m/e = 14, 16, 28, 30, \text{ i } 32$ odpowiadające kolejno grupom: N, O, N_2 , NO i O_2 . Uzyskane wyniki są spójne z wynikami zawartymi w pracy Sayi i In. [4].

Metodą DSC dla $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ wykryto w zakresie temperatur 95–295 K jedno przejście fazowe zachodzące w obrębie fazy stałej. Temperatura obserwowanego przejścia fazowego (wyznaczona jako tzw. *onset*) wynosi: $T_{cl}^h = 270,4\text{K}$ oraz $T_{cl}^c = 235,6\text{K}$, odpowiednio: podczas ogrzewania (h) i ochładzania (c). Wykryte przejście fazowe wykazuje dużą histerezę temperaturową wynoszącą ok. 35 K. Obecność histerezy temperaturowej dla obserwowanego przejścia fazowego oraz ostry kształt anomalii na krzywych DSC potwierdza, że dane przejście jest przejściem I rodzaju. Obecność dużej histerezy temperaturowej jest bardzo charakterystyczna dla związków kompleksowych z anionem NO_3^- , takich jak: $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_3)_2$ [5], $[\text{Ni}(\text{ND}_3)_6](\text{NO}_3)_2$ [6], $[\text{Mg}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_3)_2$ [7] oraz $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_4](\text{NO}_3)_2$ [8]. Zmiana entalpii towarzysząca temu przejściu fazowemu wynosi: $\Delta H_1 = 88,22 \text{ J/mol}$, a wartość zmiany entropii jest równa $\Delta S_1 = 0,326 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Do badania zmian zachodzących w widmie oscylacyjnym $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ w funkcji temperatury (20–300 K) wykorzystano metodę fourierowskiej spektrofotometrii w zakresie środkowej podczerwieni (FT-MIR). Podczas ochładzania substancji w okolicy temperatury przejścia fazowego obserwuje się bardzo wyraźne rozszczępienie pasma przy $729,1 \text{ cm}^{-1}$, związanego z drganiem $\nu_4(\text{F})$ jonu azotanowego(V). Dodatkowe pasmo pojawia się bowiem przy $720,1 \text{ cm}^{-1}$. Fakt ten sugeruje, że wykryte metodą DSC przejście fazowe jest związane ze zmianą struktury sieci krystalicznej.

Literatura

1. H. Nowotny, G. Heger, *Acta Cryst. C* 39 (1983) 952-956.
2. A.R. Santos, P. Tang, W.J. Chien, S. Kwan, G.S. Harbison, *J. Phys. Chem.* 94(1990) 2717-2721.
3. P.G. Zverev, T.T. Basiev, V.V. Osiko, A.M. Kulkov, V.N. Voitsekhovskii, V.E. Yakobson, *Opt. Mater.* 11 (1999) 315-334.
4. Y.S. Sayi, C.S. Yadav, P.S. Shankaran, G.C. Chhapru, K.L. Ramakumar, V. Venugopal, *Int. J. Mass Spectrom.* 214 (2002) 375–381.
5. A. Migdał-Mikuli, E. Mikuli, M. Rachwalska, T. Stanek, J. M. Janik, J.A. Janik, *Physica B* 104 (1981) 331-336.
6. A.F. Andersen, H. Fjellvag, J.A. Janik, J. Mayer, J. Ścieszński, J.M. Janik, A. Migdał-Mikuli, E. Mikuli, M. Rachalska, T. Stanek, *Physica B* 138 (1986) 295-304.
7. J.A. Janik, J.M. Janik, A. Migdał-Mikuli, E. Mikuli, M. Rachwalska, T. Stanek, K. Otnes, B.O. Fimland, I. Svare I, *Physica B* 122 (1983) 315-320.
8. A. Migdał-Mikuli, J. Hetmańczyk, W. Nitek, E. Mikuli, Ł. Hetmańczyk, *J. Alloys Compd.* 432 (2007) 232–240.

MAGNETYCZNE PRZEJŚCIA FAZOWE W ZWIĄZKACH RCu_2Ge_2 ($\text{R} = \text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}, \text{Tm}$) W ŚWIECIE KOMPLEMENTARNYCH BADAŃ MAKROSKOPOWYCH

D. Kaczorowski¹, Ł. Gondek², B. Penc³, A. Pikul¹, A. Szytuła³

¹ Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN im. W. Trzebiatowskiego, Wrocław

² Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH, Kraków

³ Instytut Fizyki UJ im. M. Smoluchowskiego, Kraków

Związki RCu_2Ge_2 (R = pierwiastek ziemi rzadkiej) mają tetragonalną strukturę krystaliczną typu ThCr_2Si_2 (grupa symetrii $I4/mmm$) i w niskich temperaturach są antyferromagnetykami [1, 2]. W niniejszej pracy prezentowane są pomiary magnetyczne, transportowe i ciepła właściwego związków z $\text{R} = \text{Dy-Tm}$, przeprowadzone w celu udokładnienia ich własności. Ostatnie badania izostrukturnych związków RCu_2Si_2 wykazały istnienie złożonej sytuacji fazowej [3, 4]. Badania obejmowały: pomiary własności magnetycznych w przedziale temperatur 1.7 – 300 K, własności transportowych (opór elektryczny) i ciepła właściwego w przedziale temperatur 0.4 – 300 K.

Uzyskane wyniki potwierdziły, że badane związki są antyferromagnetykami z temperaturami Neela: 7.2 K ($\text{R} = \text{Dy}$), 6.4 K ($\text{R} = \text{Ho}$), 3.3 K ($\text{R} = \text{Er}$) i 3.8 K ($\text{R} = \text{Tm}$). Powyżej tych temperatur podatność magnetyczna spełnia prawo Curie-Weissa. Efektywny moment magnetyczny jest bliski wartości dla jonu swobodnego R^{3+} , co potwierdza fakt, że w tej grupie związków moment magnetyczny jest zlokalizowany na atomie ziemi rzadkiej. Paramagnetyczna temperatura Curie jest ujemna dla związków z $\text{R} = \text{Dy}, \text{Ho}$ i Er i dodatnia dla związków z $\text{R} = \text{Tm}$. Pomiary ciepła właściwego potwierdzają pojawienie się uporządkowania magnetycznego w niskich temperaturach. W związkach z $\text{R} = \text{Er}$ i Tm obserwuje się dodatkową anomalie w temperaturach 2.5 K ($\text{R} = \text{Er}$) i 1.7 K ($\text{R} = \text{Tm}$) Opór elektryczny w przedziale temperatur 50 – 300 K jest prawie liniową funkcją temperatury. W niskich temperaturach obserwuje się anomalie związane z obserwowanymi przejściami fazowymi.

Porównanie wyznaczonych własności związków RCu_2Ge_2 z własnościami izostrukturnych związków RCu_2Si_2 [4, 3] wykazuje pewne podobieństwa i różnice. We wszystkich związkach RCu_2Si_2 z wyjątkiem TmCu_2Si_2 obserwuje się podwójne przejścia fazowe w niskich temperaturach. W badanych związkach RCu_2Ge_2 pojedyncze przejście fazowe obserwuje się w związkach z $\text{R} = \text{Dy}$ i Ho . Wyjaśnienie przyczyn tych różnic mogą przynieść pomiary metodą dyfrakcji neutronów, jak również analiza oddziaływań magnetycznych i wpływu pola krystalicznego. Zazwyczaj przyjmuje się, że w tej klasie związków oddziaływanie typu RKKY jest decydujące. Miara roli tego oddziaływania jest skalowanie temperatur Neela w funkcji czynnika de Gennesa. Analiza wyników dla obu grup związków wykazuje odstępstwo od tej relacji.

Przeprowadzone pomiary metodą dyfrakcji neutronów wykazały, że w związku ErCu_2Si_2 następuje ze wzrostem temperatury przejście od struktury kolinearnej do niewspółmiernej [5].

Literatura

- [1] A. Szytuła, J. Leciejewicz, Handbook on Physics and Chemistry of Rare Earths, vol. 12, eds. K.A. Gschneidner Jr. and L. Erwin, Elsevier, Amsterdam, 1989, p. 133.
- [2] D. Gignoux, D. Schmitt, Handbook of Magnetic Materials, vol. 10, ed. K.H.J. Buschow, Elsevier, Amsterdam, 1997, p. 239.
- [3] Y. Takeda i inni, J. Phys. Soc. Japa 77 (2008) 104710.
- [4] Nguyen D. Dung i inni, J. Phys. Soc. Japan 78 (2009) 024712.
- [5] S. Baran i inni, J. Magn. Magn. Mater. (w druku)

TWO-DIMENSIONAL SUPERLATTICE STRUCTURES FOR SOLAR CELL APPLICATIONS

Maciej Krawczyk, Jarosław Kłos

The efficiency of solar energy conversion in photovoltaic cells with a single energy gap is thermodynamically limited to 41 per cent. A way to overcome this limitation (referred to as the Queisser-Shockley limit) is to use a superlattice as an active material in the photovoltaic cell. The existence of minibands in the spectrum of the superlattice increases the number of possible optical transitions between the valence band and the conduction band, and thus results in enhanced absorption of light quanta. The reduced thermalisation in the multi-band system also contributes to the increase in efficiency.

We have computed the spectrum of a two-dimensional superlattice of GaAs rods embedded in an AlGaAs matrix in the envelope function approximation to establish the optimum values of structural parameters offering a maximum efficiency of solar energy conversion. The following parameters are taken into account in our investigation: the filling fraction, the superlattice constant, the material contrast between the rods and the matrix (determined by the Al concentration in the matrix), the shape of the rods and the type of lattice they form.

We show that a crucial role is played by the filling fraction. A proper adjustment of this parameter proves to increase significantly the efficiency of solar energy conversion in a superlattice-based solar cell with respect to the efficiency of a single-gap solar cell (made of monolithic GaAs or AlGaAs). We also prove that the shape of the rods has no noticeable effect on the efficiency of the photovoltaic cell if the filling fraction is conserved.

The study deals with square and triangular lattices. The triangular lattice-based system proves to have wider minibands for the same parameter values. The first minigap in the conduction band is found to be always present (even for small values of superlattice constant) in the triangular lattice case. Hence, high values of efficiency can be achieved in photovoltaic cells based on structures of that type.

EMISJA ELEKTRONÓW I JONÓW Z KRYSZTAŁÓW TGS

Konieczna B, Biedrzycki K

Zbadano wpływ zewnętrznego zmiennego pola elektrycznego E (10^3 – 10^4 V/cm) oraz temperatury T próbki na czasowo-energetyczne rozkłady^{1,2} ferroelektrycznej emisji elektronów i jonów, wspomaganej tworzeniem się nierównowagowej plazmy przy powierzchni kryształów siarczanu triglicyny (TGS), znajdujących się w warunkach próżniowych, przy ciśnieniu rzędu 10^{-6} Tr.

Pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego, w próbce ferroelektrycznej o polaryzacji spontanicznej PS, powstaje ładunek związany, którego gęstość powierzchniowa osiąga wartość $\rho \leq 2PS$. Natężenie elektrostatycznego pola depolaryzacji E_{dep} związanego z tym ładunkiem może osiągać chwilowe wartości rzędu 10^6 – 10^8 V/cm, stwarzając możliwość pojawienia się samo-emisji elektronów jako jednego z procesów relaksacyjnych, jak również inicjowania zjawisk wtórnych przy kontakcie elektroda-próbka ferroelektryczna-próżnia, w tym powierzchniowych wyładowań³.

Przeprowadzone badania wpisują się w nurt badań podstawowych i aplikacyjnych dotyczących impulsowych zimnych katod, które mają się charakteryzować nie tylko małymi kosztami produkcji, ale również niskonapięciowym zasilaniem, wysoką wydajnością emisji, jak najwyższą energią emitowanych ładunków, odpowiednim przestrzennym rozkładem i dużą szybkością repetycji emitowanej wiązki oraz możliwością pracy w różnych warunkach środowiskowych.

- 1 B. Konieczna, M. Wachowiak-Cicha, K. Biedrzycki, Energy distribution of plasma-assisted electron and ion emission from TGS single crystals, *Appl. Surf. Sc.* **254** (2008) 7381.
- 2 K. Biedrzycki, L. Markowski, B. Konieczna, Low density plasma-assisted electron and ion emission from LATGSsingle crystals, *Appl. Surf. Sc.* **223** (2004) 312.
- 3 G. Rosenman, et al., Polarization switching in ferroelectric cathodes, *J. Appl. Phys.* **82** (1997) 772.

ZASTOSOWANIE RÓWNAŃ RÓŻNICZKOWYCH Z POCHODNYMI UŁAMKOWYMI DO OPISU SUBDYFUZJI

T. Kosztolowicz

Subdyfuzja jest jednym z procesów dyfuzji anomalnej. Proces ten może być interpretowany jako błędzenie losowe cząsteczki, przy czym średni czas jej oczekiwania na przeskok jest nieskończony przy skończonej wariancji długości przeskoku. W układzie jednowymiarowym proces ten scharakteryzowany jest relacją

$$\langle (\Delta x)^2 \rangle = \frac{2D_\alpha}{\Gamma(1+\alpha)} t^\alpha,$$

gdzie $\langle (\Delta x)^2 \rangle$ jest średnim kwadratem zmiany położenia cząsteczki w czasie t , D_α jest współczynnikiem subdyfuzji, α – parametrem subdyfuzji ($0 < \alpha < 1$ dla subdyfuzji, przypadek $\alpha = 1$ odpowiada dyfuzji normalnej). Ponieważ klasyczne Centralne Twierdzenie Graniczne nie ma zastosowania w tym przypadku, subdyfuzyjna funkcja Green'a nie jest wyrażona przez rozkład Gaussa, zaś sam proces może być opisany równaniami różniczkowymi z pochodnymi rzędu ułamkowego. Subdyfuzja może występować w transporcie względnie dużych cząsteczek w takich ośrodkach jak żele czy ośrodki porowate. Występują także trudności w identyfikacji subdyfuzji w procesach zachodzących w stosunkowo krótkich czasach, co związane jest z trudnościami w oszacowaniu parametrów subdyfuzji na podstawie danych doświadczalnych.

Przedstawione zostaną tutaj metody rozwiązywania równań subdyfuzji dla układów membranowych, układów, w których transportowane cząsteczki różnych rodzajów mogą reagować chemicznie ze sobą, pokazane zostaną również formuły opisujące impedancję subdyfuzyjną w układach elektrochemicznych. Zostaną także zaprezentowane oryginalne metody oszacowania parametrów subdyfuzji z danych empirycznych (wykazane zostanie m.in., że transport wybranych cukrów w wodnym roztworze agarozy jest subdyfuzją z parametrem $\alpha = 0.9$).

Literatura:

1. T. Kosztolowicz, Zastosowanie równań różniczkowych z pochodnymi ułamkowymi do opisu subdyfuzji, Wyd. UJK, Kielce (2008).
2. T. Kosztolowicz, K.D. Lewandowska, Hyperbolic subdiffusion impedance, J. Phys. A 42, 055004 (2009),
3. T. Kosztolowicz, K.D. Lewandowska, Time evolution of the reaction front in a subdiffusive system, Phys. Rev. E 78, 066103 (2008).
4. T. Kosztolowicz, Subdiffusion in a system with a thick membrane, J. Membrane Sci. 320, 492-499 (2008).
5. T. Kosztolowicz, K. Dworecki, S. Mrówczyński, How to measure subdiffusion parameters, Phys. Rev. Lett. 94, 170602 (2005).
6. T. Kosztolowicz, K. Dworecki, S. Mrówczyński, Measuring subdiffusion parameters, Phys. Rev. E 71, 041105 (2005).
7. T. Kosztolowicz, From solutions of diffusive equation to the solution of subdiffusive one, J. Phys. A 37, 10779-10789 (2004).

SIZE EFFECT IN DOPED TiO₂ NANOPOWDERSM. Radecka¹, B. Łyson², A. Czapla², M. Lubecka², K. Zakrzewska²¹*Faculty of Materials Science and Ceramics, AGH University of Science and Technology,*²*Faculty of Electrical Engineering, Automatics, Computer Science and Electronics, AGH-University of Science and Technology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland.*

TiO₂-based nanopowders are elaborated by flame spray synthesis, FSS from organic precursors of titanium and chromium with the Cr content changing from 0 to 15 at.%. Well-crystallized nanopowders with high specific surface area SSA reaching 107 m²/g for undoped TiO₂ and 177 m²/g for TiO₂+15 at. % Cr are obtained. X-ray diffraction, transmission electron spectroscopy, TEM, and optical spectrophotometry over the ultraviolet UV and visible VIS range of the light spectrum from 250 to 2200 nm have been performed in order to characterize the nanomaterials. The particle size of nanopowders is within the range of 5 – 42 nm. Anatase is the predominating polymorphic form while the amount of rutile increases with Cr content to reach of about 25 wt.% at 15 at. % Cr. The effect of decreasing grain size and increasing chromium doping on the band gap E_g is discussed. The effect of quantum confinement manifests itself as an increase in the band gap of TiO₂ and TiO₂:Cr. Dynamic changes in the electrical resistance upon the interaction of nanomaterials with the gas phase indicate that with a decrease in the grain size, the temperature at which this effect is observed appears to be lower as compared with microcrystalline materials.

Acknowledgement

This work is supported by Polish Ministry of Science and Higher Education within the frame of the project N N507 466537

POLE KRystaliczne I Orbitalny Magnetyzm Jako polski wkład do światowej fizyki – Kwantowa Atomistyczna Teoria Ciała Stałego Magnetyczne Przejścia Fazowe Opisywane w skali atomowej (NiO, UPd₂Al₃, ErNi₅)

R. J. Radwański^{1,2} i Z. Ropka¹

¹Centrum Fizyki Ciała Stałego, Św. Filipa 5, 31-150 Kraków,

²Instytut Fizyki, Uniwersytet Pedagogiczny, 30-084 Kraków.

Teoretyczny opis magnetycznych, elektronowych i spektroskopowych właściwości jak również struktura elektronowa związków zawierających atomy metali przejściowych jest w dalszym ciągu przedmiotem gorącej debaty wewnątrz współczesnej społeczności fizyki ciała stałego. Nawet magnetyczne i izolacyjne właściwości takich prostych związków jak monotlenki FeO, CoO czy NiO nie są jeszcze dobrze teoretycznie zrozumiane pomimo faktu, że te związki tworzą prostą strukturę krystalograficzną (NaCl) i prosty antyferromagnetyzm ($T_N = 191$ K, 291 i 525 K, odpowiednio). Ostatnio zostały odkryte stany zlokalizowane w związkach YbRh₂Si₂ i UPd₂Al₃, pomimo ich ciężko-fermionowego i metalicznego zachowania.

Chcemy zaproponować, biorąc pod uwagę olbrzymi potencjał fizyki ciała stałego w Polsce, teorię pola krystalicznego i orbitalny magnetyzm jako polski wkład do światowej fizyki. Rozwinięta przez nas Kwantowa Atomistyczna Teoria Ciała Stałego, QUASST – Quantum Atomistic Solid-State Theory, proponuje jako punkt wyjścia do opisu związków $3d/4f/5f$ opis atomów/ionów $3d/4f/5f$ tworzących dane ciało (Phys. Rev. B **63** (2001) 172404). Pragniemy otwarcie przedyskutować najbardziej fundamentalne problemy jak: „jest, czy nie ma, pola krystalicznego w związkach $3d/4f/5f$, w metalicznych i jonowych”, „geneza anizotropii magnetycznej (jedno-jonowa czy inna)” lub „ważność orbitalnego magnetyzmu” w przeciwieństwie do ogólnie stosowanego „zamrażania” momentu orbitalnego w opisie związków $3d$. Zastosowanie QUASST będzie ilustrowane przez prezentację opisu w skali atomowej 1) NiO (Acta Physica **1** (2006) 1; www.actaphysica.eu), najprostszego i szeroko dyskutowanego izolatora Mott’a, 2) ciężko-fermionowego związku metalicznego, nadprzewodnika UPd₂Al₃, jak i 3) konwencjonalnego metalicznego ErNi₅.

Zaprezentujemy zbiór związków opisanych w ramach QUASST: monotlenki FeO, CoO i NiO, perowskity takie jak YTiO₃ (Acta Physica **5** (2007) 5), LaMnO₃ czy LaCoO₃ (Phys. Rev. B **67** (2003) 172401). Wszystkie te związki znane są jako izolatory Mott’a. W YTiO₃ jony Ti³⁺ mają jeden d elektron – czyni to ten związek sztandarowym do badania właściwości jonu Ti³⁺ w zdystorsowanym oktaedrycznym polu krystalicznym w obecności oddziaływania spin-orbita. YTiO₃ jest ferromagnetykiem z T_C równą 30K. Opisaliśmy strukturę elektronową zarówno w obszarze paramagnetycznym jak i w stanie ferromagnetycznym śledząc jej zmianę w T_C . Magnetyczne przejście fazowe jest widoczne, w szczególności, w temperaturowej zależności ciepła właściwego w pikie λ w T_C . Magnetyczne przejście, związane z łamaniem symetrii odwracalności czasu (*breaking of the time-reversal symmetry*), jest widoczne w charakterze funkcji własnej.

W naszym podejściu do opisu związków $3d$ łączymy fizykę ciała stałego z fizyką atomową i odkrywamy ważność orbitalnego magnetyzmu w opisie związków zawierających atomy $3d$. Wieloelektronowa teoria pola krystalicznego uwzględnia również silne korelacje elektronowe.

ZASTOSOWANIE WYSOKO-DOZOWEJ I WYSOKO-ENERGETYCZNEJ IMPLANTACJI CIĘŻKIMI JONAMI W TECHNOLOGII METALICZNYCH SENSORÓW WYSOKICH CIŚNIEŃ

Application of the high energy high dose heavy ion implantation
in metallic high-pressure sensor technology

Roland Wiśniewski¹, Teresa Wilczyńska¹, Alexander Didyk², Vera Semina²

¹ *Instytut Energii Atomowej POLATOM*

² *Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych (Dubna)*

Znane od szeregu lat i często stosowane w praktyce metaliczne sensory (czujniki) wysokich ciśnień (manganinowe – CuMn11Ni2, zeraninowe – Cu Sn6, Złoto-chromowe – Au,Cr2) poddane implantacji wysoko-energetycznej i wysoko-dozowej ciężkimi jonami uzyskują polepszone parametry metrologiczne. Ideą sensorów prostych jest dostatecznie wysoka selektywność – wysoka czułość ciśnieniowa przy jak najmniejsza czułości temperaturowej i małej sile termoelektrycznej względem materiału używanego do wykonywania połączeń, przeważnie miedzi, złota i srebra.

Szczególnie ważną rolę spełniają sensory manganinowe zarówno w pomiarach statycznych (laboratoryjnych i przemysłowych) jak i dynamicznych ciśnień – podziemne wybuchy jądrowe.

Z teorii przewodnictwa elektrycznego stopów rezystancyjnych nie wynika zbyt wiele wskazówek natury technologicznej a teoria efektu Seebeck'a jest również złożona i trudna w interpretacji. Implantacja w szczególności wysoko-energetyczna i wysoko-dozowa wytwarza w materiale całe widmo defektów strukturalnych jak i dodatkowe nośniki ładunku. Wzrost samej rezystancji łatwo przewidywalny nie odgrywa istotnej roli. Ważna jest zmiana rezystancji spowodowana ciśnieniem. Z fenomenologicznej teorii wynika, że może to być skutkiem zmian struktury pasmowej ale również wzrostem ściśliwości. W tej skomplikowanej sytuacji odpowiedzią są wyniki badań doświadczalnych. Wynika z nich istotny (do 30%) wzrost czułości ciśnieniowej, silny spadek siły termoelektrycznej (o 50%) i plateau w szerokim zakresie temperatury. Przykładowo przytoczone wyniki badań informują o uzyskanych przez autorów wyników przedmiocie R(T) sensorów Dynasen inc.. Naświetlanie próbek miało miejsce w ZIBJ na akceleratorze U-400, próbki manganinowe, folie o grubościach 10 i 2,5µm, były pochodzenia Isabellen Huette (DM) i Dynasen Inc.(USA). Interpretację wyników pogłębiło metodą układu zastępczego wirtualnie oddzielonych warstw układów planarnych.

KOMPLEKSOWE BADANIA PRZEWODNIKÓW SUPERJONOWYCH OTRZYMYWANYCH W SKUTEK PROCESU SZYBKIEGO CHŁODZENIA

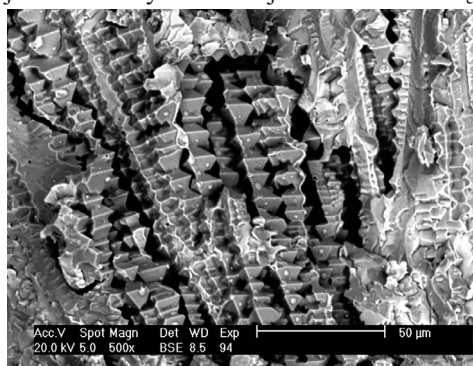
Z. Wiśniewski^{1,2*}, R. Wiśniewski¹, D. Zasada², R. Dzduszek³

¹ Instytut Energii Atomowej 05-400 Otwock Świerk

² Wydział Nowych Technologii i Chemii WAT ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2 00-908 Warszawa 49

³ Instytut Tele i Radiotechniczny; Ratuszowa 11 03-450 Polska

Przewodniki superjonowe stanowią mało znaną, lecz interesującą grupę materiałów. Są to ciała stałe wykazujące przewodnictwo jonowe porównywalne z przewodnictwem jonowym elektrolitów ciekłych. Jedną z metod otrzymywania tych materiałów jest szybkie chłodzenie z fazy ciekłej. Metoda ta ma wiele zalet między innymi pozwala otrzymywać materiały o zmiennym składzie chemicznym, zadanych właściwościach i określonym kształcie. Jest przy tym stosunkowo prosta. Za pomocą tej metody można otrzymywać zarówno materiały jednorodne amorficzne jak i materiały o złożonej strukturze wewnętrznej (Rys.1)



Rys. 1. Struktura przewodnika superjonowego należącego do rodziny $x \text{AgJ}-(1-x)(\text{Ag}_2\text{O}-\text{MoO}_3)$ obserwowana za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego.

Najważniejszą z punktu widzenia aplikacyjnego i najczęściej badaną cechą przewodników superjonowych jest przewodnictwo elektryczne. Aby jednak dokładniej zrozumieć procesy fizyczne rządzące tymi materiałami konieczne jest szersze spojrzenie na właściwości badanych materiałów.

W naszej pracy badano materiały należące do dwóch grup układów $\text{AgJ}-\text{Ag}_2\text{O}-\text{MoO}_3$ i $\text{AgJ}-\text{Ag}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3$. Poza badaniami przewodnictwa badano ściśliwość i strukturę wewnętrzną. Bardzo przydatna w badaniach struktury okazała się skaningowa mikroskopia elektronowa (ang. SEM). W przypadku materiałów jednorodnych, amorficznych za pomocą dyfraktometrii rentgenowskiej udało się wyznaczyć funkcję rozkładu radialnego opisującą uporządkowanie bliskiego zasięgu i jej zależność od składu chemicznego. Stwierdzono istnienie ilościowego związku między współczynnikiem ściśliwości energią aktywacji przewodnictwa elektrycznego.

*) e-mail: fizykes@wp.pl

CHARGE AND SPIN STATES OF Mn AND Co IN $\text{LaMn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ BY X-RAY SPECTROSCOPIES

M. Sikora¹, Cz.Kapusta¹, K.Knizek², Z.Jirak², P.Glatzel³

¹*Faculty of Physics and Applied Computer Science,
AGH University of Science and Technology, Kraków*

²*Institute of Physics, Academy of Science of Czech Republic, Prague*

³*European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble*

The solid solution system $\text{LaMn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ reveals ferromagnetic-like ordering which is dominating for intermediate values of x . This is in contrast to the behavior of the end members that are either antiferromagnetic, LaMnO_3 , or diamagnetic, LaCoO_3 . The net magnetic moment results from a complex set of oxygen mediated Mn-Co interactions. Among them the ferromagnetic $\text{Mn}^{3+}\text{-O-Mn}^{4+}$, $\text{Co}^{2+}\text{-O-Mn}^{4+}$ and antiferromagnetic $\text{Mn}^{3+}\text{-O-Mn}^{3+}$, $\text{Mn}^{4+}\text{-O-Mn}^{4+}$, $\text{Co}^{2+}\text{-O-Co}^{2+}$, $\text{Mn}^{3+}\text{-O-Co}^{2+}$ interactions are the most likely.

In order to determine the interactions, which control magnetic properties of the series, a combined study of the K -edge absorption and $K\beta$ emission spectra of cobalt and manganese has been carried out to probe the evolution of charge and spin state, respectively. Quantitative analysis of the spectral shape evolution reveals a tendency to electron transfer from Mn to Co site with increasing x leading to spatial separation of preferential $\text{Co}^{2+}\text{+Mn}^{4+}$ electronic phase with a surplus of Co^{3+} (Mn^{3+}) one at high (low) cobalt concentration. A comparison of the charge and spin evolution revealed that $\text{Mn}^{3+/4+}$ and Co^{2+} ions are in their high spin configurations, while the Co^{3+} ions reveal a low spin ($S=0$) ground state, which persist at room temperature up to $x \leq 0.6$, while at higher Co doping level an increase of the average Co^{3+} spin state, due to spin excitations, is observed. The latter result plausibly explains the magnetization anomalies observed in bulk magnetization measurements of the series.

BADANIA MIESZANIN FERROELEKTRYKÓW CIEKŁOKRYSTALICZNYCH Z INDUKOWANĄ FAZĄ ANTYFERROELEKTRYCZNĄ

J. Czerwiec¹, M. Marzec¹, A. Mikułko¹, S. Wróbel¹,
R. Dąbrowski², M. Tykarska², K. Skrzypek²

¹ Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Reymonta 4, 30-059 Kraków

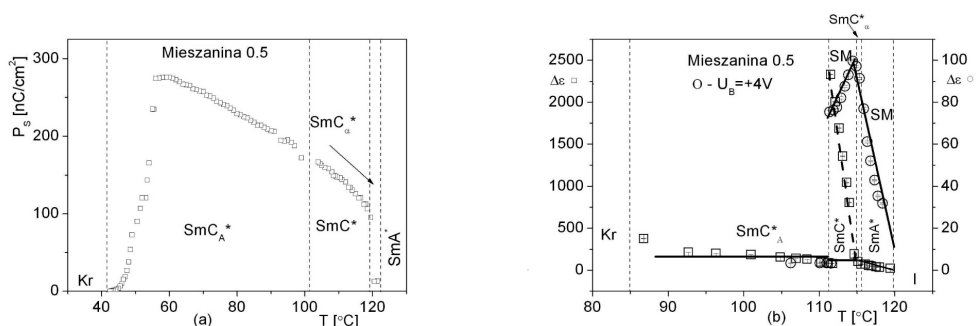
² Instytut Chemii, Wojskowa Akademia Techniczna, Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

Prezentacja będzie obejmować badania kalorymetryczne i elektro-optyczne chiralnych związków ciekłokrystalicznych tworzących dwuskładnikową mieszaninę eutektyczną z indukowaną fazą antyferroelektryczną. Zostaną przedstawione wybrane wyniki komplementarnych badań mieszanin o składach: 0.2, 0.5 i 0.7 ułamka molowego oraz czyste składniki tworzące te mieszaniny.

Mieszaniny eutektyczne tworzą stabilne fazy ciekłokrystaliczne w znacznie szerszym zakresie temperatur niż wyjściowe związki będące ich składnikami oraz charakteryzują się istnieniem punktu eutektycznego, dzięki czemu mogą być wykorzystywane w wyświetlaczach LCD w temperaturach pokojowych.

W przypadku badanych układów czyste składniki posiadają fazę paraelektryczną (SmC^*_A), sub-fazę alfa (SmC^*_α) oraz ferroelektryczną (SmC^*). Natomiast ich mieszaniny, w zakresie stężeń od 0.2 do 0.7 wykazują obecność indukowanej fazy antyferroelektrycznej (SmC^*_A). W niniejszej pracy przedstawiony zostanie wpływ stężenia poszczególnych składników na obecność i szerokość fazy antyferroelektrycznej (SmC^*_A) w mieszaninie.

Przedstawione zostaną wyniki badań spontanicznej polaryzacji (rys. 1a) oraz dynamiki molekularnej metodą relaksacji dielektrycznej, w tym charakter procesów kolektywnych i molekularnych (rys. 1b). Powyższe badania przeprowadzono na mono-domenach wyhodowanych z zastosowaniem silnego pola elektrycznego w sąsiedztwie przejścia fazowego $SmA^* - SmC^*$. Uzyskane wyniki będą analizowane w świetle teorii Landaua przejść fazowych.



Rys. 1. Zależności spontanicznej polaryzacji (a) oraz inkrementu dielektrycznego (b) od temperatury dla wybranej mieszaniny.

MOLECULAR CORRELATIONS IN 1,3,5 - TRIMETHYLBENZENE $C_6H_3 - (CH_3)_3$ AT 293 K

Henryk Drozdowski, Zdzisław Błaszczak, Tomasz Hałas

Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Optics Laboratory,
Umultowska 85, PL- 61-614 Poznań, Poland
riemann@amu.edu.pl; zetbe@amu.edu.pl

Structural analysis of liquid 1,3,5-trimethylbenzene (mesitylene) $C_6H_3 - (CH_3)_3$ by X-ray monochromatic radiation scattering method was performed. The measurements were made at room temperature for the scattering angle Θ varying from 3° to 60° [1].

The most probable parameters of 1,3,5-trimethylbenzene molecules were determined from the detailed analysis of the distributions of scattered X-radiation intensity (Fig. 1).

The electron-density radial-distribution function (EDRDF) was calculated according to Warren-Krutter-Morningstar method [2] and some intra- and intermolecular distances in liquid 1,3,5-trimethylbenzene were determined (Fig. 2). From the position of the main maximum in the scattered radiation intensity distribution the mean of the least intermolecular distance R was calculated [3]. The structural data obtainable by X-ray analysis for the liquid studied were discussed.

From the chemical structure of the molecules, the bond lengths within its and van der Waals radii of its atoms and functional groups, the model of molecule can be constructed [4] (Fig. 3).

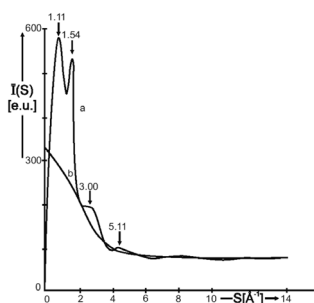


Fig. 1. (a) experimental curve of angular distribution of X-ray scattered intensity. (b) total independent scattering curve in liquid mesitylene $C_6H_3 - (CH)_3$

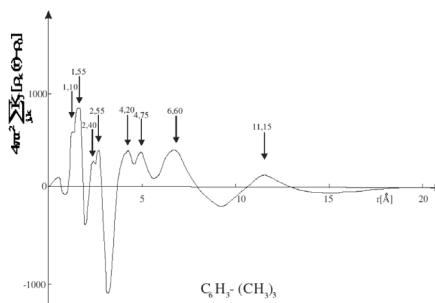


Fig. 2. The electron-density radial-distribution function (EDRDF) for liquid mesitylene $C_6H_3 - (CH)_3$

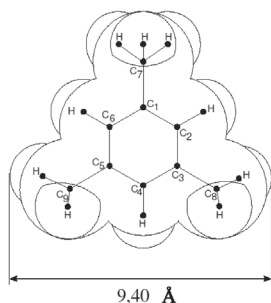


Fig. 3. Model of mesitylene molecule

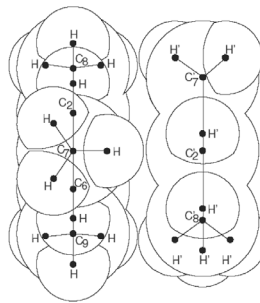


Fig. 4. The model of probable conformation of molecules in mesitylene $C_6H_3 - (CH)_3$. The arrangement of molecules corresponding to the maxima in the EDRDF

The structure of liquid 1,3,5-trimethylbenzene is determined by the presence of the benzene ring. We suggest that in liquid 1,3,5-trimethylbenzene at 293 K, the neighbouring molecules assume the configuration with their benzene ring planes in parallel to one another (Fig. 4).

Mesitylene samples of 99% purity were purchased from Koch-Light Laboratories Ltd (England).

References:

- [1] H. Drozdowski, Z. Błaszczak, *Phys. Chem. Liq.*, 45 (2), 197-206 (2007).
- [2] H. Ohno, K. Igarashi, N. Umesaki, K. Furukawa, *X-Ray Diffraction Analysis of Ionic Liquids*, Trans Tech Publication, Switzerland-Germany-UK-USA 1994.
- [3] H. Drozdowski, *Chem. Phys. Letters*, 351 (1-2), 53-60 (2002).
- [4] A.I. Kitaigorodsky, *Molecular Crystals and Molecules*, Academic Press, New York and London 1973.

X-RAY DIFFRACTION STUDIES OF LIQUID CYCLOHEXANE DERIVATIVES

Henryk Drozdowski, Zdzisław Błaszczak, Krzysztof Nowakowski

*Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Optics Laboratory,
Umultowska 85, PL- 61-614 Poznań, Poland
riemann@amu.edu.pl; zetbe@amu.edu.pl*

X-ray diffraction is a very efficient method of studying the structure of matter in both solid and liquid phases [1].

This paper reports results of X-ray diffraction study of four the cyclohexane derivatives: methylcyclohexane $C_6H_{11}-CH_3$, cyclohexylamine $C_6H_{11}-NH_2$, 2-methylcyclohexanone $C_7H_{12}O$ and cyclohexanol $C_6H_{11}-OH$ (Fig. 1).

The aim of the study was to establish the role of the cyclohexane ring and the functional groups ($-CH_3$, $-NH_2$, $-OH$) attached to it at the equatorial position in configurations of the molecules of the liquids studied.

The study of the structure of cyclohexane derivatives is a continuation of earlier works on methylcyclohexane and 2-methylcyclohexanone in the liquid phase [2, 3].

The measurements of scattered radiation intensity were performed for the Bragg angle varying from 3° to 60° , with the use of short-wave X-ray radiation MoK_α ($\lambda = 0,71069 \text{ \AA}$).

Using the experimental values of $I(S)$, the values of $i(S)$, and the total functions of the structure were calculated. The method of reduction proposed by Mozzi-Warren [4] has been applied to verify the assumed models of the molecules studied and to separate the intra- from intermolecular interactions. The functions of angular distribution of intensity $I(S)$ and $S \cdot i(S)$ are sensitive to the shape of molecules of the liquid studied, so they bring information on molecular structures in them and thus also on intra- and intermolecular interactions.

Because of the supposed role of the cyclohexane ring and the functional groups ($-CH_3$, $-NH_2$, $-OH$) attached to it at the equatorial position, for mutual configurations of molecules in liquids studied, it seems very probable that the proposed models of local arrangement can also hold for other derivatives of cyclohexane in the liquid phase.

References:

- [1] Y. Waseda, *The Structure of Non-Crystalline Materials*, Mc Graw-Hill, New York 1979.
- [2] H. Drozdowski, K. Nowakowski, *Acta Phys. Pol. A*, 114 (2), 383-389 (2008).
- [3] H. Drozdowski, K. Nowakowski, *Synchr. Rad. Nat. Sc.*, 6 (1-2), 34-36 (2007).
- [4] L. Blum, A.H. Narten, *Adv. Chem. Phys.*, 34, 203 (1976).

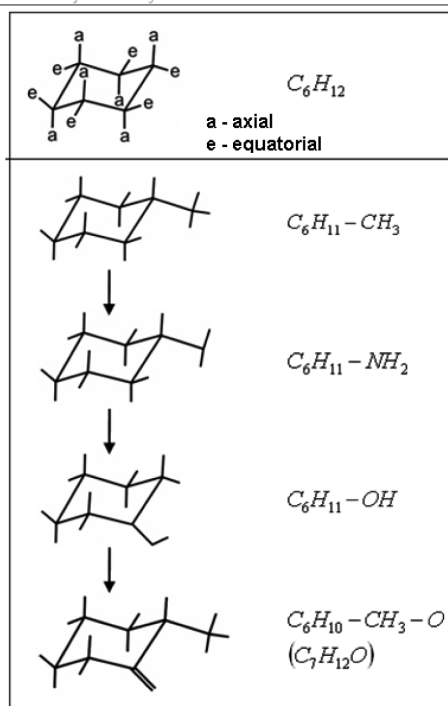


Fig. 1. The models of cyclohexane derivatives: methylcyclohexane $C_6H_{11}-CH_3$, cyclohexylamine $C_6H_{11}-NH_2$, cyclohexanol $C_6H_{11}-OH$ and 2-methylcyclohexanone $C_7H_{12}O$

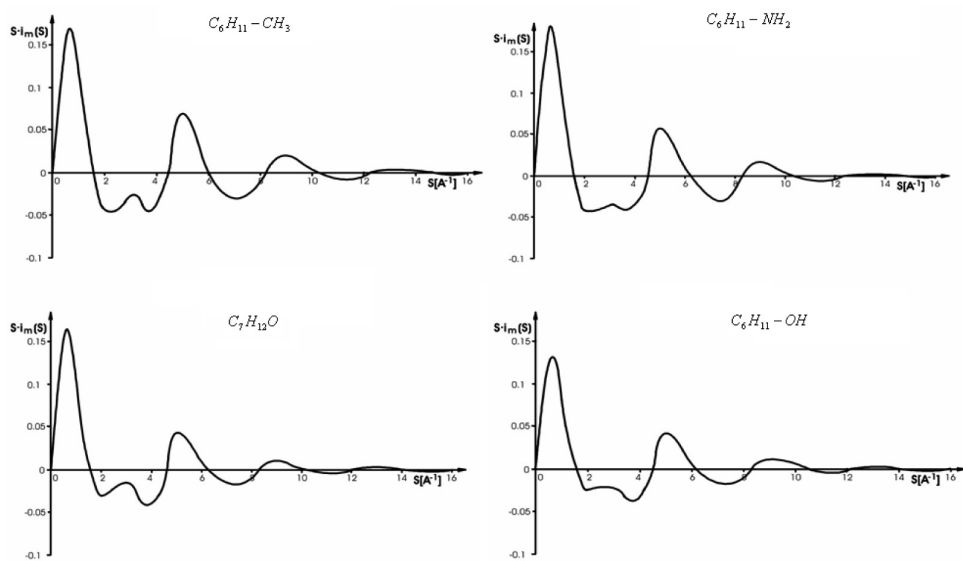


Fig. 2. The curves of the reduced intensity distributions for cyclohexane derivatives

X-RAY SCATTERING IN LIQUID ORTHO-, META- AND PARA- CHLOROANISOLE AT 293 K

Henryk Drozdowski, Anna Romaniuk

*Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Optics Laboratory,
Umultowska 85, PL- 61-614 Poznań, Poland
riemann@amu.edu.pl; aniam@amu.edu.pl*

X-ray diffraction investigation of liquid ortho-, meta- and para-chloroanisoles were performed at 293 K. The X-ray experiment was performed with the Diffractometer TuR-M62 with molybdenum radiation ($\text{MoK}_\alpha = 0,71069 \text{ \AA}$) and graphite monochromator on the diffracted beam in a range 2Θ of $6^\circ - 120^\circ$ by the step-scanning method with a step of $0,2^\circ$ and counting time of 15 seconds [1].

The normalized functions $I(S)$ of scattered radiation intensity obtained for the liquids studied are presented in Figure 1. The positions of the maxima on these functions were found using the Lagrange polynomials method. Small-angle scattering results ($0^\circ < \Theta < 3^\circ$) were extrapolated to the origin of the coordinate system using a second-order function [2].

X-ray structural analysis was applied to determine the packing coefficient of chloroanisoles molecules. A value of the packing coefficient was proposed to be a criterion of correctness of the liquid structure models determined [3].

Experimental distributions of scattered X-radiation intensity were compared with theoretical results predicted for a proposed models of chloroanisoles molecules. The most probable parameters of chloroanisoles molecules were determined from the detailed analysis of the Debye functions distribution curves. Good agreement between the theoretical and experimental curves is obtained on assuming the statistically most probable models of this molecules. The shortest intermolecular distance is also determined as being of $7,15 \text{ \AA}$.

The calculated mean, most often occurring, smallest mutual distances between molecules of liquid chloroanisoles are: $r_1 = 7,15 \text{ \AA}$, $r_2 = 6,66 \text{ \AA}$, $r_3 = 8,23 \text{ \AA}$. Local, most probable manners of packing and mutual orientations of molecules within the space of the first coordination sphere are discussed.

The compounds to be studied of 99% purity were purchased from Koch-Light Laboratories Ltd (England).

The proposed experimental procedure and methods of data processing and interpretation can be used in investigation of other molecular liquids.

References:

- [1] H. Drozdowski, A. Mansfeld, *Phys. Chem. Liq.*, 46 (3), 255-262 (2008).
- [2] H. Drozdowski, *Acta Phys. Slov.*, 54 (5), 447-458 (2004).
- [3] H. Drozdowski, *Chem. Phys. Letters*, 351 (1-2), 53-60 (2002).

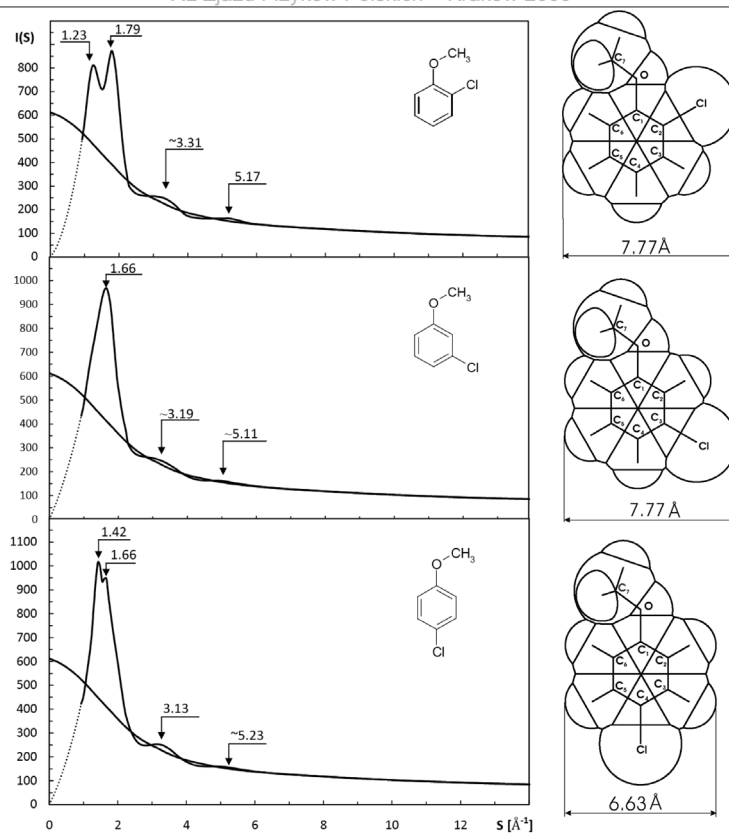


Fig. 1. The normalized, experimental curves of angular distribution of X-ray scattered intensity in liquid ortho-, meta- and para-chloroanisoles and the models of chloroanisoles molecules

WIDMA DIELEKTRYCZNE ANTYFERROELEKTRYCZNEJ FAZY B₂

M. Wierzejska-Adamowicz¹, D. M. Ossowska-Chruściel¹, M. Marzec, A. Mikułko,
S. Wróbel¹, J. Chruściel², R. Douali³ and Ch. Legrand³

¹Uniwersytet Jagielloński, Instytut Fizyki, Reymonta 4, PL-30-059 Kraków

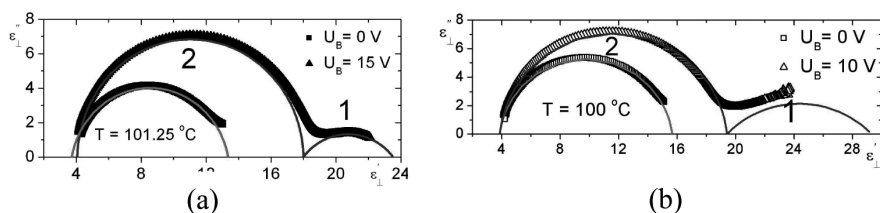
²Instytut Chemii, Akademia Podlaska, 3-go Maja 54, PL-08-110 Siedlce

³LEMCEL, ULCO, 50 rue F. Buisson, B.P. 717 - 62228 Calais, France

Przeprowadzono badania elektrooptyczne i dielektryczne fazy typu B₂ dwóch bananopodobnych homologów 12OSOR i 14OSOR. Stosując mikroskop polaryzacyjny zidentyfikowano teksturę tej fazy. Dla obu związków zaobserwowano charakterystyczną dla fazy B₂ teksturę planarną, która przechodzi w teksturę homeotropową w silnym polu elektrycznym.

Pomiary spontanicznej polaryzacji zostały przeprowadzone metodą rejestracji prądów depolaryzacji przy użyciu komórek elektrooptycznych AWAT o grubości 3,2 μm z elektrodami ITO. W odpowiedzi na przyłożone pole elektryczne dla obu związków w fazie B₂ otrzymano dwa dobrze rozdzielone piki, co potwierdza dotychczasowe wyniki [1], że faza ta w obu przypadkach jest antyferroelektryczna. Spontaniczna polaryzacja w związku 12OSOR jest nieznacznie wyższa (ok. 600 nC/cm²) niż dla 14OSOR (ok. 550 nC/cm²).

Pomiary dielektryczne przeprowadzono przy użyciu spektrometru dielektrycznego opartego na analizatorze impedancji Agilent 4294A. Substancję umieszczono w komórkach elektrooptycznych AWAT o grubości 5 μm ze złotymi elektrodami. Widma dielektryczne zmierzone przy włączonym polu podkładu wykazują – zarówno dla 12OSOR jak i 14OSOR – dwa procesy relaksacji (Rys. 1(a) i (b)). W zakresie niskich częstotliwości proces relaksacyjny związany jest z fluktuacjami domen ferroelektrycznych. Proces występujący w zakresie wysokich częstotliwości obserwowany jest dla obu związków w widmie dielektrycznym, mierzonym zarówno z polem jak i bez pola podkładu, jest związany z reorientacją molekuł. W przypadku związku 14OSOR jest to reorientacja wokół osi długiej molekuł, natomiast dla związku 12OSOR proces ten jest złożony. Dla wysokich temperatur jest on związany z reorientacją molekuł wokół osi krótkiej ($\Delta E = 101.7$ kJ/mol), a w niskich temperaturach – z reorientacją wokół osi długiej ($\Delta E = 46.5$ kJ/mol). W niniejszej pracy będziemy dyskutować zagadnienie uporządkowania molekuł w cienkich komórkach w obecności silnego pola elektrycznego. Drugim ważnym problemem będzie dynamika procesów kolektywnych i molekularnych w antyferroelektrycznej fazie B₂, która różni się istotnie [2] od fazy B₁.



Rys. 1. Diagram Cole-Cole dla 12OSOR (a) i 14OSOR (b)

Praca finansowana częściowo przez grant KBN N N202 076435

1. J.C. Rouillon, et.al., J. Mater. Chem. **11**, pp. 2946-2950(2001)
2. D.M. Ossowska-Chruściel, et.al., Phase Transit. **80**, pp. 781-790 (2007)

TOPNIENIE BROMOBENZENU W NANORURKACH WĘGLOWYCH

Monika Jażdżewska, Grażyna Dudziak, Małgorzata Śliwińska-Bartkowiak

Wydział Fizyki Uniwersytetu Adama Mickiewicza

Metodą spektroskopii dielektrycznej (DS) i różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) badano procesy topnienia bromobenzenu w nanorurkach grafitowych o średnicach wewnętrznych 2.4, 3.9 i 10 nm [1]. Wykonane badania wykazały podwyższenie temperatury topnienia w odniesieniu do temperatury topnienia bromobenzenu swobodnego. Stwierdzono, że temperatury topnienia bromobenzenu są tym wyższe im mniejsze są średnice nanorurek.

Podwyższenie temperatury topnienia w odniesieniu do temperatury topnienia substancji swobodnej jest charakterystyczne dla substancji uwięzionej w nanoporach wtedy gdy parametr α charakteryzujący stosunek oddziaływań między cieczą i ścianką nanopora a oddziaływaniami pomiędzy molekułami cieczy jest wyższy od 1 ($\alpha > 1$) [2, 3].

[1] Monika Jażdżewska, Praca doktorska, UAM, Poznań 2009.

[2] R. Radhakrishnan, K.E. Gubbins, M. Śliwińska-Bartkowiak, J. Chem. Phys. 116, 1147 (2002).

[3] K. G. Agyappa and R. K. Mishra, J. Phys. Chem. 111, 14299 (2007).

TERMODYNAMICZNE I MODELOWE BADANIA NOWYCH AMFIFILOWYCH „DWUGŁOWYCH” ZWIĄZKÓW CUKROWYCH

Paweł Misiak, Bożenna Różycka-Roszak, Hanna Pruchnik, Anna Mozrzymas

Katedra Fizyki i Biofizyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław

Nowo zsyntezowane związki N-dodecylo-N,N-bis[(3-D-glukonyloamido)propylo]amina i N-dodecylo-N,N-bis[(3-D-laktobionylamido)propylo]amina (oznaczone odpowiednio C12DGA i C12DLA) reprezentują rodzinę biodegradowalnych surfaktantów o „dwugłowej” strukturze molekularnej. Molekuły te składają się z pojedynczego łańcucha alkilowego o właściwościach hydrofobowych oraz dwóch ugrupowań aldonamidowych o właściwościach hydrofilowych, połączonych łańcuchem propylenowym z atomem azotu. Metodą izotermicznego miareczkowania kalorymetrycznego (ITC) zbadano właściwości micelarne tych związków. Wyznaczono wartości krytycznego stężenia micelnego (cmc), entalpii i entropii micelizacji oraz udziały „głów” cząsteczek w potencjale termodynamicznym micelizacji. Przy użyciu analizy relacji między strukturą a właściwościami (QSPR) wyznaczono przewidywaną wartość cmc badanych związków. Przy użyciu metody kalorymetrii DSC zbadano oddziaływania związków C12DGA i C12DLA z modelowymi błonami biologicznymi (dwuwarstwy DPPC i DMPC z cholesterolem). Przeprowadzono modelowe numeryczne badania symulacyjne metodami kwantowymi i mechaniki molekularnej. Uzyskane właściwości teoretyczne cząsteczek zostały skorelowane z wynikami eksperymentalnymi. Zbadane właściwości związków C12DGA i C12DLA porównano z właściwościami analogicznych surfaktantów cukrowych o pojedynczej „głowie”, określonymi w trakcie wcześniejszych badań.

WPLYW IMPLANTACJI JONOWEJ NA WŁASNOŚCI MEMBRAN POLIMEROWYCH

Marcin Drabik¹, Kazimierz Dworecki¹, Jan Pilarski^{2,3}, Sławomir Wąsik¹, Jerzy Żuk⁴

¹*Instytut Fizyki, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce*

²*Instytut Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce*

³*Instytut Fizjologii Roślin PAN, ul. Niezapominajek 21, 30-239 Kraków*

⁴*Instytut Fizyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, pl. M. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin*

W ostatnich latach obserwujemy wszechstronne zastosowanie membran polimerowych. Wykorzystywane są w medycynie, ochronie środowiska, mikroelektronice, separacji membranowej. Membrany stosowane są również jako opakowania, materiały izolacyjne, powłokowe. Wzrosło zapotrzebowanie do prowadzenia badań umożliwiających uzyskiwanie membran o nowych własnościach tj. lepszej odporności termicznej, zwiększonej zdolności pamięci magnetycznej, lepszym przewodnictwie elektrycznym, większej wytrzymałości mechanicznej i zwiększonej selektywności transportowej. Zmian własności membrany możemy dokonać różnymi sposobami. Jedną z metod jest implantacja jonowa.

Tematyka badań dotyczy modyfikacji folii polimerowych o grubości 8 μm wykonanych z poliwęglanu. Implantacje jonów w próbkach polimerowych prowadzimy przy użyciu wiązek jonowych pochodzących z implantatora UNIMAS 79. W badaniach tych wykorzystujemy wiązki jonów N^{+1} , Ar^{+1} o dozie 10^{13} , 10^{14} oraz 10^{15} jonów/ cm^2 i energiach 100 keV i 200 keV.

Modyfikowane wiązką jonów o niskiej energii folie polimerowe poddane zostały badaniom spektroskopii w podczerwieni (FTIR), mikroskopii sił atomowych (AFM), kąta zwilżania (CA) oraz spektroskopii UV-VIS. Natomiast własności transportowe, tzn. współczynnik przewodnictwa dyfuzyjnego, badane były metodą interferometrii laserowej.

Otrzymane wyniki badań widm podczerwieni wskazują, że największe różnice w stosunku do próbki niemodyfikowanej obserwuje się dla folii implantowanych jonami azotu. Zmiany te można zaobserwować w zakresie występowania pasma C=O, C=C oraz C-O.

Pomiary kątów zwilżania dla próbek implantowanych jonami azotu wskazują, że membrany tak otrzymane posiadają powierzchnię najbardziej hydrofilową. Natomiast wielkość histerezy kąta zwilżania wskazuje na heterogeniczność powierzchni, która z kolei jest największa dla próbek implantowanych jonami Ar^{+1} .

Analiza zdjęć mikroskopowych topografii powierzchni folii implantowanych i nieimplantowanych wskazuje, że największe zmiany obserwuje się na powierzchni próbek modyfikowanych jonami N^{+1} . W wyniku implantacji jonowej zwiększyła się powierzchnia czynna membran.

Otrzymane wyniki badań widm (FTIR), kąta zwilżania i mikroskopii (AFM) pozwalają na wyjaśnienie obserwowanych zmian przewodnictwa dyfuzyjnego membran polimerowych otrzymanych w wyniku implantacji jonów.

PERKOLACJA W UKŁADACH POLIMEROWYCH – SYMULACJA MONTE CARLO

P. Adamczyk¹, P. Polanowski², A. Sikorski³

¹*Wydział Chemii, Uniwersytet Warszawski*

²*Katedra Fizyki Molekularnej, Politechnika Łódzka*

³*Wydział Chemii, Uniwersytet Warszawski*

Przedmiotem badań było zjawisko adsorpcji łańcuchów polimerowych na płaskiej i jednorodnej powierzchni [1]. Makrocząsteczki o różnej architekturze (obiekty liniowe oraz rozgałęzione) przedstawiono w postaci wyidealizowanych modeli. Polimery składały się z identycznych zjednoczonych atomów, które były z kolei ułożone w węzłach sieci kwadratowej płaskiej oraz sieci trygonalnej [2]. Własności modelowych układów wyznaczono przy pomocy metody symulacji Monte Carlo (algorytm Metropolis i losowej adsorpcji sekwencyjnej RSA) [3]. Wyznaczono progi perkolacji i maksymalnego pokrycia powierzchni oraz zbadano wpływ architektury i długości łańcucha na te wielkości. Wykazano, że stopień adsorpcji zależy przede wszystkim od długości łańcucha, natomiast dla dłuższych makrocząsteczek wpływ architektury jest niewielki [3]. Określono zależności skalujące dla progów perkolacji i dla maksymalnego pokrycia powierzchni w funkcji długości łańcucha, a także wyznaczono wykładniki krytyczne, które okazały się zbliżone do wartości przewidywanych dla układów niskocząsteczkowych. Wskazano na związki progu perkolacji z lokalną strukturą łańcucha. Przedyskutowano także wady i zalety obu zastosowanych metod obliczeniowych.

Literatura

- [1] E. Eisenriegler, *Polymers Near Surfaces*, World Scientific, Singapore, 1993.
- [2] P. Polanowski, J.K. Jeszka, *Langmuir* **23**, 8678 (2007)
- [3] P. Adamczyk, P. Romiszowski, A. Sikorski, *J. Chem. Phys.* **128**, 54911 (2008)

ZASTOSOWANIE KAMERY TERMALNEJ DO BADANIA ROZKŁADU TEMPERATUR W LASERZE PÓLPRZEWODNIKOWYM

Michał Bednarek¹, Janusz Rybiński¹, Przemysław Wiśniewski², Tomasz Świetlik²

¹*Szkoła Główna Służby Pożarniczej, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa*

²*Instytut Wysokich Ciśnień PAN, ul. Sokołowska 29/37, 01-142 Warszawa*

Przedmiotem badań były niebieskie lasery półprzewodnikowe, opracowywane w Instytucie Wysokich Ciśnień PAN w Warszawie. Badania te mają duże znaczenie dla celów praktycznych, ponieważ celem ich jest skonstruowanie bardzo wydajnego i niezawodnego źródła promieniowania o trzeciej podstawowej barwie – niebieskiej.

Lasery półprzewodnikowe pracy ciągłej są przyrządami narażonymi na wydzielanie bardzo dużych ilości ciepła w obszarze aktywnym o bardzo małej objętości. Stanowi to poważny problem, ponieważ wzrost temperatury obszaru aktywnego w istotny sposób pogarsza parametry lasera, do zaniku akcji laserowej włącznie. W związku z tym efektywne odprowadzenie ciepła jest kluczowym zagadnieniem, tak z punktu widzenia osiągnięcia wysokiej mocy optycznej przy pracy ciągłej jak i odpowiednio długiego czasu życia lasera.

Do rozwiązania tego problemu zastosowano technikę termografii mikroskopowej. Pomiarów wykonywano w Szkole Główniej Służby Pożarniczej, na stanowisku zawierającym kamerę termowizyjną Radiance HSX firmy Raytheon z obiektywem do badań mikroskopowych o maksymalnej rozdzielczości przestrzennej 8 μm . Jest to kamera radiometryczna z chłodzonym detektorem InSb, pracująca w zakresie spektralnym 35 μm .

Przeprowadzone eksperymenty miały na celu zbadanie rozkładu temperatur w laserze półprzewodnikowym, montowanym w obudowie laserowej 5,6 mm z przekładką diamentową rozprowadzającą ciepło. W szczególności chodziło o wykrycie miejsc o największej rezystancji termicznej w układzie: struktura aktywna lasera – spoina (AuSn) – płytka diamentowa – spoina (AuSn) – obudowa 5,6 mm (SPC – silver plated copper) – radiator. Miało to doprowadzić do oszacowania skuteczności odprowadzania ciepła z jego warstwy aktywnej i znalezieniu metody jej poprawienia. Wydzielanie nadmiernej ilości ciepła powoduje podwyższenie prądu progowego, zmniejszenie zakresu zewnętrznych temperatur, przy których możliwe jest laserowanie i szybszą degradację.

Badania wykazały, że największy skok temperatury występuje na złączu laser – przekładka diamentowa. Ponadto bardzo silnie nagrzewa się cała obudowa laserowa 5,6 mm. W związku z tym podjęto działania w zakresie optymalizacji parametrów procesu formowania złączy AuSn oraz ulepszono konstrukcję połączenia obudowy 5,6 mm z radiatorem. W rezultacie udało się uzyskać znaczące obniżenie temperatury obszaru aktywnego diody laserowej, co zaowocowało obniżeniem prądu progowego i istotnym wydłużeniem czasu życia lasera.

SPOWALNIACZ ZEEMANOWSKI DLA ATOMÓW STRONTU

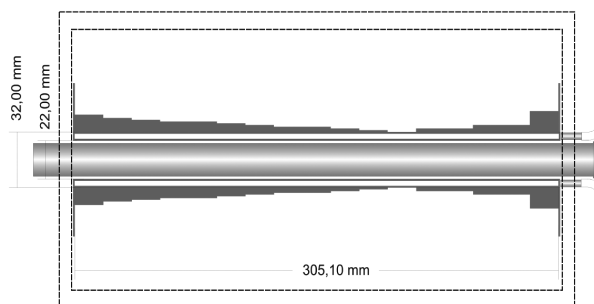
Marcin Bober, Jerzy Zachorowski, Wojciech Gawlik

Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, ul. Reymonta 4, 30-059 Kraków

Narzędzia pomiarowe oparte na zjawiskach optycznych i atomowych pozwalają na konstrukcję nowych standardów czasu i częstotliwości. Ogromny postęp w rozwoju technik laserowych pozwolił na stworzenie ultrastabilnych laserów jednomodowych stabilizowanych do bardzo wąskich rezonansów atomowych oraz optycznych grzebieni częstości. Dzięki zastosowaniu tych rozwiązań, w zasięgu ręki są nowe wzorce czasu i częstości o niewyobrażalnej dotychczas dokładności rzędu 10^{-18} . Nowe projekty zakładają wykorzystanie ultrazimnych atomów, w których bardzo wąskie przejście rezonansowe wykorzystanie jest jako wzorzec częstości. Atomy strontu posiadające niezmiernie wąskie przejście interkombinacyjne nadają się bardzo dobrze do wykorzystania w takich optycznych zegarach atomowych.

Niska prędkość par atomów strontu skutkuje koniecznością zastosowania źródła atomów w postaci pieca rozgrzanego do 500-600°C. Strumień atomów opuszczający nagrany piec porusza się z dużą prędkością, zatem aby atomy mogły być magazynowane i schładzane w pułapce magnetoptycznej, muszą zostać najpierw spowolnione. Tematem niniejszego doniesienia jest projekt i konstrukcja spowalniacza zeemanowskiego dla atomów strontu.

Atomy w spowalniaczu zeemanowskim zwalniają w wyniku oddziaływania z prawie rezonansowo dostrojoną wiązką laserową. W związku z szybką zmianą prędkości atomów potrzebne jest wytworzenie przestrzennie zmiennego pola magnetycznego, które poprzez liniowy efekt Zeemana kompensuje efekt Dopplera wzdłuż spowalniacza. W doniesieniu przedstawione zostaną założenia konstrukcyjne budowanego urządzenia, związane z wytworzeniem przestrzennie zmiennego pola magnetycznego o precyzyjnie określonym kształcie. Omówione zostaną zastosowane rozwiązania konstrukcyjne, takie jak zastosowane uzwojenie, osłony magnetyczne, układ chłodzenia. Przedstawione zostaną różne koncepcje wraz z zaletami i wadami danych konstrukcji oraz ostateczna wersja zbudowanego spowalniacza a także konstrukcja aparatury do budowy strontowego zegara atomowego



Rys. 1. Konstrukcja spowalniacza

ŁADOWANIE ATOMÓW ^{87}Rb I DIAGNOSTYKA OPTYCZNYCH PUŁAPEK DIPOLOWYCH Z LASERAMI Ti:S, Nd:YAG ORAZ CO_2

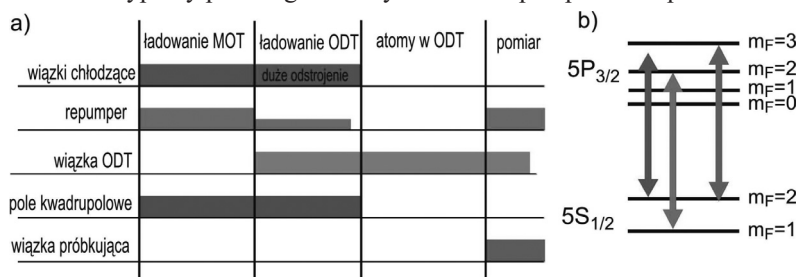
Krzysztof Brzozowski¹, Leszek Krzemień¹, Andrzej Szczepkowicz²,
Adam Wojciechowski¹, Jerzy Zachorowski¹ i Wojciech Gawlik¹

¹Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński
Reymonta 4, 30-057 Kraków, Poland

²Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski, Plac Maksa Borna 9, 50-204 Wrocław

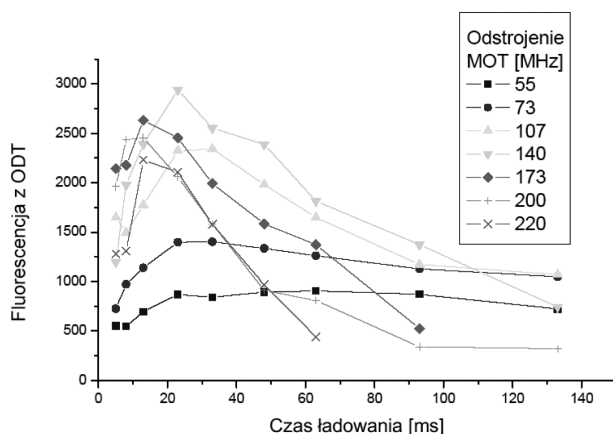
Zbadano procesy ładowania atomów ^{87}Rb oraz dokonano kompleksowej diagnostyki optycznych pułapek dipolowych (ODT) przy użyciu laserów Ti:S, Nd:YAG (odpowiednio 781nm i 1064nm, tj. pułapek blisko odstrojonych) oraz CO_2 (10,6 μm – pułapka daleko odstrojona).

Ładowanie ODT jest bardzo złożonym procesem, w którym znaczną rolę grają straty wynikłe m.in. z elastycznych zderzeń z atomami tła oraz przekazu energii między spułapkowanymi atomami. Typowy przebieg czasowy ładowania pułapki ODT przedstawia rys. 1a.



Rys. 1 a) Czasowa sekwencja ładowania i diagnostyki ODT. b) schemat poziomów rubidu 87 (długość strzałek reprezentuje częstotliwości wiązek użytych w eksperymencie)

W pierwszej fazie (5–10s) odbywa się ładowanie pułapki magnetooptrycznej (MOT). Wiązki chłodzące MOT (ok. 15mW) odstrojone są od rezonansu z przejściem pułapkującym $F = 2 \rightarrow F = 3$ (rys.1b) o ok. 12 MHz (2 Γ). Laser repompujący (repumper) o mocy około 3mW dostrojony jest do rezonansu z przejściem atomowym $F = 1 \rightarrow F = 2$ (Rys.1b). Kolejną fazą jest tzw. ciemna pułapka („dark MOT”). Faza ta trwa kilkadziesiąt ms. W fazie tej laser chłodzący MOT odstrajany jest o kilka szerokości Γ , a moc lasera repompującego zostaje



Rys. 2. Zależność liczby atomów w ODT od czasu ładowania

około 10-krotnie osłabiona. Następnie kolejno wyłączany zostaje laser repompujący i chłodzący. Laser pułapki ODT jest włączony w trakcie całego procesu ładowania.

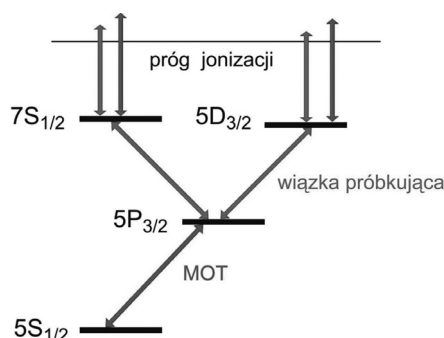
Wcześniejsze wyłączenie lasera repompującego powoduje przepompowanie atomów do stanu podstawowego $F = 1$ o niższej energii niż stan $F = 2$. Mechanizm ten pozwala na zmniejszenie strat powodowanych poprzez ucieczkę atomów w wyniku przekazu energii między spułapkowanymi atomami. Po zakończeniu fazy ciemnej pułapki, atomy są przetrzymywane w pułapce 50 ms, a następnie dokonywana jest diagnostyka pułapki poprzez obrazowanie fluorescencyjne lub absorpcyjne. W eksperymencie zmierzono też podstawowe parametry badanych pułapek ODT, tj. liczbę atomów gromadzonych w pułapce, ich temperaturę oraz częstotliwości rezonansowe. Określono także wpływ rozsunęcia centrów pułapek MOT i ODT na wydajność ładowania i zbadano wydajność ładowania pułapek w zależności od czasu ładowania (rys 2).

SPEKTROSKOPIA JONIZACYJNA I TRÓJPOZIOMOWE EFEKTY KOHERENCYJNE W ZIMNYCH ATOMACH RUBIDU

Krzysztof Brzozowski, Kacper Baster, Leszek Krzemień, Adam Wojciechowski,
Jerzy Zachorowski i Wojciech Gawlik

*Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński
Reymonta 4, 30-059 Kraków, Poland*

Wystąpienie przedstawia różne aspekty spektroskopii fotojonizacji (jonizacja trzy-fotonowa z dwufotonowym rezonansem) z udziałem trzech poziomów w zimnym atomach rubidu w pułapce magnetoptycznej (MOT). W doświadczeniu mierzone są sygnały jonowe rejestrowane za pomocą channelltronu, umieszczonego w komorze pułapki MOT w funkcji częstotliwości lasera dostrojonego do przejść $5^2P_{3/2}$ - $5^2D_{3/2}$ (776 nm). Oprócz tej wiązki, atomy rubidu oddziałują z dwiema wiązkami o długości fali 780 nm – pułapkującą i repompującą. Obserwowane widma mają bardzo różnorodny charakter. Oprócz standardowych widm jonizacyjnych związanych z kaskadą 5S-5P-5D-kontinuum, obserwowane jest też widmo z udziałem przejścia 5P-7S, które jest interesujące z punktu widzenia wzorców częstości. Była to pierwsza, według wiedzy autorów, obserwacja tego przejścia z wykorzystaniem zimnych atomów. Omówimy także wyniki badań wpływu lasera dostrojonego w pobliże przejścia 5P-5D (776 nm) na pracę pułapki MOT. Obserwowane w takich warunkach widma są związane z elektromagnetycznie indukowaną przezroczystością (EIT) oraz konkurencyjnym do EIT pompowaniem przez podwójny rezonans optyczny (DROP). Ponadto przedstawiamy nietypowy schemat pompowania w pułapce MOT z udziałem przejść ramanowskich i omówimy ich rolę w pracy pułapki.



Rys. 1. Schemat wybranych poziomów w Rb i przejść indukowanych w tej pracy

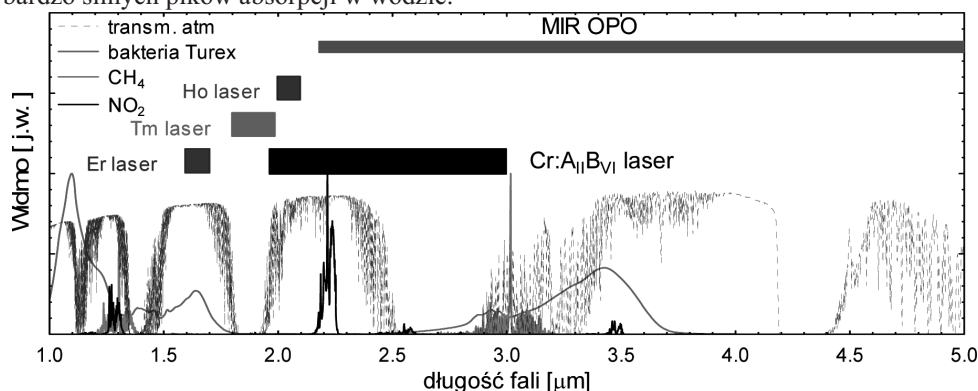
MIRLAS – LASERY CIAŁA STAŁEGO GENERUJĄCE W OBSZARZE BLISKIEJ I ŚREDNIEJ PODCZERWIEŃ

J.K. Jabczyński, K. Kopczyński, J. Kwiatkowski, W. Żendzian

Zespół Optyki Laserów, Instytut Optoelektroniki WAT, 00 908 Warszawa, ul. gen. S. Kaliskiego 2,
iiabczynski@wat.edu.pl, www.ztl.wat.edu.pl

1. Wstęp

Jednym z najaktywniejszych obszarów prac badawczych w fizyce i technice laserowej 1. dekady XXI wieku jest zakres bliskiej i średniej podczerwieni (1–12 μm) [1,2]. Podstawowe aplikacje ww. źródeł światła związane są z występowaniem w tym obszarze charakterystycznych linii absorpcyjnych licznych związków chemicznych stanowiących zanieczyszczenia atmosfery lub wskazujących na obecność groźnych ze względów inżynierii bezpieczeństwa substancji biologicznych (patrz rys. 1). Inna grupa zastosowań w diagnostyce i terapii medycznej związana jest z występowaniem w pobliżu długości fali $\lambda = 1.94 \mu\text{m}$ i $\lambda = 2.97 \mu\text{m}$ bardzo silnych pików absorpcji w wodzie.



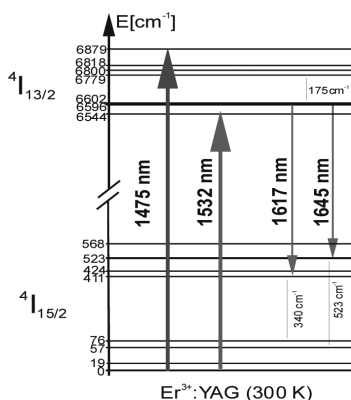
Rys. 1. Widma: transmisji atmosfery, absorpcji wybranych substancji i generacji wybranych laserów w obszarze bliskiej i średniej podczerwieni.

Dla obu grup zastosowań niezbędne jest opracowanie wyspecjalizowanych, impulsowych, wąskopasmowych, często przestrajalnych źródeł laserowych. Podstawowe typy laserów emitujących w tym zakresie to lasery gazodynamiczne (np. CO_2), lasery chemiczne (np. COIL) oraz lasery na ciele stałym w tym: diody laserowe, lasery kaskadowe, generatory parametryczne oraz lasery na ośrodkach domieszkowanych jonami tulu, holmu, chromu, żelaza itp. W referacie omówione zostaną wyniki prac naszego zespołu nad impulsowymi, przestrajalnymi laserami ciała stałego generującymi w obszarze widmowym od 1500 nm do 3000 nm, które mogą znaleźć zastosowanie w zdalnej detekcji oraz w medycynie. Szczególna uwaga zostanie poświęcona opracowanym w ostatnim okresie w naszym zespole laserom erbowym, tulowym i holmowym. Ośrodkami czynnymi tych 3 grup laserów są kryształy lub szkła aktywowane jonami Er^{3+} , Tm^{3+} i Ho^{3+} . Akcja laserowa dla tych trzech grup ośrodków czynnych realizowana jest wg schematu quasi-trójpłaszczyznowego. Fizyka generacji laserów quasi-trójpłaszczyznowych była przedmiotem licznych prac teoretycznych i eksperymentalnych w ostatnim 20-leciu (patrz m.in. [2]). Cechą wyróżniającą taki schemat jest częściowe obsadzenie w temperaturze pokojowej grupy dolnych podpoziomów laserowych (patrz rys. 2) oddalonych od pasma podstawowego o kilkadziesiąt – kilkaset cm^{-1} . Powoduje to występowanie zależnych od temperatury strat reabsorpcyjnych γ_{reabs} , progowego wzbudzenia β_{min} i gęstości

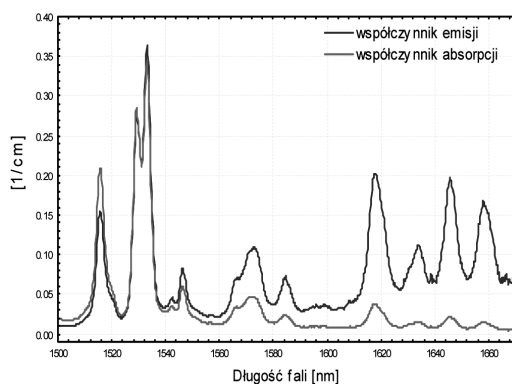
mocy promieniowania pompującego $I_{\min}$ koniecznej do „prześwietlenia” dolnego poziomu laserowego, oraz zmiennej w funkcji temperatury i gęstości mocy sprawności absorpcyjnej. W kolejnych rozdziałach przedstawione zostaną podstawowe wyniki badań eksperymentalnych laserów Er:YAG [3], Tm:YLF [4-6] i Ho:YAG [7] opracowanych w naszym zespole w ostatnich 3 latach.

2. Wyniki badań lasera Er:YAG

Względnie najprostszy przykład lasera quasi-trójpłomowego stanowi opracowany w naszym zespole w 2009 r. laser Er:YAG [3].



Rys. 2. Schemat poziomów energetycznych kryształu Er:YAG.



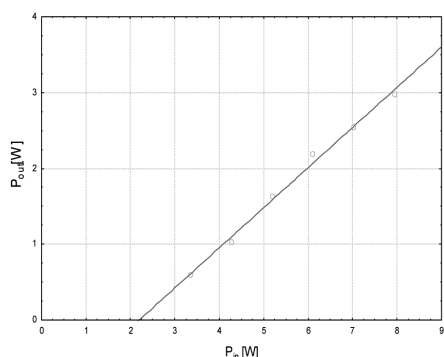
Rys. 3. Widmo współczynników absorpcji i emisji kryształu Er:YAG.

Ośrodek czynny lasera stanowił kryształ 0.25% Er:YAG o wymiarach $\varnothing 3 \times 40$ mm. Laser pompowany jest rezonansowo na przejściu $^4I_{15/2} \rightarrow ^4I_{13/2}$. Akcja laserowa w temperaturze pokojowej możliwa jest na liniach 1645 nm i 1617 nm (patrz rys. 2,3). Laser Er:YAG był pompowany ograniczoną dyfrakcyjnie ($M^2=1$) wiązką lasera włóknowego (Er:fiber) o mocy wyjściowej do 10 W na długości fali 1532 nm odpowiadającej „zero-phonon line” tj. odległości między pasmem podstawowym $^4I_{15/2}$ a górnym poziomem laserowym $^4I_{13/2}$ dla której zarówno przekrój absorpcyjny jak i emisyjny osiągają maksimum. Sprawność absorpcyjna zmierzona w trakcie generacji wynosiła powyżej 82%. Zaobserwowano generację na długości fali 1645 nm dla której defekt kwantowy wynosi około 7%. Stosowana w eksperymencie gęstość mocy wiązki pompującej powodowała występowanie pomijalnych efektów cieplnych. Oszacowana gęstość źródeł ciepła nie przekraczała 1 W/mm^3 , zaś maksymalny przyrost temperatury w ośrodku wynosił mniej niż 1 K. Uzyskano do 3 W mocy lasera w reżimie generacji cw ze sprawnością różniczkową 57% w rezonatorze linowym ze zwierciadłem wyjściowym o transmisji 10% (patrz rys. 4).

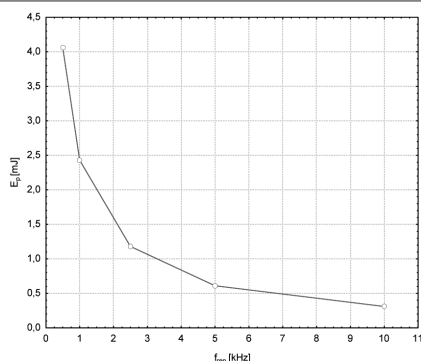
Następnie zmodyfikowano układ, wstawiając do rezonatora akusto-optyczny przełącznik dobroci. W reżimie generacji impulsowej uzyskano impulsy o energiach do 4 mJ i mocach szczytowych do 120 kW dla częstotliwości powtarzania 500 Hz.

3. Wyniki badań lasera Tm:YLF

Wydajna akcja laserowa w ośrodkach domieszkowanych jonami Tm^{3+} na przejściu $^3F_4 \rightarrow ^3H_6$ (odpowiadającym długości fali 1.8–2 μm) jest możliwa dzięki procesowi relaksacji skrośnej, w wyniku którego kwant promieniowania pompującego zaabsorbowany między poziomami $^3H_6 \rightarrow ^3H_4$ (długość fali około 790 nm) wzbudza dwa stany na górnym poziomie laserowym 3F_4 ze sprawnością kwantową dochodzącą do 200% [2,6]. Tym samym sprawność



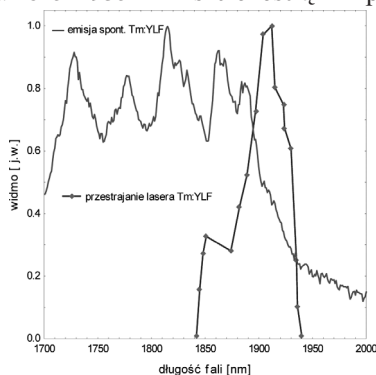
Rys. 4. Moc wyjściowa w funkcji mocy pompy.



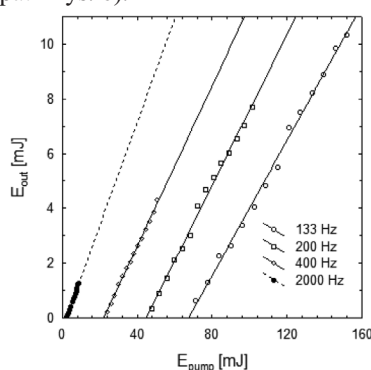
Rys. 5. Energia impulsu w funkcji częstotliwości powtarzania.

lasera tulowego pompowanego na poziom $^3\text{H}_4$ może wynosić powyżej 80%, zaś defekt kwantowy jest wystarczająco mały by uzyskać generację cw w temperaturze pokojowej. Wyniki takie uzyskuje się w przypadku laserów włóknowych (Tm:fiber), dla których sprawności generacji przekraczają 70%, zaś moce cw ponad 200 W.

Opracowano model laboratoryjny lasera Tm:YLF [4-6] pompowanego wzdłużnie diodą laserową emitującą na długości fali 792 nm. W przypadku kryształu Tm:YLF wzbudzenie progowe $\beta_{\min} = 12\%$ w temperaturze pokojowej, gęstość mocy nasycenia na długości fali pompy wynosi 1.2 kW/cm^2 , czas życia górnego poziomu $\tau_{\text{rel}} = 18 \text{ ms}$. Objętość wiązki promieniowania zastosowanej diody laserowej z wyjściem światłowodowym ($M^2 \sim 100$) jest znacznie większa od ograniczenia dyfrakcyjnego, stąd długość kaustyki wiązki pompującej w ośrodku czynnym wynosi około 5–8 mm. Dodatkowo złożona struktura poziomów tego ośrodka z istotnym udziałem procesów up-konwersji, niższa sprawność przekrycia modowego i aperturowe straty reabsorpcyjne powodują istotne obniżenie sprawności. Jako ośrodek czynny zastosowano pręt 3.5%Tm:YLF o wymiarach ($\varnothing 3 \times 10 \text{ mm}$) (współczynnik absorpcji $\sim 1.8 \text{ cm}^{-1}$ dla $\lambda = 792 \text{ nm}$). Stosowana w eksperymencie gęstość mocy wiązki pompującej powodowała występowanie istotnych efektów cieplnych. Oszacowana gęstość źródeł ciepła przekraczała 10 W/mm^3 , zaś maksymalny przyrost temperatury w ośrodku wynosił ponad 90 K. Stwierdzono dość istotny spadek sprawności absorpcyjnej (od 75% do 60%) w funkcji mocy pompy. W reżimie generacji swobodnej uzyskano do 6.5 W mocy wyjściowej ze sprawnością różniczkową około 35%. W rezonatorze bez elementu dyspersyjnego uzyskano generację na długości fali około 1908 nm z szerokością linii do 7 nm. Do przestrajania widma generacji zastosowano dwupłytkowy filtr Lyota; uzyskano zakres przestrajania 1845–1935 nm z szerokością linii poniżej 1 nm (patrz rys. 6).



Rys. 6. Widmo przestrajania lasera Tm:YLF.

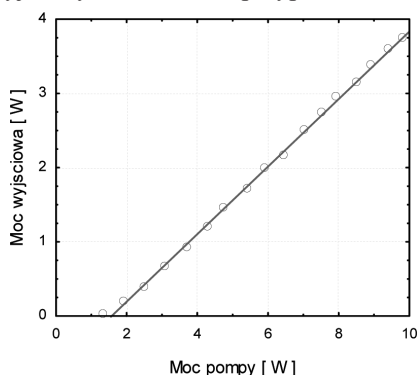


Rys. 7. Energia wyjściowa w funkcji energii pompy dla różnych częstotliwości powtarzania.

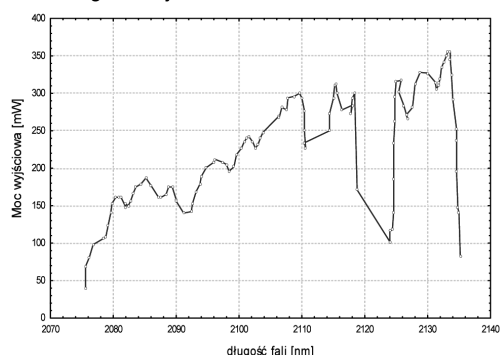
Do generacji impulsowej zastosowano podobnie jak w poprzednim przypadku przełącznik akusto-optyczny wykonany na szkle kwarcowym. Podstawowe ograniczenie w przypadku generacji impulsowej stanowił niski próg uszkodzenia powierzchni elementów laserowych dla promieniowania z obszaru 1.8–2 μm odpowiadającego pikowi absorpcji pary wodnej. Dodatkowym czynnikiem ograniczającym parametry generacji impulsowej były wydzielone w ośrodku czynnym duże gęstości ciepła, powodujące powstanie istotnych aberracji termo-optycznych oraz dodatkowych aperturowych strat reabsorpcyjnych. W najlepszym przypadku uzyskano w trybie pompowania q-cw (częstość powtarzania 10 Hz, współczynnik wypełnienia 10%) do 10.5 mJ energii z czasem trwania impulsu 22 ns. W przypadku pompowania w trybie cw uzyskano również poziom energii 10 mJ (patrz rys. 7) jednakże z uwagi na znacznie większe straty rezonatorowe, czas trwania impulsu wydłużył się do 45 ns.

4. Wyniki badań lasera Ho:YAG

Ostatni z laserów na kryształach Ho:YAG [7] był pompowany rezonansowo na górny poziom laserowy $^5I_8 \rightarrow ^5I_7$ bliską ograniczenia dyfrakcyjnego ($M^2 = 2$) wiązką lasera włóknowego Tm:fiber (na długości fali 1908 nm). Akcję laserową na tym przejściu cechuje mały defekt kwantowy 9%. Dla zastosowanej wiązki pompującej w ośrodku czynnym 1% Ho:YAG o wymiarach ($\varnothing 4 \times 20$ mm) maksymalne gęstości mocy cieplnej wynosiły około 2 W/mm³ zaś przyrosty temperatury nie przekraczały 3 K. Innymi słowy podobnie jak w przypadku lasera Er:YAG spełnione były warunki optymalnego pompowania koherentnego z pominięciem efektów cieplnych. Niemniej w odróżnieniu do lasera Er:YAG zaobserwowano bardzo istotny spadek sprawności absorpcyjnej. Dla maksymalnej mocy pompy sprawność absorpcyjna wynosiła 50% w przypadku braku generacji.



Rys. 6. Widmo przestrajania lasera Tm:YLF.



Rys. 7. Energia wyjściowa w funkcji energii pompy dla różnych częstości powtarzania.

Uzyskano w reżimie generacji swobodnej do 4 W mocy wyjściowej ze sprawnością 46% (patrz rys. 8) w układzie liniowego rezonatora o długości 128 mm ze zwierciadłem wyjściowym o 5% transmisji. Do przestrajania widma zastosowano jednopłytkowy filtr Lyota; uzyskano zakres przestrajania 2075 - 2135 nm [7] (patrz rys. 9). Następnie zmodyfikowano układ wstawiając do rezonatora akusto-optyczny przełącznik dobroci na szkle kwarcowym. We wstępnych badaniach w reżimie generacji impulsowej uzyskano impulsy o energiach od 0.5 do 1.5 mJ i czasach trwania poniżej 100 ns dla częstości powtarzania 20 Hz i współczynnika wypełnienia 10%.

5. Podsumowanie

Opracowano trzy wydajne impulsowe lasery Er:YAG, Tm:YLF, Ho:YAG generujące w obszarze bliskiej i średniej podczerwieni o energiach impulsu przekraczających 1 mJ.

W dwóch przypadkach (Tm:YLF i Ho:YAG) zademonstrowano efektywną możliwość przestrajania widma generacji z wykorzystaniem filtra dwójłomnego Lyota. Prace prowadzone były w ramach projektów OT00A00330, NN515 423033, NN515 414834, NN515 345036 finansowanych przez MNiSW we współpracy z zespołem prof. H. Jelinkovej z CTU w Pradze, Czechy.

Literatura.

1. A. Godard, „Infrared (2-12 nm) solid-state laser sources: a review" C.R. Physique, 81100-1128 (2007)
2. M. Eichhorn, "Quasi-three-level solid-state lasers in the near and mid infrared based on trivalent rare earth ions" Appl. Phys. B, XX, 269-316 (2008)
3. M. Nemec, W. Zendzian, H. Jelinkova, J.K. Jabczyński, J. Sulc, L. Gorajek, J. Kwiatkowski, , Q-switched Er:YAG lasers resonantly pumped by erbium fiber laser , materiały Laser Physics Workshop, LPHYS'09, P4.6, July 13-17, Barcelona , 2009
4. J.K. Jabczyński, W. Zendzian, J. Kwiatkowski, H. Jelinkova, J. Sulc , M. Nemec, „Actively Q-switched diode pumped thulium laser", Laser. Phys. Lett, 4(12), 863-867 (2007).
5. J.K. Jabczyński, Ł. Gorajek, W. Zendzian, J. Kwiatkowski, H. Jelinkova, J. Sulc and M. Nemec, „High repetition rate, high peak power, diode pumped Tm:YLF laser", Laser Phys. Lett. 6(2), 109-112 (2009)
6. L. Gorajek, J.K. Jabczyński, W. Zendzian, J. Kwiatkowski, H. Jelinkova, J. Sulc , M. Nemec, „High repetition rate, tunable, Q-switched diode pumped Tm:YLF laser" Opt-Electron. Rev, przyjęto druku (2009).
7. J. Kwiatkowski, J.K. Jabczynski , Ł.Gorajek, W. Zendzian, H. Jelinkova , J. Sulc, M. Nemec, P. Koranda, „ Resonantly pumped tunable Ho:YAG laser", Laser Phys. Lett., DOI 10.1002/lapl.200910031 (2009).

BADANIE AEROZOLU ZA POMOCĄ LIDARU WIELOCZĘSTOŚCIOWEGO

A. K. Jagodnicka¹, M. Posyniak², T. Stacewicz¹, S. Malinowski²,

¹*Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa*

²*Instytut Geofizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa*

Przedstawiono wyniki badań aerozolu atmosferycznego z użyciem lidar pracującego na trzech długościach fali (1064, 532 i 355 nm), generowanych przez impulsowy laser Nd:YAG. Energie impulsów wynoszą odpowiednio 170, 90 i 60 mJ, a częstota ich powtarzania – około 10 Hz [1].

Lidar ten służy do określania rozkładów rozmiarów cząstek aerozolu. Stosowana przez nas metoda analizy danych doświadczalnych polega na bezpośrednim podstawieniu ich do równań lidarowych i porównaniu z wynikami teoretycznymi uzyskiwanymi za pomocą predefiniowanych funkcji rozkładu (głównie funkcji złożonej z dwu modów log-normalnych). Technika minimalizacji znajdowane są parametry funkcji [2]. Rozkłady rozmiarów cząstek odtwarzane są w zakresie od 50 nm do około 5 μm .

W czasie kampanii zorganizowanej w 2007 w Arctic Lidar Observatory for Middle Atmospheric Research ALOMAR (Andoya Island, Norway) dokonano porównania wyników lidarowych z rozkładami otrzymanymi za pomocą kondensacyjnego licznika cząstek, umieszczonego na statku badawczym Oceania Instytutu Oceanologii PAN w Sopocie. Otrzymano zgodność pomiędzy obydwoima technikami pomiaru.

Lidar zastosowano do badań aerozolu w okolicy chmur konwekcyjnych prowadzonych podczas kilku kampanii pomiarowych. Dwie z nich, zorganizowano w Warszawie w 2006 i 2008 roku. Badany był kondensacyjny wzrost cząstek w prądzie wstępującym pod chmurą Cumulus. Wykorzystano dodatkowo założenia wynikające z modelu adiabatyicznego wzrostu Twomey'a [3].

Pomiary dotyczyły różnych partii chmur przepływających nad laboratorium pomiarowym. Wyznaczone za pomocą lidar rozkłady rozmiarów posłużyły do obliczenia efektywnego promienia cząstek. Stwierdzono, że u podstawy chmur, gdzie istnieje większe prawdopodobieństwo wystąpienia prądów wstępujących, obserwuje się zazwyczaj monotoniczny wzrost promieni efektywnych, od około 0.5 μm do 2.1–2.3 μm w zakresie wysokości około 55 m. W innych obszarach chmur, np. w ich górnych częściach, typowo wzrost rozmiarów cząstek był skokowy lub chaotyczny. Wyniki te są spójne z rezultatami modelu [3].

1. S. Chudzyński, G. Karasiński, W. Skubiszak, T. Stacewicz, Investigation of atmospheric aerosol with multiwavelength lidar, *Optica Applicata*, **36**, 621-628 (2006)
2. A. K. Jagodnicka, T. Stacewicz, G. Karasiński, M. Posyniak, and S. P. Malinowski, Particle size distribution retrieval from multiwavelength lidar signals for droplet aerosol, *Appl. Opt.* **48**, B8-B16, 2009
3. S. Twomey, The nuclei of natural cloud formation. Part II: The supersaturation in natural clouds and the variation of cloud droplet concentration. *Geophys. Pure Appl.*, **43**, 243-249, 1959

TRANSFER ELEKTRONOWEJ ENERGII WZBUDZENIA W OBECNOŚCI ZJAWISKA SPCE

Dawid Jankowski¹, Piotr Kwiek¹, Piotr Bojarski²

¹*Zakład Akustooptyki i Fizyki Laserów, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Gdański,*

²*Zakład Spektroskopii Molekularnej, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Gdański,
Wita Stwosza 57, Gdańsk 80-952, Polska, fizdj@ug.edu.pl*

Zjawisko wzmocnienia emisji barwnika wywołanego przez plazmony powierzchniowe cienkiej warstwy metalu określane terminem SPCE (surface plasmon-coupled emission) cieszy się w ostatnich latach ogromnym zainteresowaniem badaczy z uwagi na liczne zastosowania m.in. jako bardzo wydajne narzędzie do badania zjawisk powierzchniowych i struktur biologicznych, oraz do pomiaru emisji śladowych ilości substancji. Dzięki kierunkowej emisji fluorescencji możliwe jest zebranie bardzo słabego sygnału (nawet do 50% całkowitej fluorescencji molekuł), co nie jest osiągalne klasycznymi metodami pomiarowymi (maksymalnie do 5% wypromieniowanych fotonów) [1,2].

Nanowarstwy barwnika w roztworze alkoholu poliwinylowego (PVA) na podkładzie metalicznym uzyskano metodą spin-coatingu. Przeprowadzono badania układów jednoskładnikowych z wykorzystaniem molekuł z grupy karbocyjanin i rodamin (barwników laserujących). Dla poszczególnych systemów sprawdzono, jak różne grubości cienkich warstw filmu polimerowego z barwnikiem wpływają na zjawisko SPCE. Określono także polaryzację fluorescencji. Oszacowano grubości warstw, które wynoszą od 50nm do ok. 600nm, w zależności od stężenia roztworu PVA. Przeprowadzono również badania układów dwuskładnikowych, na podstawie których dokonano pierwszych obserwacji transferu energii w obecności zjawiska SPCE [3]. Użyto w tym celu molekuł jodku 3,3'-dietylotiocyjaniny (DTTHCI) jako donorów energii oraz Rodaminy 110 (R110) jako akceptorów energii. Porównanie wyników dla klasycznego transferu energii i transferu energii w nanowarstwach wykazało m.in., że w przypadku zjawiska SPCE uzyskane średnie czasy życia fluorescencji dla poszczególnych składników ulegają zdecydowanemu skróceniu w stosunku do klasycznego przypadku. Niezwykle ważną obserwacją jakiej dokonano, jest zachowanie kierunkowości i całkowitej polaryzacji fluorescencji akceptora pochodzącej z transferu energii od donora, charakterystycznej dla zjawiska SPCE.

Podziękowania

Praca naukowa współfinansowana ze środków grantu Uniwersytetu Gdańskiego: BW 5200-5-0165-9.

Literatura

1. Surface plasmon resonance spectroscopy as a tool for investigating the biochemical and biophysical properties of membrane protein systems. I: Theoretical principles, Z. Salamon, H. A. Macleod, G. Tollin, *Biochimica et Biophysica Acta* 1331(1997)117129
2. Radiative decay engineering 3. Surface plasmon-coupled directional emission, J. R. Lakowicz, *Analytical Biochemistry* 324 (2004) 153169
3. Simeonika Rangelowa, Leszek Kułak, Ignacy Gryczyński, Pabak Sakar, Piotr Bojarski, Fluorescence anisotropy decay in the presence of multistep energy migration and back transfer in disordered two-component systems, *Chemical Physics Letters* **452** (2008) 105

SPECTRUM, STRUCTURE AND PERTURBATIONS OF THE $A^1\Pi$ STATE FROM ANALYSIS OF THE $A^1\Pi \rightarrow X^1\Sigma^+$ SYSTEM IN $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ ISOTOPIC MOLECULE

R. Kępa, M. Ostrowska-Kopeć and I. Piotrowska

*Atomic and Molecular Physics laboratory, Institute of Physics, University of Rzeszów,
35-310 Rzeszów, Poland*

The present work puts forward the results of the recordings carried out under high resolution by conventional, photographic spectroscopy and modern analysis of thirteen bands with $v' = 7-12$ and $v'' = 16-24$ of the fourth — positive ($A^1\Pi \rightarrow X^1\Sigma^+$) band system. The current investigations include much greater than until now [1–3] region of the observed $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ molecule spectrum. Especially, new transitions connected with not hitherto observed vibrational $v' = 12$ level of $A^1\Pi$ state were recorded and studied. Otherwise, the region of perturbations observed in the upper state of the fourth – positive system were significantly enlarged. The observed perturbations were confronted with those predicted from the theoretical calculations.

1. S. G. Tilford and J. D. Simmons, J. Phys. Chem. Ref. Data 1 (1972) 147
2. J. Domin, Acta Phys. Hung. 60 (1986) 43
3. C. Haridass and K. P. Huber, ApJ 420 (1994) 433

HIGH RESOLUTION STUDIES OF THE FOURTH – POSITIVE ($A^1\Pi \rightarrow X^1\Sigma^+$) EXCITED BANDS IN $^{14}\text{C}^{16}\text{O}$

R. Kępa and M. Ostrowska-Kopeć

*Atomic and Molecular Physics Laboratory, Institute of Physics, University of Rzeszow,
35-310 Rzeszow, Poland*

In the emission spectrum of the isotopic $^{14}\text{C}^{16}\text{O}$ molecule seven bands of the Fourth Positive ($A^1\Pi \rightarrow X^1\Sigma^+$) system have been recorded and analyzed for the first time. Under high resolution and by using the Th standard lines as a calibration spectrum [1] the bands: 7–19, 8–20, 9–21, 11–22, 12–23, 12–24 and 13–24 [2] have been recorded by conventional, photographic spectroscopy. Estimated precision of the single lines is considered to be in the range of $0.020\text{--}0.030\text{ cm}^{-1}$. The fitting of the spectra and the calculation of the rovibronic structure parameters were performed separately for the excited and perturbed $A^1\Pi$ state levels, and for the ground and regular $X^1\Sigma^+$ state. Considering the precision of the observed wavenumbers of the spectral lines and the highest observed J -value, only the B_v and D_v – rotational constants, as well as the v_0 – band origins were statistically significant and calculated. Numerous rotational perturbations, observed in the excited ($v = 7\text{--}13$) vibrational levels of the $A^1\Pi$ state in $^{14}\text{C}^{16}\text{O}$ were confronted with the perturbations predicted from the theoretical calculations [3].

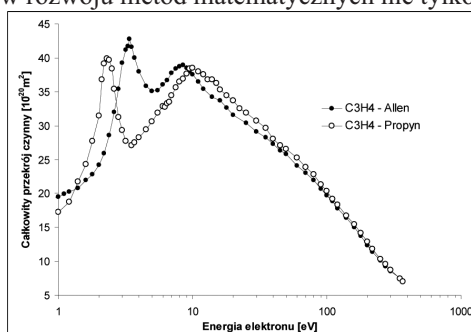
1. B.A. PALMER AND R. ENGLEMAN, JR., Atlas of the Thorium Spectrum, Los Alamos, NM, unpublished.
2. J. DOMIN, U. DOMIN AND M. RYTEL, Acta Phys. Hung., 43, 197 (1977).
3. R.W. FIELD, Ph. D. thesis, Harvard University, Cambridge, MA 1971.

ROZPRASZANIE ELEKTRONÓW NA DROBINACH IZOMERYCZNYCH JAKO TEST MODELU IAM - INDEPENDENT ATOM METHOD

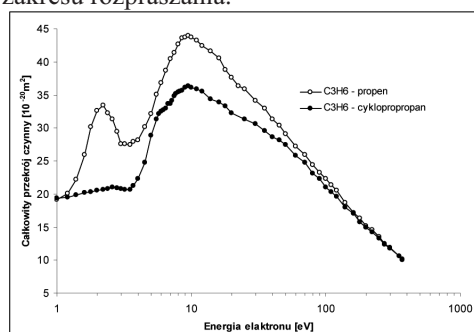
Stanisław Kwitniewski

Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji Malborku, Wyższa Szkoła Gospodarki
w Bydgoszczy ul. Garbary 2, 85-229 Bydgoszcz

Próby dokładnego opisu interakcji pomiędzy dobrze określoną wiązką elektronową a wieloatomową drobiną prowadzą do szacowania potencjału oddziaływania tych struktur. Eksperymenty fizyki zderzeń elektronowych dostarczają coraz to nowszych i bardziej dokładnych danych w dziedzinie rozpraszania a przede wszystkim dane przekrojów czynnych na różne procesy. Sumaryczne ujęcie procesów rozproszeniowych przedstawia się jako – całkowite przekroje czynne (TCS). Eksperymenty w tej dziedzinie stanowią katalizator w rozwoju metod matematycznych nie tylko z zakresu rozpraszania.



Rys. 1. Całkowity przekrój czynny na rozpraszanie elektronów na izomerach drobin C_3H_4



Rysunek 2. Całkowity przekrój czynny na rozpraszanie elektronów na izomerach drobin C_3H_6

Metoda atomów niezależnych IAM (Independent Atom Method) [1] nie należy do najnowszych modeli matematycznych w teorii rozpraszania, lecz dokładne dane z aktualnych eksperymentów [2], [3] pozwalają na wyznaczenie zakresu stosowalności metody. Jeżeli, zgodnie z założeniami metody IAM, każdy atom molekuly rozprasza niezależnie oraz wiązka elektronowa nie wpływa na rozkład potencjału molekuly to rozpraszanie na drobinach izomerycznych powinno dać identyczne wyniki dla wszystkich izomerów danej molekuly. Jednak, jak widać na rysunkach 1 i 2 po stronie niskich energii wartości całkowitego przekroju czynnego TCS są wyraźnie różne dla różnych izomerów. Metodę IAM była weryfikowana przez I. Iga i wsp. [4] w odniesieniu do różniczkowego przekroju czynnego dla drobin węglowodorowych. Otrzymano w tej weryfikacji zgodność IAM z eksperymentem, lecz energie, które testowano były nie mniejsze od 100 eV. Na zamieszczonych powyżej rysunkach wyraźnie widać, że w stosunku do całkowitego przekroju czynnego różnice wartości TCS dla różnych izomerów powyżej 100 eV, mieszczą się w przedziale niepewności pomiarowych. Autorzy [2], [3] podają, że suma niepewności statystycznych i systematycznych nie przekracza 9%. W przypadku drobin C_3H_4 wyraźne różnice w TCS pojawiają się dla energii elektronów poniżej 10 eV, natomiast dla drobin C_3H_6 już poniżej 40 eV. Szczególną uwagę należy zwrócić na fakt, że takie zestawienie danych eksperymentalnych jednoznacznie określa energetyczny region stosowalności IAM w teorii rozpraszania dla omawianych molekuł.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Massey H S W, Burhop E H S, Gilbody H B; „Electronic and Ionic Impact Phenomena” vol 2 Oxford Clarendon (1969).
- [2] Szmytkowski Cz and Kwitnewski S; J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 35 (2002) 3781-3790.
- [3] Szmytkowski Cz and Kwitnewski S; J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 35 (2002) 2613-2623.
- [4] Iga I, Sanches I P, de Almeida E, Sugohara R T, Rosami L. Lee M T; Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena 15 (2007) 7-13.

ELEGANT HERMITE AND LAGUERRE GAUSSIAN BEAMS AT A DIELECTRIC INTERFACE

Wojciech Nasalski

*Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences Pawinskiego 5b,
02-106 Warsaw, Poland*

Two basic families of solutions of a paraxial wave equation – Hermite-Gaussian (HG) beams and Laguerre-Gaussian (LG) beams – form two complete infinite-dimensional bases for a beam field. There are also two basic types – linear and circular – of beam polarization. For beams of uniform polarization propagating in a homogeneous isotropic medium, beam polarization is decoupled from beam field distribution. However, for beams interacting with a planar discontinuity of a medium, the beam polarization and spatial characteristics are interrelated by cross-polarization coupling at this interface. It was shown that this coupling favours a special type of the HG and LG beams – the elegant beams, as described some time ago by Siegman [1] – and that these beams with linear and circular polarization, respectively, can be considered as vector normal modes at the interface [2]. Basic features of interactions of such beams with a dielectric interface will be presented with theoretical predictions supported by numerical simulations.

Excitation of higher-order modes by the cross-polarization coupling will be described and shown that this process critically depends on beam polarization, beam field distribution and a direction of beam incidence. For normal incidence of the HG beams of linear polarization the beam modes acquire the change by one in both their mode indices. For their oblique incidence one from these two index changes is gradually replaced by a net longitudinal shift of a whole beam structure. For normal incidence of the LG beams of circular polarization excitation of optical vortices is observed. Beam azimuthal indices are changed by two and beam radial indices are changed by one. Similar changes augmented by vortex spectral splitting can be also observed for oblique incidence of the LG beams being sufficiently narrow. These processes can be interpreted in terms of changes of spin and orbital momentum of the LG beams and may find applications in optical information processing.

- [1] A. E. Siegman, "Hermite-Gaussian functions of complex argument as optical beam eigenfunctions," J. Opt. Soc. Am. **63**, 1093-1095 (1973).
- [2] W. Nasalski, „Polarization versus spatial characteristics of optical beams at a planar isotropic interface," Phys. Rev. E **74**, 056613 (2006).

WIELOCZĘSTOTLIWOŚCIOWY LIDAR MIKROIMPULSOWY DO BADANIA AEROZOLI ATMOSFERYCZNYCH

M. Posyniak¹, T. Stacewicz², M. Miernecki¹, A. K. Jagodnicka², S. P. Malinowski¹

¹*Instytut Geofizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa*

²*Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa*

Techniki lidarowe, pozwalają na zdalne sondowanie atmosfery. Zazwyczaj w tym celu wykorzystuje się układy z laserami o energii impulsów 0.1–5 J i częstotliwości powtarzania 10–100 Hz. Ostatnio coraz częściej w badaniach atmosfery używane są lidary mikroimpulsowe. Wysyłają one impulsy światła o niskiej energii (kilka μJ), za to z częstotliwością powtarzania od 1 do 50 kHz. W powiązaniu z nowoczesnymi technikami akwizycji i przetwarzania sygnałów daje to możliwość skuteczne sondowania dolnych warstw atmosfery. Wykorzystanie laserów pompowanych diodami umożliwia ciągłe i długotrwałe pomiary [1].

Tematem wystąpienia jest Wieloczęstotliwościowy Lidar Mikroimpulsowy (WLM) do badania aerozoli atmosferycznych zbudowany na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Lidar ten zainstalowany jest w Laboratorium Transferu Radiacyjnego WF UW.

W nadajniku optycznym WLM zastosowano laser Nd:YAG pompowany diodami. Wytworza on promieniowanie na trzech harmonicznym (1064, 532 i 355 nm). Energie impulsów wynoszą odpowiednio 8, 4 i 2 μJ , a ich połowkowy czas trwania – ok 6 ns, przy częstotliwości repetycji 2 kHz. Wiązki trzech harmonicznym wysyłane są w atmosferę współosiowo. W celu zapobieżenia rozbieżności dyfrakcyjnej na wyjściu nadajnika zastosowano teleskop zwierciadlany poszerzający wiązkę do średnicy ok. 1,5 cm. W odbiorniku optycznym użyto teleskop Cassegraina ze zwierciadłem o średnicy 150 mm. Światło zbierane przez teleskop jest rozdzielane spektralnie w polichromatorze zbudowanym z wykorzystaniem filtrów interferencyjnych. Przy każdym pomiarze sygnały lidarowe rejestrowane są z użyciem fotopowielaczy i za pomocą liczników fotonów uśredniane przez około 2 minuty. Sposób zamocowania WLM pozwala na badanie atmosfery pod dowolnym kątem z półsfery, a zastosowane rozwiązania techniczne umożliwiają na prawie bezobsługową pracę urządzenia.

Jednoczesne zastosowanie trzech długości fali lasera w WLM jest rozwiązaniem nowatorskim. Analizując sygnał zarejestrowany na każdej z wymienionych długości fali można wyznaczyć ekstynkcję atmosfery i w ten sposób uzyskiwać informację o przestrzennym rozkładzie aerozolu. Rejestracja sygnałów lidarowych w trzech długościach fali umożliwia wyznaczanie rozkładów rozmiarów cząstek aerozolu – ważnej funkcji charakteryzującej jego własności [2]. W komunikacie przedstawione zostaną wyniki pomiarów parametrów aerozoli atmosferycznych przeprowadzone w Warszawie.

Bibliografia:

1. Campbell, R. J., D. L. Hlavka, E. J. Welton, C. J. Flynn, D. D. Turner, J. D. Spinhirne, V. S. Scott, I. H. Hwang, "Full-Time, Eye-Safe Cloud and Aerosol Lidar Observation at Atmospheric Radiation Measurement Program Sites: Instruments and Data Processing", *J. of Atmos. and Oceanic Technol.*, **19**, 431-442, 2009
2. A. K. Jagodnicka, T. Stacewicz, G. Karasiński, M. Posyniak, and S. P. Malinowski, "Particle size distribution retrieval from multiwavelength lidar signals for droplet aerosol," *Appl. Opt.* **48**, 8-B16, 2009

AGREGACJA, TRANSPORT I PUŁAPKOWANIE ELEKTRONOWEJ ENERGII WZBUDZENIA W MATRYCACH ŻELOWYCH

Simeonika Rangelowa-Jankowska¹, Beata Grobelna², Piotr Bojarski¹

¹*Zakład Spektroskopii Molekularnej, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Gdański,
Wita Stwosza 57, Gdańsk 80-952, Polska, doksr@univ.gda.pl*

²*Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański, Ul. Sobieskiego 18, Gdańsk 80-952, Polska*

Organicznie – nieorganiczne materiały hybrydowe znajdują się obecnie w centrum uwagi nanotechnologów, fizyków i chemików ze względu na wysoki potencjał aplikacyjny jak np. media fotoaktywne, fotokataliza, tanie kompaktowe lasery przestrzajalne, nieliniowe urządzenia optyczne, koncentratory słoneczne, czy nośniki leków z opóźnionym dozowaniem [1]. Molekuły organiczne barwników w procesie zol-żel zostają zamknięte w nanoporach uzyskanej matrycy. Ze względu na gromadzenie się fluoroforów w porach krzemionki dochodzi do efektywnej kompresji objętości i wzrostu ich lokalnego stężenia. Organizację przestrzenną i stan agregacji tak zaincorporowanych molekuł można poznać dzięki procesom przekazywania i pułapkowania energii wzbudzenia [2]. W naszych badaniach użyliśmy barwników laserujących z grupy rodamin, które ze względu na swoją dobrą rozpuszczalność umożliwiają uzyskanie wysokich koncentracji w matrycy – dzięki temu wykazaliśmy istnienie świecących agregatów w materiale. Wykorzystaliśmy nowoczesną aparaturę z kamerą smugową do obserwacji ewolucji widm fluorescencji układu monomer–luminezujący agregat i zaników fluorescencji poszczególnych składników [3]. Badania wykazały, że w układzie monomer–agregat zachodzą procesy prostego i powrotnego transferu energii [4]. Przeprowadzone pomiary stacjonarne anizotropii emisji pokazują, że w pasmach fluorescencji agregatów stopień polaryzacji fluorescencji jest znacznie niższy, niż w pasmach monomeru, co jednoznacznie wskazuje na transfer energii pomiędzy różnymi centrami luminezującymi.

Podziękowania

Praca naukowa współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, środków Fundacji Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego oraz grantu Uniwersytetu Gdańskiego: BW 5200-5-0159-9.

Literatura

- [1] R. Reisfeld, T. Saraidarov, *Optical Materials* **28** (2006) 64
- [2] Anna Synak, Piotr Bojarski, Ignacy Gryczyński, Zygmunt Gryczyński, Simeonika Rangelowa-Jankowska, Leszek Kułak, Michał Sadownik, Aleksander Kubicki, Ewa Koprowska, „Aggregation and excitation trapping of 3,3'-diethyl-9-methylthiacarbocyanine iodide in disordered and uniaxially oriented polymer films”, *Chemical Physics Letters* **461** (2008) 222
- [3] A. Kubicki, P. Bojarski, M. Grinberg, M. Sadownik, B. Kukliński, „Time – resolved streak camera system with solid state laser and optical parametric generator in different spectroscopic applications” *Optics Communications* **263** (2006) 275
- [4] Simeonika Rangelowa, Leszek Kułak, Ignacy Gryczyński, Pabak Sakar, Piotr Bojarski, Fluorescence anisotropy decay in the presence of multistep energy migration and back transfer in disordered two-component systems, *Chemical Physics Letters* **452** (2008) 105

WPŁYW TEMPERATURY NA PROCESY BEZPROMIENISTEGO TRANSPORTU ELEKTRONOWEJ ENERGII WZBUDZENIA W UKŁADACH DONOR-AKCEPTOR MONITOROWANYCH CZASOWO-ROZDZIELCZYMI TECHNIKAMI SPEKTROSKOPOWYMI

Simeonika Rangelowa-Jankowska, Piotr Bojarski

*Zakład Spektroskopii Molekularnej, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Gdański,
Wita Stwosza 57, Gdańsk 80-952, Polska, doksr@univ.gda.pl*

Bezpromienisty transport elektronowej energii wzbudzenia występuje w wielu naturalnych układach – zachodzi m.in. w procesach fotosyntezy i w przekazywaniu informacji w DNA, ale jest również procesem o znaczeniu przemysłowym. Takie zagadnienia, jak modyfikacja ośrodka oraz zmiana własności fotofizycznych fluoroforów w materiale pod wpływem temperatury sprawiają, że transfer energii ma udokumentowane znaczenie aplikacyjne [1]. Badania prostego i powrotnego transferu energii w sztywnych filmach polimerowych w różnych temperaturach, przy wykorzystaniu czasowo-rozdzielczych technik spektroskopowych, pokazują, że temperatura decyduje o ewolucji procesów przenoszenia energii. Wykorzystanie nowoczesnej aparatury z kamerą smugową do obserwacji ewolucji widm fluorescencji i zaników fluorescencji pozwala na przedstawienie przebiegu złożonych procesów [2]. W badaniach użyto molekuł jodku 3,3'-dietylotiocyjaniny (DTTHCI) jako donorów energii oraz Rodaminy 110 (R110) jako akceptorów energii. Ze względu na wsteczny tranfer energii w układzie DODCI-NB uzyskujemy informacje również od akceptora [3], dlatego skrócenie średniego czasu życia fluorescencji akceptora (NB) i wydłużenie średniego czasu życia fluorescencji donora (DODCI) w wyższych temperaturach, świadczy o wzroście wydajności transferu porotnego energii. Z naszych badań wynika, że dobierając odpowiednie układy można wygenerować przeciwstawne efekty – osłabić lub wzmocnić wydajność przekazu energii wraz ze zmianą temperatury, tym samym zmiana temperatury umożliwia sterowanie procesami transferu energii.

Podziękowania

Praca naukowa współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, środków Fundacji Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego oraz grantu Uniwersytetu Gdańskiego: BW 5200-5-0159-9.

Literatura

- [1] R. Reisfeld, T.Saraidarov, *Optical Materials* **28** (2006) 64
- [2] A. Kubicki, P. Bojarski, M. Grinberg, M. Sadownik, B. Kukliński, „Time – resolved streak camera system with solid state laser and optical parametric generator in different spectroscopic applications” *Optics Communications* **263** (2006) 275
- [3] Simeonika Rangelowa, Leszek Kułak, Ignacy Gryczyński, Pabak Sakar, Piotr Bojarski, Fluorescence anisotropy decay in the presence of multistep energy migration and back transfer in disordered two-component systems, *Chemical Physics Letters* 452 (2008) 105

STUDIES OF THE NONLINEAR FARADAY EFFECT IN A FABRY-PEROT OPTICAL CAVITY

Krystian Sycz, Wojciech Gawlik

*Zakład Fotoniki, Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński Reymonta 4, 30-059 Kraków, Poland
krystian.sycz@gmail.com*

We report on the latest results of an ongoing experiment concerning the effects of an optical cavity on nonlinear magneto-optical rotation. Theoretical studies of this particular phenomenon has not been conducted yet but preliminary results indicate that enhancement of optical rotation is possible. This kind of setup would enable precise measurements of rotation angles in small-sized samples and in turn allow construction of compact optical magnetic field sensors.

Due to the nonreciprocal nature of the Faraday effect, after every reflection off the cavity mirrors the beam traverses the sample and its rotation angle increases. Thus, in the simplistic model, one could expect the cavity to effectively increase the sample length by the factor of the order of the cavity finesse. This is not exactly true since the partial beams are not spatially separated. As shown in [1-3], polarization of each of the interfering beams is rotated by a different angle so that the resulting total rotation needs to be averaged over magneto-rotation of all beams. Furthermore, the buildup of electric field inside the cavity leads to additional power broadening and the model needs to account for resonant absorption of an atomic sample.

The experiment

A glass cell containing rubidium vapor of natural isotopic abundance is inserted into a low finesse Fabry-Perot optical cavity and nonlinear magneto-optical rotation on the $3^2S_{1/2} - 3^2P_{3/2}$ atomic (^{85}Rb) transition is measured with a balanced polarimeter by sweeping longitudinal magnetic field B around zero. The nonlinear Faraday rotation exhibits characteristic narrow resonances at $B=0$. Detailed study of the dependence of the resonance amplitudes and widths on the light intensity allows us to analyze the effect of the F-P cavity on the nonlinear magneto-rotation and investigate its applicability for construction of compact magnetic field sensors. We also present how the velocity-selective effects that arise from multibeam interference manifest themselves in the polarimeter signal.

References:

1. R. Rosenberg, C. B. Rubinstein, D. R. Herriot, *Appl. Opt.* 3, 1079 (1964)
2. H. Y. Ling, *J. Opt. Soc. Am. A* 11, 754 (1994)
3. M. Vallet et al., *Optics Communications*, 168, 423 (1999)

PRODUCTION AND STUDY OF SPINOR CONDENSATES OF ^{87}Rb RELEASED FROM A MAGNETIC TRAP

J. Szczepkowski¹, R. Gartman², M. Piotrowski², Ł. Tracewski³,
M. Witkowski⁴, M. Zawada², W. Gawlik⁵

¹*Institute of Physics, Pomeranian University, Arciszewskiego 22B, 76-200 Słupsk, Poland,*

²*Institute of Physics, Nicolaus Copernicus University, Grudziądzka 5, 87- 100 Toruń, Poland*

³*Institute of Experimental Physics, University of Wrocław Plac Maksa Borna 9,
50-204 Wrocław, Poland*

⁴*Institute of Physics, University of Opole, Oleska 48, 45-052 Opole, Poland*

⁵*Institute of Physics, Jagiellonian University, Reymonta 4, 30-059 Kraków, Poland*

Most of spinor condensates studied so far, were produced *in situ* in dipole magnetic or optical traps. Atomic densities are then too big to allow observation of weak dipolar interaction within the spinor condensate of alkali atoms. Our new method allows production of spinor condensates in an expanding atomic cloud where density is low enough to permit such studies. The BEC of ^{87}Rb is prepared in the $F=2$, $m_F=2$ hyperfine state in a magnetic trap (MT) [1].

The method is based on an appropriate sequence of magnetic perturbations. Our preliminary results indicate dynamics of mixing between various magnetic sublevels m_F controlled by duration and/or strength of the magnetic perturbation. Additionally, we are observing spatial modulation in the $F=2$ polar state of ^{87}Rb , similar to the spin domains in the spin-1 state seen by other groups (e.g. Ref. [2,3]).

Bibliography

- [1] F. Bylicki, W. Gawlik, W. Jastrzębski, A. Noga, J. Szczepkowski, M. Witkowski, J. Zachorowski, M. Zawada: Studies of the hydrodynamic properties of Bose-Einstein condensate of ^{87}Rb atoms in a magnetic trap, *Acta Phys. Pol. A*, **113**, 691 (2008)
- [2] J. Stenger, S. Inouye, D.M. Stamper-Kurn, H.-J. Miesner, A.P. Chikkatur, and W. Ketterle, Spin domains in ground state spinor Bose-Einstein condensates, *Nature* **396**, 345 (1998).
- [3] M.-S. Chang, Q. Qin, W. Zhang, L. You and M. S. Chapman, Coherent spinor dynamics in a spin-1 Bose condensate, *Nature Physics* **1**, 111 (2005)

ANOMALOUS INHOMOGENEOUS BROADENING AND KINETICS PROPERTIES OF DMABN

Vladimir I. Tomin, Mirosław Brozis, Krzysztof Hubisz

*Institute of Physics, Pomeranian University, 76-200 Slupsk, Arciszewskiego str. 22B, Poland;
e-mail: tomin@apsl.edu.pl web. page: //fizyka.apsl.edu.pl*

Keywords: DMABN; Luminescence; Excited state; Charge Transfer; Inhomogeneous broadening; Conformers.

The anomalously large spectral inhomogeneity of the electronic bands ($\Delta\lambda \sim 145$ nm) of N, N-dimethylaminobenzonitrile (DMABN) in a polar solution of glycerol has been found and investigated [1,2]. In nonpolar solutions there is no substantial manifestation of inhomogeneous broadening.

In addition to the local excited (LE) band (~ 360 nm), the emission spectra distinctly display the band associated with internal charge transfer, the CT band having a maximum near 460 nm. The most interesting property of spontaneous emission by DMABN is an unusually strong dependence of emission bands on the exciting light wavelength in the range 290–430 nm. The character of the changes relates to both emission bands and looks as follows. First, the ratio of the intensity maxima of the components I_{LE}/I_{CT} decreases in favour of the charge transfer band. At $\lambda_{ex} = 350$ nm the entire spectrum is rather broad and blurred, and the band maximum is displaced to the red side by about 40 nm. A subsequent increase in λ_{ex} to 430 nm causes a further red shift of the entire emission spectrum to 495 nm. Thus, the resultant shift of the spectrum is anomalously great and attains 145 nm, with the dependence of the red shift on the excitation wavelength being almost linear.

The excitation spectra also depend substantially on the registration wavelength λ_{reg} . Characteristically, there is an additional structure in these spectra when recording is made in the range 390–420 nm

Emission decay and anisotropy characteristics of these "red forms" excited at longwavelength edge of absorption were studied using methods of kinetic picosecond spectroscopy. The decay times and anisotropy of emission are close to the corresponding parameters of DMABN upon excitation at the absorption maximum near 300 nm. Results support the conclusion about luminescence nature of registered emission of DMABN at far antiStokes excitation.

The given data can be explained taking into account an existence of different conformers of the solute and dipole-dipole interactions between the solute and solvent molecules, with allowance for the statistics of the microenvironment, which leads to the appearance of a considerable inhomogeneous broadening of spectra when DMABN is placed into a polar solution. Hence, DMABN and some other charge transfer molecules in polar solution may exist as a set of various conformers differing by their solvate shells. Some of these conformers possesses absorption and emission spectra well shifted to the longwavelength and could be selectively excited on the red edge of absorption band.

REFERENCES

- [1] V. I. Tomin, K. Hubisz, and Z. Mudryk, *Z. Naturforsch., A: Phys.Sci.*, 2003, 58, 529
- [2] V. I. Tomin, On the advantages of the use of edge excitation in the fluorescent probe method, *Opt. Spectr.*, 2006, 101, 2, 206
- [3] V. I. Tomin, K. Hubisz, Rotation of p-Dimethylaminobenzonitrile Molecules during Relaxation, *Rus. Phys. Chem.*, 2006, 80, 2, 301

PHOTOREACTIONS STUDY IN THE EXCITED ELECTRONIC STATES BY FLUORESCENCE METHODS

Vladimir I. Tomin, Robert Jaworski

Institute of Physics, Pomeranian University, ul. Arciszewskiego, 22b, 76-200 Słupsk, Poland

Various photophysical and photochemical processes in organic molecules, such as the formation of excimers and exciplexes, electronic density redistribution, transitions to the triplet metastable states, molecular geometry changes, phototautomerization, and some others, are directly related to the singlet S_1 state. As a rule, such processes are studied without taking into account highest excited states. At the same time the role of high-lying singlet states is not reduced only to processes of intramolecular internal conversion. Very frequently, both initial excited molecules and products of their photoreactions exhibit pronounced luminescence; in this case, the luminescence methods are very effective and are widely used in various fields of physics, chemistry, and biology. Here we consider analytically how the properties of dually fluorescing luminophores are affected in general by various physical parameters (temperature, dynamic fluorescence quenching) in the case where the second fluorescence band of luminophores is formed as a result of excited state photoreaction and where fluorescence is excited in the range of the S_1 and S_n absorption bands.

It is shown that, upon excitation of molecular objects via high-lying singlet states, the yield of reaction products can increase in a number of cases. Then, if fluorescence of initial molecules and their photoproducts is detectable, the probabilities of reactions can be determined via high-lying singlet states. Experimental data are presented that demonstrate the roles played by high-lying singlet states of 3-hydroxyflavone, in the excited state of which reactions of formation of tautomers as a result of internal proton transfer (ESIPT) take place. The results of the experiments obtained by means of steady state and picosecond laser spectroscopy methods give good evidence to the increase of ESIPT probability at excitation via the S_2 singlet state of 3-hydroxyflavone.

This fact reveals a new opportunity for enlargement yield of photoreactions excited via the S_n states and, probably, may in some cases this may be explored practically. It is worth to mention that the creation of photoreaction products through the S_n^N states may concern different primary photoreactions, such as redistribution of the electronic density (charge transfer) in the excited state, the protolytic reactions, the intramolecular proton transfer (phototautomerization), the H-bond creation, the creation of excimers and exciplexes. Photoreaction, such as ESIPT, excited via S_n states may be used as an additional channel at two photon selective excitation of probes in biological membranes and cells when excitation may be carried out in the red or infrared wavelength range to avoid simultaneous excitation of organic or biological matrices in which probes are incorporated.

PHOTONIC CRYSTAL FIBERS APPLICABLE AS A GAS CELLS FOR ATOMIC PHYSICS

Barbara Wajnchold¹, Krystian Sycz¹, Szymon Pustelny¹, Mariusz Makara²,
Jan Wójcik², Wojciech Gawlik¹

¹*Center for Magneto-Optical Research, Marian Smoluchowski Institute of Physics, Jagiellonian University, Reymonta 4, 30-059 Kraków, Poland*

²*Department of Optical Fibre Technology, Maria Curie-Skłodowska University, Pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3/607, 20-031 Lublin, Poland*

A photonic crystal fibre (PCF) is a new type of optical waveguide characterized by unique optical properties. Owing to its various possible applications in laser physics and quantum optics, PCFs are currently an interesting field of study.

We describe our attempts at investigation of nonlinear optical phenomena (NOP) in gases introduced into air holes of the *suspended core fibres*. Such special PCFs were manufactured at the Maria Curie-Skłodowska University in Lublin, Poland. The fibre preform was made from the Heraclux S glass and formed by stacking 3 capillaries around a silica rod inside a jacket. Next, the stacked tubes were heat treated in oxidative and chloric atmosphere in 400–800°C and all parts were fused together. Finally, a cane was over-clad by a protective jacket and drawn to fiber. As a result, a fiber with a core suspended in air was obtained. The fiber is characterized by big air channels and thin solid core (Fig. 1.).

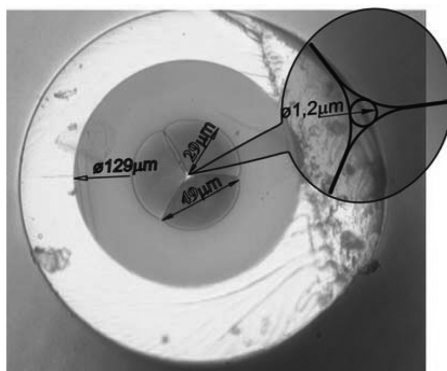


Fig. 1. The fiber with suspended core – cross section

The small size of the core gives rise to evanescent wave in the air channels, which allows coupling between light and atoms, which are introduced into the holes. We would like to use this coupling for analysis of NOP associated with light-generated quantum superpositions of atomic or molecular states, such as electromagnetically induced transparency [2], coherent population trapping [1] and nonlinear magneto-optical rotation [1] which until now were mainly studied in atomic vapour cells. Experimental apparatus for studying these effects will be presented and main challenges in observation of NOP and ways of their overcoming will be discussed. We will also analyze possibilities of applications of gas-filled fibres as optical sensors of magnetic field.

[1] E. Arimondo in, Progress in Optics, XXXV, E. Wolf Ed., Elsevier Science, New York, 1996.

[2] W. Gawlik and S. Pustelny in, New Trends in Quantum Coherence and Nonlinear Optics, ed. By R. Drampyan, Nova Publishers, New York, 2009.

SPEKTROELIPSOMETRIA – NOWOCZESNA TECHNIKA BADANIA WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNYCH I MIKROSTRUKTURY UKŁADÓW ZŁOŻONYCH

A. A. Wronkowska, A. Wronkowski, Ł. Skowroński

*Instytut Matematyki i Fizyki, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Kaliskiego 7,
85-796 Bydgoszcz*

Spektroelipsometria (SE) znajduje coraz szersze zastosowanie w badaniach materiałów tworzonych i wykorzystywanych przez nowoczesne technologie. Zwłaszcza dotyczy to badań układów niskowymiarowych, heterostruktur, zjawisk zachodzących w obszarze rozdziału faz, właściwości optycznych kryształów wieloskładnikowych, stopów metali i związków międzymetalicznych, jak również materiałów fotonicznych i układów dyspersyjnych o potencjalnym zastosowaniu w plazmonice.

Metoda pomiarowa elipsometrii odbiciowej polega na wyznaczaniu zmiany stanu polaryzacji fal elektromagnetycznych w wyniku oddziaływania z badanym ośrodkiem, wyrażonej za pomocą dwu wielkości Ψ i Δ zależnych od właściwości próbki, długości fali i kąta padania:

$$\tilde{\rho} = \tan \Psi e^{i\Delta}$$

gdzie: $\tilde{\rho}$ oznacza zespolony amplitudowy współczynnik odbicia, $\tan \Psi$ wyraża względny stosunek ortogonalnych składowych natężenia pola elektrycznego fali odbitej i padającej, a Δ jest względną różnicą faz. Pomiar dwu niezależnych wielkości daje przewagę SE nad reflektometrią, ponieważ stałe optyczne układów jednorodnych mogą być wyznaczone bezpośrednio z danych eksperymentalnych bez uciekania się do relacji Kramersa-Kroniga.

Rozwój spektroelipsometrii w ostatnich 15 latach pozwolił rozszerzyć widmowy obszar badawczy od dalekiej podczerwieni ($\sim 200 \text{ cm}^{-1}$) do dalekiego ultrafioletu ($\sim 100 \text{ eV}$) dzięki wykorzystaniu promieniowania synchrotronowego. Własności optyczne materiałów (dielektryków, półprzewodników i metali) w zakresie VUV i EUV są zdominowane przez przejścia międzypasmowe dotyczące głębiej położonych stanów elektronowych. IR-SE łączy spektroskopię podczerwieni (FTIRS) z elipsometrią fotometryczną. Pomiary w tym zakresie widmowym dostarczają informacji o lokalizacji pasm absorpcyjnych związanych z drganiami sieci krystalicznej, oscylacjami atomów w cząsteczkach polimerowych oraz efektami wynikającymi z wzbudzenia plazmonów w nanocząstkach metalicznych.

W prezentacji zostanie przedstawione przykładowe wykorzystanie elipsometrii w zakresie widmowym od średniej podczerwieni do ultrafioletu (0,04 – 6,5 eV) do wyznaczania funkcji dielektrycznej i badania struktury fononowej [1] oraz struktury elektronowej wieloskładnikowych półprzewodników w oparciu o analizę zespolonych funkcji optycznych $\tilde{\epsilon}(\omega) = \epsilon_1(\omega) + i\epsilon_2(\omega) = \tilde{n}^2(\omega)$ kryształów $\text{Cd}_{1-x-y}\text{Be}_x\text{Zn}_y\text{Se}$, $\text{Cd}_{1-x-y}\text{Zn}_x\text{Mg}_y\text{Se}$, $\text{Zn}_{1-x-y}\text{Be}_x\text{Mg}_y\text{Se}$ [2]. Precyzyjne pomiary stałych optycznych oraz znajomość przerw energetycznych mają istotne znaczenie przy projektowaniu urządzeń optoelektronicznych. Takie parametry jak współczynnik załamania, współczynnik ekstynkcji oraz grubość warstwy, oprócz innych charakterystyk, determinują funkcjonalność danego materiału.

Kryształy półprzewodników wieloskładnikowych wyhodowano metodą Bridgmana w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu. Pomiary wielkości elipsometrycznych wykonane zostały za pomocą dwu elipsometrów firmy J.A. Woollam (FTIR i IR-VIS-UV). Do parametryzacji funkcji optycznych wykorzystano firmowe programy komputerowe (WVASE32) oraz programy własne.

Z kolei pomiary stałych optycznych ultracienkich warstw metalicznych In/Cu, In/Ag, Sn/Ag są cennym źródłem informacji w zakresie tworzenia stopów dyfuzyjnych i właściwości optycznych wynikających ze struktury elektronowej związków międzymetalicznych,

a w dalszej perspektywie mogą służyć ocenie jakości złącz nowej generacji. Zakaz stosowania lutów ołowianych zmusza do poszukiwań nowych materiałów. Do takich materiałów mogą pretendować stopy indu oraz stopy cyny z metalami szlachetnymi.

Warstwy bimetaliczne o grubości $d < 100$ nm przygotowano w Instytucie Matematyki i Fizyki UTP w Bydgoszczy przez sekwencyjne naparowywanie termiczne w komorze próżniowej. Dyfraktogramy rentgenowskie (XRD) umożliwiły identyfikację związków międzymetalicznych w badanych próbkach [3]. Widma optyczne zmierzono za pomocą elipsometru IR-VIS-UV (0,6 – 6,5 eV).

Literatura

- [1] A. A. Wronkowska, A. Wronkowski, F. Firszt, S. Łęgowski, Cryst. Res. Technol. **41**, (2006) 580.
- [2] A. A. Wronkowska, Ł. Skowroński, A. Wronkowski, F. Firszt, H. Męczyńska, S. Łęgowski, H. Arwin, phys. stat. sol. (a) **205** (2008) 854.
- [3] A. A. Wronkowska, A. Wronkowski, Ł. Skowroński, J. Alloys Compd. **479** (2009) 583.

HIGH LEVEL AB INITIO AND DFT CALCULATIONS OF DISSOCIATION ENERGIES OF SMALL PROTONATED WATER CLUSTERS

T. Wróblewski^a, K. Hubisz^a, J. Antonowicz^b

^a*Institute of Physics, Pomeranian University, Arciszewskiego 22, 76-200 Słupsk, Poland*

^b*Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University,
Arciszewskiego 22, 76-200 Słupsk, Poland*

e-mail: krzys@apsl.edu.pl, web. page: //fizyka.apsl.edu.pl

Keywords: protonated water, clusters

The protonated water clusters $H^+(H_2O)_n$ are considered to be the primary ions in the positive ion chemistry of the lower atmosphere. Hydronium ions are present in interstellar gas and molecular cloud, near the Galactic centre. Recently, H_3O^+ ions have found large applications in a new-generation, high-sensitivity mass spectrometers using a "soft" ionization i.e. the proton transfer for studies of complex molecules, mainly of biological interest. Hydrated ions and ionic water clusters are the topic of increasing interest, which are intensely studied in many laboratories. However, a rather serious span on experimental values of dissociation energies exists. The geometrical optimizations and calculations of total electronic and zero point vibrational energies of protonated water clusters $H^+(H_2O)_n$ with n to 4 were performed by the Hatree-Fock/6-311G(3dp,3pd) method, complete basis set-QB3 and hybrid density functional methods B3LYP, BVP86, B3PW91, MPW1PW91, PBEPBE, PBE1PBE, HCTH, THCTH and TPSSTPSS in the Gaussian 03W computational package. Dissociation energies were calculated for reaction $H^+(H_2O)_n \rightarrow H^+(H_2O)_{n-1} + H_2O$. Results are compared with experimental average data from NIST Standard Reference Database Number 69.

POMPOWANIE OPTYCZNE ^3He Z WYMIANĄ METASTABILNOŚCI W ZWIĘKSZONYM CIŚNIENIU W POLU MAGNETYCZNYM 4,7 T

A. Nikiel¹, G. Collier¹, B. Głowacz^{1,2}, T. Pałasz¹, Z. Olejniczak^{1,3}, W. Węglarz³,
G. Tastevin², P.-J. Nacher², T. Dohnalik¹

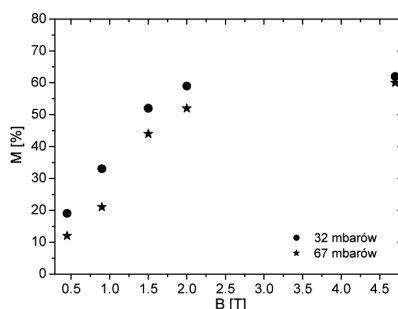
¹*Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, ul. Reymonta 4, 30-059 Kraków, Polska*

²*Laboratoire Kastler Brossel, École Normale Supérieure, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, Francja*

³*Instytut Fizyki Jądrowej, Polska Akademia Nauk, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, Polska*

Przedstawione zostaną wyniki pompowania optycznego ^3He w zakresie ciśnienia 32-267 milibarów przeprowadzonego w polu 4,7T.

Pompowanie optyczne w takich warunkach przeprowadzono po raz pierwszy. W porównaniu z poprzednimi eksperymentami ciśnienie gazu zwiększono 4-krotnie a zakres pola magnetycznego 2,5 krotnie, poszukując w szerokim przedziale parametrów warunków optymalnych.



Rys. 1. Zależność polaryzacji jądrowej M [%] od pola magnetycznego B [T]. Kółka odpowiadają результатам dla ciśnienia 32 mbarów gwiazdki dla 67 mbarów.

Zaobserwowany monotoniczny spadek polaryzacji jądrowej z ciśnieniem jest skompensowany wzrostem całkowitej magnetyzacji, która jest bardzo wysoka. To prowadzi do łatwiejszych warunków realizacji kompresji gazu, koniecznej w zastosowaniu wysoko spolaryzowanego ^3He do obrazowania magnetycznym rezonansem (MR) płuc ludzkich.

ZIMNE ATOMY PRZY POWIERZCHNIACH

Jacek Fiutowski, Dobrosława Bartoszek, Tomasz Kawalec, Tomasz Dohnalik

*Uniwersytet Jagielloński, Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, ul. Reymonta 4
30-059 Kraków*

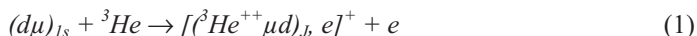
Jedną z metod zgromadzenia dużej (co najmniej kilka tysięcy) liczby neutralnych atomów w fazie gazowej w pobliżu powierzchni ciała stałego jest wykorzystanie dipolowych pułapek powierzchniowych – magnetycznych i optycznych. Podstawowym elementem tych drugich są tzw. lustra optyczne – elastyczne i nieelastyczne, a źródłem atomów dla nich są najczęściej pułapki magnetooptyczne. Podstawowym elementem każdego lustra optycznego jest pryzmat dielektryczny (najczęściej szklany lub kwarcowy), na powierzchni którego wzbudzana jest fala zanikająca o częstości większej niż częstość wybranego przejścia optycznego w odbijanych atomach. W naszych badaniach skupiamy się na wpływie fali zanikającej i bliskości powierzchni dielektrycznej i metalicznej na wewnętrzne i zewnętrzne stopnie swobody atomów. W szczególności badamy przekaz pędu (ciśnienie światła) między falą zanikającą a odbijanymi atomami w reżimie małych odstrojeń tejże fali od rezonansu. W najbliższym czasie planowane jest: eksperymentalne zmierzenie potencjału optycznego dla atomów w różnych stanach zeemanowskich, obserwacja nietypowej siły ciśnienia światła od fali zanikającej spolaryzowanej kołowo, zbadanie mechanicznego oddziaływania fali zanikającej na zimne atomy poruszające się w pobliżu powierzchni dielektrycznej pokrytej cienką warstwą metaliczną i porównanie z wynikami dla lustra dipolowego bez pokrycia metalicznego. Prowadzone badania umożliwią powstanie układów będących alternatywą dla magnetycznych układów powierzchniowych typu „atom chips”, których poważną wadą jest generowanie szumu termicznego.

PRZEJŚCIA ROTACYJNE W MOLEKULE MIONOWEJ DEUTERU I HELU

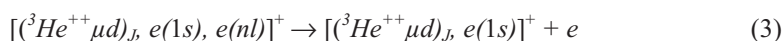
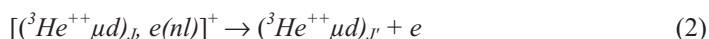
W.Czapliński, W.Kamiński, N.Popov

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Molekuła mionowa (${}^3\text{He}^{++}\mu d$), gdzie d oznacza jądro deuteru, μ – ujemny mion, J – rotacyjną liczbę kwantową, powstaje w zderzeniu mionowego deuteru $(d\mu)_{1s}$ z atomem helu



Energię wiązania molekuły unosi elektron. Ze względu na małe rozmiary molekuły jej zmienne wewnętrzne i zmienne elektronowe można traktować niezależnie. Molekuła ta jest rezonansem Feshbacha o czasie życia ok. 10^{-12} s, który rozpada się do stanu $({}^3\text{He}^{++}\mu)_{1s} + d$. Stany molekuły opisane są liczbami kwantowymi: oscylacyjną $v = 0$ i rotacyjną $J = 0, 1, 2$. Proces (1) zachodzi spontanicznie w mieszaninach D - ${}^3\text{He}$ „naświetlanych” ujemnymi mionami. Przy małych energiach zderzenia (np. w mieszaninie o temperaturze pokojowej) obsadzany jest przeważnie stan $J = 1$ na skutek przejścia E1. Przy energiach zderzenia rzędu kilkudziesięciu eV obsadzone będą wszystkie stany rotacyjne (praca w toku). Obserwowana eksperymentalnie reakcja syntezy jądrowej jąder molekuły, $({}^3\text{He}^{++}\mu d)_0 \rightarrow \alpha + p = \mu$, zachodzi praktycznie tylko ze stanu podstawowego $J=0$. Interesujące są zatem przejścia $2 \rightarrow 1$ i $1 \rightarrow 0$, które prowadzą do obsadzenia tego stanu. Przejście rotacyjne na skutek emisji elektronu z kompleksu $[({}^3\text{He}^{++}\mu d)_J, e(nl)]^+$ jest energetycznie wzbudzone jeżeli elektron ten znajdował się początkowo w stanie $1s$. W mieszaninach D - ${}^3\text{He}$ o wysokiej temperaturze atom helu będzie w stanie wzbudzonym i utworzona w procesie (1) molekuła powstanie we wzbudzonym elektronowo kompleksie $[({}^3\text{He}^{++}\mu d)_J, e(nl)]^+$, który w zderzeniu z atomem deuteru lub helu, może ulec rekombinacji. Dozwolone wówczas będą przejścia $2 \rightarrow 1$ i $1 \rightarrow 0$ na skutek emisji wzbudzonego elektronu ($n > 1$) z kompleksów:



W pracy obliczono szybkości przejść $2 \rightarrow 1$ i $1 \rightarrow 0$ w procesach (2) i (3). Najszybsze z nich, przedstawione w tabelce, konkurują z rozpadem molekuły ($\sim 10^{12} \text{ s}^{-1}$).

	$2 \rightarrow 1$	$1 \rightarrow 0$
(2)	$1.92 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1}$ ze stanu $2s$	$1.87 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1}$ ze stanu $2s$
(3)	$1.44 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$ ze stanu 1^1S	$1.06 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1}$ ze stanu 2^3P

Obliczone szybkości przejść rotacyjnych mogą zostać wykorzystane do eksperymentalnego wyznaczenia szybkości syntez jądrowych dla różnych stanów krętowych molekuły $({}^3\text{He}^{++}\mu d)_J$ w gorących mieszaninach D - ${}^3\text{He}$.

ŻELAZO PRZYCZYNA CHOROBY PARKINSONA – MIT CZY UDOWODNIONA HIPOTEZA

Jolanta Gałązka-Friedman

Choroba Parkinsona jest jedną z wielu chorób neurodegeneracyjnych, które rozwijają się na skutek zaniku komórek nerwowych w określonych strukturach mózgowych. W chorobie Parkinsona tą uszkodzoną strukturą jest istota czarna (*substantia nigra* – SN). Komórki SN produkują ważny dla funkcjonowania ludzkiego mózgu neuroprzekaźnik – dopaminę. Niedobór dopaminy powoduje charakterystyczne dla choroby Parkinsona objawy: spowolnienie ruchowe, sztywność mięśni i drżenie spoczynkowe. Przyczyny zaniku komórek nerwowych w SN są, jak dotąd nieznane. Jedną z kilku hipotez związana jest ze stresem oksydacyjnym, w którym żelazo odgrywa istotną rolę. Koncentracja żelaza w SN jest porównywalna z koncentracją żelaza w wątrobie (około 200 ng/mg tkanki). Początkowo sądzono, że w chorobie Parkinsona dochodzi do znacznego podwyższenia koncentracji żelaza w SN i nazwano chorobę Parkinsona „postępującą żelazicą mózgu”. Porównanie własności żelaza obecnego w parkinsonowskiej oraz kontrolnej SN wykonano przy pomocy wielu metod fizycznych, otrzymując rozbieżne wyniki.

W poniższej tabeli podano wyniki stosunku koncentracji całkowitego żelaza zawartego w parkinsonowskiej oraz kontrolnej SN (PD/C), opublikowane przez różnych autorów.

Autor	Rok publikacji	Metoda	PD/C
Earle	1968	XRF	2±?
Sofic et al.	1988	SPH	1.77±0.37
Dexter et al.	1989	ICP	1.34±0.17
Uitti et al.	1989	AA	1.07±0.13
Griffiths and Crossman	1993	AA	2.01±0.24
Mann et al.	1994	ICP	1.56±0.89
Loeffler et al.	1995	COL	0.82±0.08
Gałązka-Friedman et al.	2008	MS	1.00±0.13

XRF – rentgenowska spektroskopia fluorescencyjna, SPH – spektrofotometria, AA – atomowa absorpcja, COL – kolorymetria, ICP – spektroskopia mas ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej, MS – spektroskopia Mössbauerska

Analiza tych rozbieżności została przez nas przedstawiona w publikacji [1]. Nasze własne pomiary Mössbauerskie, wykonane na próbkach przygotowanych w dwóch różnych laboratoriach (Warszawski Uniwersytet Medyczny i Mayo Clinic w USA) nie wykazały wzrostu koncentracji całkowitego żelaza w parkinsonowskiej SN w porównaniu z kontrolą. Stosunek koncentracji żelaza w parkinsonowskiej SN w porównaniu z kontrolą wyniósł 1.00±0.13. Pomiary Mössbauerskie pozwoliły również zidentyfikować związek wiążący żelazo w istocie czarnej, którym jest ferrytyna. Ferrytyna jest podstawowym związkiem przechowującym żelazo w organizmach żywych. Zbudowana jest z otoczki białkowej (składającej się z 24 łańcuchów H i L) oraz jądra żelaznego. Zewnętrzna średnica otoczki białkowej wynosi 12 nm. Rozmiary jądra żelaznego są różne dla różnych organów: średnica jądra żelaznego wątroby wynosi 6.5±0.5 nm, a mózgu 3.7±0.5 nm. Żelazo znajdujące się wewnątrz ferrytyny nie bierze udziału w reakcji Fentona, w której produkowane są wolne

rodniki. Badania wykonane metodą ELISA (enzyme-linked immunoabsorbent assay) parkinsonowskiej i kontrolnej SN wykazały istotną różnicę w budowie ferrytyny. W parkinsonowskiej SN stwierdzono znaczne obniżenie koncentracji łańcuchów L, które zaangażowane są głównie w budowę jądra żelaznego ferrytyny [2]. Ich niedobór może powodować wzrost koncentracji żelaza pozaferrytynowego, dostępnego do reakcji Fentona. Dalsze eksperymenty wykazały istotną różnicę koncentracji żelaza pozaferrytynowego w parkinsonowskiej SN w porównaniu z kontrolą (135 ± 10 ng/g SN w tkance parkinsonowskiej i 76 ± 10 ng/g SN w tkance kontrolnej). Dwukrotnemu wzrostowi koncentracji żelaza pozaferrytynowego w parkinsonowskiej SN towarzyszy dwukrotny wzrost aktywności ROS (*reactive oxygen species* – reaktywne formy tlenu) w tej strukturze [3]. Sugeruje to, że nadmiar żelaza pozaferrytynowego może być jedną z przyczyn choroby Parkinsona.

1. Gałązka-Friedman, Friedman, Acta Neurobiol Exp 1997
2. Gałązka-Friedman et al, Biochim Biophys Acta 2004
3. Friedman et al, Ann Neurol 2008

BADANIE ŚREDNIEJ LICZBY ERYTROCYTÓW W RULONACH W FUNKCJI HEMATOKRYTU

Alicja A. Szołna, Bronisław Grzegorzewski

*Katedra Biofizyki, Collegium Medicum w Bydgoszczy
Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Jagiellońska 15, 85-067 Bydgoszcz, Polska.*

Badano metodą optyczną zawiesiny erytrocytów w osoczu. Ludzka krew pobrana od zdrowych dawców została użyta do przygotowania zawiesin o hematokrycie od 0.5 do 6%. Zastosowano nową technikę wyznaczania współczynnika rozpraszania μ_s . Zastosowano naczyne klinowe, dzięki któremu możliwe było rejestrowanie intensywności nierozproszonej składowej światła lasera He-Ne po przejściu przez próbkę w funkcji czasu i grubości próbki. Czerwone krwinki w osoczu mają tendencję do łączenia się w rulony w tempie zależnym od hematokrytu. Korzystając z Teorii Anomalnej Dyfrakcji wyznaczono średnią liczbę erytrocytów w rulonach w chwili rozpoczęcia pomiaru.

INTEGRAL GEOMETRY ANALYSIS OF FLUORESCENCE MICROGRAPHS TO COMPARE QUANTITATIVELY PROTEIN ADSORPTION ONTO POLYMER SURFACES

A. Budkowski¹, J. Zemła¹, M. Lekka², J. Wiltowska-Zuber², J. Rysz¹, J. Raczowska²

¹*Smoluchowski Inst. Phys., Jagellonian University, Reymonta 4, 30-059 Kraków, Poland*

²*The Henryk Niewodniczański Inst. of Nuclear Physics PASci., 31-342 Kraków, Poland*

e-mail: ufbudkow@cyf-kr.edu.pl

Different methods have been employed to measure protein binding to distinct surfaces. However, the majority of them do not provide fully quantitative information. In this study, we introduce integral geometry approach to analyze and to compare quantitatively the protein adsorption onto various polymer surfaces: polystyrene PS, poly(methyl methacrylate) PMMA, poly(n-butyl methacrylate) PnBMA, poly(tert-butyl methacrylate) PtBMA, as well as poly(ethylene oxide) PEO(PETA) and PS(PETA), admixed with pentaerythritoltriacylate PETA. The polymeric surfaces were incubated for 15 min in 125 $\mu\text{g/mL}$ buffer solutions of fluorescently labeled lectins, either lentil lectin (LcH) or concanavalin A (Con A). Fluorescence images were recorded at identical conditions (physiological buffer, same exposure time, magnification, gain). For each image, taken a few times for each polymer, distribution and average value of normalized intensity were determined. The results show that the binding of LcH to PS(PETA), PtBMA, PS, PnBMA, PMMA and PEO(PETA) can be expressed by the ratio of following values: 0.370(20), 0.298(19), 0.252(18), 0.082(8), 0.038(8) and 0.008(4), respectively. In turn, the relative adsorption of ConA is described by the values: 0.257(16), 0.220(15), 0.221(13), 0.047(5), 0.116(8) and 0.005(2), respectively. The introduced approach enables relatively fast and easy way to quantify and compare protein adsorption efficiency directly from fluorescent images.

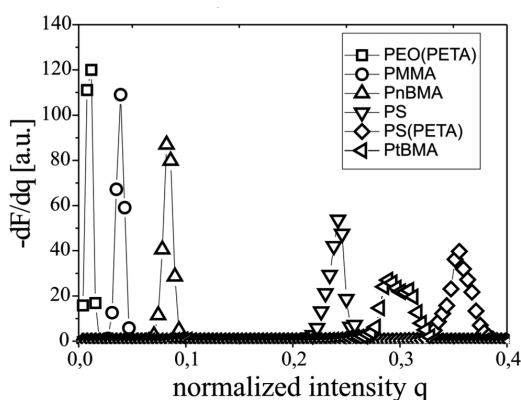


Figure. Representative pixel distributions of normalized fluorescence intensity q .

- [1] K. R. Mecke, D. Stoyan (Eds) Statistical Physics and Spatial Statistics, **Lecture Notes in Physics Series**, vol. 554, Springer-Verlag, Heidelberg, 2000, p.111.
- [2] J. Raczowska, J. Rysz, A. Budkowski, J. Lekki, M. Lekka, A. Bernasik, K. Kowalski, P. Czuba, **Macromolecules** 36 (2003) 2419-2427

ADSORPCJA BIAŁEK DO POWIERZCHNI I WZORÓW POLIMEROWYCH

Joanna Zemła¹, Andrzej Budkowski¹, Joanna Raczkowska¹, Małgorzata Lekka²

¹*Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński*

²*Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego, Polska Akademia Nauk*

Zbadano adsorpcję (znaczonych fluorescencyjnie) lektyn Con A i LcH [1] ze środowiska buforowanej soli fizjologicznej do jednorodnych powierzchni polimerów: poli(metakrylanu metylu) PMMA, polistyrenu PS oraz politlenku etylenu PEO. Nanowarstwy rozpuszczalnego w wodzie PEO, usieciowano za pomocą promieniowania ultrafioletowego z dodatkiem czynnika sieciującego. Obrazy fluorescencyjne, przedstawiające zaadsorbowane białka, analizowano za pomocą tzw. funkcjonałów Minkowskiego [2] uzyskując ilościową miarę adsorpcji. Wykazano silniejszą adsorpcję do PS niż do PEO, oraz do PMMA niż do PS. Wyniki pokazują, iż białka adsorbują do powierzchni hydrofobowych takich jak PS i PMMA.

Obserwowano również obrazy fluorescencyjne adsorpcji lektyn do powierzchniowych wzorów polimerowych PS/PEO i PS/PMMA, uzyskanych dzięki zjawisku spontanicznej separacji i samo-organizacji faz mieszanin polimerów. Badane układy wielu polimerów adsorbowały białka selektywnie (np. domeny PMMA w matrycy PS) lub wysoce selektywnie (np. domeny PS w matrycy PEO). Ze względu na możliwość zastosowania w analizie biochemicznej białek ułożonych regularnie (tzw. macierze białkowe), pokazano wysoce selektywną adsorpcję lektyn do regularnych wzorów polimerowych PS/PEO, wytworzonych techniką mikroformowania warstw (SAMIM) w postaci naprzemiennych pasków PS i PEO.

Przeprowadzono eksperymenty kontrolne, udowadniające że białka zaadsorbowane do powierzchniowych wzorów polimerów nadal są aktywne biologicznie i wiążą się specyficznie w parę białko – ligand.

Literatura

- [1] M. Lekka, A. J. Kulik, S. Jeney, J. Raczkowska, J. Lekki, A. Budkowski, L. Forró, Friction force microscopy as an alternative method to probe molecular interactions, *J. Chem. Phys.* 123 (2005) 014702
- [2] J. Raczkowska, J. Rysz, A. Budkowski, J. Lekki, M. Lekka, A. Bernasik, K. Kowalski, P. Czuba, Surface Patterns in Solvent-Cast Polymer Blend Films Analyzed with an Integral-Geometry Approach, *Macromolecules* 36 (2003) 2419

ANALIZA MASOWA I ENERGETYCZNA JONÓW Z GORĄCEJ PLAZMY ZA POMOCĄ SPEKTROMETRU TYPU THOMSONA

M.J. Sadowski, K. Czaus, K. Malinowski, E. Składnik-Sadowska, J. Żebrowski

Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Soltana, 05-400 Otwock-Świerk

Badania rozkładu masowego i energetycznego jonów emitowanych z plazmy są niezbędne dla określenia składu tej plazmy i jej podstawowych parametrów. Wygodnym narzędziem badawczym mogą być m.in. spektrometry masowe typu Thomsona. W pracy przedstawiono opis konstrukcji zminiaturyzowanego spektrometru typu Thomsona, który przystosowano do badań jonów pochodzących z gorącej i gęstej plazmy, a zwłaszcza do pomiarów wewnątrz dużych próżniowych komór eksperymentalnych. Przedstawiono również przykłady zastosowań tego spektrometru do analizy masowej i energetycznej strumieni plazmy wytwarzanych w układzie z wielopętrowym iniektorem plazmowym RPI-IBIS [1] oraz w układzie Plasma-Focus PF-360 [2].

Głównym problemem pomiarowym było wydzielenie wiązki jonów z badanego strumienia gorącej plazmy w taki sposób, aby minimalnie zaburzyć ten strumień i pierwotny rozkład energetyczny jonów. W tym celu zaprojektowany spektrometr wyposażono w wąską stożkową diafragmę wejściową, która wydzielała cienki strumień plazmy bezzderzeniowej. Ekstrakcja wiązki jonów z tego strumienia plazmy była realizowana za pomocą drugiej diafragmy o otworze mniejszym od promienia Debye'a (λ_{Debye}). Obszar między obu diafragmaми jest pompowany różnicowo, aby zapewnić odpowiednio niskie ciśnienie w obszarze analizy wiązki. Analiza jonów, zgodnie z zasadą działania spektrometrów Thomsona, była dokonywana w obszarze pola magnetycznego **B** i równoległego do niego pola elektrycznego **E**. Pole **B**, wytwarzane przez miniaturowe magnesy stałe, odchyłało jony w kierunku *x* (prostopadle do kierunku ich pierwotnego ruchu i tego pola) proporcjonalnie do $C_B qB/m_i v$, gdzie C_B – współczynnik opisujący rozmiary geometryczne tego pola, $q = Ze$ – ładunek elektryczny analizowanego jonu, m_i – masa jonu, a v – prędkość jonu (związana z jego energią). Jednocześnie pole elektryczne, wytwarzane między dwoma biegunami magnesu odchyłało jony w kierunku *y* proporcjonalnie $C_E qE/m_i v^2$, gdzie C_E – współczynnik geometryczny tego pola. Dlatego w płaszczyźnie detekcji analizowane jony były rejestrowane na parabolach opisanych równaniem $y = (C_E E m_i / C_B^2 B^2 q) x^2$. Punkt zerowy parabol odpowiadał nieskończeniu dużej energii jonów, a skala osi *x* i *y* zależała od wymiarów geometrycznych spektrometru i ustalonych wartości pól **B** i **E**. Wymiary geometryczne spektrometru oraz połączenia z pompami próżniowymi zaprojektowano w taki sposób, aby umożliwić wykorzystanie przyrządu do pomiarów jonów wewnątrz próżniowych komór eksperymentalnych, np. w pobliżu wylotów iniektorów plazmowych.

W pierwszej kolejności opisywany spektrometr wykorzystano do badań jonów wewnątrz komory układu RPI-IBIS, w odległości 30 cm od końca elektrod iniektora [1]. Do rejestracji parabol jonowych zastosowano detektory śladowe typu PM-355, które po naświetleniu trawiono w warunkach standartowych [1]. Do analizy ilościowej wytrawionych śladów wykorzystano mikroskop optyczny wyposażony w układ automatycznego skanowania. Na podstawie analizy parabol jonowych określono rozkłady energetyczne protonów i deuteronów (zależnie od użytego gazu roboczego) oraz jonów zanieczyszczeń, np. N^+ i Mo^+ . Rozkłady protonów i deuteronów zbadano szczegółowo w przedziale 20-160 keV (zależnie od reżimu pracy układu RPI-IBIS). Podobne pomiary wykonano następnie wewnątrz komory układu PF-360, w odległości 40 cm od końca elektrod [2]. W szczególności dla wyładowań realizowanych z deuterem zbadano rozkład energetyczny deuteronów w przedziale 20-200 keV.

Wykazano, że opracowany spektrometr nadaje się do badań jonów wewnątrz dużych układów plazmowych.

1. K. Czaus, K. Malinowski, et al., AIP CP Vol. **993** (2008) 159-162.
2. M.J. Sadowski, K. Czaus, et al., Rev., Sci. Instrum. **80** (2009) 053504.

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ZASOBÓW INTERNETOWYCH W PROCESIE NAUCZANIA-UCZENIA SIĘ FIZYKI

Stanisław Bednarek

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego

Ogólnoświatowa sieć komputerowa – internet, stała się wyznacznikiem przełomu XX i XXI wieku. Dostęp do internetu jest co raz łatwiejszy i powszechniejszy. Systematycznie wzrasta rola internetu prawie we wszystkich dziedzinach życia. Również w procesie nauczania-uczenia się fizyki zasoby internetu mogą być w różnorodny sposób wykorzystywane. Te możliwości wykorzystania stały się przedmiotem badań, których wynikami są ich systematyka i opis zawarte w następujących punktach, charakteryzujących rolę internetu w procesie nauczania-uczenia się fizyki. Zgodnie z tymi punktami internet może być wykorzystywany jako:

1. Źródło informacji merytorycznych z fizyki.
2. Źródło szybkiej informacji o ważnych lub aktualnych wydarzeniach w fizyce.
3. Bank testów i sprawdzianów z fizyki dla uczniów i studentów.
4. Bank zadań dla uczniów i studentów.
5. Źródło wiedzy na temat olimpiad i konkursów fizycznych.
6. Zasób scenariuszy lekcji dla nauczycieli.
7. Zasób doświadczeń rozszerzających materiał nauczania dla uczniów.
8. Bank opisów doświadczeń pokazowych dla nauczycieli.
9. Źródło informacji o awansie zawodowym i sytuacji prawnej nauczycieli.
10. Bank symulacji komputerowych doświadczeń z fizyki dla uczniów i nauczycieli.
11. Katalog środków dydaktycznych dla nauczycieli.
12. Środek popularyzacji fizyki przez placówki naukowe.
13. Sposób realizacji wirtualnych wycieczek po laboratoriach fizycznych.
14. Źródło opisów budowy przyrządów do edukacyjnych eksperymentów fizycznych.
15. Źródło wykładów z fizyki dla studentów i uczniów.
16. Bank programów komputerowych przydatnych w fizyce.
17. Źródło informacji o ciekawostkach, złudzeniach optycznych i paradoksach fizycznych.
18. Forma udziału w grupach dyskusyjnych dla uczniów i studentów.
19. Uzupełnienie treści książek, podręczników i czasopism fizycznych.
20. Bibliografia z różnych działów fizyki.
21. Źródło informacji organizacyjnych dla członków towarzystw fizycznych.
22. FilMOTEKA, prezentująca doświadczenia i badania fizyczne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że zasoby internetowe mogą być z wielostronnym pożytkiem wykorzystywane we wszystkich momentach procesu nauczania-uczenia się fizyki zarówno przez uczniów, jaki i przez nauczycieli.

PRACOWNIA JĄDROWA W INSTYTUCIE FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ UNIwersYTETU WROCLAWSKIEGO

Konieczna B.¹, Chojcan J.¹, Ostrasz A.¹

1 Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski

Praca poświęcona jest prezentacji Pracowni Jądrowej istniejącej w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego pod patronatem Zakładu Zastosowań Fizyki Jądrowej.

Pracownia ta została stworzona w latach 1956-1957 przez dra Jana Wesołowskiego oraz mgra Bronisława Rozenfelda. Początkowo obejmowała ona 6 zestawów ćwiczeniowych, ale stopniowo przybywały nowe. Aktualnie 14 zestawów doświadczalnych pozwala studentom zapoznać się z każdym podstawowym rodzajem promieniotwórczości (alfa, beta, gamma) oraz z oddziaływaniem promieniowania jądrowego z materią jak również z jego wykorzystaniem. W trakcie wykonywania ćwiczeń studenci uczą się nie tylko pracy z zamkniętymi źródłami promieniotwórczymi, ale również podstaw pracy dozymetrycznej i ochrony radiologicznej.

W dobie dużego zainteresowania energetyką jądrową i problemami z tym związanymi bardzo istotnym jest zapoznanie młodych ludzi z promieniotwórczymi przemianami jądrowymi, uświadomienie im korzyści płynących z ich wykorzystania w praktyce oraz pokazanie skali zagrożenia.

SPOŁECZEŃSTWO ANALFABETÓW FIZYCZNYCH. O PSYCHOSPOŁECZNYCH ASPEKTACH OBNIŻANIA PRESTIŻU FIZYKI I FIZYKÓW

Edward Pietras, Edward Rydygier

PTF, Oddział Warszawski

Fizyka wyjątkowo straciła na prestiżu w wyniku reformy systemu edukacji. Autorzy reformy drastycznie ograniczyli ilość godzin i treści nauczania fizyki. Uzasadniane to było tym, że uczniowie traktowali lekcje fizyki jako najbardziej nie lubiany przedmiot. Obserwuje się niepokojącą tendencję do wyprowadzania fizyki ze szkół do „muzeów nauki”, telewizji, czy wręcz dosłownie na ulice przez organizowanie różnych festiwali i pikników naukowych. Najróżniejsze inicjatywy plenerowe związane z Piknikiem Naukowym czy Festiwalem Nauki wykazały jednak, że zainteresowanie fizyką ze strony społeczeństwa jest powierzchowne. Uliczne pikniki naukowe przerodziły się w istne jarmarki, gdzie eksperymenty prezentowane są tak jak sztuczki magiczne (np. „wyciskanie prądu” z cytryny, „zamiana” wody w wino). O ile wpływ ograniczania wiedzy matematycznej na życie społeczne został już dostrzeżony, a nawet pojawił się termin „analfabetyzm matematyczny” (por. J.A. Paulos „Analfabetyzm matematyczny i jego skutki”, GWO 2005), to odnośnie fizyki nie upowszechniło się tak dosadne określenie. Z racji tego, że żyjemy przecież w świecie fizycznym, a wszelkie urządzenia techniczne, także te, z których na codzień korzystamy opierają się na wykorzystaniu praw fizycznych, możemy „analfabetyzm fizyczny” określić jako niekorzystne zjawisko społeczne. Brak dostatecznej wiedzy o fizyce powoduje, że dziennikarze traktują wiadomości z zakresu nauki jako ciekawostki i maksymalnie je upraszczają oraz czynią wesołymi. Kontynuatorzy reformy podając jako przyczynę ograniczania treści nauczania przedmiotów przyrodniczych stres uczniów wywołany nauką fizyki i matematyki, celowo nie ujawniają prawdziwych źródeł, a tymczasem wzorują się zagranicznych trendach liberalnej polityki oświatowej. Obserwowane na Zachodzie obniżenie wymagań i priorytet użycia wiedzy mają głębsze przyczyny natury ideologicznej związane z zakwestionowaniem przez światowe elity intelektualne prawdy uniwersalnej. Skutki społeczne tej ideologii objawiają się w dewaluowaniu roli intelektualisty i autorytetu wiedzy. Liberalizacja edukacji w szkolnictwie powoduje podważenie koncepcji jednolitych, uniwersalnych standardów nauczania. Sukcesywne obniżanie standardów nauczania ma utrzymać model „przyjaznej” szkoły (albo szkoły „bezs stresowej”) zgodnie z obowiązującą w liberalnej polityce społecznej zasadą inkluzji (włączania). Skoro nowoczesna szkoła nie może wyłączać, zatem obniża się standardy, czyli „równa w dół”. Drugą przyczyną upadku standardów jest relatywizm kulturowy, realizacja którego daje pomieszanie wiedzy naukowej z potoczną. Na kryzys szkolnictwa wpływa też instrumentalizacja wiedzy polegająca na tym, że priorytetem nauczania nie jest obecnie zdobycie wiedzy, ale jej praktyczność. Na poziomie szkolnictwa wyższego prowadzi to do przekształcania się uniwersytetów z ośrodków formujących elitę naukową i obywatelską w szkoły specjalistów albo wyrafinowanych konsumentów kultury masowej.

BADANIA ROZUMIENIA I UMIEJĘTNOŚCI STOSOWANIA ZASAD ZACHOWANIA PĘDU I ENERGII PRZEZ STUDENTÓW FIZYKI

Arkadiusz Wiśniewski

Instytut Fizyki UMCS, Lublin

W ciągu ostatniego roku przeprowadzono badania rozumienia i umiejętności stosowania zasad zachowania pędu i energii przez studentów przygotowujących się do wykonywania zawodu nauczyciela fizyki. Badania wykazały, że mimo znajomości i umiejętności stosowania powyższych zasad w sytuacjach typowych znanych z podręczników szkolnych (średnio 85% studentów udzielało dobrych odpowiedzi na tego typu pytania), w przypadku prostych zadań dotyczących sytuacji znanych z życia codziennego, ale wymagających samodzielnej interpretacji, liczba poprawnych odpowiedzi spadała nawet do 10%. Szczególną trudność sprawiało studentom wyodrębnienie odpowiedniego układu, którego dotyczyła dana zasada zachowania, traktowanie w konkretnej sytuacji pędu jako wielkości wektorowej oraz brak świadomości – do jakich sytuacji znanych z życia codziennego stosuje się dana zasada zachowania. Badania potwierdziły konieczność zwrócenia większej uwagi na te zagadnienia w programie studiów, szczególnie w przypadku studentów przygotowujących się do wykonywania zawodu nauczyciela fizyki.

W ramach prezentacji zostaną przedstawione przykładowe zadania wykorzystane w teście oraz szczegółowo omówione najbardziej interesujące wyniki wskazujące na braki w rozumieniu powyższych zasad.

„CZEGO JAŚ SIĘ NIE NAUCZY...” – MOŻLIWOŚCI INTELEKTUALNE DZIECKA W MŁODSZYM WIEKU SZKOLNYM

Violetta Domańska¹, Maria Rut-Marcinkowska²

¹...
²*Prywatna Szkoła Podstawowa Językowo-Informatyczna, ul. Albańska 15, 60-123 Poznań*

Czy kilkuletnie dziecko jest w stanie zrozumieć skomplikowane prawa przyrody? Czy pierwsze kroki w świecie fizyki lub chemii może postawić już siedmiolatek? Czy tylko wyjątkowo zdolne dziecko może podolać tak trudnym zadaniom? Część dorosłych, słysząc od dziecka pytanie: „Dlaczego wszystko spada na ziemię?” albo „Skąd bierze się tęcza?”, machnie tylko ręką i powie: „Dowiesz się, jak będziesz starszy”. Nie doceniamy możliwości dzieci, a przecież sam fakt, że wiele z nich zadaje takie właśnie pytania, świadczy o tym, że gotowe są poznać odpowiedź. Jeżeli dziecko będzie miało szansę zaobserwować różne zjawiska i zastanowić się nad nimi pod okiem dorosłego – wiele zrozumie, a przede wszystkim nauczy się patrzeć i szukać odpowiedzi.

Jest w tej chwili powszechnie wiadome, że dziecko wychowywane w rodzinie dwujęzycznej, opanuje dwa języki tak dobrze, jak inne pozna jeden język ojczysty. W późniejszym wieku opanowanie języka obcego w takim stopniu jest niemal niemożliwe. Dzieje się tak dlatego, że u młodszych osób mózg jest bardziej plastyczny; wraz z upływem czasu zdolność mózgu do tworzenia nowych połączeń, a co za tym idzie – do przyswajania nowych treści – stopniowo maleje. Wnioski dla praktyków narzucają się same: im więcej okazji do nauki stworzymy małym dzieciom, tym mniej wysiłku będziemy musieli włożyć w nauczanie czegoś nastolatka.

Jak jednak nauczyć kilkulatka skomplikowanych nawet dla dorosłego pojęć? Jak zainteresować go zagadnieniami, które gimnazjaliście wydają się trudne? Wystarczy lepiej poznać dziecko, a odpowiedź stanie się prosta. Według koncepcji rozwoju intelektualnego Jeana Piageta dziecko w wieku 7–11 lat znajduje się w okresie operacji konkretnych, to znaczy jego myślenie jest ściśle związane z przedmiotami, bezpośrednio dostępnymi jego zmysłom. Zatem, jeżeli pokażemy dziecku dane zjawisko, pozwolimy mu zobaczyć, dotknąć, zrobić – ono często zaskoczy nas trafnością wyciąganych wniosków, a ponadto obudzimy w maluchu ciekawość i spostrzegawczość, które zaowocują w późniejszych latach jego nauki i w życiu.

Dzieci zadają wiele pytań. Jeśli stworzymy im szansę – nie przestaną ich zadawać, nie przestaną być ciekawe i chętne do nauki. Jeśli docenimy ich możliwości, stworzymy w młodych umysłach fundamenty, na których w przyszłości będą mogły opierać coraz szerszą wiedzę i umiejętności.

SZKOLNE KONKURSY FIZYCZNE W II LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCYM WE WŁODAWIE

Mirosław Trociuk

Zespół Szkół Zawodowych Nr 1 i II Liceum Ogólnokształcące we Włodawie

Współczesne koncepcje kształcenia ogólnego nakładają na szkołę tworzenie warunków pełnego rozwoju zainteresowań i zdolności uczniów. Trudno jest to osiągnąć w tradycyjnych formach pracy lekcyjnej, przy zbyt licznych klasach i małej liczbie godzin na realizację podstaw programowych. Ogromną rolę w związku z tym spełniają inne formy pracy z młodzieżą starające się wydobyć cały potencjał aspiracji twórczych i umożliwić rozwijanie talentów. Jedną z ważniejszych form takiej działalności jest organizowanie szkolnych konkursów przedmiotowych.

W II Liceum Ogólnokształcącym we Włodawie od wielu lat organizowane są szkolne konkursy fizyczne. Ich celem jest nie tylko budzenie zainteresowań fizyka, ale przede wszystkim stanowią one formę aktywności - dostępną dla każdego ucznia - z „fizyką w tle”. Uczestnictwo w nich pozwala, głównie przeciętnemu uczniowi, zobaczyć inne – czasami niedostrzegalne podczas zajęć lekcyjnych – oblicza fizyki.

Włodawscy licealiści mogą zмагаć się w rozwiązywaniu zadań startując w „Szkolnej Lidze Zadaniowej” (http://szkolna_fizyka.republika.pl/liga.htm), fotografować i brać udział w konkursie „Zjawiska fizyczne w fotografii” lub doskonalić umiejętności informatyczne przygotowując ciekawą i czytelną prezentację multimedialną na konkurs „Fizyka i astronomia w prezentacji multimedialnej”.

Udział w szkolnych konkursach niejednokrotnie stanowi swoiste preludium do udziału w pozaszkolnych zmaganiach fizycznych.

ZESTAW ZAAWANSOWANYCH DOŚWIADCZEŃ FIZYCZNYCH WSPOMAGAJĄCYCH NAUCZANIE O ZJAWISKU NADPRZEWODNICTWA WYKONANY W RAMACH PROJEKTU MOSEM

Tomasz Greczyło

Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski

Jednym z najbardziej wymiernych rezultatów realizacji projektu MOSEM (Minds-On experimental equipment kits in Superconductivity and ElectroMagnetism for the continuing vocational training of upper secondary school physics teachers – LLP-LdV-TOI-2007-NO/165.009) są dwa zestawy doświadczeń wspomagających nauczanie o zjawisku nadprzewodnictwa – Low i High Tech Kit (LTK i HTK). Podczas wystąpienia zaprezentowany zostanie jeden z nich – HTK – stworzony z myślą o uczniach szkół ponadgimnazjalnych. Zestaw zawiera eksperymenty, których prototypy zostały przygotowane i przetestowane wśród partnerów projektu. Autor zaprezentuje także materiały dydaktyczne stworzone dla zestawu oraz szczegółowo omówi wybrane eksperymenty nakreślając możliwości ich wykorzystania i oczekiwany wkład w poprawę nauczania wybranych zagadnień fizyki.

ŚRODKI DYDAKTYCZNE I FIZYKA OKIEM UCZNIA

Andrzej Ptok

*Zespół Szkół Technicznych i Ogólnokształcących „Meritum”
41-100 Siemianowice Śląskie, ul. Katowicka 1*

Reforma edukacji w Polsce, wprowadziła system nauczania wielostopniowego, którego nowością były gimnazja. Gimnazja, które występowały już w polskim systemie oświaty przed wojną, lecz teraz w całkowicie zmienionej formie i w nowych warunkach społeczno-gospodarczych.

Obecne gimnazjum, jest defakto pierwszym miejscem styczności ucznia z przedmiotem jakim jest fizyka. Edukacja fizyczna, kontynuowana jest następnie w szkole ponadgimnazjalnej, w której uczeń powinien korzystać z wiedzy zdobytej w gimnazjum. Z kolei obecni nauczyciele, posiadają wiele różnorodnych środków i pomocy dydaktycznych ułatwiających przekazywanie wiedzy – od klasycznych podręczników, poprzez możliwość przeprowadzania prostych pokazów i doświadczeń, aż do zaawansowanych technologii informatycznych. Istotnym zatem staje się pytanie, jakie efekty przynosi stosowanie tych metod? Jaka jest ich skuteczność w oczach ucznia, pod względem rozumienia omawianego materiału? W trakcie swojego wystąpienia, zaprezentuje wyniki badań, przeprowadzonych wśród uczniów ZSTiO „Meritum” w Siemianowicach Śląskich, dotyczące m.in. tych zagadnień. Zaprezentowana zostanie również analiza rzeczywistej realizowalności planu wynikowego oraz podstawy programowej z fizyki. Przedstawiony zostanie również pogląd uczniów na niełatwy przedmiot jakim jest fizyka.

DOKĄD ZMIERZASZ MATURO? TRAFNOŚĆ I RZETELNOŚĆ EGZAMINU MATURALNEGO Z FIZYKI I ASTRONOMII

Zygmunt Mazur

Zakład Nauczania Fizyki Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego

Pojawienie się w systemie edukacji narodowej zewnętrznego egzaminu maturalnego z fizyki z astronomią ma doniosłe znaczenie dla nauczania tego przedmiotu w szkole. Poprzez właściwy dobór tematyki zadań, różnorodność sprawdzanych umiejętności, promocję sposobów oceniania uwzględniającego hierarchię ważności, egzamin zewnętrzny może wywierać pozytywny wpływ na nauczanie. W pewnym stopniu może nawet wymuszać pożądane zmiany, np. wykonywanie doświadczeń.

Jednak egzamin zewnętrzny może być także czynnikiem konserwującym złe nauczanie. Brak jasno sformułowanych wymagań i planu egzaminu, chaotyczność w doborze zadań, ich nietrafność (niezgodność z powszechnie rozumianą metodologią fizyki), ich abstrakcyjność (brak związku ze znaną uczniowi rzeczywistością) nie wskazują drogi nauczycielom i nie zachęcają uczniów do zdawania egzaminu z fizyki. Schematy oceniania zadań, które nie promują wiedzy fizycznej, a jedynie formalną stronę rozwiązania (np. przyznawanie punktu za poprawną odpowiedź twierdzącą na pytanie zaczynające się od *Czy...*, nawet wtedy, gdy z uzasadnienia tej odpowiedzi wynikało absolutnie błędne rozumienie zagadnienia) lub niezauważanie takich cech rozwiązania, jak nieprawidłowy zapis obliczeń fizycznych (brak jednostek, nieumiejętność zaokrąglania liczb) raczej zniechęcają nauczycieli do utrzymywania dobrej jakości nauczania tam, gdzie jeszcze ono występuje.

Analiza arkuszy egzaminacyjnych z lat 2007 – 2009 wskazuje, że matura z fizyki i astronomii jest bliższa temu drugiemu (negatywnemu) modelowi oddziaływania na nauczanie w szkole. Jakość arkuszy egzaminacyjnych z analizowanego okresu jest wyraźnie niższa niż tych z roku 2006. Szczególnie niską jakością wyróżniają się arkusze na poziomie rozszerzonym. Arkusze zawierają zadania niepoprawne merytorycznie i metodologicznie.

Do większości zadań dołączono zupełnie nietrafne schematy (wzorce) oceniania, co zdecydowanie obniżyło rzetelność tego egzaminu. Nierzetelność wyników egzaminu nie tylko daje zniekształconą informację o wiedzy i umiejętnościach konkretnego maturzysty, ale fałszuje obraz poziomu nauczania fizyki i astronomii w kraju.

EDUKACJA FIZYKI – METODY I EFEKTYWNOŚĆ

Andrzej Ptok

*Zespół Szkół Technicznych i Ogólnokształcących „Meritum”
41-100 Siemianowice Śląskie, ul. Katowicka 1*

Zaprezentowane zostaną wyniki badań przeprowadzonych na grupie uczniów w Zespole Szkół Technicznych i Ogólnokształcącym „Meritum” w Siemianowicach Śląskich. Badania dotyczyły m.in. środków dydaktycznych, metod nauczania oraz ich efektywności (efektywności, pod względem wyników osiągniętych przez uczniów).

ELEKTROSTATYKA UKŁADU NAŁADOWANYCH CIAŁ I JEJ NAUCZANIE

Z. Wroński

*Instytut Fizyki UMCS, pl. M. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin
e-mail: zdzislaw.wronski@poczta.umcs.lublin.pl*

W kursie fizyki w szkołach wyższych zwykle mówi się o elektrodynamice wyidealizowanych układów elektrycznych. Kiedy nauczamy o polu elektrycznym wokół jednorodnie naładowanego pierścienia, to raczej realizujemy aspekt matematyczny nauczania, wyjaśniając jak poprzez całkowanie otrzymać rozkład potencjału na osi tego pierścienia i tylko na osi pierścienia. Z tych względów studenci starszych lat, a nawet absolwenci z pewnym stażem naukowym, na pytanie jaki jest rozkład potencjału wzdłuż promienia pierścienia zwykle odpowiadają, że potencjał w wewnętrznej części płaszczyzny pierścienia jest stały i że natężenie pola jest tam też stałe. Powodem takich „niedoskonałych odpowiedzi” jest fakt, że takie zagadnienia, z natury skomplikowane, mogą być wyjaśnione w ramach zaawansowanej elektrodynamiki bazującej zwykle na analitycznych rozważaniach.

W wystąpieniu zostanie pokazana metoda numeryczna, oparta na prawie Coulomba pozwalająca określić pole elektryczne wokół naładowanego pierścienia czy układu dwu naładowanych elipsoid obrotowych „geometrycznie zdegenerowanych” niemal do formy okrągłej płytki lub pręta. Tą metodą można oszacować charakterystyki elektrostatyczne takich obiektów jak dwie kule metalowe ustawione w dowolnej odległości czy dwie metalowe tarcze tworzące realny kondensator płaski, w tym rozkład ładunku na tych ciałach i finalnie ich względną pojemność. Stosując tę metodę można określić na ile uzasadnione są wnioski Coulomba wyciągnięte przez niego z jego historycznego doświadczenia z odpychaniem się dwu naładowanych kulek o skończonych rozmiarach ustawionych w skończonej odległości.

Zostanie zaprezentowany także prosty eksperyment z pomiarem gęstości powierzchniowej ładunku na realnych metalowych bryłach, którego wyniki zadawalająco potwierdzają rezultaty numerycznego modelowania.

W prezentacji uwaga zostanie zwrócona na aspekt naukowy i dydaktyczny rozważanych zagadnień oraz na zalety proponowanej metody rozwiązywania problemów elektrostatyki, która jest prosta w porównaniu z metodą bazującą na rozwiązywaniu równania Laplace’a.

METODY ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ DOŚWIADCZALNYCH

Halina Pięta

Instytut Fizyki Uniwersytetu Opolskiego
hpieta@uni.opole.pl

Zadania realizowane w procesie nauczania-uczenia się fizyki są bardzo różnorodne. Aby zainteresować uczniów fizyką warto, by nauczyciel rozwiązywał z nimi zadania doświadczalne.

W celu właściwego i efektywnego kierowania procesem nauczania-uczenia się za pomocą doświadczeń fizycznych wymaga się wykształcenia u prowadzącego zajęcia lekcyjne szeregu umiejętności. Do najważniejszych można zaliczyć: umiejętność organizowania sytuacji problemowych za pomocą doświadczeń, kierowanie analizą faktów zaobserwowanych w doświadczeniu i wyciąganie wniosków z tych faktów, analizowanie wpływu czynników zewnętrznych na efekt doświadczenia i ustalanie sposobu ich eliminowania, szacowania niepewności pomiarowych, planowania czynności nauczyciela i ucznia w różnych fazach procesu rozwiązywania problemów z wykorzystaniem doświadczeń; jak również wykorzystania tzw. doświadczeń wolnych w pracy pozalekcyjnej;

Ponadto kierowanie pracą uczniów wymaga znajomości i ciągłego doskonalenia co najmniej dwu kolejnych umiejętności:

- wykorzystywania różnych metod do rozwiązywania zadań doświadczalnych;
- posługiwania się dyskusją jako formą zespołowego poszukiwania rozwiązań.

Uwzględniając powyższe zalecenia opracowano poster nt.: „Metody rozwiązywania zadań doświadczalnych”. W szczególności zawiera on: klasyfikację zadań doświadczalnych (z uwzględnieniem doświadczeń do realizacji zgodnie z aktualnym programem nauczania fizyki w gimnazjum i w szkole średniej) oraz przykłady wybranych zadań wraz z rozwiązaniami, z zastosowaniem różnorodnych metod.

Celem opracowania jest usprawnienie pracy nauczyciela fizyki oraz zachęcenie go do wykorzystywania zadań doświadczalnych w nauczaniu. W bogatym dorobku dydaktyki fizyki dowiedziono, iż stosowanie metod doświadczalnych w znacznym stopniu podnosi jakość kształcenia oraz pobudza zainteresowanie uczniów tym niełatwym przedmiotem, jakim jest fizyka.

Literatura:

1. D. Tokar: Nauczanie problemowe fizyki. Wyd. Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Opolu, Opole 1985.
2. M. Rozenbajgier, B. Sagnowska, J. Salach: Program nauczania fizyki w gimnazjum. Wyd. ZamKor, Kraków 2009.
3. B. Sagnowska, M. Fiałkowska, J. Salach: Program kształcenia fizyki w zakresie rozszerzonym dla szkoły średniej. Wyd. ZamKor, Kraków 2004.

NA KTÓRYM ETAPIE SYSTEMU EDUKACJI ZACZYNAMY KSZTAŁCIĆ UMYSŁ FIZYKA?

Alicja Wojtyna-Jodko

Stowarzyszenie Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych i Technicznych (SNPPiT) Bydgoszcz
e-mail: awjodko@wp.pl, www.snppit.scholaris.pl

Uczniowie, zarówno szkół podstawowych jak i ponadpodstawowych, mają trudności w przyswajaniu wiedzy, zwłaszcza w zakresie zagadnień przyrodniczo-technicznych, w tym fizyki. Wynikiem tych problemów jest zbyt mała liczba kandydatów na wyższe uczelnie, dobrze przygotowanych do studiowania fizyki.

W prezentacji przedstawione będą niektóre czynniki wywołujące trudności uczniów w przyswajaniu wiedzy, możliwe systemowe rozwiązania zapobiegające powstawaniu tych trudności, wpływ uniwersytetów oraz stowarzyszeń nauczycielskich na przygotowanie przyszłych studentów do studiowania fizyki.

ROLA EKSPERYMENTÓW FIZYCZNYCH W PRZEWYCIĘŻANIU TRUDNOŚCI W UCZENIU SIĘ UCZNIÓW SZKOŁY PODSTAWOWEJ

Alicja Wojtyna-Jodko

Stowarzyszenie Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych i Technicznych (SNPPiT) Bydgoszcz
e-mail: awjodko@wp.pl, www.snppit.scholaris.pl

Coraz częściej obserwujemy w szkołach podstawowych uczniów mających trudności w przyswajaniu wiedzy i wykształcaniu umiejętności, zwłaszcza w zakresie zagadnień przyrodniczo-technicznych. Ich percepcja wiedzy jest zmienna.

W prezentacji omówione będą niektóre przyczyny wywołujące zakłócenia rozwoju intelektualnego uczniów oraz wykorzystanie eksperymentów fizycznych do przewyćżania trudności w uczeniu się na poziomie szkoły podstawowej.

Przedstawione będą proste eksperymenty w zakresie pomiaru temperatury, ciśnienia i wilgotności, tworzenie przez uczniów bazy danych oraz prezentacji graficznej. Eksperymenty z wodą pokazują jakościowo zjawiska zachodzące na jej powierzchni.

Zaprezentowane będą też eksperymenty przygotowujące umysł dziecka w wieku 10–12 lat do rozumienia trudnych pojęć fizycznych, takich jak: wielkość wektorowa, linie sił pola, dualizm korpuskularno-falowy i względność.

Prezentacji towarzyszyć będzie mini-wystawa eksperymentów interakcyjnych (HANDS-ON), które pomagają uczniom pokonać trudności w uczeniu się.

ZANURZENI W PROMIENIOWANIU OPIS SCENARIUSZA ZGŁOSZONEGO NA KONKURS: „FIZYKA WSPÓŁCZESNA BLISKO NAS”

Danuta Biczewska

„Zanurzeni w promieniowaniu” jest propozycją scenariusza na dwie godziny lekcyjne dla uczniów gimnazjum. Myślę, że można ten scenariusz wykorzystać także w szkołach ponadgimnazjalnych jako wstęp do zagadnień z fizyki współczesnej.

Warto zacząć lekcję nietypowo, od zaproponowania podania przez uczniów skojarzeń ze słowem promieniowanie. Należy zapisać wszystkie skojarzenia, może w formie „gwiazdy” albo innej (niekoniecznie liniowo). Myślę, że będzie można wyróżnić dwie główne grupy znaczenia tego słowa: subiektywną i fizyczną. Na lekcji zajmiemy się wyjaśnieniem tego słowa w znaczeniu: „wydzielanie czegoś”, „przekazywanie energii na odległość”. Warto zwrócić uwagę na promieniowanie niejonizujące, ze wspomnieniem o falach elektromagnetycznych i ich źródłach a następnie przejść do promieniowania jonizującego. Najpierw krótko przypomnieć budowę atomu a potem omówić (w uproszczony sposób) rodzaje promieniowania jonizującego. Należy zwrócić uwagę na ciągłe jego występowanie od początku istnienia wszechświata jako wszechobecne promieniowanie naturalne.

Zasygnalizować o promieniotwórczości sztucznej. Zwrócić uwagę na zastosowania promieniowania jonizującego i substancji promieniotwórczych.

„PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ – DOBRODZIEJSTWO CZY PRZEKLEŃSTWO” KRÓTKI OPIS ZGŁOSZENIA DO KONKURSU: „FIZYKA WSPÓŁCZESNA BLISKO NAS”

Danuta Biczewska

„Promieniotwórczość – dobrodziejstwo czy przekleństwo” jest kursem typu b-learning (umieszczonym na platformie edukacyjnej Moodle) przeznaczonym dla uczniów gimnazjum w ramach projektu Młodzieżowej e-Akademii Nauk Matematyczno-Przyrodniczych o czasie trwania dwa miesiące. Tego typu kurs nadaje się do wykorzystania na zajęciach dodatkowych prowadzonych w podobnym czasie.

Kurs podzielony jest tematycznie. Oto poszczególne tematy:

1. Promieniowanie niejonizujące;
2. Zobaczyć niewidzialne – pionierzy badań nad promieniotwórczością;
3. Budowa atomu – klucz do wyjaśnienia zjawisk promieniowania i promieniotwórczości;
4. Promieniowanie jonizujące;
5. Działanie promieniowania jonizującego na organizmy żywe;
6. Zastosowania promieniowania jonizującego i substancji promieniotwórczych;
7. Największe naturalne źródło promieniowania jonizującego na Ziemi – radon;
8. Ochrona przed promieniowaniem jonizującym i problem odpadów promieniotwórczych.

Każdy temat zaczyna się od „Znaków zapytania” w których umieszczony jest krótki tekst będący nawiązaniem do omawianego zagadnienia. Dalej zagadnienie to jest rozwinięte i objaśnione. Kolejną część stanowią zadania. Znajdują się tutaj zarówno zadania typu: „Sprawdź się”, jak również innego charakteru, polegające na wyszukaniu dodatkowych informacji, ustosunkowaniu się do problemu, wykorzystaniu posiadanej wiedzy z innych przedmiotów itp.

Uzupełnieniem jest jeszcze jeden moduł, w którym zamieszczane są dodatkowe lub rozszerzające informacje o omawianych wcześniej zagadnieniach, udostępniane z powiązanim modułem tematycznym.

Kurs można przejrzeć pod adresem: <http://www.moodle.cel.agh.edu.pl/eakademia/login/> wpisując jako nazwę użytkownika: promdan, a jako hasło: Promienna.

Lista wystawców:

- **ZamKor P. Sagnowski i Wspólnicy Sp. J.**, ul. Tetmajera 19, 31 352 Kraków.
- **PREOPTIC Co. – Nikon**, ul. Arkuszowa 60, 01-934 Warszawa.
- **ABE Marketing**, ul. Grzybowska 37a, 00-855 Warszawa.
- **Gambit Centrum Oprogramowania i Szkoleń Sp. z o.o.**, Aleja Pokoju 29B/22-24, 31-546 Kraków.
- **Phywe Systeme GmbH** – przedstawiciel Eduka FRSK Sp. z o.o., ul. Lawendowa 6, 05-506 Lesznów.
- **Wydawnictwo Naukowe PWN**, ul. Postępu 18, 02-676 Warszawa.
- **Instytut Fotonowy Sp. z o.o.**, ul. Towarowa 9/8, 31 403 Kraków.
- **IPS – International Publishing Service Sp. z o.o.**, ul. Piękna 31/37, 00 677 Warszawa.
- **LABSOFT K. Herman**, ul. Wantule 12, 02-828 Warszawa.