

Organizatorzy



Politechnika Wrocławska



Uniwersytet
Wrocławski



Patronat



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Prezydent Wrocławia

44. ZJAZD FIZYKÓW POLSKICH



10-15 IX 2017 Wrocław

STRESZCZENIA



**44.
ZJAZD
FIZYKÓW
POLSKICH**



10-15 IX 2017 Wrocław

Streszczenia

Miejsce:

Centrum Kongresowe Politechniki Wrocławskiej (budynek D20),
ul. Janiszewskiego 8



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Zadanie finansowane w ramach umowy 942/1/P-DUN/2017 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.



Wrocławskie
Centrum
Akademickie

Konferencja współfinansowana ze środków Miasta Wrocławia w ramach programu Wrocławskie Konferencje Naukowe.

Szanowni Państwo,

44. Zjazd Fizyków Polskich (ZFP), któremu patronują Wicepremier, Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego, dr Jarosław Gowin oraz Prezydent Wrocławia dr Rafał Dutkiewicz, organizowany jest we Wrocławiu już po raz czwarty. Zjazd odbywa się w roku ogłoszonym przez Polskie Towarzystwo Fizyczne Rokiem Mariana Smoluchowskiego.

Organizatorami Zjazdu są: Oddział Wrocławski Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Wydział Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej, Wydział Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego oraz Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu. Miejscem Zjazdu jest nowoczesne Centrum Kongresowe Politechniki Wrocławskiej.

Wrocław, to ciągle dynamicznie rozwijające się miasto, które w regionie Polski południowo-zachodniej pełni funkcję społecznego i kulturalnego centrum, docenionego przyznaniem w 2016 r. tytułu Europejskiej Stolicy Kultury. Jest też ważnym ośrodkiem naukowym i akademickim, nawiązującym do spuścizny uczelni Lwowa. We Wrocławiu działa 11 uczelni państwowych oraz ponad 20 niepublicznych szkół wyższych, gdzie kształcą się ponad 150 tys. studentów. Działalność naukową i badawczo-rozwojową prowadzi tu, oprócz instytutów uczelnianych i trzech Instytutów PAN, szereg innych instytucji, w tym Wrocławskie Centrum Badań EIT+.

Zjazd Fizyków Polskich, czyli Kongres Polskiego Towarzystwa Fizycznego, organizowany już od niemal 100 lat, jest dla polskiego środowiska naukowego wydarzeniem najwyższej rangi, tradycyjnie goszczącym szerokie grono polskich naukowców pracujących zarówno w kraju jak i zagranicą, prezentujących najważniejsze osiągnięcia polskiej fizyki. Tegoroczny Zjazd uświetnią wykładami trzej laureaci Nagrody Nobla z fizyki: prof. Shuji Nakamura (Uniwersytet Kalifornijski w Santa Barbara; Nobel 2014 za wynalezienie wydajnej diody emitującej światło niebieskie), prof. Theodor W. Hänsch (Uniwersytet Monachijski; Nobel 2005 za rozwój precyzyjnej spektroskopii laserowej) oraz prof. Gerard 't Hooft (Uniwersytet w Utrechcie; Nobel 1999 za wyjaśnienie kwantowej struktury oddziaływań elektroslabych). Ponadto, na szczególną uwagę zasługują wystąpienia współtwórców intensywnie rozwijanej w Polsce informatyki kwantowej: prof. Charlesa Bennetta (Centrum Badawcze IBM im. Thomasa J. Watsona, USA) i prof. Antona Zeilingera (Uniwersytet Wiedeński), a także ks. prof. Michała Hellera (Uniwersytet Papieski Jana Pawła II w Krakowie; Nagroda Templetona 2008). Wykłady plenarne wygłosi także kilku *polskich noblistów*, czyli zdobywców Nagrody Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, w tym dwaj laureaci edycji tej nagrody w roku 2016: prof. Józef Spałek (Uniwersytet Jagielloński) i prof. Marek Samoć (Politechnika Wrocławska). Wykład inauguracyjny wygłosi prof. Andrzej Kajetan Wróblewski (Uniwersytet Warszawski).

Na program naukowy tradycyjnie składają się przedpołudniowe sesje plenarne, popołudniowe równoległe sesje specjalistyczne, sesje plakatowe oraz imprezy towarzyszące, w tym konferencja dydaktyczna poświęcona metodom aktywnego nauczaniu fizyki, otwarta sesja popularno-naukowa, pokazy dla uczniów, a także liczne wystawy książek, sprzętu i aparatury



badawczej. Wyjątkowym wydarzeniem będzie uroczyste odsłonięcie pomnika Mariana Smoluchowskiego. W trakcie Zjazdu odbędzie się też Walne Zebranie Delegatów Polskiego Towarzystwa Fizycznego oraz wręczenie Medalu i Nagród PTF.

Zjazd będzie doskonałą okazją do dyskusji, wymiany poglądów, promocji swych osiągnięć i nawiązywania współpracy, stając się miejscem naukowych spotkań doświadczonych i początkujących fizyków. Będą temu również sprzyjać zaplanowane atrakcje kulturalne i turystyczne, jak koncert w Narodowym Forum Muzyki oraz wycieczki do wyjątkowych miejsc i obiektów Wrocławia.

Organizatorzy 44. ZFP serdecznie dziękują patronom i sponsorom za wsparcie, bez którego nie udałoby się przygotować Kongresu w prezentowanym wymiarze. Wszystkim uczestnikom życzymy satysfakcji z udziału w Zjeździe i wielu pozytywnych wrażeń. Mamy nadzieję, że wszystko się uda znakomicie i zachowacie Państwo miłe wspomnienia z Wrocławia!

Prof. dr hab. Katarzyna Chałasińska-Macukow
Prezes Polskiego Towarzystwa Fizycznego

Prof. dr hab. inż. Arkadiusz Wójs
Przewodniczący Komitetu Programowego

Prof. dr hab. inż. Jan Misiewicz
Przewodniczący Międzynarodowego Komitetu Doradczego

Dr hab. inż. Włodzimierz Salejda, prof. nadzw.
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego



Organizatorzy



Oddział Wrocławski Polskiego Towarzystwa Fizycznego



Politechnika Wrocławska

Wydział Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej



**Uniwersytet
Wrocławski**

Wydział Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego



**Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych Polskiej Akademii
Nauk we Wrocławiu**

Patronat



**Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego**

**dr Jarosław Gowin, Wiceprezes Rady Ministrów,
Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego**



W R O C Ł A W

Prezydent Wrocławia

dr Rafał Dutkiewicz, Prezydent Wrocławia

Partnerzy i sponsorzy



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



KGHM
POLSKA MIEDŹ



WROCLAW



Wrocławskie
Centrum
Akademiczne



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju



POLSKA AKADEMIA NAUK



Bank Polski



BGK
BANK GOSPODARSTWA
KRAJOWEGO



Santander
UNIVERSIDADES

Bank Zachodni WBK



Grupa Santander



THE ACADEMY OF EUROPE



SURY'S

H O L O G R A M ■ I N D U S T R I E S

Canon

CANON OPHTHALMIC TECHNOLOGIES Sp. z o.o.



URZĄD MARSZAŁKOWSKI WOJEWÓDZTWA DOLNOŚLĄSKIEGO



**DOLNY
ŚLĄSK**

www.umwd.pl



HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS



PHYWE
ekspert w dydaktyce



Moc wiedzy



shim-pol

MS Spektrum

Patronat medialny



Komitet Honorowy

Prof. dr hab. Andrzej Białas

Prezes Polskiej Akademii Umiejętności

Prof. dr hab. Zbigniew Błocki

Dyrektor Narodowego Centrum Nauki

Prof. dr hab. Katarzyna Chałasińska-Macukow

Prezes Polskiego Towarzystwa Fizycznego

Prof. dr hab. inż. Maciej Chorowski

Dyrektor Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

Prof. dr hab. Jerzy Duszyński

Prezes Polskiej Akademii Nauk

Dr Rafał Dutkiewicz

Prezydent Wrocławia

Paweł Hreniak

Wojewoda Dolnośląski

Prof. dr hab. Adam Jezierski

Rektor Uniwersytetu Wrocławskiego

Prof. dr hab. Andrzej Jeżowski

Dyrektor Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych
Polskiej Akademii Nauk

Roman Kowalczyk

Dolnośląski Kurator Oświaty

Prof. dr hab. Franciszek Krok

Przewodniczący Komitetu Fizyki Polskiej Akademii Nauk

Prof. dr hab. inż. Cezary Madryas

Rektor Politechniki Wrocławskiej

Cezary Przybylski

Marszałek Województwa Dolnośląskiego

Prof. dr hab. Maciej Żylicz

Prezes Zarządu Fundacji na rzecz Nauki Polskiej

Komitet Programowy

Przewodniczący

Prof. dr hab. inż. Arkadiusz Wójs
Politechnika Wrocławska

Członkowie

Prof. dr hab. Konrad Banaszek
Uniwersytet Warszawski

Prof. dr hab. Mariusz Dąbrowski
Uniwersytet Szczeciński

Dr hab. Ewa Dębowska, prof. nadzw.
Uniwersytet Wrocławski

Prof. dr hab. Zofia Drzazga
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Prof. dr hab. Tadeusz Stacewicz
Uniwersytet Warszawski

Prof. dr hab. Dariusz Kaczorowski
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN
we Wrocławiu

Prof. dr hab. Piotr Kossacki
Uniwersytet Warszawski

Prof. dr hab. Jerzy Kowalski-Glikman
Uniwersytet Wrocławski

Prof. dr hab. Krzysztof Kułakowski
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Prof. dr hab. Marek Kuś
Centrum Fizyki Teoretycznej PAN w Warszawie

Prof. dr hab. Jerzy Łuczka
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Prof. dr hab. Adam Miranowicz
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Prof. dr hab. Marek Pfützner
Uniwersytet Warszawski

Prof. dr hab. Sylwester Porowski
Instytut Wysokich Ciśnień PAN w Warszawie

Prof. dr hab. Ewa Rondio
Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku

Międzynarodowy Komitet Doradczy

Przewodniczący

Prof. dr hab. inż. Jan Misiewicz
Politechnika Wrocławska

Członkowie

Prof. dr hab. Janusz Braziewicz
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Prof. dr hab. Ryszard Czajka
Politechnika Poznańska

Prof. dr hab. Konrad Czerski
Uniwersytet Szczeciński

Prof. dr hab. Mariusz P. Dąbrowski
Uniwersytet Szczeciński

Prof. dr hab. Marek Demiański
Uniwersytet Warszawski

Dr hab. Beata Derkowska-Zielińska
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Mgr Maria Dobkowska
Zespół Szkół Integracyjnych nr 62 w Warszawie

Prof. Artur Ekert
University of Oxford, Wielka Brytania

Prof. dr hab. Kazimierz Fabisiak
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszcy

Prof. dr hab. Bogdan Fornal
Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie

Prof. Jacek Furdyna
University of Notre Dame, USA

Prof. dr hab. Wojciech Gawlik
Uniwersytet Jagielloński

Prof. Michael Giersig
Freie Universität Berlin, Niemcy

Prof. dr hab. Ewa Gudowska-Nowak
Uniwersytet Jagielloński

Prof. Paweł Hawrylak
University of Ottawa, Kanada

Prof. dr hab. Janusz Hołyś
Politechnika Warszawska

Prof. dr hab. Ryszard Horodecki

Uniwersytet Gdański

Dr Jerzy Jarosz

Uniwersytet Śląski w Katowicach

Prof. dr hab. Włodzimierz Jaskólski

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Prof. dr hab. Marek Jeżabek

Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie

Prof. dr hab. Wiesław A. Kamiński

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Prof. dr hab. Ryszard Kępa

Uniwersytet Rzeszowski

Prof. dr hab. Maciej Kolwas

Instytut Fizyki PAN w Warszawie

Dr hab. Paweł Kukołowicz

Centrum Onkologii w Warszawie

Prof. Maciej Lewenstein

Institut de Ciències Fotòniques (Barcelona), Hiszpania

Prof. dr hab. Andrzej Maziewski

Uniwersytet w Białymstoku

Prof. dr hab. Jan Mostowski

Instytut Fizyki PAN w Warszawie

Prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Prof. Witold Nazarewicz

Michigan State University, USA

Prof. dr hab. Stefan Pokorski

Uniwersytet Warszawski

Dr hab. inż. Jolanta Prywer

Politechnika Łódzka

Prof. dr hab. Czesław Radzewicz

Uniwersytet Warszawski

Prof. dr hab. Krzysztof Redlich

Uniwersytet Wrocławski

Prof. dr hab. Leszek Sirko

Instytut Fizyki PAN w Warszawie

Prof. dr hab. Józef Spałek

Uniwersytet Jagielloński

Prof. dr hab. Marek Stankiewicz

Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego „Solaris”
w Krakowie

Prof. dr hab. Józef Sznajd

Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN
we Wrocławiu

Prof. dr hab. Andrzej Ślebarski

Uniwersytet Śląski w Katowicach

Prof. dr hab. Roman Świetlik

Instytut Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu

Mgr Dobromiła Szczepaniak

Liceum Ogólnokształcące nr 1 we Wrocławiu

Prof. dr hab. inż. Janusz Tobała

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Prof. dr hab. Wacław Urbańczyk

Politechnika Wrocławska

Prof. Władysław Walukiewicz

Lawrence Berkeley Laboratory, USA

Prof. dr hab. Jerzy Wołowski

Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie

Prof. dr hab. Antoni Wójcik

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Prof. dr hab. Karol I. Wysokiński

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Dr hab. Sylwia Zielińska-Raczyńska

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Prof. dr hab. Piotr Zieliński

Politechnika Krakowska / Instytut Fizyki Jądrowej PAN

Prof. dr hab. Elżbieta Zipper

Uniwersytet Śląski w Katowicach

Prof. dr hab. Marek Zrałek

Uniwersytet Śląski w Katowicach

Prof. dr hab. Marek Żukowski

Uniwersytet Gdański

Prof. Wojciech Żurek

Los Alamos National Laboratory, USA

Komitet Organizacyjny

Przewodniczący

Dr hab. inż. Włodzimierz Salejda, prof. nadzw.
Politechnika Wrocławska

Wiceprzewodniczący

Prof. dr hab. Krzysztof Rogacki
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we
Wrocławiu

Skarbnik

Dr inż. Wojciech Rudno-Rudziński
Politechnika Wrocławska

Sekretarz

Dr inż. Paweł Potasz
Politechnika Wrocławska

Członkowie

Dr Tomasz Greczyło
Uniwersytet Wrocławski

Mgr inż. Kamil Krzemiński
Politechnika Wrocławska

Dr hab. Janusz Miśkiewicz
Uniwersytet Wrocławski

Prof. dr hab. Antoni Mitus
Politechnika Wrocławska

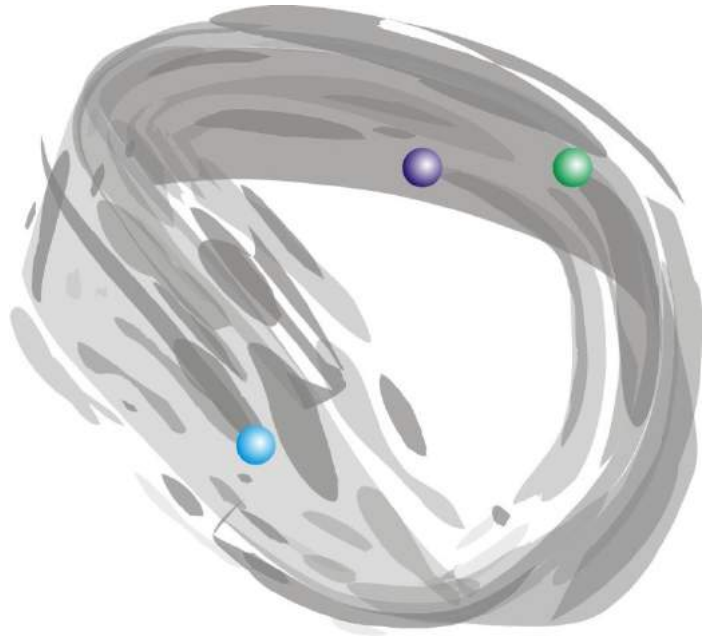
Dr Anna Musiał
Politechnika Wrocławska

Dr inż. Krzysztof Ryczko
Politechnika Wrocławska

Dr inż. Piotr Sitarek
Politechnika Wrocławska

Mgr inż. Tomasz Woźniak
Politechnika Wrocławska

Monika Wrzałek
Politechnika Wrocławska



10 września

Konferencja dydaktyczna

Współczesne konteksty nauczania fizyki
Nauczanie przez działanie - warsztaty

Program konferencji

10.00 – 10.20	Tomasz Greczyło, UWr, IFD	<i>Po co nam podstawa programowa fizyki?</i>
10.20 – 10.50	Kornelia Rybicka, UAM, Poznań Stanisław Plebański, PWSZ w Kaliszu Stanisław Jakubowicz, DSW, Wrocław	<i>Praca z tekstem</i>
10.50 – 11.20	Jan Miodek, UWr, Wrocław	<i>Problemy języka naukowego</i>
11.20 – 11.40		Przerwa kawowa
11.40 – 12.10	Leszek Pułka, UWr, Wrocław	<i>Tradycja, nowoczesne media, szkoła</i>
12.10 – 12.30	Tomasz Greczyło, UWr, Wrocław	<i>Nauczanie fizyki ery urządzeń mobilnych</i>
12.30 – 13.00	Marek Thomas, UAM, Poznań	<i>Fizyka bąbelków</i>
13.00 – 13.30	Anna Hajdusianek, PWr, Wrocław	<i>Nauczanie fizyki w działaniu</i>
13.30 – 14.30		Przerwa obiadowa
14.30 – 15.15	Anna Hajdusianek, PWr, Wrocław Piotr Biegański, PWr, Wrocław Tomasz Greczyło, UWr, Wrocław Dobromiła Szczepaniak, V LO, Wrocław Wojciech Gańcza, Międzyszkolne Koło Fizyki Doświadczalnej, Wrocław Zasław Adamaszek, PWN	<i>Targi dobrej lekcji</i>
15.15 – 16.00	I. Dagmara Sokołowska, UJ, Kraków II. Tomasz Greczyło, UWr, Wrocław III. Ryszard Poprawski, Agnieszka Ciżman i Beata Radojewska, PWr, Wrocław IV. Zasław Adamaszek, PWN, Warszawa V. Andrzej Pieńkowski, Kamil Śliwowski, Fundacja Katalyst Education, Warszawa	<i>Nauczanie przez działanie - warsztaty I, II, III, IV, V</i>
16.00 – 16.15		Przerwa kawowa
16.15 – 17.00	I. Dagmara Sokołowska, UJ, Kraków II. Tomasz Greczyło, UWr, Wrocław III. Ryszard Poprawski, Agnieszka Ciżman i Beata Radojewska, PWr, Wrocław IV. Zasław Adamaszek, PWN, Warszawa V. Andrzej Pieńkowski, Kamil Śliwowski, Fundacja Katalyst Education, Warszawa	<i>Nauczanie przez działanie - warsztaty I, II, III, IV, V</i>

Po co nam podstawa programowa fizyki?

Tomasz Greczyło

*Zakład Nauczania Fizyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław*

Wystąpienie będzie miało charakter rozważań podsumowujących efekty pracy, powołanego przez Minister Edukacji Narodowej Annę Zalewską, zespołu ekspertów do prac nad tworzeniem podstawy programowej kształcenia ogólnego z przedmiotu fizyka.

W toku wystąpienia autor przedstawi założenia, którymi kierowali się autorzy dokumentu oraz omówi wybrane zapisy podstawy programowej kształcenia ogólnego [1] dla wszystkich etapów edukacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem zmian.

Prezentację zamkną propozycje działań służących wypracowaniu sposobów ewaluacji procesu wdrażania oraz realizacji zapisów podstawy programowej fizyki, a także perspektywy prac nad jej doskonaleniem.

[1] Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej, Dz.U. 2017, poz. 356.

Praca z tekstem

Kornelia Rybicka¹, Stanisław Plebański², Stanisław Jakubowicz³¹Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań²Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa, Kalisz³Dolnośląska Szkoła Wyższa, Wrocław

W podstawie programowej dla szkoły podstawowej (2017) propozycja pracy z konkretnym rodzajem tekstu występuje w ścisłym przyporządkowaniu do przedmiotu nauczania. Pojawiające się typy tekstów: *matematyczny, popularnonaukowy, źródłowy, kultury, do muzyki, z języka obcego*, przewidują wypełnienie luk w strukturze uczniowskiej wiedzy. Czy zwiążą ją w całość, nie pogłębiając przepaści między kulturą naukową a humanistyczną? – pytają Autorzy.

Tak jak Richard Feynman [1] tworzy taksonomiczny, niedomknięty krąg wiedzy: *podstawowe prawa fizyki – własności substancji – złożona organizacja materii – człowiek, historia, polityka – zło, piękno, nadzieja...* z nadzieją domknięcia tego kręgu w przyszłości, to wciąż aktualna wydaje się przestroga Charlesa Snowa [2] sprzed ponad pół wieku, dotycząca równoległego funkcjonowania dwóch kultur, które nie mogą znaleźć wspólnego języka.

Na płaszczyźnie szkolnej bezsprzecznie łączy przedmioty humanistyczne i matematyczno-przyrodnicze psychologia kształcenia, wspomagana współcześnie przez neuronauki [3,4]. Motywację wewnętrzną ucznia może wzmacniać kontekst, w jakim umieszczono rozwiązywane problemy. Takim kontekstem są pojawiające się w utworach literackich słowa i związki wyrazowe, które należą do pola semantycznego nauk przyrodniczo-matematycznych [5,6]. Jedynie stosowanie w kształceniu przyrodniczym całego spektrum tekstów upoważnia do stwierdzenia, że fizyka przynosi nam zrozumienie świata „nie tylko w warstwie materialnej, ale również kulturowej” (Podstawa programowa, 2017).

Literatura

- [1] R.P. Feynman, *Charakter praw fizycznych*, s. 131-133, Warszawa: Wydawnictwo Prószyński i S-ka (2000).
- [2] C.P. Snow, *Dwie kultury*, Warszawa: Wydawnictwo Prószyński i S-ka (1999).
- [3] K. Rybicka, *Diagnoza twórczych działań mózgu*, w: B. Niemierko, M.K. Szmigel (red.), *Diagnozy edukacyjne. Dorobek i nowe zadania*, Gdańsk: Wydawnictwo PTDE (2014).
- [4] K. Rybicka, S. Plebański, *Budowanie, wzmacnianie i diagnozowanie motywacji wewnętrznej uczniów*, w: B. Niemierko, M.K. Szmigel (red.), *Diagnozowanie twórczości uczniów i nauczycieli*, Kraków: Wydawnictwo PTDE (2016).
- [5] A. Staff, *Literacka astronomia. Wiedza? Przeżycie? Metafora?* w: B. Burdziej, G. Halkiewicz-Sojak (red.), *Poezja i astronomia*, Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (2006). <https://men.gov.pl/projekt-podstawa-programowa> (dostęp: 31.03.2017).
- [6] S. Jakubowicz, S. Plebański, K. Rybicka, B. Udzik, *Czytaj i myśl. Zderzenia literatury z fizyką*, Kielce: Wydawnictwo Pedagogiczne (2007).

Problemy języka naukowego

Jan Miodek

Uniwersytet Wrocławski, Wrocław

Tradycja. Nowoczesne media, szkoła

Leszek Pułka

*Institut Dziennikarstwa Uniwersytetu Wrocławskiego
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław*

Teoretycznie dydaktyka szkolna ma wdrożyć ucznia do działań analityczno-interpretacyjnych wobec dowolnego aktu komunikacji, ma go nauczyć wypowiadać się sensownie, czyli logicznie i gramatycznie, wszakże nowe media nie są ani logiczne, ani gramatyczne. Są przyjemnościowe, konfidencyjne, sprzyjają anonimowości, hejtingowi, destrygują autorytety, znoszą poczucie diachronii.

Media zawsze są czyjeś – nie ma zatem tradycji powszechnej, jest tradycja mediów. Jej cechy to cechy kultury popularnej: recykling, covery, przeboje (top listy), kolekcje, kiczowatość itd. Świat zachowań i materialnych artefaktów użytkowników nowych mediów jest z gruntu alternatywny wobec szkoły, czerpiącej z dobrze rozpoznanych gatunków i bibliotek literatury, teatru, muzyki, fotografii czy filmu oraz ich wielorakich kontaminacji, lecz i z tradycyjnych instrumentów. Jest czasoprzestrzenią obok szkoły.

Matematyka i prawdopodobieństwo decydują, co jest dla konsumentenckim spełnieniem. Boty oparte na logarytmach już piszą artykuły i decydują o tym, jaki film czy muzyka może nam się podobać.

Synkretyczne media społecznościowe, ale także samplizacja i smartfonizacja tradycyjnych procesów komunikacyjnych spowodowały nieodwracalne zmiany kulturowe, czyli autonomizację oraz/lub opozycyjność dyskursów: sztuki, anty-sztuki, sztuki a rebours czy off-sztuki. Uznajmy, że nawet jeśli sztuka to mikrofundament edukacji, to tradycyjna przestrzeń komunikowania szkoły jest nacechowana upolitycznioną dydaktyką państwa lub warstwy społecznej. Szkoła indoktrynuje.

Tzw. nowe media są tak globalne technologicznie, czyli łatwe w praktyce codziennej, że umożliwiły – paradoksalnie – powołanie wspólnot lokalnych i regionalnych, które nie mieszczą się w paradygmatach szkoły, lecz sprzyjają dyskursom alterglobalistycznym. Nowe media dają nieograniczoną wolność wyboru. Rzecz zatem w tym, że nie przygotowują do życia społecznego według tego modelu socjalizacji, za którym stoi szkoła. Media są przeciw tradycji pojmowanej jako tzw. wspólnotowa, zhierarchizowana kolekcja doświadczeń. Media oferują systemem zero-jedynkowych bramek kompetencyjnych, rytuałów powtarzanych bez konsekwencji utraty statusu społecznego oraz wielokrotnych, fikcyjnych egzystencji:

- nie są kompetencyjne, lecz sformatowane;
- bez konsekwencji intelektualnych transformują materię tekstów;
- uruchamiają nieskończone kolekcje pozaszkolnych artefaktów;
- dysponują bezkonkurencyjną, polifoniczną i polisemiotyczną biblioteką;
- oferują konkurencyjne i opozycyjne języki i katalogi znaków;
- są nieskomplikowane w obsłudze i wspierane generacyjnymi ścieżkami interpretacji – plug in/plug out;
- memetyzują tradycję, dekonstruując autorytety;
- kreują własne podesty historyczne.

A zatem w nowych mediach tradycja jest w jakiejś mierze nieodwołalnie konstrukcją fikcyjną i niefunkcjonalną.

Nauczanie fizyki ery urządzeń mobilnych

Tomasz Greczyło

*Zakład Nauczania Fizyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław*

Podczas prezentacji autor omówi wybrane przykłady różnorodnych technologii informacyjno-komunikacyjnych (m.in. portale, aplikacje, narzędzia) oraz nakreśli potencjalne konsekwencje ich wykorzystania w edukacji fizycznej [1, 2]. Rozważania prowadzone będą w odniesieniu do zasad dydaktycznych [3].

- [1] T. Greczyło, Nowe technologie informacyjno-komunikacyjne w edukacji przyrodniczej. Raport w ramach projektu Akademia Profesjonalnego Nauczyciela, MSCDN-OEliZK (2015).
- [2] Dydaktyka cyfrowa epoki smartfona, red. nauk. M. Wieczorek-Tomaszewska, Stowarzyszenie “Miasta w Internecie” (2013).
- [3] Sztuka nauczania. Czynności nauczyciela, red. K. Kruszewski, wydanie V, WN PWN, W-wa (1998).



Fizyka bąbelków

Marek Thomas

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Fizyki, Zakład Teorii Ciała Stałego

Tytułowymi bąbelkami są krople bądź pęcherzyki płynów: np. krople cieczy w gazach lub pęcherzyki gazowe w cieczach.

Omówione zostaną wybrane zjawiska dotyczące tego typu obiektów odzwierciedlające ich mikroskalową strukturę. Interesuje nas wpływ ich budowy molekularnej (drobinowej) oraz oddziaływań międzymolekularnych na przebieg procesów termodynamicznych obserwowanych w makroskali.

Uwagę skupimy np. na omówieniu wpływu napięcia powierzchniowego na kształt kropli, zachowanie się kropelek w strumieniach deszczu, ich rozbryzgiwaniu się po uderzeniu w podłoże jak również przebieg zjawiska Leidenfrosta.

Interesować nas będzie opis zjawisk parowania i wrzenia (na przykładzie wody). Wskazany zostanie mechanizm tworzenia się pęcherzyków w przebiegu takiej przemiany fazowej. Omówimy szczególnie rolę pęcherzyków w napojach mocno saturoowanych.

Przy okazji zwrócimy uwagę na techniki obserwacji dynamiki szybkich procesów w mikroskali oraz na niektóre, wcale nietrywialnie, aspekty fizyki omawianych zjawisk.

Przedstawiona prezentacja ma być propozycją zebrania w pewną dydaktyczną całość lub podsumowania informacji na temat wybranych elementów termodynamiki, fizyki molekularnej czy dynamiki płynów w sposób odnoszący się do przykładów zjawisk czy procesów, z jakimi mamy do czynienia wokół nas. Z drugiej strony przesłaniem jest ukazanie, jak zachowanie się materii w skalach drobin przejawia się w przebiegu tego, co obserwujemy w skali makro.

Nauczanie fizyki w działaniu

Anna Hajdusianek

*Katedra Fizyki Teoretycznej
Wydział Podstawowych Problemów Techniki
Politechnika Wroclawska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
Wroclaw*

Wiedza fizyczna jest ważnym elementem wykształcenia nowoczesnego młodego człowieka. W Stanach Zjednoczonych i wielu krajach Europejskich poświęca się coraz więcej uwagi naukom STEM (Science Technology Engineering Mathematics) [1], do których należy także fizyka.

Sposób, w jaki fizyka jest nauczana oraz zakres używanych pomocy naukowych często decydują o atrakcyjności danego przedmiotu. Wprowadzanie eksperymentów na lekcjach rozbudza przede wszystkim w uczniach ciekawość, ale też wyjaśnia dane zjawisko i pomaga w jego zapamiętywaniu. Podobnie, tworzenie własnych eksperymentów, jest cennym sposobem na zainteresowanie uczniów danym tematem. W ten sposób rozwija się, szczególnie u młodszych dzieci, umiejętności nie tylko związane z nauką fizyki ale także z pracami inżynierskimi lub manualnymi.

Od ponad dziesięciu lat prowadzimy na naszej uczelni, w ramach Akademii Młodych Odkrywców, zajęcia dla dzieci, popularyzujące fizykę. Akademia finansowana jest przez Politechnikę Wrocławską oraz firmę Boeing [2]. Największym zainteresowaniem podczas zajęć cieszą się eksperymenty z fizyki. Dzieci często powtarzają je samodzielnie w domu, przy asyście rodziców.

Drugim, ważnym sposobem, uczenia się fizyki jest przeprowadzanie ćwiczeń laboratoryjnych, podczas których dzieci i młodzież mogą nie tylko wykonać eksperyment, zebrać dane pomiarowe, ale także opracować je i wyznaczyć wartości badanych wielkości fizycznych w celu porównania ich z wartościami literaturowymi. Aby umożliwić wykonywanie eksperymentów laboratoryjnych w różnych odległych od Politechniki Wrocławskiej miejscach, powstało i cały czas się rozwija, mobilne laboratorium fizyki AMO. Wszystkie eksperymenty zostały tak zaprojektowane, aby sprzęt zmieścił się w samochodzie osobowym oraz żeby ich liczba wystarczyła do przeprowadzenia ćwiczeń laboratoryjnych jednocześnie przez 25-30 osób.

Podczas referatu zostaną zaprezentowane możliwości konstruowania różnych zestawów eksperymentów, zarówno pokazowych, jak i potrzebnych od ćwiczeń laboratoryjnych. Omówione zostaną także ciekawe pomysły na zajęcia laboratoryjne dla dzieci i młodzieży oraz rozwiązania techniczne zastosowane w mobilnym laboratorium fizyki.

[1] <https://www.ed.gov/stem>

[2] www.amo.pwr.edu.pl



Targi dobrej lekcji

Tomasz Greczyło

*Zakład Nauczania Fizyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław*

Aktywność pn. *Targi dobrej lekcji* stanowi platformę dla prezentacji przykładów dobrych praktyk edukacyjnych przez refleksyjnych praktyków – nauczycieli fizyki różnych etapów edukacyjnych. W założeniu pomysłodawców przedsięwzięcia, podczas targów stworzone zostaną warunki i przestrzeń do bezpośrednich kontaktów między autorami konkretnego rozwiązania dydaktycznego, a innymi uczestnikami konferencji. Inicjatywa ma charakter nieformalny. Zakres poszczególnych prezentacji oraz ich tematyka podporządkowane są idei dzielenia się przykładami dobrych praktyk i nie podlega recenzji organizatorów. Indywidualne kontakty oraz dyskusje w małym gronie mają stanowić impuls do rozwijania warsztatu pracy nauczycieli oraz czerpania inspiracji z propozycji innych.

Zachęcamy uczestników konferencji do wykorzystania tego czasu do prezentacji własnych rozwiązań dydaktycznych bądź rozmów z osobami prezentującymi.

Warsztaty: Student obecny duchem – czyli jak angażować studentów podczas ćwiczeń

Dagmara Sokolowska

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

Nauki przyrodnicze i ściśle postrzegane są jako atrakcyjne w dużej mierze dlatego, że dają możliwość aktywnego, praktycznego zaangażowania w postaci uczestnictwa w prowadzeniu eksperymentów. Czynnikiem ten nie jest jednak elementem dominującym podczas studiowania tych nauk, o czym szybko przekonują się studenci biologii, chemii, fizyki i nauk pokrewnych, spędzający długie godziny na tzw. ćwiczeniach rachunkowych lub teoretycznych.

Zajęcia warsztatowe oparte zostaną na, stosowanej na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ, metodzie do prowadzenia ćwiczeń rachunkowych dla I roku kierunków: fizyka, biofizyka, zaawansowane materiały i nanotechnologia oraz studiów matematyczno-przyrodniczych. Wykorzystuje się w niej cykl IPITHIA (Individual work - Peer Instruction – Tutor's Help – Instructions for All), w którym studenci sami biorą odpowiedzialność za tok zajęć, rozwiązując problemy teoretyczne w parach lub w kilkusobowych grupach, we własnym tempie, niezależnym od tempa pracy innych. Asystent pełni w tej metodzie rolę wspierającą, w dużej mierze opartą na indywidualnym podejściu do każdego studenta z osobna i poszukującą szczegółowych trudności poszczególnych studentów w rozwiązywaniu konkretnych zagadnień.

Metodę IPITHIA z powodzeniem stosujemy od siedmiu lat, prowadząc badania nad jej skutecznością w porównaniu do tradycyjnych metod prowadzenia zajęć rachunkowych i teoretycznych na WFAIS UJ. Może ona zostać także wykorzystana na lekcjach fizyki na wcześniejszych etapach kształcenia.



Warsztaty: Nauczanie przez działanie

Tomasz Greczyło

*Zakład Nauczania Fizyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław*

Zajęcia będą miały charakter warsztatów praktycznych, podczas których uczestnicy wykonają wybrane demonstracje i doświadczenia zawarte w podstawie programowej kształcenia ogólnego z przedmiotu fizyka [1]. Wśród nich znajdują się m. in.:

- badanie związku między siłą dośrodkową a masą ciała, jego prędkością liniową oraz promieniem krzywizny toru, w ruchu jednostajnym po okręgu,
- wyznaczanie wartości współczynnika tarcia na podstawie analizy ruchu ciała na równi pochyłej,
- wyznaczanie masy ciała z wykorzystaniem dźwigni,
- ilustrowanie prostoliniowego rozchodzenia się światła w ośrodku jednorodnym na przykładzie kamery otworkowej,
- demonstrowanie rozpraszania światła białego (zjawisko Tyndalla),
- wyznaczanie wartości współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego.

Podczas zajęć uczestnicy będą pracować w dwuosobowych grupach i korzystać z uczniowskich kart pracy.

Zajęcia zakończy dyskusja nad zaletami i wadami nauczania przez działanie.

[1] Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej, Dz.U. 2017, poz. 356.

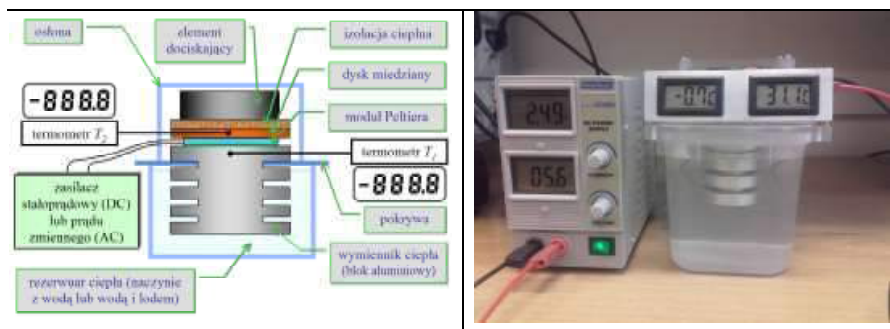
Warsztaty: Zjawiska termoelektryczne w pracowni fizycznej

R. Poprawski, A. Ciżman, E. B. Radojewska

Politechnika Wroclawska, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Katedra Fizyki
Doświadczalnej, 50–370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27

Do zjawisk termoelektrycznych zaliczane są: zjawisko Joule’a – Lenza, Seebecka, Peltiera i Thomsona. **Zjawisko Joule’a–Lenza** polega na zamianie energii elektrycznej na ciepło podczas przepływu prądu przez opornik, **zjawisko Seebecka** polega na generowaniu siły elektromotorycznej między złączami wykonanymi z dwóch różnych materiałów, przewodzących prąd elektryczny, **zjawisko Peltiera** polega na wydzielaniu lub pochłanianiu ciepła przez złącze różnych metali lub półprzewodników podczas przepływu przez to złącze prądu elektrycznego natomiast **zjawisko Thomsona** polega na generowaniu lub pochłanianiu ciepła podczas przepływu prądu przez przewodnik, w którym występuje gradient temperatury.

Zjawisko Seebecka jest wykorzystywane do pomiaru temperatury i zmian temperatury, bezpośredniego przetwarzania energii cieplnej na energię elektryczną np. w radioizotopowych generatorach termoelektrycznych stosowanych do zasilania sond kosmicznych i łazików marsjańskich. Zjawisko Peltiera jest wykorzystywane do budowy pomp ciepła i układów chłodzących stosowanych w chłodnictwie, medycynie i elektronice. Z tych względów uważamy za celowe zapoznanie uczniów szkół średnich i studentów kierunków ścisłych i inżynierskich z podstawami zjawisk termoelektrycznych.



Schemat i fotografia układu do badania modułu Peltiera

Układ pomiarowy jest złożony z półprzewodnikowego modułu termoelektrycznego (modułu Peltiera) umieszczonego na aluminiowym wymienniku ciepła, częściowo zanurzonemu w naczyniu z wodą. Na module jest umieszczona płytką miedziana oraz zasilacz prądu stałego z wbudowanymi miernikami natężenia prądu i napięcia. W górnej części aluminiowego wymiennika ciepła oraz w płytce miedzianej znajdują się otwory, w których umieszczone są czujniki temperatury połączone z termometrami elektronicznymi.

Prosty i tani układ pomiarowy umożliwia demonstrację i badanie: zjawiska Seebecka, zastosowania modułu termoelektrycznego do bezpośredniego przetwarzania energii cieplnej na elektryczną, zjawiska Peltiera, działania chłodziarki peltierowskiej, roli ciepła Joule’a w bilansie cieplnym modułu jak również wyznaczenie sprawności grzania i chłodzenia modułu Peltiera oraz wyznaczenie wilgotności powietrza.

Uczestnicy Warsztatów będą mogli zapoznać się z budową, zasadą działania, obsługą i szerokim zakresem możliwości pomiarowych i demonstracyjnych prezentowanych układów. Więcej informacji można znaleźć na stronie <http://www.lpf.wppt.wpr.edu.pl> (Ćw.37 i Ćw. 38).

Współczesne konteksty nauczania fizyki - warsztaty



Warsztaty: Fizyczne ścieżki biologii

Zasław Adamaszek

*Autor książek popularyzujących naukę przez samodzielne wykonywanie doświadczeń;
współpracuje z Wydawnictwem Naukowym PWN w ramach serii
„Laboratorium w szufladzie”*

Biologia jest najlepszym, bo otaczającym nas zewsząd, zastosowaniem praw fizycznych w praktyce. Obserwując specyficzne cechy świata ożywionego można dostrzec stojące za nimi uwarunkowania wynikające z fizyki. Po prawdzie – to innych nie ma! W warsztatowej formie można je odwzorować, zbadać i efektownie zaprezentować. To dobry punkt wyjścia nie tylko do przeprowadzenia ciekawej lekcji. Fizyk we współpracy z nauczycielem przyrody, geografii lub chemii może łatwo stworzyć cykl lekcji interdyscyplinarnych, na których tradycyjny podział przedmiotowy zostaje zastąpiony spojrzeniem wielostronnym. To nie wyklucza odrębności dyscyplinarnej, a poprawia rozumienie zjawisk obserwowanych w świecie ożywionym. Pokazanie np. motorycznych cech mikroorganizmów w kontekście fizycznym zwykle jest dobrym kluczem do poprawy ogólnej zrozumiałości treści.

Warsztaty podpowiedzą nie tylko, jak grupować zagadnienia w spójne tematycznie lekcje. Także, jak w ramach interdyscyplinarnych lekcji prowadzić przekonujące, zapadające w pamięć doświadczenia znikomo niskim kosztem. Takie, które zaangażowany uczeń może też powtórzyć samodzielnie w domu. Nie tylko jako praca zaliczeniowa. Także dlatego, że to po prostu atrakcyjne.

Warsztaty – Skąd brać darmowe treści i zasoby graficzne na lekcje fizyki?

Andrzej Pieńkowski, Kamil Śliwowski

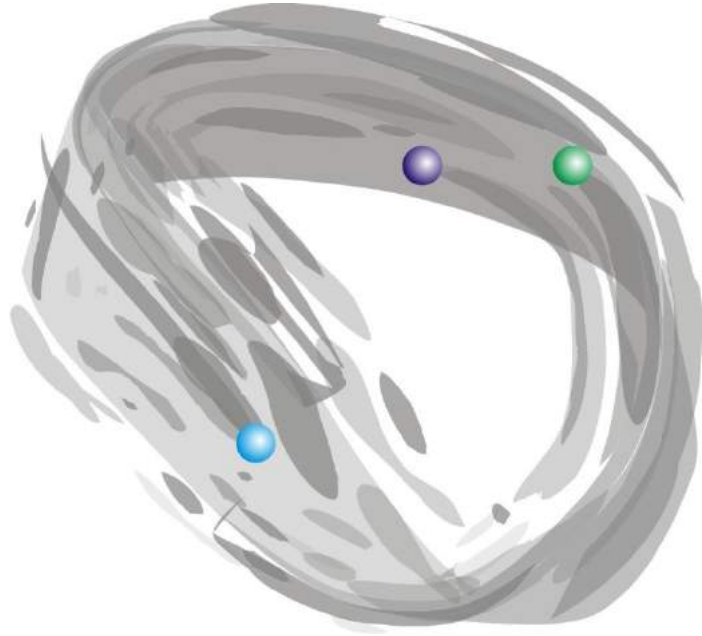
Fundacja Katalyst Education, Warszawa, Grzybowska 5a

Nie ma jednego dobrego sposobu nauczania fizyki, który trafia do wszystkich uczniów. Różnice opanowania materiału w klasie są nieuniknione. Narzędzia TIK i materiały multimedialne, mogą bardzo pomóc w wyrównywaniu szans edukacyjnych słabszych uczniów do poziomu reszty klasy i równocześnie uatrakcyjnić lekcje. Wystarczy do tego komputer i rzutnik lub tablica multimedialna, a w najlepszym, choć bardziej wymagającym układzie, klasy komputerowe lub tabletowe.



Podczas warsztatu zaprezentujemy wybrane źródła treści i zasobów graficznych przydatne na lekcjach fizyki, z których można korzystać nie tylko w szkole, ale również legalnie i za darmo do tworzenia materiałów publikowanych dalej w sieci (np. scenariuszy lekcji, podręczników, blogów szkolnych i nauczycielskich). Omówione zostaną:

- Wybrane źródła polsko i angielskojęzyczne darmowych i otwartych treści edukacyjnych i multimedialnych (zasoby agencji naukowych takich jak NASA, CERN, Wikimedia Commons).
- Sposoby wykorzystywania darmowych podręczników cyfrowych do fizyki (podręczniki OpenStax, epodręczniki.pl).
- Wyszukiwanie darmowych i legalnych treści w sieci.



11 września

Poniedziałek

Sesje plenarne (PLE) I i II

Sesja ogólna (SO) I i II

Cząstki elementarne (CE) I i II

Informacja kwantowa (IK) I i II

Układy złożone (UZ) I i II

Dydaktyka i popularyzacja fizyki (DP) I i II

Optyka i fotonika (OF) I i II



poniedziałek 11.09.2017

sesja plenarna I		Katarzyna Chałasińska-Macukow Uniwersytet Warszawski
9:00	9:25	Otwarcie
9:25	10:15	Andrzej K. Wróblewski Uniwersytet Warszawski Cudze chwalicie, swego nie znacie...
10:15	10:40	Wręczenie nagród PTF
10:40	11:15	Jerzy Lukierski Uniwersytet Wrocławski Quantum gravity and noncommutative space-times

przerwa na kawę

sesja plenarna II		Leszek Sirko Instytut Fizyki PAN
11:45	12:20	Halina Abramowicz Tel Aviv University Perspectives in High Energy Physics
12:20	12:55	Andrzej Buras Technische Universität München Flavour expedition to the Zeptouniverse
12:55	13:30	Maciej Wojtkowski Instytut Chemii Fizycznej PAN Journey from organs to cells: In vivo imaging by spatio-temporal optical coherence techniques

lunch

14:50	16:25	Sesje równoległe A - ogólna, B - cząstki elementarne, C - informacja kwantowa, D - układy złożone, E - dydaktyka i popularyzacja, F - optyka i fotonika
-------	-------	--

przerwa na kawę

16:40	18:15	Sesje równoległe A - ogólna, B - cząstki elementarne, C - informacja kwantowa, D - układy złożone, E - dydaktyka i popularyzacja, F - optyka i fotonika
-------	-------	--

19:00	21:00	Raut (Ratusz Wrocławski)
-------	-------	---------------------------------



WYKŁAD PLENARNY

Cudze chwalicie, swego nie znacie ...

Andrzej Kajetan Wróblewski

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski



Quantum gravity and noncommutative space-times

Jerzy Lukierski

Institute of Theoretical Physics, University of Wrocław

The superposition of principles of Quantum Mechanics and General Relativity imposes limits on the measurements of localizations in space-time, what leads to the modification of Heisenberg uncertainty relations in space-time (positions) sector. The algebraic counterpart of this modification is the noncommutative space-time structure, which should appear at ultra-short Planckian distances (Planck length $l_P \sim 10^{-33}$ cm). We discuss this new geometric paradigm which is related with Quantum Gravity effects as carrying the research into new mathematical domain of non- commutative geometry. We briefly consider three the most used models of noncommutative space-times: canonical quantum spaces, kappa-deformed Minkowski spaces and Snyder noncommutative spacer. Further we comment on various versions of modified Heisenberg uncertainty relations, e.g. following from string theory. Finally the difficulties with experimental confirmations of Quantum Gravity effects will be outlined.



Perspectives in High Energy Physics

Halina Abramowicz

Tel Aviv University

After a short overview of our present understanding of the Standard Model of fundamental constituents of matter and their interactions, I will discuss the concepts of future high energy accelerators presently developed within the particle physics community.



Perspectives in High Energy Physics

Andrzej J. Buras

TUM – Institute for Advanced Study, Lichtenbergstraße 2a, 85748 Garching, Germany

After the completion of the Standard Model (SM) through the Higgs discovery particle physicists are waiting for the discovery of new particles either directly with the help of the Large Hadron Collider (LHC) or indirectly through quantum fluctuations causing certain rare processes with a change of quark flavour to occur at different rates than predicted by the SM. While the later route is very challenging, requiring very precise theory and experiment, it allows a much higher resolution of short distance scales than it is possible with the help of the LHC. In fact in the coming flavour precision era, in which the accuracy of the measurements of rare processes and of the relevant theory calculations will be significantly increased, there is a good chance that we may get an insight into the scales as short as 10^{-21} m (Zeptouniverse) corresponding to energy scale of 200 TeV or even shorter distance scales. The main strategies for reaching this goal will be explained in simple terms. We will summarize the present status of deviations from SM predictions for a number of flavour observables and list prime candidates for new particles responsible for these so-called anomalies. A short outlook for coming years will be given.



Journey from organs to cells *In vivo* imaging by Spatio-Temporal Optical Coherence techniques

Maciej Wojtkowski^{1,2}

¹*Institute of Physical Chemistry, Polish Academy of Sciences, Kasprzaka 44/52, 01-224 Warsaw, Poland*

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

One of the most appealing and still unsolved problems in biological and medical imaging is the possibility of non-invasive visualization of tissue *in vivo* with an accuracy of microscopic examination. It is especially emphasized nowadays in era of novel microscopic techniques, which have ability for optical depth sectioning without need of processing samples.

The main physical limitation of the *in vivo* microscopic imaging is associated with light scattering introduced by irregular and often discontinuous distribution of refractive index. Scattering of light limits the number of ballistic photons delivered to and received from the sample. As a consequence, the contrast of reconstructed images is compromised dramatically by increased noise. Another side effects of uneven distribution of the refractive index are significant deformations of images. Additionally, in case of coherent illumination with laser light there is a disturbing presence of so-called speckles – strong fluctuations of intensity caused by interference of mixed transverse modes of the laser beam. Speckle noise also degrades system resolution and reduces image quality. Adding all of these effects results in severe loss of imaging information.

In our work we try to solve these fundamental physical limitations by developing new optical coherence imaging techniques, which utilize spatio-temporally partially coherent light with access to intensity and phase of detected radiation. In our research activity we focus on developing new optical methods that enable to image biological objects *in vivo* and in minimally invasive way. We went long way covering significant spectrum of various sizes of objects – from organ-size scale up to internal structure of a single cell.



poniedziałek 11.09.2017, sala A

sesja ogólna I

14:50	15:22	0:32	Mariusz Dąbrowski Uniwersytet Szczeciński	Stałe fundamentalne i multiwszechświat
15:22	15:44	0:22	Detlef Hommel Wrocławskie Centrum Badawcze EIT+	New efficient nitride-based deep-UV emitters for life science applications
15:44	16:06	0:22	Krzysztof Ziołkowski Centrum Badań Kosmicznych PAN	Komety - czym są i jak się je dziś bada
16:06	16:28	0:22	Bartłomiej Gardas Uniwersytet Śląski	Defekty komputerów kwantowych

sesja ogólna II

16:39	17:11	0:32	Grzegorz Karczewski Instytut Fizyki PAN	Jak wytwarzane są niskowymiarowe struktury półprzewodnikowe: epitaksja z wiązek molekularnych
17:11	17:43	0:32	Piotr Zieliński Instytut Fizyki Jądrowej PAN	Spektroskopia wibracyjna stanów koherentnych w czasie rzeczywistym, czyli o fizyce muzyki
17:43	18:15	0:32	Piotr Szymczak Uniwersytet Warszawski	O wzroście sieci rzecznych i magicznym kącie 72 stopnie



Stałe fundamentalne i multiwszechświat

Mariusz P. Dąbrowski

*Institut Fizyki, Uniwersytet Szczeciński, ul. Wielkopolska 15, 70-451 Szczecin;
Narodowe Centrum Badań Jądrowych, ul. Andrzeja Soltana 7, 05-400 Otwock-Świerk*

Wychodząc od znanych koincydencji antropicznych dotyczących zjawisk fizycznych zachodzących we Wszechświecie przejdę do teorii dopuszczających zmienność stałych fundamentalnych. W świetle Hipotezy Wielkich Liczb Diraca teorie te są niczym innym jak alternatywnymi (do teorii Einsteina) teoriami grawitacji po raz pierwszy ilościowo sformułowanymi przez Jordana i Bransa-Dicke'go. Podstawowe scenariusze dotyczą ewoluujących w czasie: stałej grawitacji Newtona G , stałej struktury subtelnej α oraz prędkości światła c . Ewolucja stałych pozwala w naturalny sposób przejść do koncepcji multiwszechświata jako zbioru obiektów fizycznych (np. rozdzielonych w sensie klasycznym obszarów przestrzeni), w których możliwe są inne wartości stałych fundamentalnych. Przedstawię próby sformułowania modeli multiwszechświata a co najważniejsze możliwej weryfikacji obserwacyjnej tej koncepcji.



New efficient nitride-based deep-UV emitters for life science applications

Detlef Hommel^{1,2,3}

¹ Wrocław Research Centre EIT+

² Wrocław University, Faculty of Physics and Astronomy

³ Institute of Low Temperature and Structural Research, PAS

Following the observation of p-doping in GaN by H. Amano and I. Akasaki and the breakthrough for p-n junction diodes based on group-III nitrides by S. Nakamura [1, 2] blue LEDs and laser diodes have been realized. Many new applications became possible, among them white LEDs for energy-efficient solid state lighting (SSL). Deep-UV emitters will be the next big challenge for group-III nitrides. Present solutions are based on mercury-lamps being not really environmental-friendly.

Water purification is the most important application for UV-C emitters (280 – 200nm) because in many regions of our world people do not have access to clean water. Many other medical and health-care applications are also connected with deep-UV emitters. Plant lighting, fruit and food conservations are other fields of interest.

AlGaIn compounds are covering the whole spectral range needed for such applications. Unfortunately many problems have to be solved to realize efficient UV LEDs of high output power. In the talk an overview will be given on the state-of-art UV emitters, possible solutions to overcome present limitations for example in p-dopability of high-Al content AlGaIn, ohmic contacts and light outcoupling. Solving these problems one can expect a huge market share for nitride-based UV emitters and a similar impact on improved human life-quality as SSL at present.

[1] H. Amano, M. Kito, K. Hiramatsu, I. Akasaki, *Jpn. J. Appl. Phys.* **28**, L2112 (1989).

[2] S. Nakamura, T. Mukai, M. Senoh, N. Iwasa, *Jpn. J. Appl. Phys.* **31**, L139 (1992).

Komety – czym są i jak się je dziś bada

Krzysztof Ziolkowski

Centrum Badań Kosmicznych PAN

Komety są małymi ciałami Układu Słonecznego, o których dziś już wiemy, że są pozostałościami budulca, z którego ponad 4,5 mld temu uformowało się nasze najbliższe otoczenie kosmiczne. Budząc zawsze wielkie zainteresowanie, nie tylko astronomów, współcześnie są intensywnie badane metodami technik kosmicznych. W referacie omówione zostaną pierwsze misje kosmiczne do słynnej komety Halleya w 1986 roku oraz późniejsze eksperymenty STARDUST (dostarczenie materii kometarnej na Ziemię), DEEP IMPACT (zbombardowanie komety) i ROSETTA (lądowanie na komecie).

Defekty komputerów kwantowych

Bartłomiej Gardas^{1,2,3}, Jacek Dziarmaga², Wojciech H. Żurek¹

¹Theoretical Division, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM-87545, USA

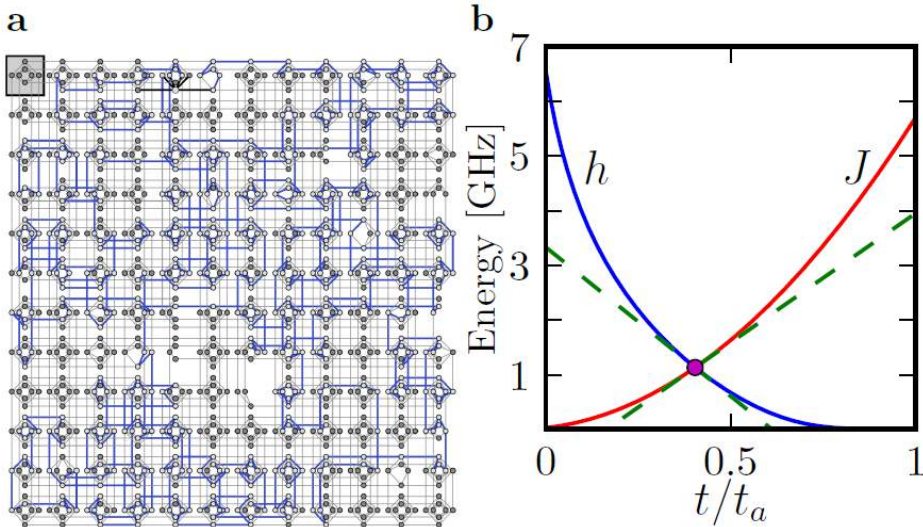
²Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, 30-348 Kraków, Poland

³Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, 40-007 Katowice, Poland

Rosnące zainteresowanie adiabatycznymi obliczeniami kwantowymi, w szczególności kwantowym wyżarzaniem, skłania fizyków do poszukiwania ogólnego a jednocześnie prostego w zastosowaniu testu pozwalającego stwierdzić na ile kwantowy i adiabatyczny jest dany komputer. Poniżej prezentujemy taki test w oparciu o dokładnie rozwiązywalny kwantowy model Isinga. System ten można eksperymentalnie zrealizować na komercyjnym komputerze D-Wave. Przykładowa implementacja przedstawiliśmy na Rysunku 1.

Idealnie działający komputer kwantowy, powinien wyżarzać łańcuch Isinga w taki sposób aby na końcu ewolucji wszystkie spiny zwrócone były w tym samym kierunku. W praktyce jednak w wyniku dekoherencji, szumu czy zaburzenia adiabatyczności, proces wyżarzania obarczony będzie błędami, w rezultacie czego spiny w łańcuchu Isinga zmienia orientację (pojawią się topologiczne defekty).

Liczba defektów stanowi zatem naturalną miarę pozwalającą stwierdzić, na ile dany komputer kwantowy jest niedoskonały w porównaniu z idealnym wyżarzaczem. Miara ta jest rzeczywiście bardzo prosta w zastosowaniu, gdyż opiera się na zliczaniu łatwych w zaobserwowaniu defektów. Jest ona również uniwersalna, jako że mechanizm fizyczny opisujący powstawanie topologicznych defektów (teoria Kibble-Zurek) nie zależy od przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych.



Rys. 1: Kwantowy model Isinga na komputerze D-Wave. a) Jednowymiarowy łańcuch Isinga ($L = 600$) otrzymany metodą przypadkowego błędzenia. Niebieskie linie wskazują aktywne połączenia. b) Zależne od czasu funkcje $g(t)$ oraz $J(t)$ opisujące proces wyżarzania jaki ma miejsce w komputerze. Czas t_a nazywany jest czasem wyżarzania.

Jak wytwarzane są niskowymiarowe struktury półprzewodnikowe: epitaksja z wiązek molekularnych

Grzegorz Karczewski

Instytut Fizyki, PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

Przedstawiona zostanie jedna z najważniejszych metod wytwarzania cienkich warstw półprzewodnikowych oraz struktur półprzewodnikowych o ograniczonej wymiarowości - metoda epitaksji z wiązek molekularnych (MBE). Omówione zostaną podstawy fizyczne techniki MBE, która rozwinęła się w odpowiedzi na potrzebę opracowania metody wzrostu kryształów zdolnej do wytworzenia bardzo cienkich warstw półprzewodnikowych o niemal perfekcyjnej morfologii, z powierzchnią gładką w skali atomowej, z precyzyjnie kontrolowaną grubością, składem chemicznym i domieszkowaniem niezbędnym do wytwarzania nowoczesnych przyrządów półprzewodnikowych. Przedstawione będą sposoby kontroli procesu wzrostu warstw i struktur in-situ za pomocą dyfrakcji elektronowej.

Omówimy również przykłady zastosowania techniki MBE do wytwarzania półprzewodnikowych struktur dwu-, jedno- i zero-wymiarowych, czyli odpowiednio studni kwantowych, nanodrutów oraz kropek kwantowych oraz przedstawimy najbardziej typowe zastosowania takich struktur w życiu codziennym.

Pokazane zostaną przykłady nowych zjawisk fizycznych takich, jak np. kwantowy czy spinowy efekt Halla, które udało się zbadać dzięki temu, że za pomocą techniki MBE można wytworzyć rzeczywiste układy niskowymiarowe.

Spektroskopia wibracyjna stanów koherentnych w czasie rzeczywistym, czyli o fizyce muzyki

Piotr Zieliński^{1,2}

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

² Instytut Fizyki Politechniki Krakowskiej, ul. Podchorążych 1, 30-084, Kraków

Sztuka wyraża indywidualne myśli artysty, ale jednocześnie uniwersalne prawa przyrody. W muzyce przejawia się to wyjątkowo wyraźnie, ponieważ przekaz fabuły, obrazów i uczuć jest tam do dziś dyskusyjny [1,2,3], a zjawisko fizyczne polegające na wywoływaniu drgań o zadanych częstotliwościach i amplitudach w określonej sekwencji czasowej jest na tyle intrygujące, że łatwo je zauważamy na tle innych sygnałów akustycznych. Ma to związek z wyjątkowo szeroką skalą częstotliwości odbieranych przez zmysł słuchu: w muzyce używa się ok. 8 oktaw z całego zakresu słyszalności, tj. 16 Hz – 20000 Hz, podczas gdy wzrok postrzega zaledwie niecałą jedną oktawę częstotliwości promieniowania elektromagnetycznego: 400 THz – 790 THz. Kwanty drgań z zakresu słyszalnego są na tyle małe, że żaden znany eksperyment nie jest w stanie ich wykryć. Mamy więc do czynienia z wibracyjnymi stanami koherentnymi (spójnymi).

Własności drgań akustycznych - głównie okresowych - i ich percepcji [4] były wykorzystywane przez kompozytorów na długo przedtem, nim opisano je w ilościowy sposób charakterystyczny dla fizyki. W referacie zostaną zaprezentowane przykłady wykorzystania symetrii translacyjnej i pokrewieństwa dźwięków [5] prowadzące m.in. do złudzeń akustycznych. zilustrowane będą też efekty inspirowane fizyką kwantową, np. niemożliwe do wytworzenia na instrumentach akustycznych barwy dźwięku, konsekwencje zasady nieokreśloności [6] i zjawisko dekoherencji [7]. Ponieważ znajomość fizyki i zasad muzyki w społeczeństwie polskim wymaga stałej pracy popularyzatorskiej, zarówno powyższe przykłady, jak i nierozwiązane dotąd zagadnienia, np. kwantowa natura drgań słyszalnych, rola sygnałów okresowych i dudnień między składowymi harmonicznymi w falach elektromagnetycznych i in. mogą być przydatne do wzbogacenia i integracji procesu nauczania na różnych poziomach.

[1] Eduard Hanslick, *Vom Musikalisch-Schönen* (1854), Leipzig: Rudolf Weigel

[2] Serge Martin, *Le Langage musical: sémiotique des systèmes*. Sémiotique. Paris: Éditions Klincksieck (1978).

[3] Stefan Koelsch, *Toward a neural basis of music perception*, *Frontiers in Psychology, Auditory Cognitive Neuroscience*, (2011), <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00110>

[4] P. Zieliński, *Real time spectroscopy of acoustic waves or music as physical phenomenon*, *Acta Physica Polonica A* **89**, 265 (1996)

[5] P. Zieliński, *Spatial and Temporal Symmetries in Arts and in Music*, in Proc. of the Sixth's Int. School of Theoretical Physics on Symmetry and Structural Properties of Condensed Matter, ed. T. Lulek, World Scientific (2001), 449;

[6] M. Majka, P. Sobieszczyk, R. Gębarowski, P. Zieliński, *Hearing overcomes uncertainty relation and measures duration of ultrashort pulses*, *Europhysics News*, **46/1**, 27 (2015)

[7] P. Zieliński, *Muzyka kwantów*, *Foton*, **115**, 17 (2011)



O wzroście sieci rzecznych i magicznym kącie 72 stopnie

Piotr Szymczak

*Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa*

Morskie fale, prążki na piasku na plaży, łagodna linia wybrzeża między przylądkami, zarys odległych wzgórz na horyzoncie, kształty obłoków - to wszystko zagadki formy i kształtu, które fizyk z mniejszym lub większym trudem powinien potrafić rozszyfrować" – pisał D'Arcy Wentworth Thompson w swoim monumentalnym dziele "O wzroście i formie", opublikowanym dokładnie sto lat temu. Współczesna fizyka zdołała przesunąć się po drodze określonej przez Thompsona - zaczęliśmy rozumieć, jakie mechanizmy rządzą spontanicznym uporządkowaniem materii i jak opisać układy, w których oddziaływania między elementami składowymi prowadzą do powstawania uporządkowanych struktur lub jakościowo nowych zachowań fizycznych. Moje wystąpienie poświęcę jednemu z przykładów procesów samoorganizacji w świecie przyrody nieożywionej - wzrostowi sieci rzecznych na piaszczystym podłożu. W jakich kierunkach i z jakimi prędkościami rosną ramiona takiej sieci? Czy wzrost jednego ramienia wpływa na kierunek wzrostu drugiego? Czy analizując strukturę sieci można odtworzyć prawa rządzące jej wzrostem? - oto pytania, na które będę szukał odpowiedzi. W szczególności postaram się wyjaśnić, dlaczego strumienie spływające do rzeki Apalachicola na Florydzie łączą się ze sobą pod kątem 72 stopni.



poniedziałek 11.09.2017, sala B

cząstki elementarne I

Ewa Rondio
Narodowe Centrum Badań Jądrowych

14:50 15:20 0:30	Andrzej Buras Technische Universität München	Z and Z' as messengers of new physics
15:20 15:50 0:30	Wojciech Wiślicki Narodowe Centrum Badań Jądrowych	Experimental anomalies and hints to new phenomena in flavour physics
15:50 16:20 0:30	Janusz Rosiek Uniwersytet Warszawski	Lepton-flavour violating B decays in generic Z' models

cząstki elementarne II

Krzysztof Golec-Biernat
Instytut Fizyki Jądrowej PAN

16:30 17:00 0:30	Mikołaj Misiak Uniwersytet Warszawski	Radiacyjne rozpady mezonu B i ograniczenia na masę naładowanego skalara w Modelu Dwudubletowym
17:00 17:30 0:30	Jarosław Wiechczyński Instytut Fizyki Jądrowej PAN	Flavour physics in B-factories
17:30 17:45 0:15	Karol Adamczyk Instytut Fizyki Jądrowej PAN	Sygnaly Nowej Fizyki w półtaonowych rozpadach mezonów B
17:45 18:00 0:15	Tomasz Szumlak Akademia Górniczo-Hutnicza	Flavour Physics after LHCb Upgrade
18:00 18:15 0:15	Dmytro Melnychuk Narodowe Centrum Badań Jądrowych	Exotic hadrons with heavy flavour



Z and Z' as Messengers of New Physics

Andrzej J. Buras

TUM Institute for Advanced Study, Munich, Germany

We point out [1] that the presence of right-handed (RH) flavour changing neutral currents generated by new physics (NP) at very short distance scales implies through quark Yukawa renormalization group (RG) evolution important contributions of left-right operators to $\Delta F = 2$ processes mediated by tree-level Z boson exchanges. Such operators are further enhanced through RG QCD effects and chirally enhanced hadronic matrix elements. Using the framework of SM gauge-invariant effective theory (SM-EFT) we calculate first these effects in $K^0 - \bar{K}^0$ and $B_{s,d}^0 - \bar{B}_{s,d}^0$ mixings at LO in Yukawa RG evolution. At NLO important left-right operator contributions result through the replacement of flavour-diagonal lepton vertex in the SM Z -penguin diagram by RH quark vertex in question. We point out that the latter contributions are by themselves gauge dependent and using SM-EFT calculate the remaining contributions that cancel this gauge dependence. In the case of left-handed (LH) currents no new operators are generated in this manner and NP effects in $\Delta F = 2$ observables are much smaller. We investigate the impact of these new effects on the known correlations between $\Delta F = 2$ and $\Delta F = 1$ transitions in such Z -BSM scenarios and point out that in the LH scenario the presence of two complex coefficients $\mathcal{C}_{Hq,ij}^{(1)}$ and $\mathcal{C}_{Hq,ij}^{(3)}$ precludes model independent correlations in question. We illustrate the model dependence of these correlations by using five models with vector-like quarks. The impact of new effects in RH scenario, in which only one coefficient is present ($\mathcal{C}_{Hd,ij}$), is illustrated model independently by considering the correlation between ε'/ε , ε_K , $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ and $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$. In the final part we discuss these observables in models with heavy Z' [2].

[1] Ch. Bobeth, A. J. Buras, A. Celis, M. Jung, hep-ph/1703.04753.

[2] A. J. Buras JHEP **1604**, 071 (2016).



Experimental anomalies and hints to new phenomena in flavour physics

Wojciech Wiślicki

National Centre for Nuclear Research, Warsaw

Review is presented of the status of heavy flavour physics in view of the recent experimental anomalies and possible indications towards physics beyond the Standard Model (SM). Significance and possible interpretations of these results in terms of New Physics (NP) are also given. We discuss the following issues:

- Angular distributions in $B \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$ and $B_s \rightarrow \Phi \mu^+ \mu^-$, in particular the P'_5 , being a combination of the angular and polarization observables, exhibit discrepancy between the CERN's LHCb data and SM predictions by more than 4σ . The significance depends on the hadronic corrections to the process.
- Branching fractions in decays of beauty mesons involving $b \rightarrow sl^+ l^-$ processes, e.g. $B \rightarrow K^{(*)} \mu^+ \mu^- (e^+ e^-)$ and $B_s \rightarrow \Phi \mu^+ \mu^-$, are used to test lepton universality and exhibit some deviations from SM prediction. In addition, ratios of branching fractions of semileptonic decays $B \rightarrow D^* l \nu_l$ were consistently measured by the KEK's Belle, SLC's BaBar and LHCb experiments, and show a 4σ discrepancy with the quite clean SM prediction.
- Rare decay channels $B_{(s)} \rightarrow \mu^+ \mu^-$, being purely leptonic loop processes, are considered to be the cleanest probes of NP, both experimentally and theoretically. Recently combined data from the LHC experiments LHCb, CMS and ATLAS do not show significant deviation from SM. However, they are important for further studies because of their unique sensitivity to particular models of supersymmetric extensions of SM.
- The most precise measurements of the anomalous magnetic moment of the muon $a_\mu = (g-2)_\mu/2$, performed at Brookhaven, indicate to more than 3σ disagreement to SM. They open interesting fields for testing many NP models using supersymmetry and leptoquarks.

Lepton-flavour violating B decays in generic Z' models

Janusz Rosiek

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Przeprowadzone w ostatnich latach eksperymenty w LHC (przede wszystkim wyniki kolaboracji LHCb) oraz w “fabrykach” mezonów B (BaBar i Belle) wskazują z rosnącym prawdopodobieństwem że szybkości niektórych rzadkich rozpadów ciężkich mezonów nie zgadzają się z przewidywaniami Modelu Standardowego (SM). W szczególności takie odchylenia stwierdzono mierząc stosunek szybkości rozpadów $B \rightarrow K\mu^+\mu^-$ i $B \rightarrow Ke^+e^-$, a ostatnio także $B \rightarrow K^*\mu^+\mu^-$ i $B \rightarrow K^*e^+e^-$. Inne, na razie mniej statystycznie istotne odchylenia są obserwowane w innych parametrach opisujących szybkości kilku rozpadów wspólnie opisywanych na poziomie kwarkowym przejściem $b \rightarrow s\mu^+\mu^-$. Wyniki tych pomiarów mogą być wyjaśnione zakładając istnienie nowego ciężkiego bozonu cechowania Z' , którego sprzęga się z różną siłą do różnych generacji leptonów, naruszając znaną z SM uniwersalność ich oddziaływań.

W moim referacie przedyskutuję interesująca możliwość że sprzężenia Z' mogą prowadzić także do niezachowania zapachu leptonowego i przejść między ich generacjami. Procesy naruszenia zapachu leptonowego są silnie ograniczone przez eksperymenty poszukujące rozpadów naładowanych leptonów: $\tau \rightarrow 3\mu, 3e, \mu \rightarrow e\gamma, \mu \rightarrow 3e$. W połączeniu z pomiarami parametrów procesów $b \rightarrow s\mu^+\mu^-$ i mieszania $\bar{B}^0 - B^0$, ograniczenia te pozwalają na oszacowanie (w ramach uproszczonego modelu z Z' z dowolnymi sprzężeniami do kwarków i leptonów) dopuszczalnej szybkości semi-leptonowych kanałów rozpadów mezonów B naruszających liczbę leptonową, takich jak $B \rightarrow K^{(*)}\tau^\pm\mu^\mp, B \rightarrow \tau^\pm\mu^\mp, B \rightarrow K^{(*)}\mu^\pm e^\mp$ czy $B \rightarrow \mu^\pm e^\mp$. Jak się okazuje, obecne górne granice na stosunki rozgałęzień takich rozpadów dawane przez wymienione powyżej pomiary są rzędu 10^{-6} dla stanów końcowych $\tau\mu$ i 10^{-7} dla rozpadu $B \rightarrow K^{(*)}\mu^\pm e^\mp$, niewiele poniżej już osiągniętych czułości doświadczalnych. Rozpady te mają więc potencjalnie szansę zostać zaobserwowane w niedalekiej przyszłości.

Referat jest oparty na pracy “*Lepton-flavour violating B decays in generic Z' models*”, A. Crivellin, L. Hofer, J. Matias, U. Nierste, S. Pokorski, J. Rosiek. *Phys.Rev.* **D92** (2015) no.5, 054013.



Radiacyjne rozpady mezonu B i ograniczenia na masę naładowanego skalara w Modelu Dwudubletowym

Mikołaj Misiak¹, Matthias Steinhauser²

¹ *Institut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, 02-093 Warszawa, Polska*

² *Institut für Theoretische Teilchenphysik, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 76128 Karlsruhe, Niemcy*

W niedawnej publikacji [1] grupa eksperymentalna Belle przedstawiła zaktualizowaną analizę inkluzywnego słabego radiacyjnego rozpadu mezonu B , opartą na pełnym zbiorze danych zawierającym $(772 \pm 11) \times 10^6$ par $B\bar{B}$. Wartość centralna zmierzonego stosunku rozpadu znajduje się obecnie nieco poniżej przewidywania [2, 3] dokonanego w ramach Modelu Standardowego. Choć obie wielkości pozostają zgodne w granicach błędów, ograniczenia na masę naładowanego skalara w Modelu Dwudubletowym ulegają istotnemu wzmocnieniu. W tzw. Modelu II dolne ograniczenie na poziomie 95% C.L. znajduje się obecnie w zakresie 570–800 GeV, i zależy w sposób istotny od metody zastosowanej do jego wyznaczenia. W oparciu o artykuł [4] przedstawimy i przedyskutujemy możliwe metody oraz niejednoznaczności związane z ich wyborem. Jednym z istotnych problemów jest sposób traktowania cięcia na energię fotonu, który wymaga ponownej analizy w świetle wzrastającej dokładności pomiarów.

[1] A. Abdesselam *et al.*, (Belle Collaboration), arXiv:1608.02344.

[2] M. Misiak *et al.*, Phys. Rev. Lett. 114, 221801 (2015) [arXiv:1503.01789].

[3] M. Czakon, P. Fiedler, T. Huber, M. Misiak, T. Schutzmeier, M. Steinhauser, J. High Energy Phys. **1504**, 168 (2015) [arXiv:1503.01791].

[4] M. Misiak, M. Steinhauser, Eur. Phys. J. C **77**, 201 (2017) [arXiv:1702.04571].

Fizyka zapachu na „Fabrykach B ”

Jarosław Wiechczyński

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN, Kraków

„Fabryki B ” to żargonowa nazwa akceleratorów e^+e^- charakteryzujących się wysoką świetlnością oraz asymetryczną energią wiązek. Są one dedykowane produkcji dużych próbek danych zawierających pary mezonów pięknych ($B\bar{B}$), pochodzących z rozpadu rezonansu $\Upsilon(4S)$. Program eksperymentów prowadzonych na „Fabrykach B ” obejmuje badanie fizyki mezonów B , ze szczególnym uwzględnieniem pomiaru asymetrii ładunkowo-przestrzennej CP. Istotną motywacją jest też poszukiwanie efektów spoza Modelu Standardowego (tzw. Nowej Fizyki) w sektorze ciężkich kwarków oraz w rozpadach leptonów τ .

Eksperyment Belle był prowadzony w Laboratorium Fizyki Wysokich Energii (KEK) w Tsukubie (Japonia) przy zderzaczu e^+e^- KEKB pracującym przy nominalnej świetlności rzędu $10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, rejestrując imponującą próbkę ponad 770 milionów par $B\bar{B}$. Wraz z eksperymentem BaBar prowadzonym przy zderzaczu PEP-II (Stany Zjednoczone) dokonał on szeregu istotnych odkryć w fizyce zapachu w pierwszej dekadzie obecnego stulecia.

Eksperyment Belle II przy zderzaczu SuperKEKB jest znaczącym unowocześnieniem projektu Belle, zwiększającym możliwości samego akceleratora jak i aparatury detekcyjnej. Planowane jest zebranie próbki danych pięćdziesięciokrotnie przewyższającej tą zebraną w eksperymencie Belle, przy jednoczesnym czterdziestokrotnym wzroście nominalnej świetlności zderzacza.

Podczas referatu przedstawiony zostanie eksperyment Belle wraz z jego największymi osiągnięciami w dziedzinie fizyki zapachu. Omówiony zostanie przygotowywany projekt Belle II wraz z najważniejszymi modyfikacjami aparatury. Nastąpi również prezentacja najważniejszych zagadnień fizycznych będących motywacją i przedmiotem badań dla tego eksperymentu.

**Sygnaly Nowej Fizyki w półtaonowych rozpadach mezonów B** **Karol Adamczyk***Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN, Kraków*

Głównym wyzwaniem współczesnych eksperymentów fizyki cząstek elementarnych jest znalezienie efektów wykraczających poza Model Standardowy. Oprócz prób bezpośrednich obserwacji nowych fundamentalnych cząstek istotną rolę odgrywają pośrednie poszukiwania efektów Nowej Fizyki przy niższych energiach, zwłaszcza w sektorze ciężkich kwarków i leptonów.

Obecnie w centrum uwagi znajdują się półtaonowe rozpady B , gdzie obserwuje się rozbieżności pomiędzy przewidywaniami Modelu Standardowego i wynikami doświadczalnymi. Półtaonowe rozpady mezonów B dostarczają wielu obserwacji, a stąd unikalnych możliwości testowania Modelu Standardowego i jego rozszerzeń. Efekty Nowej Fizyki mogą tu występować już na poziomie amplitud drzewowych. Ponadto, dysponujemy precyzyjnymi przewidywaniami dla szerokiego spektrum obserwacji, które potencjalnie stanowią ciekawe laboratorium do testowania struktury sprzężeń w tych procesach.

W referacie zostaną zaprezentowane wyniki pomiarów charakterystyk półtaonowych rozpadów B przeprowadzonych na pełnej próbce 772 milionów par $B\bar{B}$, zebranej przez detektor Belle na zderzacz e^+e^- KEKB, tzw. fabryce B . Oprócz tego będą przedstawione perspektywy pomiarów w przygotowywanym obecnie eksperymencie Belle II na fabryce B nowej generacji, zderzacz SuperKEKB.

Flavour Physics after LHCb Upgrade

Tomasz Szumlak (on behalf of LHCb Collaboration)

Faculty of Physics and Applied Computer Science AGH-UST

LHCb (Large Hadron Collider beauty experiment) is a dedicated flavour experiment operating currently at LHC (Large Hadron Collider). During the Long Shutdown 2 (LS2) that is planned between 2019 and 2020 the LHCb spectrometer (see Fig. 1.) will undergo a major upgrade [1] in order to cope with a factor of 5 higher luminosity up to $2 \times 10^{33} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$. Also, its trigger will be completely re-designed to enable the full detector readout and processing of 30 MHz of bunch crossings with inelastic collisions. This new, fully software based system, will allow to achieve efficient reconstruction and selection with this unprecedented throughput.

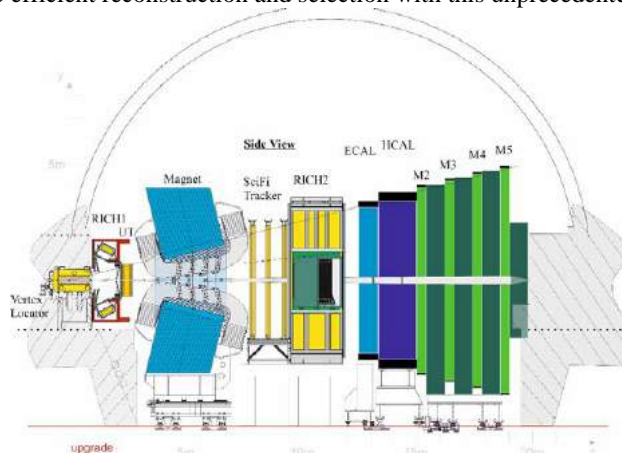


Figure 1. Schematic view of the Upgraded LHCb Spectrometer

The current Run 2 data taking period is going to finish collecting collision data next year (2018). There are still high hopes regarding observation of New Physics signals based on a number of intriguing anomalies observed in the flavour sector by LHCb, which uses indirect approach for discovering New Physics phenomena. Such indirect searches using virtual higher order processes are complementary to the direct studies performed by ATLAS and CMS. In principle this allows LHCb to probe much higher mass scales than available for direct observation at LHC. In any case a dedicated hadron flavour experiment is going to play an enormous role after Run 2. If New Physics is going to be found in either direct or indirect searches there will be need for precise measurements in b- and c-physics to understand its flavour structure. On the other hand, if no clear New Physics signals are found the flavour indirect measurements may be the only way to probe very high masses. In this scenario LHCb will focus either on theoretically clean observables or the ones that have not yet been measured with meaningful precision.

The Phase-I Upgrade will allow LHCb to collect much larger data samples than were registered during Run 1 and 2. We plan to perform a number of measurements with precision close or better than determined based on theoretical calculations. In this talk we concentrate on discussing weak mixing phase ϕ_s , very rare $B_{(s)} \rightarrow \mu\mu$ and $B \rightarrow K^* \mu\mu$ decays and lepton universality violation.

[1] LHCb Collaboration, Framework Technical Design Report for the LHCb Upgrade, CERN-2012-007



Hadrony egzotyczne z ciężkim zapachem

Dmytro Melnychuk

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Chromodynamika kwantowa (QCD) jest dobrze ugruntowaną teorią silnych oddziaływań, która pomimo swoich wielkich sukcesów, nie pozwala wyprowadzić widma hadronów analitycznie, wychodząc od Lagrangianu. Pierwszym i najprostszym modelem fenomenologicznym jest model kwarkowy, który podzielił hadrony efektywnie na dwie grupy: mezony i bariony, składające się z pary kwark-antykwar lub trzech kwarków. Jednak QCD dopuszcza znacznie bogatsze widmo hadronów. Już w 1964 Gell-Mann i Zweig [1], proponując model kwarkowy, oczekiwali nie tylko istnienia mezonów i barionów ale również możliwość istnienia tetrakwarków i pentakwarków. Te hipotetyczne stany są uważane za egzotyczne z punktu widzenia naiwnego modelu kwarkowego, ale są naprawdę uzasadnionymi teoretycznie stanami QCD.

W regionie masowym charmonium pierwsze dowody eksperymentalne stanów, które nie pasują dobrze do konwencjonalnego opisu pojawiły się w 2003 roku z obserwacji przez eksperyment Belle rezonansu w stanie końcowym $J/\Psi\pi^+\pi^-$, o nazwie $X(3872)$. W późniejszych latach rodzina cząstek, które nie pasują do opisu charmonium została rozszerzona do ponad dwudziestu stanów, oznaczonych jako X, Y, Z. Zaobserwowane stany charmonium badano w kilku mechanizmach produkcji: rozpad mezonu B, promieniowanie stanu początkowego (ISR), w e^+e^- anihilacji, w procesach podwójnej produkcji charmonium i procesach fuzji dwóch fotonów.

Ostatnio rodzina egzotycznych rezonansów mezonowych została rozszerzona o egzotyczne rezonanse barionowe w stanie końcowym $J/\Psi p$, jak te odkrytym przez LHCb. Ponadto, skuteczne poszukiwanie kandydatów na egzotyczne hadrony nie zostało ograniczone do sektora powabnego. Kilku kandydatów na egzotyczne hadrony podobnych do bottomonium zostało znalezionych przez eksperyment Belle, a mianowicie $Z_b(10610)^+$, $Z_b(10650)^+$, $Y_b(10888)$.

W trakcie referatu omówię najnowsze wyniki w tej dziedzinie z bardziej szczegółowym przedstawieniem kilku wyników z eksperymentu LHCb.

[1] M.Gell-Mann, Phys. Lett. **214** (1964).



poniedziałek 11.09.2017, sala C

informacja kwantowa I

Konrad Banaszek
Uniwersytet Warszawski

14:50	15:25	0:35	Hanna Wojewódka Uniwersytet Śląski	Hurdles in randomness amplification
15:25	15:45	0:20	Michał Lipka Uniwersytet Warszawski	Kwantowa daktyloskopia bez współdzielonego wzorca fazy
15:45	16:05	0:20	Jakub Jan Borkała Uniwersytet Gdański	Nowa miara komplementarności baz a zagadnienie istnienia baz komplementarnych w dowolnym wymiarze
16:05	16:25	0:20	Łukasz T. Stępień Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN	Logika matematyczna, fizyka, informatyka, matematyka, ...

informacja kwantowa II

Hanna Wojewódka
Uniwersytet Śląski

16:40	17:15	0:35	Rafał Demkowicz-Dobrzański Uniwersytet Warszawski	Adaptywna metrologia kwantowa w obecności ogólnego szumu Markowskiego
17:15	17:35	0:20	Krzysztof Chabuda Uniwersytet Warszawski	The quantum Allan variance
17:35	17:55	0:20	Andrzej Chrostowski Uniwersytet Warszawski	Nadrozdzielcze obrazowanie źródła rozciągniętego
17:55	18:15	0:20	Dariusz Wiater Uniwersytet Jagielloński	Kwantowe błędzenie losowe w sieci optycznej

Hurdles in randomness amplification

H. Wojewódka¹, F.G.S.L. Brandão^{2,3}, A. Grudka⁴, K. M. Horodeccy⁵,
P. Horodecki⁶, M. Pawłowski⁵, R. Ramanathan⁷, M. Stankiewicz⁵

¹ *Institute of Mathematics, University of Silesia in Katowice,
Bankowa 14, 40-007 Katowice, Poland*

² *Quantum Architectures and Computation Group, Microsoft Research, Redmond, WA*

³ *Department of Computer Science, University College London*

⁴ *Quantum Electronics Laboratory, Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University*

⁵ *Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, University of Gdańsk*

⁶ *Faculty of Applied Physics and Mathematics, Gdańsk University of Technology*

⁷ *Laboratoire d'Information Quantique, Université Libre de Bruxelles*

Randomness is a fundamental resource, useful in diverse fields such as cryptography, Monte Carlo simulations, etc. Traditional random number generators are based on classical physics, a deterministic theory. They suffer from attacks such as a short seed becoming known to an adversary or the adversary tampering with the device, feeding known bits into the supposedly random source. Even upon access to a weak source of randomness (where weak means correlated with other variables or biased), amplification within classical resources is unattainable. Fortunately, it has been recently proven (see [1]) that the innate indeterminism of quantum theory offers a solution to this problem. Indeed, there exist protocols which, using somewhat random (but potentially even almost deterministic) bits, generate nearly uniformly distributed and secure output bits. Moreover, while in any cryptographic application one might not trust the devices themselves, quantum non-local correlations (revealed operationally through the violation of Bell inequalities) allow for the so-called "device-independent" randomness amplification (RA).

The research on RA is already quite advanced, e.g. [2, 3] concern the first physically realistic protocols, producing secure random bits using a finite number of devices and tolerating noise in its implementation. Most results are however obtained under the assumption that the weak source of randomness is uncorrelated with the (quantum) devices used in the amplification procedure. Relaxing this assumption has not yet been widely studied, excluding our recent papers [4, 5] and the results by Chung, Shi and Wu [6, 7].

As a weak source to be amplified, we consider a Santha-Vazirani (SV) source. We do not assume the source and the device to be independent. However, since arbitrary correlations between them exclude the possibility of RA, we introduce the SV-like condition for devices. The intuitive description of it is as follows: the source remains weakly random even upon measuring the box, so there is no input-output pair that provides additional knowledge about the source. We prove in [4] and [5] that, under the SV-like condition for devices and some other assumptions, RA is still possible in the asymptotic scenario of a large number of settings, for a restricted set of ε -SV sources. We believe that these results give a new insight into the problem and, due to the clarity of assumptions, will be also significant in a more general task of obtaining secure key bits in cryptography.

[1] R. Colbeck, R. Renner, *Nat. Phys.* **8**, 450-454 (2012).

[2] F.G.S.L. Brandão et al., *Nat. Comm.* **7**, 11345 (2016).

[3] R. Ramanathan et al., *Phys. Rev. Lett.* **117**, 230501 (2016).

[4] H. Wojewódka et al., arXiv:1601.06455 [quant-ph] (2016).

[5] K. Horodecki et al., in preparation (2017).

[6] K.-M. Chung et al., arXiv:1402.4797v3 [quant-ph] (2015).

[7] K.-M. Chung et al., <https://ix.cs.uoregon.edu/xiaodiwu/papers/csw16.pdf> (2016).

Kwantowa daktyloskopia bez współdzielonego wzorca fazy

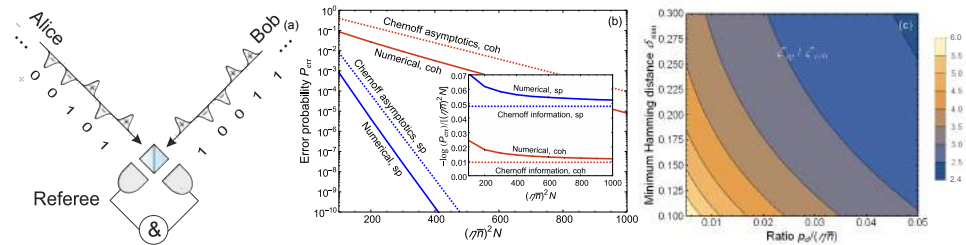
Michał Lipka¹, Michał Jachura¹, Marcin Jarzyna², Konrad Banaszek²

¹Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-093 Warszawa

²Centrum Nowych Technologii, Banacha 2c, 02-097 Warszawa

Jednym z zagadnień złożoności komunikacyjnej jest określenie czy dwa ciągi binarne, znajdujące się u Alicji (A) i Bogdana (B), są identyczne. A i B przesyłają do sędziego (R) możliwie najkrótszą informację (odciski palców) o swoich ciągach. R musi na tej podstawie wydać werdykt z zadaniem stałym prawdopodobieństwem pomyłki. Jeśli A i B nie mają dostępu do wspólnego generatora liczb losowych to klasycznie długość skrótów skala się jak $\mathcal{O}(\sqrt{n})$ [1] w długości ciągów n . Niedawno zaproponowany [2] i zrealizowany [3] odpowiednik kwantowy zapewnia skalowanie $\mathcal{O}(\log_2 n)$ w liczbie użytych qubitów. Protokół jest oparty o interferencję fazowo zmodulowanych słabych stanów koherentnych, więc wymaga stabilnej globalnej fazy między A i B. W naszej pracy proponujemy niezależny od globalnej fazy, kwantowy protokół daktyloskopii (*quantum fingerprinting*) wykorzystujący interferencję dwufotonową. Informacja Chernoffa pozwala na asymptotyczną analizę jego wydajności. Okazuje się, że zastosowanie pojedynczych fotonów dodatkowo usprawnia protokół nawet w rejonie mocno stratnej transmisji $\eta \ll 1$.

W naszym protokole ciągi A i B są przekodowywane na ciągi, których wzajemna odległość Hamminga spełnia $\delta_{\min} \leq \delta \leq 1 - \delta_{\min}$. Te następnie są odwzorowywane w czasowej fazie (\pm) impulsów światła. W całej sekwencji wysyłanych jest średnio \bar{n} fotonów. R interferuje impulsy na zbalansowanej płytce światłodzieliącej i obserwuje zdarzenia dwufotonowe. Schemat powtarzany jest N -krotnie po czym R podejmuje decyzje czy ciągi były identyczne na podstawie liczby zdarzeń, w których fotony pojawiły się na obu detektorach. Stosuje przy tym algorytm minimalizujący prawdopodobieństwo błędu P_{err} .



Rysunek 1: (a) Schemat protokołu. (b) Numeryczne prawdopodobieństwo błędu P_{err} stosując światło koherentne (coh) i pojedyncze fotony (sp). Wstawka porównuje przeskalowaną informację Chernoffa ζ - wykładnik asymptotycznego wyrażenia na $P_{\text{err}} \approx \exp[-(\eta\bar{n})^2 N \zeta]$ z wartością numeryczną. Odcięta sparametryzowana jest efektywną średnią liczbą zdarzeń 2-fotonowych $(\eta\bar{n})^2 N$, które pozwalają na porównanie ciągów. (c) Stosunek $N_{\text{coh}}/N_{\text{sp}} = \zeta_{\text{sp}}/\zeta_{\text{coh}}$ odpowiadający redukcji w wymaganej liczbie realizacji N przy stałym P_{err} . Odcięta - stosunek prawdopodobieństwa ciemnego zliczenia na detektorze p_d do $\eta\bar{n}$

[1] H. Buhrman et al., Phys. Rev. Lett. 87, 167902 (2001).
 [2] J. M. Arrazola and N. Lütkenhaus, Phys. Rev. A 89, 062305 (2014).
 [3] F. Xu et al., Nature Commun. 6, 8735 (2015).

Nowa miara komplementarności baz a zagadnienie istnienia baz komplementarnych w dowolnym wymiarze

E.A. Aguilar, J.J.Borkała, P. Mironowicz, M. Pawłowski

Institute of Theoretical Physics and Astrophysics, National Quantum Information Center, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, 80-308, Gdansk, Poland

W naszej pracy przedstawiamy nowy kwantowy protokół złożoności obliczeniowej, który nazywamy Kwantowym Kodem Swobodnego Dostępu z Obietnicą (promise-Quantum Random Access Code). Protokół ten daje nowy wgląd w badania nad Bazami Komplementarnymi (Mutually Unbiased Basis). Za jego pomocą definiujemy nową operacyjną miarę komplementarności baz. Zaproponowany przez nas protokół może również służyć do odpowiedzi na pytanie czy istnieje N baz komplementarnych w wymiarze d . Wykorzystujemy do tego zadania również metodę optymalizacyjną opartą na Programowaniu Półokreślonym (Semidefinite Programming).

Dwie ortonormalne bazy $\{|\psi_i\rangle\}_i$ oraz $\{|\phi_j\rangle\}_j$ należące do \mathbb{C}^d , nazywamy bazami komplementarnymi, jeśli zachodzi relacja

$$|\langle\psi_i|\phi_j\rangle|^2 = \frac{1}{d} \quad \forall i, j \in [d], \quad (1)$$

gdzie $[d] \equiv \{1, 2, \dots, d\}$. Określenie komplementarne wynika z właściwości tego typu baz. Jeżeli weźmiemy dowolny wektor $|\psi_i\rangle$, następnie wykonamy pomiar w bazie $\{|\phi_j\rangle\}_j$, wynik będzie całkowicie losowy (każdy wynik pomiaru $|\psi_i\rangle$ będzie miał takie samo prawdopodobieństwo zajścia $\frac{1}{d}$).

Zbiór BK w wymiarze d jest *całkowity* jeśli istnieje $d + 1$ baz które parami są wzajemnie komplementarne. Konstrukcja całkowitego zbioru baz w przypadku gdy wymiar przestrzeni równy jest liczbie pierwszej $d = p$ została opisana przez Ivonovic [1]. Później Wooteers i Fields opisali konstrukcję dla przypadku gdy wymiar równy jest potęgę liczby pierwszej $d = p^k$ [2]. Ogólne zagadnienie dotyczące istnienia $d + 1$ baz w dowolnym wymiarze pozostaje nadal otwarte. Ten problem nie jest rozwiązany nawet dla najprostszego z przypadków gdy wymiar przestrzeni jest równy 6. Zauner zaproponował hipotezę mówiącą, że *nie istnieją więcej niż 3 bazy komplementarne w wymiarze 6*[3]. Za hipotezę Zaunera przemawiają zarówno analityczne [4] jak i numeryczne [5] argumenty. Jednak ograniczenia mocy obliczeniowej oraz analityczne trudności sprawiają, że problem ten pozostaje nierozstrzygnięty.

W naszej pracy przedstawiamy kolejne dowody przemawiające za hipotezą Zaunera oraz rozszerzamy nasze rozważania dotyczące istnienia BK na dowolny wymiar. Definiujemy nowy protokół nazwany Kwantowym Kodem Swobodnego Dostępu z Obietnicą (KKSDO). Główną ideą jest tutaj użycie protokołu $n^d \rightarrow 1$ Kwantowego Swobodnego Kodu Dostępu (Quantum Random Access Code) z dodatkową informacją którą otrzymuje Alicja. Naszym głównym rezultatem jest pokazanie, że Alicja i Bob przy użyciu protokołu KKSDO są w stanie otrzymać pewne prawdopodobieństwo sukcesu tylko jeśli k baz komplementarnych istnieje w wymiarze d , w przeciwnym razie otrzymają niższe prawdopodobieństwo sukcesu.

- [1] I. D. Ivonovic, Journal of Physics. vol. **14**, no. 12, p. 3241, 1981.
- [2] W. K. Wootters, B. D. Fields, Annals of Physics, vol. **191**, pp. 363–381, May 1989.
- [3] G. Zauner, International Journal of Quantum Information, vol. **09**, no. 01, pp. 445–507, 2011.
- [4] P. Jaming, M. Matolcsi, P. Móra, Journal of Physics A, vol. **42**, no. 24, p. 245305, 2009.
- [5] P. Butterley, W. Hall, Physics Letters A, vol. **369**, no. 1–2, pp. 5–8, 2007.



Logika matematyczna, fizyka, informatyka, matematyka, ...

Lukasz T. Stępień

*Institut Informatyki, Uniwersytet Pedagogiczny
im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie*

W 1936 r. Garrett Birkhoff i John Von Neumann opublikowali klasyczną już dzisiaj pracę [2], dotyczącą logiki mechaniki kwantowej. Od tamtej pory, zagadnienia związane z zastosowaniem logiki we fizyce, m.in. logikami kwantowymi, są wciąż obiektem badań (np. [1], [3], [6], [5], [7], [8]). Samo słowo „logika” jest zazwyczaj rozumiane dość szeroko. Jako dziedzina, logika dzieli się na kilka działów, z których jednym jest logika formalna, zwana również logiką matematyczną. To właśnie ona, a także jej zastosowania i znaczenie dla m.in. fizyki, informatyki oraz matematyki, będą przedmiotem tego referatu, [3], [4], [9], [10].

- [1] H. Andréka, J. X. Madarász, I. Németi, P. Németi and G. Székely, “Vienna Circle and Logical Analysis of Relativity Theory” in: “The Vienna Circle in Hungary” (Editors: A. Máté et al.), Springer-Verlag, Wien 2011.
- [2] G. Birkhoff and J. von Neumann, *Ann. Math.* 37, 823 (1936).
- [3] “Bridging the Gap: Philosophy, Mathematics and Physics”, (Editors: G. Corsi, M. L. Dalla Chiara and G. C. Ghirardi), Springer Science + Business Media Dordrecht 1993.
- [4] A. Grzegorzcyk, „Zarys logiki matematycznej”, PWN, Warszawa 1984.
- [5] K. Lefever, “Using Logical Interpretation and Definitional Equivalence to compare Classical Kinematics and Special Relativity Theory”, PhD. Dissertation (Promotor: Prof. Dr Jean Paul Van Bendegem, Co-promotor: Prof. Dr Gergely Székely), Vrije Universiteit Brussel 2017.
- [6] M. L. Dalla Chiara, R. Giuntini and R. Greechie, “Reasoning in Quantum Theory. Sharp and Unsharp Quantum Logics”, Series: Trends in Logic 22, Springer Science + Business Media Dordrecht 2004.
- [7] P. Mittelstaedt, *J. Gen. Phil. Sci.* 43, 215 (2004).
- [8] G. Nistico, *Int. J. Theor. Phys.* 53, 3475 (2014).
- [9] W. A. Pogorzelski, „Klasyczny rachunek zdań”, PWN, Warszawa 1975.
- [10] W. A. Pogorzelski, „Klasyczny rachunek kwantyfikatorów”, PWN, Warszawa 1982.

Adaptywna metrologia kwantowa w obecności ogólnego szumu Markowskiego

Rafał Demkowicz-Dobrzański¹, J. Czajkowski^{1,2}, P. Sekatski³

- ¹Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska
²University of Amsterdam, CWI, QuSoft, Institute for Logic, Language and Computation (ILLC), P.O. Box 94242, 1090 GE Amsterdam, The Netherlands
³Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck, Technikerstr. 21a, A-6020 Innsbruck, Austria

W przypadku braku szumu i związanej z tym dekoherencji, estymacja parametru generującego ewolucję unitarną możliwa jest z precyzją skalującą się jak $1/T$, gdzie T jest całkowitym czasem ewolucji układu kwantowego. W pracy przeanalizowano ogólny model estymacji unitarnego parametru w obecności szumu Markowskiego, gdzie ewolucja układu zadana jest ogólnym kwantowym równaniem Master:

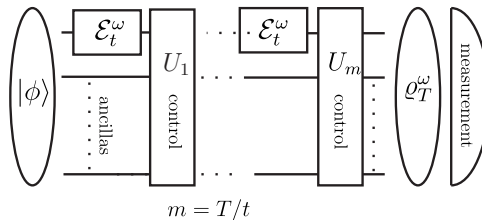
$$\frac{d\rho}{dt} = -i\omega[H, \rho] + \sum_{j=1}^J L_j \rho L_j^\dagger - \frac{1}{2} \rho L_j^\dagger L_j - \frac{1}{2} L_j^\dagger L_j \rho,$$

gdzie ω jest estymowanym parametrem związanym z unitarną ewolucją generowaną przez Hamiltonian H , podczas gdy L_j są operatorami szumu. Wykazano, że jeśli spełniony jest następujący prosty algebraiczny warunek

$$H \in \mathcal{S} = \text{span}_{\mathbb{R}}\{\mathbb{I}, L_j^H, iL_j^{AH}, (L_j^\dagger L_j)^H, i(L_j^\dagger L_j)^{AH}\},$$

gdzie $^H, ^{AH}$ oznacza hermitowską i antyhermitowską część operatora, wtedy niepewność estymacji parametru skaluje się co najwyżej jak $1/\sqrt{T}$ i nie jest możliwe uzyskanie skalowania $1/T$ nawet używając najogólniejszych adaptacyjnych strategii estymacji (patrz Rysunek 1), w szczególności protokołów opartych o idee kwantowej korekcji błędów.

Opracowano, też ogólne metody uzyskania jawnych ilościowych ograniczeń skalujących się jak $1/\sqrt{T}$ i zastosowano je to zorzumienia fundamentalnych ograniczeń w zagadnieniach interferometrii atomowej, gdzie uwzględnione zostały efekty wielociałowe. Tym samym, uzyskano pierwsze wyniki dotyczące fundamentalnych ograniczeń w zagadnieniach metrologii nieliniowej.



Rysunek 1: Ogólny metrologiczny schemat adaptacyjny. Całkowity czas ewolucji T podzielony jest na m kroków ewolucji o długości t przeplatanych ogólnymi operacjami unitarnymi U_i .

[1] R. Demkowicz-Dobrzański, J. Czajkowski, P. Sekatski, arXiv:1704.06280 (2017).



The quantum Allan variance

Krzysztof Chabuda¹, Ian D. Leroux², Rafał Demkowicz-Dobrzański¹

¹Faculty of Physics, University of Warsaw, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Poland

²QUEST Institut, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, Germany

In atomic clocks, the frequency of a local oscillator is stabilized based on the feedback signal obtained by periodically interrogating an atomic reference system. The instability of the clock is characterized by the Allan variance, a measure widely used to describe the noise of frequency standards. We provide an explicit method to find the ultimate bound on the Allan variance of an atomic clock in the most general scenario where N atoms are prepared in an arbitrarily entangled state and arbitrary measurement and feedback schemes are allowed, including those that exploit coherences between succeeding interrogation steps. While the method is rigorous and completely general, it becomes numerically inefficient for large N and long averaging times. This could be remedied by incorporating numerical methods based on a matrix product states approximation.

[1] K. Chabuda, I. D. Leroux, R. Demkowicz-Dobrzański, *New J. Phys.* **18**, 083035 (2016).

Nadrozdzielcze obrazowanie źródła rozciągniętego

Andrzej Chrostowski^{1,*}, Marcin Jarzyna², Konrad Banaszek^{1,2}

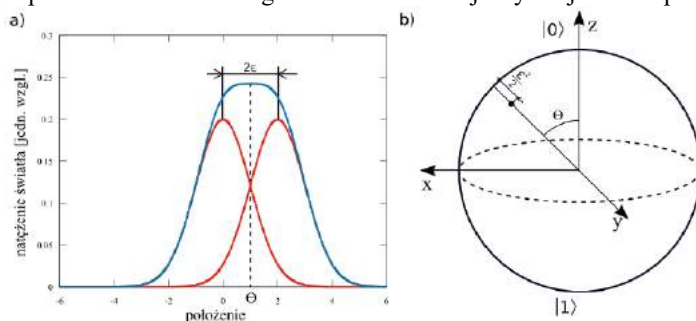
¹ Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

² Centrum Nowych Technologii, Uniwersytet Warszawski

* E-mail: ac358807@okw.fuw.edu.pl

W ostatnich latach nastąpił rozwój technik obrazowania z nadrozdzielczością, które pozwalają na przekroczenie granicy zadanej przez kryterium Rayleigha. Jak pokazano na rys. 1a, standardowy pomiar przestrzennego rozkładu natężenia światła nie pozwala na efektywne wyznaczenie rozmiaru struktur, których charakterystyczny rozmiar jest mniejszy niż szerokość funkcji odpowiedzi układu optycznego. Problem ten rozwiązuje np. metoda opracowana przez Mankei Tsanga i współpracowników [1], która polega na rozkładzie pola elektromagnetycznego w odpowiedniej bazie modów przestrzennych, a następnie pomiarze natężenia poszczególnych składowych. Podejście to nosi angielską nazwę SPADE (SPATIAL DEMultiplexing, demultipleksowanie przestrzenne).

Precyzję pomiaru można opisać ilościowo przy użyciu informacji Fishera, której odwrotność zadaje dolną granicę dla wariancji estymowanego parametru. Dla pomiaru typu SPADE odległości pomiędzy dwoma źródłami punktowych informacja Fishera dąży do stałej, gdy odległość ta staje się istotnie mniejsza od szerokości funkcji odpowiedzi. W przypadku konwencjonalnego pomiaru informacja Fishera w tej granicy się zeruje, co oznacza, że nie jesteśmy w stanie uzyskać istotnej informacji o strukturze źródła. W ogólności, pomiar SPADE dla źródła rozciągniętego, którego rozmiar jest istotnie mniejszy od szerokości funkcji odpowiedzi układu, dostarcza drugiego momentu rozkładu natężenia. W przeciwieństwie do pomiaru przestrzennego rozkładu natężenia światła, wyniki metody SPADE zależą od wyboru położenia, względem którego przeprowadzony jest rozkład na mody. Dla małych odchyżeń problem można opisać modelem qubitowym przedstawionym na rys. 1b. Przesunięcie położenia źródła odpowiada w nim obrotowi sfery Blocha, zaś rozmiar struktury – skróceniu długości wektora Blocha. Model ten pozwala odnieść problem nadrozdzielczego obrazowania przy niepewnym położeniu źródła do zagadnienia kwantowej estymacji dwóch parametrów.



Rys.1: a) Przykładowy jednowymiarowy rozkład przestrzenny uzyskany w wyniku nakładania się natężeń dwóch rozsuniętych źródeł punktowych. Jednostka położenia odpowiada odchyleniu standardowemu gaussowskiej natężeniowej funkcji odpowiedzi układu optycznego. b) Model qubitowy przedstawiający dwa parametry układu istotne w pomiarze metodą SPADE: ε charakteryzuje rozciągłość przestrzenną źródła, zaś θ położenie centroidu (tj. „środką masy”) rozkładu natężenia względem bazy pomiarowej.

[1] Tsang, M., Nair, R., & Lu, X. M. (2016), Physical Review X, 6(3), 031033.

**Kwantowe błędzenie losowe w sieci optycznej****Dariusz Wiater¹, Tomasz Sowiński², Jakub Zakrzewski^{1,3}**¹*Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, Kraków*²*Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, Aleja Lotników 32/46, Warszawa*³*Mark Kac Complex Systems Research Center, Uniwersytet Jagielloński, Kraków*

Dynamika dwóch bozonów umieszczonych w jednowymiarowej sieci optycznej została zbadana teoretycznie. W zależności od stanu początkowego, oddziaływań, przechyleń sieci lub nieporządku całe spektrum różnych zachowań zostało zaobserwowane. W szczególności, dwa bozony umieszczone w sieci z nieporządkiem przejawiają zachowanie charakterystyczne dla zjawiska tzw. lokalizacji wielociałowej. Rozważamy standardowy hamiltonian Bose-Hubbarda:

$$\hat{H}_{\text{BH}} = -J \sum_i \left(\hat{a}_{i+1}^\dagger \hat{a}_i + h.c. \right) + \frac{U}{2} \sum_i \hat{n}_i (\hat{n}_i - 1), \quad (1)$$

oraz dodatkowe potencjały zewnętrzne:

$$\hat{H}_{\text{ext}} = \hat{T} + \hat{V} + \hat{D}, \quad (2)$$

gdzie

$$\hat{T} = F \sum_i i \hat{a}_i^\dagger \hat{a}_i, \quad (3a)$$

$$\hat{V} = V \sum_i \sum_{k \neq 0} k^{-\alpha} \hat{n}_i \hat{n}_{i+k}, \quad (3b)$$

$$\hat{D} = \lambda \sum_i \cos [2\pi(\tau i + \phi)] \hat{a}_i^\dagger \hat{a}_i. \quad (3c)$$

Cała analiza oparta jest na specyficznej dekompozycji gęstości prawdopodobieństwa na składową pochodzącą od oczek obsadzonych pojedynczo i podwójnie. W ten sposób rola oddziaływań jest wyeksponowana. W związku z tym, że obie składowe są mierzalne w eksperymentach z zimnymi atomami, prezentowane przewidywania mogą mieć znaczenie dla przyszłych doświadczeń.

- [1] K. Manouchehri and J. Wang, *Physical Implementation of Quantum Walks* (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2014).
- [2] P. M. Preiss, R. Ma, M. E. Tai, A. Lukin, M. Rispoli, P. Zupancic, Y. Lahini, R. Islam, and M. Greiner, *Science* 347, 1229 (2015).
- [3] R. Khomeriki, D. O. Krimer, M. Haque, and S. Flach, *Phys. Rev. A* 81, 065601 (2010).
- [4] C. A. Müller and D. Delande, *Disorder and interference: localization phenomena*, in *Lecture Notes of the Les Houches Summer School in Singapore: Ultracold Gases and Quantum Information*, Vol. 91 (Oxford Scholarship, 2011) Chap. 9, arXiv:1005.0915.
- [5] M. Schreiber, S. S. Hodgman, P. Bordia, H. P. Lüschen, M. H. Fischer, R. Vosk, E. Altman, U. Schneider, and I. Bloch, *Science* 349, 842 (2015).
- [6] D. Wiater, T. Sowiński, J. Zakrzewski, arXiv:1705.11009



poniedziałek 11.09.2017, sala D

układy złożone I

Krzysztof Kułakowski
Akademia Górniczo-Hutnicza

14:50	15:25	0:35	Danuta Makowiec Uniwersytet Gdański	Rytm serca wiele lat po przeszczepie serca
15:25	15:45	0:20	Adam Lipowski Uniwersytet im. Adama Mickiewicza	Gra w nazywanie, czyli ewolucja języka dla fizyków
15:45	16:05	0:20	Julian Sienkiewicz Politechnika Warszawska	Analiza i modelowanie wpływu czynników leksykalnych na popularność artykułów naukowych
16:05	16:25	0:20	Jarosław Kwapien Instytut Fizyki Jądrowej PAN	Rola interpunkcji w lingwistycznym prawie Zipfa

układy złożone II

Krzysztof Kułakowski
Akademia Górniczo-Hutnicza

16:40	17:15	0:35	Agata Fronczak Politechnika Warszawska	Nowe idee w fizyce statystycznej - hybrydowe przemiany fazowe
17:15	17:35	0:20	Janusz Szwabiński Politechnika Wroclawska	Relacje między konformizmem i antykonformizmem a polaryzacja grup społecznych
17:35	17:55	0:20	Bartłomiej Dybiec Uniwersytet Jagielloński	Rozprzestrzenianie się informacji i powstawanie centrów kulturowych
17:55	18:15	0:20	Tomasz Gubiec Uniwersytet Warszawski	Skąd się biorą długozasięgowe korelacje w finansowych szeregach czasowych?

Rytm serca wiele lat po przeszczepie serca

Danuta Makowiec¹, Joanna Wdowczyk²

¹*Institut Fizyki Teoretycznej i Atrofizyki, Uniwersytet Gdański*

²*Katedra i Klinika Kardiologii, Gdański Uniwersytet Medyczny*

Rozwój medycyny sprawia, że wzrasta liczba pacjentów przeżywających wiele lat po zabiegu przeszczepienia serca. Jednakże stale przyjmowane przez nich silne leki immunosupresyjne w połączeniu z naturalnym procesem starzenia inicjują procesy zwłóknienia tkanki mięśnia sercowego. Dodatkowo w tkance serca przeszczepionego rozwija się spontanicznie proces reinerwacji. W efekcie osłabieniu ulegają własności wzbudne tkanki co często prowadzi do utraty synchroniczności skurczu komórek. W efekcie obserwujemy pojawienie się różnych zaburzeń w pracy skurczów serca, zwanych arytmiami serca. Dobowy pomiar rytmu serca metodą Holtera (nieinwazyjne i tanie nagranie EKG) może dostarczać informacji o incydentach i ich charakterze występowania błędnych rytmów pacjenta [1].

W oparciu o model naturalnego rozrusznika serca [2] bazujący na czasowych automatach komórkowych działających w sieci stochastycznych powiązań, poszerzony o zestaw automatów komórkowych Greenberga-Hastingsa modelujących zwłóknienie w przedsionkach [3], uzasadnimy, które zmiany w strukturze mięśnia sercowego mogą wpływać na propagację sygnału emitowanego przez rozrusznik serca. W szczególności skoncentrujemy się na tych zmianach, które prowadzą do zaburzeń w rytmie serca. Pokażemy jak, poprzez modelowanie pojawiania się alternatywnych struktur w tkance serca, można odtwarzać właściwości rytmu serca każdego z pacjentów po przeszczepie.

[1] D. Makowiec, J. Wdowczyk, M. Gruchała, Z.R. Struzik, *Chaos, Solitons & Fractals* **90**, 101 (2016).

[2] D. Makowiec, *Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl.* **7**, 347 (2014).

[3] K. Christensen, K.A. Manani, N.S. Peters, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 028104 (2015).



Gra w nazywanie, czyli ewolucja języka dla fizyków

Adam Lipowski

Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Pojawienie się i ewolucja języka to z pewnością jeden z najważniejszych etapów rozwoju ludzkości. Złożoność i znaczenie tego problemu przyciąga uwagę uczonych wielu dyscyplin, zwłaszcza tych zajmujących się układami złożonymi. W tej tematyce często wykorzystywanym modelem jest gra w nazywanie, która opisuje wyłanianie się podstawowych konwencji lingwistycznych takich jak nazwy czy kategorie gramatyczne. W tym wieloagentowym modelu proces wyłaniania się takiej konwencji przypomina formowanie się opinii społecznej lub tworzenie magnetycznego uporządkowania. W swoim wystąpieniu oprócz przedstawienia podstawowych własności tego modelu, omówię niedawno otrzymane wyniki gdzie wzięto pod uwagę migrację agentów [1].

[1] D. Lipowska and A. Lipowski „Language competition in a population of migrating agents”, preprint arXiv:1702.07888

Analiza i modelowanie wpływu czynników leksykalnych na popularność artykułów naukowych

Julian Sienkiewicz^{1,3}, Eduardo G. Altmann^{2,3}

¹*Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, Warszawa*

²*School of Mathematics and Statistics, University of Sydney, NSW, Australia*

³*Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Dresden, Deutschland*

“Jak przedstawić swoje wyniki, aby mój artykuł zdobył więcej uznania i cytowań?” — takie pytanie spędza sen z powiek dużej grupy naukowców. Badacze są coraz częściej oceniani na podstawie wskaźników bibliometrycznych, a prym wśród nich wiedzie właśnie liczba odniesień innych autorów do ich prac. Nic więc dziwnego, że poszukuje się związków łączących popularność publikacji z różnymi, podstawowymi miarami tekstu. Ostatnie badania [1] sugerują nawet istnienie nieskomplikowanej i łatwej do zapamiętania reguły “im krótszy tytuł pracy, tym więcej cytowań”. Czy faktycznie jest to *aż tak* proste?

W referacie przedstawione zostanie jak w istocie czynniki leksykalne, takie jak długość czy stopień skomplikowania tekstu artykułu łączą się z liczbą cytowań, które otrzymuje [2]. Na podstawie analizy kwantylowej ponad 4 milionów tytułów i streszczeń artykułów naukowych z bazy *Web of Science*, obejmującej 1500 periodyków postaram się wykazać, że korelacje te nie są liniowe. Co więcej, prowadzi to do diametralnie różnych wyników dla prac o liczbie cytowań zbliżonej do średniej i dla tych, które można uznać za bardzo popularne. Ponadto, na poziom, a także znak korelacji wpływa także rodzaj czasopisma oraz jego kategoria naukowa (np. fizyka, medycyna).

W trakcie referatu zostanie także omówiony prosty model stochastyczny dynamiki przejść pomiędzy poszczególnymi poziomami strukturalnymi (tytuł, streszczenie, pełny tekst) dla artykułów z bazy *Public Library of Science*.

[1] A. Letchford, H. S. Moat, T. Preis, *R. Soc. Open Sci.* **2**, 150266 (2015)

[2] J. Sienkiewicz, E. G. Altmann, *R. Soc. Open Sci.* **3**, 160140 (2016).



Rola interpunkcji w lingwistycznym prawie Zipfa

Jarosław Kwapien

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

Znane z wielu dziedzin nauki, w tym także z fizyki, prawo Zipfa, choć wydaje się być uniwersalne dla języka naturalnego, w swej klasycznej, potęgowej postaci dobrze opisuje rozkład krotności słów, których częstość występowania jest średnia lub mała, natomiast nie jest dobrym przybliżeniem dla słów często występujących. Uwzględnienie znaków interpunkcyjnych sprawia, że zależność potęgowa typu zipfowskiego zaczyna opisywać zarówno częste słowa, jak i same znaki. To, razem z wynikami analiz statystycznych innego typu, w tym analiz sieciowych, wskazuje, że znaki interpunkcyjne mogą być równoważne zwykłemu słowom.

Nowe idee w fizyce statystycznej - hybrydowe przemiany fazowe

Agata Fronczak, Piotr Fronczak, Andrzej Krawiecki

Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Parowanie wody, topnienie śniegu, utrata magnetycznych własności podgrzanego kawałka żelaza, nadprzewodnictwo – wszystkie te zjawiska są przykładami przemian fazowych. Wyjaśnienie przyczyn i określenie warunków występowania przemian fazowych, uznawanych za najbardziej fascynujące własności materii, stanowiło jedno z największych wyzwania fizyki ubiegłego wieku. W tym czasie udało się zrozumieć i wytłumaczyć wiele zagadnień związanych z tymi zjawiskami oraz wypracowano uniwersalne metody pozwalające opisywać przemiany fazowe w różnych układach.

W szczególności, pokazano, że mimo wielkiej różnorodności obserwowanych przemian, można je podzielić na dwa rodzaje: nieciągłe i ciągłe. Pierwsze z nich zachodzą nagle. Na przykład, przemiana wody w lód dokonuje się nagle. W ustalonym ciśnieniu i powyżej temperatury topnienia woda jest płynna i ruchoma, a poniżej tej temperatury jest stała i sztywna. Nie ma nic pomiędzy jedną fazą i drugą – woda nie staje się mniej płynna zanim przemieni się w lód. W punkcie przemiany, gęstość wody zmienia się skokowo. Inaczej jest w wypadku ciągłych przemian fazowych, nazywanych krytycznymi. Mówi się, że zachodzą w sposób burzliwy. W pobliżu punktów krytycznych, w których te przemiany następują, badane układy stają się niezwykle podatne na różne zaburzenia. W takich układach nawet niewielka zmiana parametrów zewnętrznych, na przykład temperatury, może spowodować ogromne lawinowe zmiany. O zbliżaniu się do punktów krytycznych świadczą ogromne fluktuacje różnych parametrów wewnętrznych badanych układów, choć uśrednione wartości tych parametrów, zachowują się w sposób ciągły – inaczej niż w przypadku nieciągłych przemian.

Przemiany hybrydowe zawdzięczają swą nazwę pochodzącą z mitologii greckiej stworom – hybrydom (np. chimery, która była potworem o głowie lwa, tułowiu kozy i ogonie węża), ponieważ podobnie, jak mityczne hybrydy łączą nie pasujące do siebie elementy. Tymi elementami są cechy przemian fazowych nieciągłych i ciągłych, o których dotychczas sądzono, że nie mogą współistnieć w tym samym układzie.

Podczas wystąpienia zostaną omówione własności i przykłady hybrydowych przemian fazowych [1, 2, 3]. Zostanie również zaprezentowany jeden z nielicznych, ściśle związanych spinowych modeli, w którym występuje przemiana mieszanego rzędu [4, 5].

- [1] A. Bar, D. Mukamel, Phys. Rev. Lett. **112**, 015701 (2014).
- [2] A. Bar, D. Mukamel, J. Stat. Mech. P11001 (2014).
- [3] D. Lee, Y.S. Cho, B. Kahang, J. Stat. Mech. 124002 (2016).
- [4] A. Fronczak, P. Fronczak, A. Krawiecki, Phys. Rev. E **93**, 012124 (2016).
- [5] A. Fronczak, P. Fronczak, Phys. Rev. E **94**, 012103 (2016).

Relacje między konformizmem i antykonformizmem a polaryzacja grup społecznych

Tyll Krueger¹, Patryk Siedlecki², Janusz Szwabiński³, Tomasz Weron³

¹*Katedra Automatyki, Mechatroniki i Systemów Sterowania, Politechnika Wroclawska*

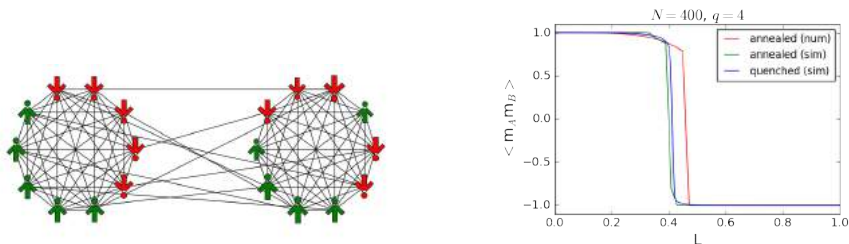
²*Wydział Fizyki i Astronomii, Uniwersytet Wroclawski*

³*Wydział Matematyki, Politechnika Wroclawska*

Co wspólnego mają ze sobą akcja afirmatywna, prawo dostępu do broni, małżeństwa homoseksualne, aborcja, globalne ocieplenie, badania komórek macierzystych, stosunek do polityków czy obecny kryzys migracyjny w Europie? Wszystkie te hasła to przykłady kontrowersyjnych tematów mogących wywołać spolaryzowanie stanowisk w społeczeństwie. Polaryzacja, rozumiana tutaj jako sytuacja, w której grupa ludzi podzielona jest na dwa obozy o przeciwstawnych opiniach i często walczące ze sobą, to jedna z najważniejszych kwestii w badaniach nad dynamiką opinii, ponieważ znajomość mechanizmów ją wywołujących może okazać się pomocna w gaszeniu konfliktów oraz przewidywaniu i unikaniu napięć społecznych.

Wiele badań i analiz przeprowadzonych w ostatnich dekadach wskazuje na korelacje między polaryzacją opinii a segmentacją sieci społecznych opisujących interakcje między ludźmi. Z teorii równowagi społecznej wynika z kolei, że do segmentacji sieci dochodzi w przypadku oddziaływań mających zarówno pozytywny jak i negatywny charakter.

Biorąc powyższe wyniki pod uwagę, zaproponowaliśmy wariant modelu q -wyborcy z dodatkowym, negatywnym rodzajem reakcji społecznej (antykonformizmem) w celu sprawdzenia, jaki jest jego wpływ na osiągnięcie konsensusu w obrębie społeczności [1, 2]. Ponieważ interesowały nas przede wszystkim relacje między różnymi typami reakcji społecznych, założyliśmy, że sieć społeczna jest już posegmentowana i modelowaliśmy ją przy pomocy tzw. topologii podwójnej klikli (Rys. 1, wykres po lewej).



Rysunek 1: Topologia podwójnej klikli (po lewej) i końcowe opinie w klikach w funkcji liczby antagonistycznych oddziaływań (po prawej).

Model analizowany był analitycznie oraz przy pomocy symulacji Monte Carlo. Wyniki wskazują, że w układach tego typu dochodzi do przejścia fazowego kontrolowanego liczbą antagonistycznych połączeń między klikami (Rys. 1, wykres po prawej).

W ramach wystąpienia wyjaśnię pojęcia polaryzacji i wpływu społecznego, omówię model q -wyborcy i jego modyfikacje, a następnie zaprezentuję główne wyniki naszych analiz dotyczących polaryzacji.

[1] P. Siedlecki, J. Szwabiński, T. Weron, JASSS **19** (4) **9** (2016).

[2] T. Krueger, J. Szwabiński, T. Weron, working paper (2016), <https://arxiv.org/abs/1608.08810>.

Rozprzestrzenianie się informacji i powstawanie centrów kulturowych

Bartłomiej Dybiec

*Institut Fizyki, Wydział Fizyki Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
bartek@th.if.uj.edu.pl*

Informacja odgrywa bardzo ważną rolę w wielu aspektach codziennego życia. Aktualna i rzetelna ułatwia podejmowanie decyzji, może stać się czynnikiem konsolidującym, może prowadzić do powstania wyraźnie wyodrębnionej i aktywnej grupy społecznej. Istniejące informacje dostarczane są przez liczne, często konkurujące ze sobą źródła, których funkcjonowanie i istnienie jest uzależnione od postawy (przywiązania) odbiorców. Co więcej, rozwój i zanik struktur społecznych zależy od przepływu informacji oraz stopnia rozwoju technologicznego, który wpływa na możliwości komunikacji. Istniejące modele próbują wytłumaczyć powstawanie struktur społecznych w oparciu o oddziaływania między osobnikami tworzącymi społeczeństwa [1, 2]. Modele te często uwzględniają tylko lokalną adaptację istniejących trendów pomijając ich kreowanie.

Niniejszej model [3] opisuje proces przepływu i adaptacji informacji. Warunkiem przepływu informacji jest istnienie ośrodków (nadawców) wysyłających informacje oraz odbiorców przekazujących je dalej. Źródła informacji konkurują między sobą o uwagę odbiorców, którzy z kolei mają swoje preferencje. Dlatego konkurencja między „nadawcami” w połączeniu z konserwatywnym (przymocowaniem) odbiorców determinują sposób w jaki informacja może propagować się w układzie. Model pokazuje także, jak informacja może być wartościowana, jaka jest rola pamięci o poprzednich oddziaływaniach oraz jak liczba możliwych informacji wpływają na rozmiar i trwałość powstałych grup (domen, stref wpływu).

Model przepływu informacji może zostać zastosowany także do opisu procesu uzgadniania opinii [4–6], a przez to tworzenia domen scharakteryzowanych takimi samymi poglądami. W obrębie sociofizyki zaproponowano wiele modeli opisujących uzgadnianie opinii [4–6]. Zwykle modele te nie wartościują opinii. Niniejszy model poprzez wartościowanie informacji łamie symetrię, dzięki temu dwie informacje nie są jednakowo cenne. Taka konkurencja determinuje dynamikę modelu i wymusza współzawodnictwo, które to z kolei wskazuje punkty newralgiczne na ataki. Dzięki temu możliwe jest badanie trwałości powstałych struktur i ich odporności na ataki.

- [1] R. Axelrod, *J. Conflict Resolution* **41**, 203 (1997).
- [2] C. Castellano, S. Fortunato, and V. Loreto, *Rev. Mod. Phys.* **81**, 591 (2009).
- [3] B. Dybiec, N. Mitarai, and K. Sneppen, *Phys. Rev. E* **85**, 056116 (2012).
- [4] R. A. Holley and T. M. Liggett, *Ann. Probab.* **3**, 643 (1975).
- [5] S. Galam, *J. Math. Psychol.* **30**, 426 (1986).
- [6] K. Sznajd-Weron and J. Sznajd, *Int. J. Mod. Phys. C* **11**, 1157 (2000).
- [7] B. Dybiec, N. Mitarai, and K. Sneppen, *Eur. Phys. J. B* **85**, 357 (2012).



Skąd się biorą długozasięgowe korelacje w finansowych szeregach czasowych?

Tomasz Gubiec^{1,2}, Jarosław Klamut¹, Ryszard Kutner¹

¹ Instytut Fizyki Doświadczalnej, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski.

² Center for Polymer Studies and Department of Physics, Boston University.

Finansowe szeregi czasowe wykazują pewne wspólne własności, niezależnie od tego na jaki konkretnie szereg czasowy patrzymy. Funkcja autokorelacji przyrostów tych szeregów bardzo szybko dąży do zera. Zupełnie inaczej zachowuje się autokorelacja modułów tych przyrostów, która zanika bardzo wolno. Zjawisko to najczęściej tłumaczy się tak zwanym klastrowaniem się zmienności.

Z przeprowadzonych przez nas analiz wynika jednak, że pamięć ta jest głównie obecna w czasach pomiędzy zdarzeniami obserwowanymi na rynku finansowym. Do opisu tego zjawiska użyliśmy znanego w fizyce już od 50 lat błędzenia losowego w czasie ciągłym (*Continuous-Time Random Walk*) [1,2]. Model ten już wielokrotnie był wykorzystywany do opisu finansowych szeregów czasowych [3,4] jednak dopiero wersja uwzględniająca pamięć obecną w czasach pomiędzy zdarzeniami jest w stanie zadowalająco opisać wspomniane autokorelacje modułów.

[1] E. W. Montroll, G. H. Weiss, *J. Math. Phys.*, 6(2):167181, 1965.

[2] R. Kutner, J. Masoliver, arXiv:1612.02221v1 (2016)

[4] T. Gubiec, R. Kutner, *Phys. Rev. E* 82, 046119 (2010)

[5] T. Gubiec, R. Kutner, arXiv:1305.6797v3 (2016)



poniedziałek 11.09.2017, sala E

dydaktyka i popularyzacja I

Ewa Dębowska
Uniwersytet Wrocławski

14:50	15:25	0:35	Wojciech Małecki Okręgowa Komisja Egzaminacyjna	Szkolna fizyka na miarę czasów – zmieniamy reguły gry
15:25	15:45	0:20	Anita Skrzyniarz Zespół Szkół Akademickich, Wrocław	Szkoła, której atutem jest brak tradycji
15:45	16:05	0:20	Ludwik Lehman II LO, Głogów	Jak (nie)należy uczyć fizyki
16:05	16:25	0:20	Włodzimierz Natorf IX LO, Warszawa	Rekomendacja PTF na temat metod analizy wyników pomiarów w nauczaniu szkolnym

dydaktyka i popularyzacja II

Tadeusz Wibig
Uniwersytet Łódzki

16:40	17:15	0:35	Jerzy Jarosz Uniwersytet Śląski	Po co nam eksperyment w dydaktyce?
17:15	17:35	0:20	Aneta Mika Wyższa Szkoła Edukacji i Terapii	Biofizyka demonstracyjna – symulacje biofizyczne
17:35	17:55	0:20	Przemysław Duda Politechnika Warszawska	Multimedialny podręcznik z fizyki
17:55	18:15	0:20	Mirosław Brozis I LO, Słupsk	ARDUINO – potężne narzędzie na lekcji fizyki i nie tylko

Szkolna fizyka na miarę czasów – zmieniamy reguły gry

Wojciech Małecki

*Okręgowa Komisja Egzaminacyjna we Wrocławiu
ul. Zielińskiego 57, 53-530 Wrocław*

Fizyka ma stałe miejsce w kształceniu ogólnym od ponad stu lat. Jej rolę oraz oczekiwania wobec uczniów wyznaczały kolejne programy nauczania, a obecnie podstawy programowe kształcenia ogólnego. Kamieniami milowymi definiującymi cele kształcenia w zakresie fizyki były cele zapisane w programach reformowanych szkół w drugiej połowie lat 30. XX wieku, potem programy powojenne, a dalej już trzy podstawy programowe kształcenia ogólnego (2009, 2012, 2017). Wszystkie wymienione dokumenty formułują podobne cele kształcenia, zawierają także podobne treści kształcenia.

Uporządkowanie celów kształcenia zaproponował Grzegorz Białkowski w roku 1978. Przemyślany układ utrzymuje swoje znaczenie do dziś. Jednak w niewielkim stopniu zarysowane przez autora idee kształcenia wykorzystywane były w procesie tworzenia podstaw programowych i dalej tworzenia licznych programów nauczania. Przegląd dotychczasowych zmian ukazuje zachowawczość w kreowaniu fizyki jako przedmiotu nauczania. Wobec niemal rewolucyjnych zmian cywilizacyjnych skutkujących zasadniczą zmianą otoczenia szkoły pozostajemy bezradni. Oznacza to rosnące niedostosowania fizyki do współczesnych celów kształcenia ogólnego. Mimo licznych deklaracji zastąpienia nauczania wspomaganiem uczenia się, premiowania konstruowania wiedzy zamiast jej formalnego przekazywania i przyswajania, dzisiejsze nauczania fizyki to nadal dominacja nauczyciela.

Konsekwencje opisanych zjawisk są dobrze znane. Fizyka – tak w oczach uczniów, jak i szerokiej opinii publicznej uchodzi za przedmiot trudny, mało przydatny i nie lubiany. Kontynuowanie dotychczasowych kierunków działania nie prowadzi do zauważalnych zmian. Środowiska nauczycieli fizyki, fizyków akademickich i pedagogów skłonne są krytykować aktualny stan, ale nie znajdują skutecznych strategii zmiany sytuacji. Wobec powyższego pora odejść od dotychczasowych reguł i zacząć je zmieniać. Szkolna fizyka na miarę XXI wieku wymaga nowych reguł.

W toku prezentacji zaproponowane i przedyskutowane zostaną propozycje tych reguł. Przykładowe reguły nie mogą stanowić „ożywczycych wysp” w szkole jako organizacji, wymagają szerszych zmian w podejściu do nauczania, kształceniu (doskonaleniu) nauczycieli i dyrektorów, wymagają wiele pracy nad zmianą relacji uczeń – nauczyciel – rodzic. Bez efektywnej pracy „wyspy” pochłonie ocean statycznej i zachowawczej szkoły, a fizyka zostanie zatopiona jako jedna z pierwszych. Nowe reguły to jedynie punkt wyjścia do głębokich prac koncepcyjnych, programowych, metodycznych. Sukces zależy od wielu czynników, ale przede wszystkim od naszej woli zmian i zdecydowania w dążeniu do podniesienia statusu szkolnej fizyki. Wiele też zależy od postawy i działań środowiska fizyków akademickich w niewielkim stopniu angażujących się (nie zawsze tak było) w „podnoszenie” szkolnej fizyki,



Szkoła, której atutem jest brak tradycji

Anita Skrzyniarz

Zespół Szkół Akademickich Politechniki Wrocławskiej

W 2014 roku, z inicjatywy władz Politechniki Wrocławskiej, powstała we Wrocławiu nowa szkoła, a właściwie zespół szkół: gimnazjum i liceum. Ze względu na patronat wyższej uczelni technicznej, w nowoutworzonej placówce postawiono na nauczanie przedmiotów ścisłych – matematyki i fizyki. W 2017 roku, po trzech latach funkcjonowania tej nowej placówki, można dokonać pewnej analizy metod i organizacji nauczania przedmiotów wiodących, wpływu bliskości i patronatu wyższej uczelni, podsumować efekty w kontekście pierwszych egzaminów oraz wyborów dalszych ścieżek edukacyjnych dokonanych przez absolwentów. Jako nauczycielka fizyki, początkowo sceptycznie przyglądająca się tej inicjatywie, podjęłam ryzyko nauczania w tej nowej placówce. Chcę się podzielić moimi obserwacjami i refleksjami na temat tego wyjątkowo interesującego eksperymentu edukacyjnego, w kontekście nauczania fizyki.



Jak (nie) należy uczyć fizyki

Ludwik Lehman

II Liceum Ogólnokształcące im. M. Kopernika w Głogowie

Niezależnie od zmian w podstawach programowych fizyka niezmiennie wskazywana jest przez uczniów jako przedmiot najtrudniejszy i najmniej lubiany. Główną przyczyną tego smutnego stanu rzeczy są - zdaniem autora - kardynalne błędy popełniane w nauczaniu fizyki. Na przykładzie mechaniki zostaną wskazane zarówno te błędy jak i sposoby ich uniknięcia. Podstawowym wyzwaniem współczesności jest nauczanie choćby elementów fizyki kwantowej. To wcale nie musi być trudne, a główne przeszkody są - zdaniem autora - w naszych głowach. Spróbujemy pokazać najprostsze sposoby wprowadzenia do świata kwantów, w tym również, jak zupełnie prosto można przedstawić działanie diody.



Rekomendacja PTF na temat metod analizy wyników doświadczeń w nauczaniu szkolnym

**Włodzimierz Natorf¹, Andrzej Zięba², Jan Grabski³, Andrzej Majhofer⁴,
Tadeusz M. Molenda⁵, Jan Mostowski⁶**

¹ *IX Liceum Ogólnokształcące im. Klementyny Hoffmanowej,
ul. Hoża 88, 00-682 Warszawa, nauczyciel emerytowany*

² *Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza,
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

³ *Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, ul. Koszykowa 75, 02-660 Warszawa*

⁴ *Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. L. Pasteura 5, 02-093 Warszawa*

⁵ *Wydział Matematyczno-Fizyczny, Uniwersytet Szczeciński,
ul. Wielkopolska 15, 70 - 451 Szczecin*

⁶ *Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa*

Przedstawiony zostanie projekt rekomendacji PTF dotyczącej sposobu wprowadzania pojęcia niepewności pomiaru do praktyki nauczania szkolnego. Uwzględniamy możliwości percepcyjne uczniów podczas kolejnych etapów nauczania i proponujemy zakres metod analizy szkolnych doświadczeń możliwy do wprowadzenia na każdym z tych etapów. Rekomendacja skierowana jest do nauczycieli fizyki szkół wszystkich szczebli, autorów i recenzentów podręczników oraz innych osób mających wpływ na nauczanie fizyki w polskich szkołach.

W rekomendacji proponowane jest ujednoczenie stosowanych do tej pory różnych metod wyznaczania i różnych form zapisu niepewności pomiaru.

Zawarte w „Rekomendacji” zapisy uwzględniają zalecenia opracowane przez międzynarodowe gremia (konwencja GUM z 1995 r), stosowane obecnie w praktyce współczesnych nauk doświadczalnych i w technice.



Po co nam eksperyment w dydaktyce?

Jerzy Jarosz

*Pracownia Dydaktyki Fizyki, Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski w Katowicach
40-007 Katowice, ul. Uniwersytecka 4*

Znaczenie eksperymentu dla rozwoju nauki oraz jego rola w procesie weryfikowania lub falsyfikowania teorii szczegółowych mają bez wątpienia charakter fundamentalny. Dobrze zaplanowane eksperymenty pozwalają nie tylko wycofać się ze ślepych uliczek fałszywych teorii, ale także, potwierdzając przewidywania teorii, pomagają je umacniać i rozwijać.

Eksperyment stosowany w dydaktyce i edukacji akademickiej i szkolnej, a także w edukacji pozaformalnej ma całkiem inne cele i pełni znacznie bardziej zróżnicowaną rolę. Musi też, oprócz jednoznaczności i powtarzalności, spełniać znacznie więcej warunków, aby można go było uznać za dobry. Posługiwanie się eksperymentem dydaktycznym stawia wykładowcy wiele wymagań i oznacza zwykle konieczność poświęcenia sporej ilości czasu i pracy. Jeśli jednak zostanie on prawidłowo przygotowany i właściwie zastosowany, staje się narzędziem dydaktycznym, którego skuteczność trudno przecenić.

[1] J.Jarosz, *Uczyć z pasją. Wskazówki dla nauczycieli akademickich*, pod red. B.Kożusznik i J.Polaka, Wydawnictwo UŚ, 121-136 (2014).



Biofizyka demonstracyjna – symulacje biofizyczne

Aneta Mika

*Wyższa Szkoła Edukacji i Terapii, Wydział Zamiejscowy w Szczecinie
ul. Wawrzyniaka 8, 70-392 Szczecin,
Ośrodek Doskonalenia Nauczycieli w ZCEMiP w Szczecinie*

Biofizyka jest nauką, która dotyczy badań nad strukturami i procesami biologicznymi, badań prowadzonych na żywym organizmie przy użyciu metod typowych i charakterystycznych dla fizyki [1]. Nie jest to zadanie łatwe, ponieważ procesy zachodzące w najbardziej zaawansowanym i złożonym laboratorium jakim jest organizm ludzki są niezwykle skomplikowane i połączone systemem wzajemnych zależności.

W celu rozwiązania konkretnego problemu badawczego stosuje się tzw. modelowanie biofizyczne. Modele biofizyczne mają za zadanie w uproszczony sposób odwzorować proces zachodzący w organizmie. Modele zawierają często układy elementów mechanicznych, hydraulicznych, elektrycznych i elektronicznych umożliwiające naśladowanie procesów biologicznych przez procesy fizyczne. Różnią się też stopniem złożoności. Powstają więc zarówno struktury bardzo skomplikowane (np. sztuczne serce, protezy bioniczne) tworzone przez inżynierów biomedycznych jak i struktury bardzo proste, możliwe do wykonania przez studentów, czy uczniów szkół średnich. Celem tych pierwszych jest dalece zaawansowana praca naukowa i badawcza, natomiast proste modele mają posłużyć poznaniu i zrozumieniu podstaw, istoty procesu biofizycznego.

Modele biofizyczne wykonane własnoręcznie przez studentów podczas pracy kół naukowych i uczniów klas medycznych w ramach zajęć z fizyki medycznej łączą w sobie wiele elementów poznawczych. Student nie tylko zapoznaje się z budową i działaniem danego układu, danej struktury biologicznej, ale również wykorzystuje do jej wizualizacji znane mu prawa i zależności fizyczne. W szkołach średnich projekty biofizyczne umożliwiają przeprowadzenie zintegrowanego nauczania przedmiotów przyrodniczych, zauważenie przez uczniów związków i wzajemnych korelacji między tymi przedmiotami.

Podczas wystąpienia zaprezentowane zostanie działanie wybranych, prostych modeli biofizycznych jak również ich funkcja poznawcza. Przedstawione zostaną możliwości wykorzystania omawianych modeli podczas wykładów z biofizyki oraz zajęć z fizyki medycznej.

[1] F. Jaroszyk (red.) – Biofizyka – Wydawnictwo Lekarskie PZWL (2008)

Multimedialny podręcznik z fizyki

Przemysław Duda

Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Multimedialny podręcznik z fizyki, który został opracowany w ramach projektu „eFizyka – multimedialne środowisko nauczania fizyki dla szkół ponadgimnazjalnych”. Podręcznik obejmuje cały materiał podstawy programowej nauczania fizyki w szkołach ponadgimnazjalnych w zakresie podstawowym i rozszerzonym. Treść podręcznika ilustrowana jest ogromną ilością filmów i animacji komputerowych. Integralną częścią podręcznika są również: wirtualne eksperymenty fizyczne, Internetowe Laboratorium Fizyki oraz zadania z pogranicza Informatyki i Fizyki.

Wirtualne Laboratorium Fizyki udostępnia ćwiczenia dla szkół średnich, praktycznie wprowadzające w techniki eksperymentalne dotyczące zjawisk fizycznych. Uczeń ma możliwość interaktywnego uczestniczenia w wykonaniu wirtualnych pomiarów, które zostały wykonane tak, aby jak najbardziej odzwierciedlały pomiary wykonywane w rzeczywistym laboratorium.

Internetowe Laboratorium z Fizyki daje możliwość przeprowadzenia doświadczeń fizycznych na rzeczywistej aparaturze umieszczonej na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Użytkownik może z dowolnego miejsca z dostępem do Internetu sterować procesem pomiaru, kontrolować i modyfikować parametry obserwując jednocześnie jego przebieg.

Produkty opracowane z wykorzystaniem MS Excel i VisualBasic for Application mogą posłużyć uczniom do tworzenia własnych animacji procesów fizycznych według własnych scenariuszy bądź scenariuszy zaproponowanych przez nauczyciela.

Podręcznik został dopuszczony do użytku szkolnego i jest dostępny na stronie internetowej pod adresem <http://ilf.fizyka.pw.edu.pl/podrecznik/>.



ARDUINO – potężne narzędzie na lekcji fizyki i nie tylko

Mirosław Brozis

*I Liceum Ogólnokształcące w Słupsku ul. Sz. Szeregów 15
Akademia Pomorska w Słupsku ul. K. Arciszewskiego 22B
bromir1@poczta.fm*

XXI wiek to czas gwałtownego rozwoju mikroelektroniki, jej masowość a co najważniejsze dostępność i niska cena. Jednym z najtańszych układów programowalnych jest ARDUINO [1]. Intuicyjna obsługa i ogromna ilość przykładów zastosowania, dostępna w Internecie pozwala na rozpoczęcie pracy z programowania już z uczniami szkoły podstawowej. W trakcie zabawy w programowanie pojawia się szansa na przemyślenie wiedzy fizycznej. Już pierwsze projekty pozwalają zrozumieć jak działa dioda i jak można ją zepsuć. W trakcie zając z dziećmi prowadzonymi w słupskim klubie Coolturka powstają proste projekty stacji pogodowych, modele świateł ulicznych. Uczniowie liceum poznają tajniki programowania oraz transmisji danych drogą radiową. Finalnym etapem pracy jest zbudowanie minisatelity CanSAT na finały polskiej edycji konkursu Cansats in Europe (edycja 2016 oraz 2017). Zajęcia z obsługi ARDUINO prowadzone są w ramach Słupskiej Szkoły Młodych Fizyków przy Akademii Pomorskiej w Słupsku. Studenci Akademii Pomorskiej w ramach zajęć przygotowują prototypy zestawów do przeprowadzania doświadczeń na lekcji fizyki.

Praca (zabawa) z ARDUINO w bardzo elastyczny sposób pozwala przekazywać tajniki programowania, elektroniki i fizyki. Prowadzenie zajęć wspomagane przez ARDUINO wpisuje się w edukację metodą pracy STEM (science, technology, engineering and mathematics). Możliwość sterowania portami wejścia i wyjścia wymaga podstawowej wiedzy o działaniach elementów elektronicznych i czujników. Uczniowie poznają zasady podłączania diody świecącej, zabezpieczania elementów przed uszkodzeniem. Podczas pracy z ARDUINO uczniowie poznają zasady pomiaru odległości za pomocą ultradźwięków (budują czujnik cofania), poznają zasadę działania termometru (potrafią mierzyć do 10 temperatur jednocześnie), sterują prostymi układami (automatyczne akwarium, podlewaczka do kwiatów). Zastosowanie serwomechanizmów pozwala budować ramiona robotów gdzie wymagane jest rozumienia mechaniki bryły sztywnej. Transmisja danych drogą radiową wymaga wiedzy na temat propagacji fal. Te i wiele innych przykładów pozwala na stwierdzenie, że możliwe jest połączenie nauki fizyki z elementami informatyki, matematyki. Tanim i jednocześnie atrakcyjnym dla uczniów jest ARDUINO.

[1] <https://www.arduino.cc>

**poniedziałek 11.09.2017, sala F****optyka i fotonika I**Tadeusz Stacewicz
Uniwersytet Warszawski

14:50	15:25	0:35	Roman Ciuryło Uniwersytet Mikołaja Kopernika	Polski Optyczny Zegar Atomowy w Krajowym Laboratorium FAMO
15:25	15:45	0:20	Piotr Wcisło Uniwersytet Mikołaja Kopernika	Poszukiwania zmienności fundamentalnych stałych fizycznych przy użyciu optycznych zegarów atomowych
15:45	16:05	0:20	Szymon Wójtewicz Uniwersytet Mikołaja Kopernika	Precyzyjna spektroskopia molekularna we wnękach optycznych wykorzystująca atomowe wzorce częstotliwości
16:05	16:25	0:20	Szymon Pustelny Uniwersytet Jagielloński	Nowy sposób poszukiwań fizyki poza Modelem Standardowym

optyka i fotonika IITadeusz Stacewicz
Uniwersytet Warszawski

16:40	17:15	0:35	Jacek Pniewski Uniwersytet Warszawski	Metamateriały i meta-struktury fotoniczne
17:15	17:35	0:20	Maciej Napiórkowski Politechnika Wrocławska	Niezwykłe właściwości światłowodów spiralnych
17:35	17:55	0:20	Kazimierz Gut Politechnika Śląska	Szerokopasmowe planarne interferometry światłowodowe
17:55	18:15	0:20	Urszula Laudyn Politechnika Warszawska	Liniowe i nieliniowe ciekłokrystaliczne struktury falowodowe

Sesje optyka i fotonika I i II są sponsorowane przez**Canon**

CANON OPHTHALMIC TECHNOLOGIES Sp. z o.o.

Polski Optyczny Zegar Atomowy w Krajowym Laboratorium FAMO

M. Bober¹, P. Morzyński¹, P. Ablewski¹, A. Cygan¹, P. Masłowski¹, D. Lisak¹,
M. Zawada¹, R. Ciuryło¹, W. Gawlik², C. Radzewicz³

¹Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń

²Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Jagielloński, ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków

³Instytut Fizyki Doświadczalnej, Wydział Fizyki,
Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

Najstabilniejszymi wzorcami częstości są obecnie optyczne zegary atomowe wykorzystujące wzbronione przejście w ultra-zimnych atomach Sr lub Yb umieszczonych w sieci optycznej [1]. Polski Optyczny Zegar Atomowy (POZA) został zbudowany w Krajowym Laboratorium FAMO przez konsorcjum Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Dwa niezależne układy z bozonowym izotopem ⁸⁸Sr [2] zademonstrowały stabilność na poziomie 7×10^{-17} . Opracowane na Akademii Górniczo-Hutniczej łącze światłowodowe, w którym wyeliminowane zostały szumy transmitowanej częstości [3], połączyło wzorce czasu UTC w Głównym Urzędzie Miar i Centrum Badań Kosmicznych PAN w Borowcu z zegarami optycznymi w KL FAMO oraz radioteleskopem Centrum Astronomii UMK w Piwnicach. Porównanie, z użyciem światłowodu, między wzorcem czasu UTC (AOS) [4] a optycznymi zegarami atomowymi pozwoliło bezpośrednio wyznaczyć częstość przejścia zegarowego ¹S₀-³P₀ ⁸⁸Sr z dokładnością 10^{-15} [5] oraz przeanalizować budżet niepewności [6].

Te przedsięwzięcia otwierają nowe możliwości badawcze. Porównanie zegarów optycznych wykorzystujących różne jony było podstawą podania ograniczeń na zmienność stałej struktury subtelnej α [7]. Energie stanów ultra-zimnych cząsteczek mogą być mierzone z dokładnością kHz-ową i lepszą dając perspektywy na testowania teorii opisujących oddziaływania fundamentalne w nano-skali [8]. Ponadto wąskie optyczne rezonanse Feshbach umożliwiają dynamiczną kontrolą oddziaływań międzyatomowych w kondensacie Bosego-Einsteina [9].

Jednym z wyników uzyskanych z wykorzystaniem infrastruktury POZA było laboratoryjne wyznaczenie najlepszego obecnie ograniczenia na sprzężenie hipotetycznej ciemnej materii w formie defektów topologicznych z polami Modelu Standardowego [10]. Zegary optyczne z KL FAMO zostały też po raz pierwszy wykorzystane jako wzorce częstości w astronomicznych pomiarach VLBI [11] oraz spektroskopowych pomiarach położenia cząsteczkowych linii widmowych [12].

Badania te były wspierane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Narodowe Centrum Nauki, Fundację na rzecz Nauki Polskiej, EMPIR oraz Akcje COST MOLIM.

- [1] A. D. Ludlow, M. M. Boyd, J. Ye, i inni, *Rev. Mod. Phys.* **87**, 637-701 (2015).
- [2] M. Bober, P. Morzyński, A. Cygan, i inni, *Meas. Sci. Technol.* **26**, 075201-10 (2015).
- [3] Ł. Śliwczynski, P. Krehlik, A. Czubla, i inni, *Metrologia* **50**, 133-145 (2013).
- [4] J. Azoubib, J. Nawrocki i W. Lewandowski, *Metrologia* **40**, S245-S248 (2003).
- [5] P. Morzyński, M. Bober, D. Batoszek-Bober, i inni, *Sci. Rep.* **5**, 17495-9 (2015).
- [6] C. Radzewicz, M. Bober, P. Morzyński, i inni, *Phys. Scr.* **91**, 084003-6 (2016).
- [7] T. Rosenband, D. B. Hume, P. O. Schmidt, i inni, *Science* **319**, 1808-1812 (2008).
- [8] E. J. Salumbides, J. C. J. Koelemeij, J. Komasa, i inni, *Phys. Rev. D* **87**, 112008-8 (2013).
- [9] M. Yan, B. J. DeSalvo, B. Ramachandhran, i inni, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 123201-5 (2013).
- [10] P. Wcisło, P. Morzyński, M. Bober, i inni, *Nat. Astron.* **1**, 0009-6 (2016).
- [11] P. Krehlik, Ł. Buczek, J. Kołodziej, i inni, *Astron. Astrophys.* **603**, A48 (2017).
- [12] K. Bielska, S. Wójtewicz, P. Morzyński, i inni, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* (praca przyjęta do druku), arXiv:1705.06639



Poszukiwania zmienności fundamentalnych stałych fizycznych przy użyciu optycznych zegarów atomowych

**Piotr Wcisło*, Piotr Morzyński, Marcin Bober, Agata Cygan,
Daniel Lisak, Roman Ciuryło, Michał Zawada**

*Institut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Grudziądzka 5, Toruń*

Jedną z możliwych hipotez dotyczących natury ciemnej materii przewiduje, że może ona mieć strukturę defektów topologicznych [1]. Dla niezerowego sprzężenia z polami modelu standardowego kontakt z takim obiektem efektywnie manifestowałby się jako chwilowa zmiana stałych fundamentalnych. Niedawno Derevianko i Pospelov [2] pokazali, że sieć zsynchronizowanych zegarów atomowych może zostać użyta do takich poszukiwań. Najbardziej czułą na takie zaburzenia klasą zegarów atomowych są optyczne zegary atomowe [3-7] (zegary te są najbardziej czułe na zmiany stałej struktury subtelnej). W trakcie referatu zostaną zaprezentowane wyniki pierwszego tego typu eksperymentu przeprowadzonego w Krajowym Laboratorium FAMO w Toruniu [8]. W naszym pomiarze użyliśmy dwóch strontowych optycznych zegarów atomowych [9,10]. Wyznaczony przez nas limit na siłę sprzężenia tej hipotetycznej formy ciemnej materii do pól modelu standardowego jest porównywalny z najlepszym limitem, który można by osiągnąć wykorzystując całą sieć zegarów atomowych znajdujących się na satelitach GPS [2] oraz istotnie przewyższa dotychczasowe laboratoryjne i astrofizyczne limity [11]. Pokazaliśmy, że już pojedynczy optyczny zegar atomowy jest czuły na zaburzenia stałej struktury subtelnej. Podejście to istotnie ułatwi stworzenie globalnej sieci detektorów tego typu.

- [1] A. Vilenkin, *Physics Reports* 121, 263 (1985).
- [2] A. Derevianko and M. Pospelov, *Nature Phys.* 10, 933 (2014).
- [3] T. Rosenband et al., *Science* 319, 1808 (2008).
- [4] C. W. Chou et al., *Phys. Rev. Lett.* 104, 070802 (2010).
- [5] N. Hinkley et al., *Science* 341, 1215 (2013).
- [6] R. Le Targat et al., *Nat. Commun.* 4, 2109 (2013).
- [7] B. J. Bloom et al., *Nature* 506, 71 (2014).
- [8] P. Wcisło et al., *Nat. Astron.* 1, 0009 (2016).
- [9] M. Bober et al., *Meas. Sci. Technol.* 26, 075201 (2015).
- [10] P. Morzyński et al., *Sci. Rep.* 5, 17495 (2015).
- [11] K. A. Olive and M. Pospelov, *Phys. Rev. D* 77, 043524 (2008).

*piotr.wcislo@fizyka.umk.pl

Precyzyjna spektroskopia molekularna we wnękach optycznych wykorzystująca atomowe wzorce częstotliwości

Szymon Wójtewicz, Agata Cygan, Katarzyna Bielska, Grzegorz Kowzan, Mikołaj Zaborowski, Piotr Wcisło, Piotr Morzyński, Piotr Ablewski, Marcin Bober, Michał Zawada, Piotr Masłowski, Roman Ciuryło, Daniel Lisak

Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń

Spektroskopia strat we wnęce (CRDS, *cavity ring-down spectroscopy*), bazująca na pomiarach czasu życia fotonów we wnęce optycznej, jest uznaną techniką pomiarową charakteryzująca się wysoką czułością i rozdzielczością spektralną. Technika ta jest w stanie dostarczyć parametry spektroskopowe o dokładności lepszej niż 0.1%, wymaganej we współczesnych badaniach stanu ziemskiej atmosfery jak i przy weryfikacji kwantowo-mechanicznych obliczeń częstości przejść molekularnych [1]. Zaprezentowana zostanie spektroskopia molekularna z osią częstotliwości rejestrowanych widm dowiązaną do wzorców częstotliwości w postaci optycznego zegara atomowego opartego na atomach ^{88}Sr [2] lub masera wodorowego realizującego wzorzec UTC(AOS) [3].

Przedstawiony zostanie pierwszy eksperyment, w którym optyczny zegar atomowy został użyty jako referencja częstości w spektroskopii molekularnej. Uzyskana niepewność położenia linii widmowej O_2 wynosi 8.2 kHz (względnie 2×10^{-11}), co jest wynikiem typowym dla spektroskopii bezdopplerowskiej, ale uzyskanym w reżimie dopplerowskim.

Zaprezentowane będą wyniki najdokładniejszych dotychczas pomiarów kształtu słabej rowibracyjnej linii widmowej D_2 uzyskane w szerokim zakresie ciśnień i temperatur. Zastosowanie w analizie danych wyników obliczeń *ab initio* opisujących efekty zderzeniowe pozwoliło na wyznaczenie położenia linii z niepewnością poniżej 400 kHz ($< 1.3 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$). Porównanie między teorią a eksperymentem na tak dokładnym poziomie pozwoli na testowania poprawek QED [4], a nawet toruje drogę do poszukiwania nowych sił poza Modelem Standardowym (jak dalekozasięgowe oddziaływanie pomiędzy hadronami [5]).

Przedstawione zostanie także porównanie techniki CRDS z innymi czułymi metodami wykorzystującymi wnęki optyczne: komplementarną do CRDS spektroskopią szerokości modów wnęki (CMWS, *cavity mode-width spectroscopy*) oraz spektroskopią dyspersyjną (CMDS, *cavity-mode dispersion spectroscopy*) [6]. Druga z nich oparta jest wyłącznie na pomiarach częstości modów wnęki rezonansowej z subhercową precyzją w dziedzinie optycznej i zapewnia pełną informację na temat widma dyspersyjnego badanego ośrodka. Należy podkreślić, że częstość jest wielkością fizyczną, która może być wyznaczana z największą dokładnością. Sprawia to, że technika ta jest praktycznie niewrażliwa na efekty aparaturowe, takie jak nieliniowość detektorów, i ma potencjał, by stać się najdokładniejszą z technik spektroskopowych. Prezentowane wyniki pomiarów linii rowibracyjnych CO metodą CMDS są pierwszymi widmami wyznaczonymi w pełni z pomiarów częstotliwości względem jej podstawowego wzorca UTC(AOS) [6].

[1] C. E. Miller i in., *C. R. Phys.* **6**, 876 (2005); O. L. Polyansky i in., *Phys. Rev. Lett.* **114**, 243001 (2015).

[2] M. Bober i in., *Meas. Sci. Technol.* **26**, 075201 (2015).

[3] J. Jiang i in., *Metrologia* **52**, 384 (2015).

[4] J. Komasa i in., *J. Chem. Theory Comput.* **7**, 3105 (2011).

[5] E. J. Salumbides i in., *Phys. Rev. D* **87**, 112008 (2013).

[6] A. Cygan i in., *J. Chem. Phys.* **144**, 214202 (2016).



Nowy sposób poszukiwań fizyki poza Modelem Standardowym

Szymon Pustelny

*Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
Kolaboracja GNOME*

Z roku na rok eksperymenty poszukujące egzotycznych oddziaływań i cząstek osiągają coraz większą precyzję. Mimo tego jednak żaden z dotychczasowych eksperymentów nie potwierdził przewidywań teorii rozszerzających Model Standardowy. Dlatego też wciąż nieznaną jest natura ciemnej materii czy ciemnej energii, nieznane jest też źródło łamania symetrii, które doprowadziło do bariogenezy. Wyjaśnienie tych efektów jest jednym z najważniejszych wyzwań współczesnej nauki.

Negatywne wyniki wszystkich dotychczasowych eksperymentów poszukujących fizyki poza Modelem Standardowym doprowadziły do naturalnego pytania o powód takiego stanu rzeczy. Wydaje się, że może mieć ono swoje źródło w jednym z trzech problemów:

1) Dotychczasowe eksperymenty są wciąż zbyt mało czułe by możliwe było wykrycie cząstek ciemnej materii czy obserwacja efektów egzotycznych oddziaływań.

2) Istniejące modele teoretyczne są błędne, a obserwacje sugerujące istnienie ciemnej materii czy ciemnej energii są owocem niezrozumienia praw rządzących Wszechświatem.

3) Podczas poszukiwań egzotycznych oddziaływań i cząstek pojawiają się problemy, których konsekwencją jest brak rejestracji sygnałów eksperymentalnych.

O ile zbadanie dwóch pierwszych hipotez jest obiektem intensywnych badań od wielu lat, o tyle pomysł na podjęcia ostatniego zagadnienia został zaproponowany przez nas po raz pierwszy w 2010 roku [1,2].

U podstaw zaproponowanej przez nas idei poszukiwania fizyki poza Modelem Standardowym stanęły poszukiwanie egzotycznych sprzężeń spinowych. Pomiar takie realizowane miały być przy pomocy magnetometrów optycznych, które czułe są na zmiany dynamiki spinowej. W zaproponowanych przez nas przypadku zmiany te miałyby być wywołane nie polem magnetycznym a innym sprzężeniem. Co kluczowe, nasz pomiar, w przeciwieństwie do wcześniejszych eksperymentów miał poszukiwać nie stałych efektów, a jedynie chwilowych sygnałów, które byłyby manifestacją egzotycznych sprzężeń. By jednak odróżnić rzeczywiste sygnały od zwykłego szumu, eksperyment składać się miał nie z jednego a z kilku, pracujących synchronicznie urządzeń rozmieszczonych w geograficznie odległych (100-10000 km) lokalizacjach. Dzięki temu możliwe miało być odróżnienie sygnałów pochodzących od szumu lokalnego od tych, których źródłem byłyby globalne zaburzenie spinowe.

Podczas referatu omówione zostaną podstawy zbudowanej globalnej sieci magnetometrów optycznych oraz przedyskutowany zostanie pierwszy „naukowy” pomiar przeprowadzony przy jej pomocy w czerwcu 2017. Przedstawione zostaną wstępne wyniki, których analiza pozwoli na sprawdzenie modelu teoretycznego postulującego istnienie ciemnej materii i energii w postaci pola aksjonowego o strukturze domenowej.

[1] S. Pustelny, D. F. Jackson Kimball, C. Pankow, M. P. Ledbetter, P. Włodarczyk, P. Wcisło, M. Pospelov, J. R. Smith, J. Read, W. Gawlik, and D. Budker, *Ann. Phys.* **525**, 659 (2013).

[2] M. Pospelov, S. Pustelny, M. P. Ledbetter, D. F. Jackson Kimball, W. Gawlik, and D. Budker, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 021803 (2013).

Metamateriały i meta-struktury fotoniczne

Jacek Pniewski

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

Koncepcja metamateriałów, czyli materiałów o niezwykłych własnościach, m.in. mechanicznych, elektrycznych i optycznych jest intensywnie rozwijana w ostatnich latach.

Termin metamateriał nie jest jednoznaczny, istnieje wiele definicji, które uwypuklają różne cechy metamateriałów. Jedną z najbardziej elastycznych definicji w dziedzinie optyki stanowi, iż metamateriał to formacja sztucznych elementów strukturalnych, zaprojektowanych aby osiągnąć korzystne i niespotykane wcześniej własności elektromagnetyczne. Pojęcie materiału oznacza jednorodność, a ponieważ metamateriały posiadają strukturę periodyczną, stała sieci elementów strukturalnych powinna być znacznie mniejsza niż użyta długość fali światła, a całość możemy opisywać w kategoriach wielkości skutecznych.

Pierwsza teoretyczna praca Veselago [1] z 1968 roku wskazywała na możliwość propagacji fali elektromagnetycznej w materiale wykazującym jednocześnie ujemną przenikalność elektryczną i magnetyczną, jednak dopiero w roku 2000 wykazano możliwość wystąpienia nowego niezwykłego zjawiska – ujemnego załamania fali padającej na powierzchnię metamateriału [2].

Metamateriały mogą być wielowymiarowe. Przykładem są meta-powierzchnie, czyli powierzchnie o np. zadanej impedancji lub funkcji kształtującej front falowy, czy światłowody fotoniczne, w których struktura podfalowa stanowi płaszczyznę światłowodu.

Nowoczesne technologie materiałowe umożliwiają tworzenie hierarchicznych meta-struktur, które wykazują różne uporządkowanie w różnej skali [3]. Jednym z ostatnich przykładów są meta-struktury posiadające strukturę siedmiorzędową. Najmniejsze elementy strukturalne to rurki o średnicy 60 nm, które dalej składają się na elementy o rozmiarze 3 μm , te, z kolei, na elementy o rozmiarze 3 μm itd. Największe elementy strukturalne mają rozmiary rzędu milimetrów, a cały materiał wykazuje odmienne cechy optyczne, w zależności od długości oświetlającej fali elektromagnetycznej.

Spodziewamy się, że metamateriały znajdą zastosowanie w wielu dziedzinach nauki i techniki, poczynając od urządzeń fotonicznych, przez magazyny i systemy konwersji energii, po aplikacje biomedyczne i urządzenia elektroniczne.

W wystąpieniu zostanie przedstawiony rozwój metamateriałów i meta-struktur fotonicznych w ostatnich dwóch dekadach.

- [1] V. G. Veselago, "The electrodynamics of substances with simultaneously negative values of ϵ and μ ," *Sov. Phys. Usp.* **10**, 509–514 (1968).
- [2] D. R. Smith, N. Kroll, "Negative refractive index in left-handed materials," *Phys. Rev. Lett.* **85**, 4184–4187 (2000).
- [3] C. M. Soukoulis, M. Wegener, "Past achievements and future challenges in the development of three-dimensional photonic metamaterials," *Nature Photon.* **5**, 523–530 (2011).
- [4] X. Zheng et al., "Multiscale metallic metamaterials," *Nature Mat.* **15**, 1100–1106 (2016).

Niezwykłe właściwości światłowodów spiralnych

Maciej Napiórkowski

*Katedra Optyki i Fotoniki, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika
Wrocławska*

Spiralne światłowody charakteryzują się wieloma nietypowymi cechami wynikającymi z ich symetrii. Pierwsze światłowody o spiralnym rdzeniu powstały poprzez obracanie preformy o niecentralnie położonym rdzeniu podczas procesu wyciągania, co pozwala na osiągnięcie skoku spirali rzędu pojedynczych milimetrów. Uzyskuje się w nich wysoką dwójłomność kołową oraz jednomodową propagację przy wysokiej częstotliwości znormalizowanej. Nowe typy skręconych światłowodów często posiadają bardziej skomplikowaną geometrię, a skok spirali może być w nich zmniejszony nawet do dziesiątek mikrometrów, co prowadzi do rezonansowych sprzężeń pomiędzy spolaryzowanymi kołowo modami rdzeniowymi i płaszczowymi. Sprzężenia w silnie skręconych światłowodach pozwalają na użycie ich jako czujników, polaryzatorów kołowych, generatorów wirów optycznych, oraz światłowodów o dużej średnicy pola modu do zastosowań w laserach dużej mocy.

Właściwości skręconych światłowodów wciąż nie zostały w pełni wyjaśnione, a w wielu przypadkach próby wyjaśniania obserwowanych eksperymentalnie zjawisk były ograniczone do metod przybliżonych. W ostatnich latach pojawiła się jednak dokładna, wektorowa metoda symulacji pozwalająca na modelowanie skręconych światłowodów przy wykorzystaniu formalizmu optyki transformacyjnej. W naszych badaniach wykorzystaliśmy tę metodę do przeprowadzenia pierwszych dokładnych analiz właściwości propagacyjnych światłowodów o spiralnym oraz skręconym eliptycznym rdzeniu, a także nowych właściwości skręconych światłowodów mikrostrukturalnych.

W szczególności, po raz pierwszy dokładnie przeanalizowano wpływ skręcenia na efektywne współczynniki załamania, rozkłady natężenia, polaryzację i straty modów podstawowych oraz modów pierwszego rzędu w światłowodzie o spiralnym rdzeniu. Dodatkowo, zbadano mechanizm zależnych od symetrii światłowodu sprzężeń między modami rdzeniowymi i płaszczowymi w światłowodach o spiralnym oraz skręconym eliptycznym rdzeniu, a także wpływ ograniczenia struktury na sprzężenia w światłowodzie mikrostrukturalnym. Ponadto, zbadano nieanalizowany wcześniej efekt powierzchniowego rezonansu plazmonowego w światłowodach o spiralnym rdzeniu pokrytych warstwą metalu.

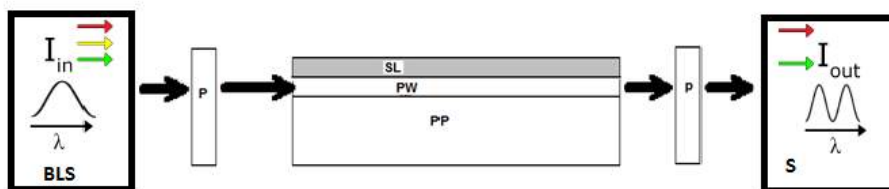
Uzyskane wyniki odbiegają znacznie od wcześniejszych przewidywań bazujących na metodach przybliżonych, ignorują część istotnych zjawisk, a w niektórych przypadkach prowadzą do błędnych wniosków. Zastosowanie metod symulacji wykorzystujących optykę transformacyjną pokazuje wiele nieopisanych wcześniej zjawisk, które mogą prowadzić do nowych zastosowań skręconych światłowodów w metrologii i telekomunikacji.

Szerokopasmowe planarne interferometry światłowodowe

K. Gut

Katedra Optoelektroniki, Politechnika Śląska, 44-100 Gliwice, ul. Krzywoustego 2

Światłowodowe struktury interferometryczne są podstawą działania wielu sensorów chemicznych i biochemicznych [1]. W ostatnich latach zostały opracowane światłowodowe interferometry szerokopasmowe [2]. Do struktury falowodowej można wprowadzić światło z pewnego zakresu długości fali a na wyjściu układu można rejestrować całe widmo sygnału z prowadzonego zakresu. Zrealizowano układy interferometryczne które wykorzystują szerokopasmowy układ interferometru Macha-Zhendera [3-4]. Przedstawiono również układy gdzie analizowano prace układów spektropolarymetrycznych [5]. W tego typu układach są wzbudzane w strukturze mody o ortogonalnych polaryzacjach TE i TM z wybranego zakresu spektralnego. W trakcie propagacji ustala się różnica fazy pomiędzy modami w zależności od wartości parametrów optycznych układu. Na wyjściu układu polaryzator sprowadza światło z obu typów modów do jednej polaryzacji i można rejestrować sygnał interferencyjny (rysunek 1.).



Rys. 1. Interferometr spektropolarymetryczny
(BLS – szerokopasmowe źródło światła, PW – warstwa światłowodowa, PP – podłoże,
P – polaryzator, S - spektrometr, SL – warstwa sensorowa)

W tego typu układach interferometrycznych monotoniczna zmiana warunków propagacji powoduje monotoniczne przesunięcie rejestrowanego widma optycznego. W prezentacji zostanie przedstawiony rozwój szerokopasmowych układów interferencyjnych na przestrzeni ostatnich lat oraz własne badania.

- [1] Kozma, P., Kehl, F. *Biosensors and Bioelectronics* **58**, 287 (2014).
- [2] Kitasara, M., Misakos, K. *Optics Express* **18**, 8193 (2010).
- [3] Misakos, K., Raptis, I., *Optics Express* **22**, 8856 (2014).
- [4] Makarona, E., Petrou, P. *Biotechnology Advances* **34**, 209 (2016).
- [5] Gut, K., Opilski, Z., *Bull. Pol. Acad. Sci.–Te.* **63**, 349 (2015).



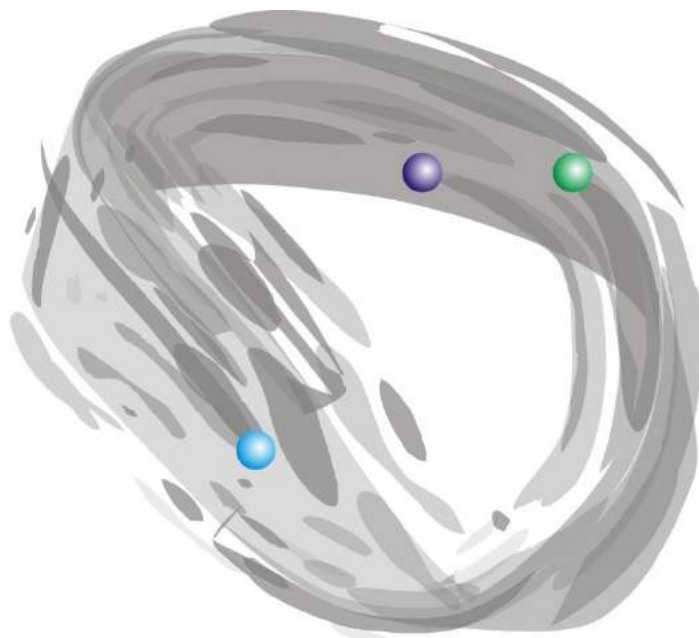
Liniowe i nieliniowe ciekłokrystaliczne struktury falowodowe

U.A. Laudyn, M. Kwaśny, I. Ostromęcka, M. Urbanowicz

*Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, Warszawa
email: ulaudyn@if.pw.edu.pl*

Ciekłe kryształy są szczególnym typem ośrodków anizotropowych optycznie. Są to materiały posiadające cechy zarówno cieczy jak i ciał stałych: z jednej strony są płynne, z drugiej zaś zachowują dalekozasięgowe uporządkowanie. W ogólności anizotropia optyczna oznacza, że efektywny współczynnik załamania dla liniowo spolaryzowanej wiązki fali elektromagnetycznej zawarty jest pomiędzy wartościami n_o a n_e będącymi współczynnikami załamania światła (odpowiednio zwyczajnym i nadzwyczajnym) charakterystycznymi dla konkretnego związku ciekłokrystalicznego. Konkretna wartość uzależniona jest od kąta zawartego pomiędzy kierunkiem długich osi molekuł a kierunkiem wektora pola elektrycznego fali elektromagnetycznej. Typowa komórka ciekłokrystaliczna składa się z dwóch szklanych płytek, które dzięki odpowiednio przygotowanym powierzchniom ograniczającym, zapewniają jednorodne uporządkowanie molekuł ciekłego kryształu w całej objętości. W tym celu stosuje się tzw. warstwy orientujące pozwalające uzyskać żądany rozkład molekuł w komórce ciekłokrystalicznej a tym samym żądany rozkład współczynnika załamania.

W niniejszej pracy przedstawiony zostanie stan prac dotyczący wytwarzania ciekłokrystalicznych falowodów optycznych z wykorzystaniem precyzyjnie wykonanych i zaprojektowanych warstw orientujących zapewniających żądany, zmienny rozkład molekuł ciekłego kryształu. W ten sposób uzyskiwane są obszary o zmiennym rozkładzie współczynnika załamania zarówno w kierunku poprzecznym jak i podłużnym do osi propagacji wiązki światła. Umożliwia to na uzyskanie precyzyjnie zaprojektowanych struktur zakrzywiających bieg wiązki o żądanej geometrii (rozmiarach i kształcie). Wytworzone w ten sposób ciekłokrystaliczne falowody umożliwiają kontrolę nad kierunkiem propagacji sygnału optycznego zarówno w reżimie niskich natężeń światła (propagacja liniowa) jak również dla wysokich natężeń, wywołujących efekty nieliniowe związane z oddziaływaniem sygnału optycznego z molekułami nematycznego ciekłego kryształu. Dodatkowo, struktura taka nie wymaga stosowania zewnętrznego pola elektrycznego, co jest istotnym atutem w kontekście potencjalnych zastosowań w środowiskach łatwopalnych lub wybuchowych. Wytworzone w ten sposób struktury stwarzają możliwość budowy elementów optycznych do całkowicie optycznego przesyłania, przełączania i sterowania kierunkiem propagacji sygnału.



12 września

Wtorek

Sesje plenarne (PLE) III i IV
Sesja ogólna (SO) III i IV
Cząstki elementarne (CE) III i IV
Materia skondensowana (MS) I i II
Technologie kwantowe (TK) I i II
Fizyka biologiczna i medyczna (BM) I
Optyka i fotonika (OF) III
Grawitacja i kosmologia (GK) I
Fizyka jądrowa (FJ) I
Sesja plakatowa (P)



wtorek 12.09.2017

sesja plenarna III		Bohdan Grządkowski Uniwersytet Warszawski	
9:00	9:50	Theodor W. Hänsch Max-Planck-Institut für Quantenoptik	Precision laser spectroscopy of atomic hydrogen
9:50	10:25	Iwo Białynicki-Birula Centrum Fizyki Teoretycznej PAN	Quantum mechanics of photons
10:25	11:00	Marek Cieplak Instytut Fizyki PAN	Structural entanglements in proteins and their complexes

przerwa na kawę

sesja plenarna IV		Ryszard Horodecki Uniwersytet Gdański	
11:30	12:20	Anton Zeilinger Universität Wien	Photonic Orbital Angular Momentum: A Beautiful Quantum Laboratory
12:20	12:55	Wiesław A. Kamiński Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej	Robot twój brat: hipoteza niebiologicznej ewolucji inteligencji
12:55	13:30	Adam Maj Instytut Fizyki Jądrowej PAN	O obrotach ciał jądrowych

lunch

15:00	16:35	Sesje równoległe	A - ogólna, B - cząstki elementarne, C - materia skondensowana, D - technologie kwantowe, E - fizyka biologiczna i medyczna, F - optyka
-------	-------	-------------------------	--

przerwa na kawę

16:55	18:30	Sesje równoległe	A - ogólna, B - cząstki elementarne, C - materia skondensowana, D - technologie kwantowe, E - grawitacja i kosmologia, F - fizyka jądrowa
18:40	21:00	Sesja plakatowa (Bibliotech)	Walne Zebranie Delegatów (19:00)



Precision Laser Spectroscopy of Atomic Hydrogen

Theodor W. Hänsch

*Faculty of Physics, Ludwig-Maximilian-University, Munich, Germany
and Max-Planck-Institute of Quantum Optics, Garching, Germany*

Precision laser spectroscopy of the simple hydrogen atom has long provided an intriguing path to fundamental physics research at low energies. Since the first Doppler-free saturation spectroscopy of the Hydrogen Balmer-alpha line in 1972, the accuracy of laser spectroscopic measurements in atomic hydrogen has advanced by 8 orders of magnitude, approaching the limit set by the definition of the unit of time. Such measurements permit tests of quantum electro-dynamic theory, they yield values of the Rydberg constant and the proton charge radius, and they provide a reference for laser spectroscopy of antihydrogen and of other hydrogen-like exotic atoms, notably muonic hydrogen and muonic deuterium. The rms proton charge radius as derived from laser measurements of the 2s-2p Lamb shift in muonic hydrogen some years ago is about 4% smaller than that obtained from hydrogen spectroscopy or electron scattering experiments. This “proton size puzzle” has not yet been resolved. Current experiments in our laboratory aim to confirm or resolve this puzzle. They include fluorescence spectroscopy of 2s–np transitions in a cold collimated atomic beam, and direct Doppler-free frequency comb spectroscopy of the 1s – 3s, 3d two-photon transition in a cold atomic sample.

Future precision spectroscopy of hydrogen-like cold, trapped He⁺ ions, using a high harmonic generation frequency comb source near 60 nm, together with measurements of the helium nuclear charge radius via the 2s-2p Lamb shift in hydrogen-like muonic helium ions, will permit even more sensitive searches for possible new physics.



Quantum mechanics of photons

Iwo Białynicki-Birula

*Center for Theoretical Physics, Polish Academy of Sciences
Al. Lotników 32/46, 02-668 Warsaw, Poland*

Quantum mechanics of photons is usually handled within the framework of the electromagnetic field quantization. I will show that the photon treated as an elementary particle can also be described within the framework of relativistic quantum mechanics. This formulation gives a better understanding of such concepts as helicity, polarization and spin.



Structural entanglements in proteins and their complexes

Marek Cieplak

*Institute of Physics, Polish Academy of Sciences
Al. Lotników 32/46, 02-668 Warsaw, Poland*

There is an abundance of topological features associated with proteins and their complexes. In multi-chain protein complexes, there is a possibility that two chains are natively entangled so that when one pulls at both termini of each chain simultaneously then the chains lock together and cannot be separated. In fact, we have identified about 900 entangled systems in a subset of the Protein Data Bank - the databank that stores experimentally determined protein structures. The individual protein chains themselves may have non-trivial topologies. In particular, there are proteins that have a knot, typically with three intersections, like the trefoil knot, but sometimes even with six intersections, like the Stevedore stopper knot. The interesting questions to ask are: what is the biological role of the knots, how do they form during folding, and how do they affect thermal and mechanical stabilities. We elucidate many knot-related physics by employing a coarse-grained structure-based molecular dynamics model which allows for studies of large conformational changes. In particular, we show that knotting is facilitated by formation of a slipknot during the very process of the protein assembly at the ribosome, especially in the case of the deeply knotted proteins, in which the knot ends are distant from the termini. The presence of the covalent disulfide bonds may introduce other topologically interesting motifs such as cystine knots and lasso. We show that the cystine knot motif yields particularly large resistance to unraveling through stretching. Knotted structures may also arise in intrinsically disordered peptide chains, such as polyglutamine tracts, but their nature is transient. These tracts are fused in huntingtin protein which is associated with Huntington disease, a well-known genetically-determined neurodegenerative disease. We show that the presence of a knot in the tract hinders and sometimes even jams translocation, leading to toxicity.



Photonic Orbital Angular Momentum: A Beautiful Quantum Laboratory

Anton Zeilinger

*Vienna Center for Quantum Science and Technology (VCQ),
Faculty of Physics, University of Vienna &*

*Institute of Quantum Optics and Quantum Information (IQOQI),
Austrian Academy of Sciences*

Orbital Angular Momentum States form a discrete, infinite dimensional Hilbert space. In the talk, I will report on some recent experiments and theoretical concepts where these states have been applied to implement entanglement in higher dimensions. Some of these results were achieved with the help of the computer algorithm Melvin which is able to find very counter-intuitive setups for experiments

Robot twój brat: hipoteza niebiologicznej ewolucji inteligencji

Wiesław A. Kamiński

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Mózg homo sapiens, fizyczne podłoże świadomości i inteligencji, jest uważany za najbardziej złożony funkcjonalnie układ naszego Wszechświata. Od dawna podejmowane są próby modelowania mózgu i jego funkcjonowania, które od początku pierwszej dekady obecnego wieku wspomagane są bezprecedensowym wzrostem mocy obliczeniowej systemów komputerowych [1] oraz równie bezprecedensowym rozwojem sztucznej inteligencji (SI) [2], pozwalającym mówić o sztucznej świadomości i nowych kognitywnych właściwościach maszyn i programów komputerowych. To błyskawiczne przyspieszenie dostarcza podstaw do prognozowania dalszych losów odbywającej się na naszych oczach ewolucji inteligencji, tym razem w układach nie biologicznych. Najdobitniej streszcza je hipoteza „osobliwości” w rozwoju inteligencji [3], gdy nastąpi odszczepienie inteligencji i świadomości od dotychczasowej biologicznej „kołyski” wyższych funkcji poznawczych człowieka, a dalszy rozwój tworzącej się superinteligencji postępował będzie albo w cyberspołeczności niebiologicznej, albo w społeczności hybryd ludzko-cybernetycznych [4], albo we współistniejących obok siebie: społeczności homo sapiens i społeczności emów [5].

Skok jakościowy w rozwoju SI rodzi również emocje i obawy, których mocnym akcentem są apele i listy otwarte kierowane przez wybitne osobistości, w tym fizyków [6], do społeczności naukowych, kręgów politycznych i biznesowych, związanych z badaniami nad sztuczną inteligencją, myśleniem maszyn i ich świadomością (i samoświadomością?) oraz wdrażaniem takich technologii. Mówi się w nich nie tylko o potrzebie kontrolowanego rozwoju SI w taki sposób, by efekty nie zagroziły homo sapiens [7], ale również o konieczności ukierunkowania badań nad SI na promowanie „pokojuwej” koegzystencji SI z homo sapiens oraz zgodnego współtworzenia warunków nowego etapu rozwoju inteligencji na Ziemi [8].

W wykładzie zostaną omówione różne aspekty hipotezy niebiologicznego rozwoju inteligencji oraz propozycje współistnienia obu rodzajów „kogitacji” (cogito ergo sum, ago ergo cogito) w procesie powstawania superinteligencji.

[1] Na czele listy najsilniejszych superkomputerów Top-500 znajdują się obecnie chińskie „monstra” obliczeniowe o wydajności sięgającej 100 Peta flopsów.

[2] Spektakularne zwycięstwo programu AlphaGo, stworzonego przez Alphabet Inc.’s Google Deep Mind, nad najwybitniejszymi strategami gry go: trzykrotnym mistrzem Europy Fanem Hui (październik 2015) oraz legendarnym zdobywcą 18 tytułów mistrza świata Lee Sedolem (rozgrywkę śledziło 200 mln obserwatorów internetowych z całego świata). Gra ma złożoność przestrzeni stanów szacowaną na 10^{360} , dla porównania złożoność szachów szacuje się na 10^{120} .

[3] Ray Kurzweil, Singularity: 2045: „the point in time when machine intelligence surpasses human intelligence”.

[4] Wiesław Andrzej Kamiński, Robot – twój brat: homo sapiens wobec wyzwań superinteligencji (w przygotowaniu).

[5] Robin Hanson, The Age of Em: Work, Love and Life when Robots Rule the Earth (Oxford University Press, 2016).

[6] S. Hawking, S. Russel, M. Tegmark, F. Wilczek, artykuł wstępny w Huffington Post (2014.XII): „the creation of AI will be the biggest event in human history”; „the biggest existential threat”.

[7] Analogia do petycji Leó Szilárda i 69 uczestników projektu Manhattan z 17 lipca 1945 r. w sprawie użycia bomby atomowej przeciw Japonii nasuwa się nieodparcie.

[8] Zasady z Asimolar (konferencja Beneficial AI, 5-8 stycznia 2017, Future Life Institute, Cambridge, MA).



O obrotach ciał jądrowych

Adam Maj

Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie

Jądro atomowe ma rozmiary kilku femtometrów, jest więc obiektem kwantowym, ok. 100 000 razy mniejszym od atomu, w związku z czym do opisu jego stanów wzbudzonych powinno się używać modeli zgodnych z mechaniką kwantową. Okazuje się jednak, że wiele własności jądrowych jest z powodzeniem opisywanych modelami klasycznymi (lub półklasycznymi), które używają takich pojęć z makroświata jak deformacja kształtu, rotacja, wibracja itp. Dzieje się tak, ponieważ oddziaływania jądrowe są krótkozasięgowe - ich zasięg jest porównywalny z rozmiarami nukleonów - nukleony poruszające się w jądrze „praktycznie się dotykają”. To oznacza, że rozkład gęstości jądrowej ma dobrze określone „brzegi”, co pozwala wprowadzić bardzo praktyczne w dyskusjach pojęcie powierzchni jądrowej. Jest ono praktyczne, ponieważ pozwala opisywać rezultat skomplikowanych kwantowych oddziaływań nukleon-nukleon łatwo wyobrażalnym pojęciem kształtów. Zgodnie z teorią Bohra i Mottelsoona, za którą uzyskali oni nagrodę Nobla, z powierzchniami - a więc i kształtami jądra - można związać kwantowy opis ruchów tych powierzchni, tzw. Model Bohra. Nazywamy je kolektywnymi, takimi jak rotacja czy wibracja powierzchni (ruch powierzchni to nasz skrót myślowy; w rzeczywistości mamy kwantowy ruch wielu cząstek, stąd kolektywność).

Takie modele stosuje się z powodzeniem do interpretacji wyników najnowszych badań eksperymentalnych, które są prowadzone m.in. przez polskie grupy badawcze zarówno w dużych ośrodkach zagranicznych jak i w Polsce.

W moim wykładzie skupię się na trzech wybranych osiągnięciach polskich grup eksperymentalnych, badających kolektywne własności obracających się jąder atomowych. Omówię wyniki badań dotyczących zjawiska gwałtownej zmiany kształtu rotującego jądra ze spłaszczonej do wydłużonej elipsoidy, czyli tzw. jądrowego przejścia kształtu Jacobiego. Badanie te przeprowadzono z wykorzystaniem pomiarów fotonów z rozpadu tzw. gigantycznego rezonansu dipolowego. Przedstawię metodę wzbudzenia kulombowskiego i jej zastosowanie do badań kształtów jądrowych oraz wyniki eksperymentów, w których stwierdzono istnienie obracających się jąder o kształcie elipsoidy trójosiowej. Wreszcie na koniec, zademonstruję wyniki badań, na podstawie których wykazano, że obracające się jądra atomowe mogą wykazywać cechy chiralności.



wtorek 12.09.2017, sala A

sesja ogólna III

15:00	15:32	0:32	Karol Życzkowski Uniwersytet Jagielloński	Splątanie kwantowe w układach wielu cząstek
15:32	16:04	0:32	Paweł Sobkowicz Narodowe Centrum Badań Jądrowych	Nauka jako zjawisko społeczne: modele agentowe
16:04	16:36	0:32	Tadeusz Stacewicz Uniwersytet Warszawski	Spektroskopia laserowa w zastosowaniu do wykrywania markerów chorobowych w oddechu ludzkim

sesja ogólna IV

16:50	17:22	0:32	Andrzej Stupakiewicz Uniwersytet w Białymstoku	Zimny ultrasonograficzny zapis fotomagnetyczny
17:22	17:54	0:32	Andrzej Budkowski Uniwersytet Jagielloński	Analiza powierzchniowych testów immunologicznych przystawki do smartfonu wykrywającej niebezpieczną żywność
17:54	18:14	0:20	Teresa Kasprzyk Uniwersytet Śląski	Termowizja w ocenie wydolności sportowców
18:14	18:26	0:12	Jerzy Szuniewicz Uniwersytet Warszawski	Second order phase holograms without coherence between the sources
18:26	18:38	0:12	Katarzyna Kruszyńska Uniwersytet Warszawski	Zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego widziane oczami salelity Gaia

Kwantowe stany splątane w układach wielocząstkowych

Karol Życzkowski^{1,2}

¹ Instytut Fizyki UJ, ul. Łojasiewicza 11, 30-48 Kraków

² Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, al. Lotników 32/44, 02668 Warszawa

Kwantowe splątanie to efekt nieklasycznych korelacji pomiędzy podukładami układu kwantowego. Splątanie powstaje w wyniku oddziaływania podukładów, lecz może zostać zachowane także po przestrzennym rozdzieleniu obu podukładów, przy założeniu braku oddziaływania z otoczeniem. Stany splątane stanowią kluczowy zasób wykorzystywany w kwantowej teleportacji, kwantowej kryptografii, gęstym kodowaniu i wielu algorytmach obliczeń kwantowych. Kwantowe splątanie można zrealizować eksperymentalnie wykonując doświadczenia z fizyki atomowej, fotoniki i optyki kwantowej, oraz fizyki jądrowej i fizyki ciała stałego, a teoria splątania wykorzystywana jest współcześnie w wielu działach fizyki teoretycznej.

W celu ilościowego opisu zjawiska wprowadzono szereg miar kwantowego splątania, lecz żadna z nich nie jest idealna: niektóre wielkości posiadają atrakcyjne własności, lecz trudno je obliczyć i zmierzyć, natomiast inne miary, łatwiejsze w użyciu, mają widoczne wady, przykładowo nie pozwalają na jednoznaczne rozróżnienie stanów splątanych i stanów separowalnych. W przypadku układów dwucząstkowych opis splątania jest stosunkowo prosty, a znane **stany Bella**, np. $|\psi^+\rangle = (|00\rangle + |11\rangle)/\sqrt{2}$, można słusznie uznać za stany maksymalnie splątane.

Sytuacja komplikuje się znacznie, gdy rozważa się układy składające się z trzech lub większej liczby cząstek. W tym przypadku trudno rozstrzygnąć, który stan jest najbardziej splątany, gdyż różne miary splątania przyjmują największe wartości dla różnych stanów. Ciekawą własnością kwantowego splątania jest jego **monogamia**: jeśli układ trójcząstkowy jest w stanie czystym wykazującym maksymalne splątanie pomiędzy cząstkami **A** oraz **B**, to cząstka **C** nie może być splątana z żadną z nich. Natomiast istnieją stany splątane trzech cząstek, (przykładowo $|\text{GHZ}\rangle = (|000\rangle + |111\rangle)/\sqrt{2}$), lecz po usunięciu jednej z nich zredukowana dwu-cząstkowa macierz gęstości nie będzie odpowiadała stanowi Bella.

Inny paradoks odkryto w układzie czterech kubitów [1]: jeśli stan czterocząstkowy będzie maksymalnie splątany względem podziału AB|CD oraz podziału AC|BD, to nie może być jednocześnie maksymalnie splątany względem trzeciego możliwego podziału: AD|BC. Co ważniejsze, stany o takich symetrycznych własnościach istnieją dla układu czterech podukładów, z których każdy posiada trzy poziomy. Znając wyniki pomiarów wykonanych w dowolnych dwóch podukładach można przewidzieć wyniki uzyskane w pozostałych dwóch. Wykorzystując rozmaite techniki kombinatoryczne [2-4] skonstruowano niedawno różne stany wielocząstkowe o podobnych własnościach, które mogą znaleźć zastosowanie w protokołach kwantowej komunikacji pomiędzy wieloma użytkownikami.

- [1] A. Higuchi and A. Sudbery, How entangled can two couples get?, *Phys. Lett. A* **272**, 213 (2000).
 [2] D. Goyeneche and K. Życzkowski, Genuinely multipartite entangled states and orthogonal arrays, *Phys. Rev. A* **90**, 022316 (2014).
 [3] D. Goyeneche, D. Alsina, J. I. Latorre, A. Riera, K. Życzkowski, Absolutely Maximally Entangled states, combinatorial designs and multi-unitary matrices, *Phys. Rev. A* **92**, 032316 (2015).
 [4] D. Goyeneche, J. Bielawski, K. Życzkowski, Multipartite entanglement in heterogeneous systems, *Phys. Rev. A* **94**, 012346 (2016).

Nauka jako zjawisko społeczne: modele agentowe

Paweł Sobkowicz

Narodowe Centrum Badań Jądrowych, A Soltana 7, 05-400 Otwock

Modele agentowe zyskują coraz większą popularność w opisie zjawisk społecznych. Podejście oparte na symulacjach, znane z nauk fizycznych, zapewnia ogromną elastyczność, z przez to pozwala na operacyjne zrozumienie mechanizmów i zależności w różnych domenach życia społecznego. Przykłady obejmują stale rosnącą liczbę zagadnień — od modelowania ruchu ulicznego czy ewakuacji spanikowanego tłumu, po modele procesów wyborczych czy ekonomicznych. W wielu przypadkach, ze względu na ogromny stopień złożoności procesów, wykorzystanie modeli agentowych i symulacji daje wyjątkowe szanse na efektywną analizę problemu. Także nauka, rozumiana jako zjawisko społeczne o bardzo istotnej wadze, może być przedmiotem skutecznej analizy w oparciu o modele agentowe. Przykładem mogą być wyniki wcześniejszych modeli, które poświęcone były dynamice zmian paradygmatów w różnych dyscyplinach naukowych [1] oraz zagadnieniom innowacyjności w grantowych, konkursowych systemach finansowania badań [2].

W obecnej pracy przedstawiamy wyniki symulacji procesów rozwoju dyscyplin naukowych, w oparciu o indywidualne decyzje badaczy, motywowane ciekawością naukową, szansami na uzyskanie finansowania oraz modami [3]. Model bierze pod uwagę (w ograniczonym zakresie) indywidualny rozwój kariery naukowców, uwarunkowane czynnikami społeczno-politycznymi preferencje finansowania oraz popularność poszczególnych dyscyplin i tematów badań. Model opracowany został w dwóch wersjach. W pierwszej z nich agenci, reprezentujący środowisko badaczy, funkcjonują w całkowicie abstrakcyjnej przestrzeni potencjalnych tematów badawczych, reprezentowanej przez dwuwymiarową szachownicę. Celem modelu uproszczonego jest analiza indywidualnej dynamiki i dobór parametrów symulacji.

Druga z wersji modelu ma na celu odtworzenie procesów w środowisku naukowym odtwarzającym realistycznie powiązania między dyscyplinami i tematami badawczymi. Dane, na których oparto wsad do modelu, pochodzą z bogatego w informacje repozytorium Research Council Wielkiej Brytanii (RCUK). Pomimo uproszczeń obecnych w modelu, możliwe było odtworzenie części znaczących charakterystyk rzeczywistego systemu funkcjonowania środowiska badawczego, przykładowo, zmian w czasie rozkładu popularności tematów oraz odtworzenie skokowej zmiany tego rozkładu w okolicach roku 2012.

Uzyskane wyniki pokazują na potencjalną użyteczność modeli agentowych w opisie nauki. Równocześnie wskazują jednak na luki w dokumentowaniu procesów naukowych, w tym w szczególności efektywności systemu finansowania badań. Wśród niezwykle trudno dostępnych są dane dotyczące odrzuconych projektów badawczych, statystyki projektów zakończonych bez znaczących sukcesów, badania dotyczące odejść z aktywnej działalności naukowej itp. Znakomita większość upublicznianych danych skoncentrowana jest na **sukcesach** nauki. A dla zrozumienia procesów, szczególnie w czasach gdy prawdopodobieństwo uzyskania grantu badawczego spada poniżej 10%, kluczowe jest poznanie także zjawisk negatywnych. Uważne monitorowanie takich danych w połączeniu z elastycznymi modelami agentowymi może dać szanse na wsparcie systemowej reformy nauki.

[1] P. Sobkowicz, *Scientometrics*, **87**, 233, (2011)

[2] P. Sobkowicz, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **18**(2), 13, (2015)

[3] P. Sobkowicz, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **20**(2), 5, (2017)

Spektroskopia laserowa w zastosowaniu do wykrywania markerów chorobowych w oddechu ludzkim

T. Stacewicz¹, Z. Bielecki², J. Wojtas², J. Mikołajczyk², D. Szabra²,
P. Magryta¹, A. Prokopiuk²

¹*Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-923 Warszawa*

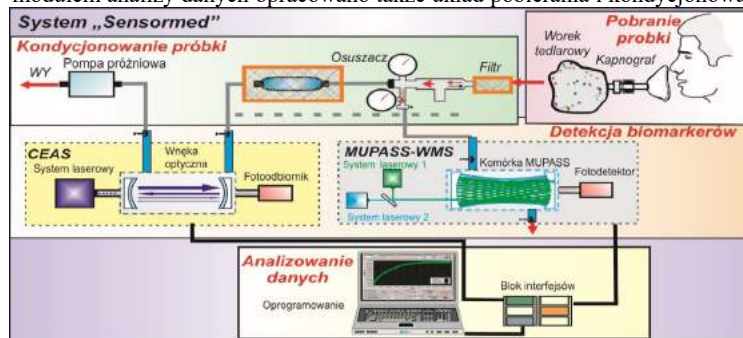
²*Instytut Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa*

W ostatnich latach obserwuje się intensywny rozwój metod diagnozowania stanów chorobowych w oparciu o badania powietrza wydychanego. Analiza oddechu, w wypadku stwierdzenia w nim zbyt wysokiej koncentracji pewnych gazowych związków chemicznych, zwanych biomarkerami, może dać szybką odpowiedź o konkretnym procesie chorobowym (tab. 1), często na wczesnym etapie lub posłużyć do monitorowania procesu leczenia. Ponadto jest nieinwazyjna i bezbolesna.

Tab. 1. Przykładowe biomarkery schorzeń i ich typowe stężenia

Biomarker	Stężenie w oddechu zdrowego człowieka [ppb]	Przykładowe choroby	Długość fali detekcji [nm]	Uzyskana czułość [ppb]	Technika detekcji
Aceton	< 1400	cukrzyca	266	5000	SSWO
Amoniak	< 2000	Choroby wątroby, choroba wrzodowa żołądka i dwunastnicy wywołana przez <i>Helicobacter Pylori</i>	1527,041	1000	MUPASS + WMS
Etan	< 12	Choroba Alzheimera, miażdżycy, cukrzyca, rak	3348,16	3,5	SSWO
Metan	< 10000	Bakterie jelitowe	2253,66	100	MUPASS + WMS
Siarczek karbonylowy	< 30	Choroby wątroby, odrzucenie przeszczepu płuc	4875	1	SSWO
Tlenek azotu	< 50	Astma, przewlekłe zapalenie oskrzeli	5262,96	5	SSWO
Tlenek węgla	< 10000	Rozstrzenie oskrzeli, stres oksydacyjny, astma, angina, hiperbilirubinemia	2333,72	400	MUPASS + WMS

W ramach realizowanego w naszym zespole projektu badawczego SENSORMED opracowany został system detekcji sensorów biomarkerów wymienionych w tab. 1. Stężenie tych gazów w próbce powietrza wydychanego z płuc wyznaczane jest na podstawie pomiaru absorpcji promieniowania laserowego dostrojonego do wybranych molekularnych linii spektralnych. Wykorzystano ultraczułe techniki pomiaru absorpcji: Spektroskopię Strat we Wnęce Optycznej (SSWO/CEAS) oraz spektroskopię wieloprześciową połączoną z techniką modulacji fali lasera (MUPASS + WMS). Schemat systemu sensorów przedstawiony został na rys. 1. Poza modulem detekcji optycznej i modulem analizy danych opracowano także układ pobierania i kondycjonowania próbki wydychanego powietrza.



Rys. 1. Schemat systemu sensorów do wyznaczania koncentracji biomarkerów w powietrzu wydychanym z płuc

Badania realizowano w ramach projektu *Sensormed* (ID 179900) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz projektu DEC-2011/03/B/ST7/02544 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.



Zimny ultraszybki zapis fotomagnetyczny

Andrzej Stupakiewicz

Wydział Fizyki, Uniwersytet w Białymstoku

Znalezienie nowych mechanizmów przełączenia magnetyzacji, przy jak najmniejszej dyssypacji energii i jednocześnie jak największej szybkości, jest jednym z fundamentalnych wyzwań dla nowego kierunku we współczesnej fizyce łączącej obszary optyki i magnetyzmu w skali femtosekundowej – tzw. „femtomagnetyzm”.

Zaprezentowanie zostanie nowa metoda „zimnego” ultraszybkiego zapisu fotomagnetycznego w przezroczystej warstwie ferrimagnetycznego dielektryka przy wykorzystaniu wyłącznie pojedynczego femtosekundowego impulsu laserowego [1]. Zmiana polaryzacji liniowej impulsu pozwala przełączyć magnetyzację, zapisując stan ‘0’ lub ‘1’ w sposób powtarzalny i odwracalny. Odkryto nowy mechanizm tego przełączenia, który umożliwia najszybszy znany dotychczas proces zapisu i odczytu informacji wraz z ekstremalnie niskim zużyciem energii w trakcie zapisu. Metoda ta może zrewolucjonizować technologie pamięci magnetycznych [2].

[1] A. Stupakiewicz, et al., *Nature* **542**, 71 (2017).

[2] K. Dziedzic, U. Dąbrowska, *Forum Akademickie* **6**, 52 (2017).

Analiza powierzchniowych testów immunologicznych przystawki do smartfonu wykrywającej niebezpieczną żywność

A. Budkowski^{1*}, K. Gajos¹, K. Awiuk¹, J. Rysz¹, A. Bernasik²

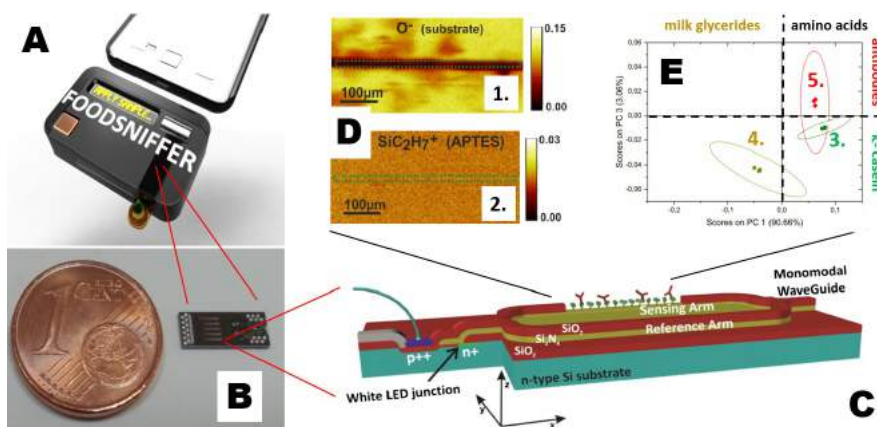
¹ Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

² Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Efektom globalizacji jest obecność w sklepach żywności od nieznanymi producentów. Tylko drobna jej część trafiająca na unijne półki (ok. 1%) przechodzi uprzednie testy. Powodem są drogie i długotrwałe metody jej analizy. Odpowiedzią na rosnące obawy o bezpieczeństwo żywności jest *idea zintegrowanego ze smartfonem urządzenia* do jej testowania (**Rys. A**), które jest powszechne i niedrogi oraz pozwala tworzyć – poprzez wysyłane „do chmury” metadane – mapy monitorujące zagrożenia w skali globalnej.

Prototyp takiego urządzenia powstał w ramach zakończonego w 2016 roku projektu 7PR FOODSNIFFER (10 partnerów, 4 mln Euro), kierowanego przez I. Raptisa z NCSR Demokritos [1]. Sercem urządzenia jest nowatorski spektroskopowy układ scalony (**Rys. B**), zawierający m.in. 10 interferometrycznych biosensorów Macha-Zehndera (**Rys. C**) o odpowiednio sfunekjonalizowanych powierzchniach detekcyjnych. Układ FOODSNIFFER potrafi wykryć jednocześnie, w pojedynczym teście w ciągu minut, do 3-4 różnych substancji szkodliwych w żywności (alergenów, mykotoksyn, pestycydów) dla których opracowano wcześniej *powierzchniowe testy immunologiczne*.

Celem wykładu jest prezentacja prac polskiego zespołu w projekcie FOODSNIFFER [2], odpowiedzialnego za na mikroskopową i spektroskopową analizę powierzchniowych testów immunologicznych. Do osiągnięć zespołu należy m.in. obrazowanie chemiczne *in situ* (za pomocą spektrometru TOF-SIMS) powierzchni detekcyjnych (20 μm x 600 μm) mikrostrukturyzowanego układu scalonego (**Rys. D**) oraz opis ich subtelnych zmian chemicznych (**Rys. E**), zachodzących przy wprowadzaniu różnych biomolekuł w kolejnych krokach (1.-5.) funkcjonalizacji i testu immunologicznego. Analiza powierzchniowa parametrów przestrzennie ograniczonego mikro-nakraplania biomolekuł detekcyjnych doprowadziła do pięciokrotnego zwiększenia czułości scalonego układu biosensorów FOODSNIFFER.



[1] EC CORDIS NEWS http://cordis.europa.eu/news/rcn/36542_pl.html.

[2] K. Gajos, A. Budkowski, J. Rysz, et al., Appl. Surf. Sci. **290**, 199 (2014), *ibid.* **385**, 529 (2016), *ibid.* **410**, 79 (2017), Analyst **140**, 1127 (2015) (back cover), Colloids Surfaces B **150**, 437 (2017).

Termowizja w ocenie wydolności sportowców.

Teresa Kasprzyk¹, Agata Stanek², Karolina Sieroń³, Armand Cholewka¹

¹ Instytut Fizyki im. A. Chelkowskiego, Zakład Fizyki Medycznej, Uniwersytet Śląski

² Katedra i Oddział Kliniczny Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

³ Wydział Nauk o Zdrowiu w Katowicach, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Zakład Medycyny Fizykalnej Katedry Fizjoterapii

Termowizja jako nieinwazyjna metoda obrazowa znalazła szerokie zastosowanie w diagnostyce medycznej oraz badaniu efektów w niektórych rodzajach terapii. Obrazowanie termiczne umożliwia przedstawienie rozkładu temperatury badanej powierzchni w postaci mapy termicznej, co pozwala na wizualną ocenę zmian gradientów temperatury [1].

Celem pracy było sprawdzenie czy za pomocą analizy zmian temperatury powierzchni ciała oraz temperatury wewnętrznej sportowców można określić parametry opisujące wydolność fizyczną organizmu, które mogłyby być pomocne w planowaniu cyklu treningowego.

Pomiary przeprowadzono na grupie 12 kolarzy płci męskiej o średnim poziomie wytrenowania. Obrazowanie termiczne wykonano w trakcie standardowych progresywnych testów wydolności sportowców w interwałach 3-minutowych. Dodatkowo mierzone były parametry oddechowe, stężenie kwasu mlekowego we krwi, tętno oraz moc generowana w trakcie testu [2].

Na podstawie otrzymanych termogramów obliczona została średnia temperatura powierzchni ciała oraz strumień energii radiacyjnej promieniowania cieplnego na podstawie prawa Stefana-Boltzmannia.

Analiza otrzymanych wyników pokazała oscylacje temperatury powierzchni ciała w trakcie wysiłku progresywnego. Co ciekawe, wartość temperatury wewnętrznej nie wykazuje liniowego wzrostu natomiast ma przebieg zbliżony do krzywej sigmoidalnej. Korelacje uzyskane pomiędzy obciążeniem na ergometrze oraz temperaturą powierzchni ciała cechują się wysokim współczynnikiem korelacji Pearsona.

Warto także wspomnieć, że podobne pomiary zostały przeprowadzone po treningu obwodowym (angl. Aerobic Circuit Training), gdzie idea badań opierała się na pomiarze temperatury powierzchni ciała po treningu do 30 minut po ćwiczeniach. Uzyskane wyniki pokazały wyraźne różnice w efektywności mechanizmu termoregulacji pomiędzy grupami sportowców trenujących, a początkujących [3].

W związku z powyższym wydaje się, iż obrazowanie termiczne może znaleźć zastosowanie w sporcie jako metoda pomocnicza w monitorowaniu rozwoju wydolności sportowca, a także oceny efektywności mechanizmów termoregulacji.

[1] A. Cholewka, A. Stanek, T. Kasprzyk, P. Urbańczyk, L. Jagodziński, A. Sieroń, Z. Drzazga, Zastosowanie termowizji w badaniach wydolności sportowców, badania pilotażowe, PAK 9, 871-874 (2013).

[2] A. Cholewka, T. Kasprzyk, A. Stanek, K. Sieroń-Stołtny, Z. Drzazga, May thermal imaging be useful in cyclist endurance tests?, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, DOI 10.1007/s10973-015-4662-5, (2015).

[3] T. Kasprzyk, A. Stanek, K. Sieroń-Stołtny, A. Cholewka, Rodział w książce: Innovative Research in Thermal Imaging for Biology and Medicine, Chapter 7: Thermal imaging in evaluation of the physical fitness level, IGI Global, DOI: 10.4018/978-1-5225-2072-6.ch007, (2016).

Interferometryczne pomiary przestrzennej fazy światła odporne na fluktuacje

Jerzy Szuniewicz¹, Piotr Węgrzyn¹, Łukasz Zinkiewicz¹, Radosław Chrapkiewicz^{1,2}, Michał Jachura¹, Radek Łapkiewicz¹

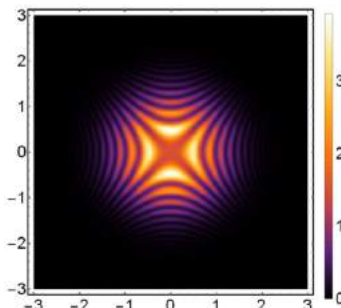
¹Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Polska

²Department of Applied Physics, Stanford University, Stanford CA 94305, CA, USA

Precyzyjne pomiary, kluczowe w wielu dziedzinach nauki, oparte są na interferencji między wiązkami światła. Wymagają one jednak wysokiej spójności pomiędzy oddziaływującymi wiązkami. Kiedy faza między wiązkami fluktuuje w czasie, obserwacja prążków interferencyjnych (interferencji pierwszego rzędu) jest niemożliwa - prążki uśredniają się dla różnych faz i pomiar zwraca jedynie profil intensywności wiązek bez jakiegokolwiek informacji o fazie. Takie zjawisko jest częste w wypadku interferowania światła z dwóch różnych źródeł i uniemożliwia wyciągnięcie jakichkolwiek informacji na temat profilu przestrzennego fazy. Jeśli dodatkowo intensywność interferujących wiązek jest niska, możliwe jest przyjscie tylko kilku fotonów w czasie w którym można zaobserwować interferencję z wysoką widzialnością (czas ten nazywa się czasem spójności).

Pomimo niemożliwości zarejestrowania prążków interferencyjnych z uwagi na małą ilość fotonów w czasie spójności, można zbierać informacje o fazie przestrzennej w formie korelacji - interferencji drugiego rzędu. Tego rodzaju korelacje są odporne na fluktuacje dzięki czemu można uśredniać je po wielu różnych fazach zachowując informacje o przestrzennym profilu fazy między wiązkami. Korelacje takie tworzy się przez łączenie w pary fotonów wykrytych na kamerze w tym samym czasie i zaznaczanie ich na wielowymiarowym wykresie.

Podczas tej prezentacji pokażemy symulacje przedstawionego procesu oraz pomiar korelacji drugiego rzędu dla słabych stanów koherentnych (osłabione światło laserowe) dla dwóch wiązek światła ze sztucznie obniżoną spójnością czasową między wiązkami. Otrzymane pomiary dokładnie odpowiadają teoretycznie wyprowadzonym korelacjom i pozwalają odzyskać profil przestrzenny fazy między wiązkami. Pomiary potwierdziły przydatność zaproponowanej metody w sytuacjach, gdzie prążki interferencyjne (interferencja pierwszego rzędu) nie może być zarejestrowana.



Rys. 1: Korelacje wyznaczone teoretycznie dla fazy kwadratowej przejawiające się w mapie prawdopodobieństwa wykrycia koincydencji pomiędzy danymi położeniami na kamerze.



Zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego widziane oczami satelity Gaia

K. Kruszyńska, Ł. Wyrzykowski

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego

Ciemna materia pozostaje ciągle jedną z największych zagadek fizyki. Astronomowie od lat próbują zweryfikować, czy chociaż jakąś jej część dałoby się wyjaśnić obiektami zwartymi. Dzięki mikrosoczewkowaniu grawitacyjnemu, efektowi chwilowego pojaśnienia wywołanego przez obecność obiektu zwartego na linii widzenia do odległej gwiazdy, udało się już wykluczyć soczewki z ciemnej materii do masy około 5 mas Słońca. Powyżej tej masy ciemna materia może częściowo ciągle występować w postaci czarnych dziur. Aby je znaleźć za pomocą zjawiska mikrosoczewkowania niezbędne są wieloletnie obserwacje i monitorowanie jasności oraz pozycji odległych gwiazd. Takie dane dostarcza misja kosmiczna Gaia, wystrzelona przez Europejską Agencję Kosmiczną w 2013.

Głównym celem misji Gaia, następcy misji Hipparchos, jest pomiar położen i przemieszczeń ponad miliarda gwiazd należących do Drogi Mlecznej. Satelita widzi jednak znacznie więcej. Dane spływające z satelity są analizowane przez system ostrzeżeń, który informuje o nagłych zmianach blasku obserwowanych źródeł. Dzięki niemu wykryto do dnia dzisiejszego ponad 3000 zjawisk tymczasowych, głównie supernowych typu Ia. Wśród nich znalazło się 14 kandydatów na zjawisko mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Niestety, co najmniej jedno z nich, odkryte przez inny przegląd nieba, zostało przez system ostrzeżeń przeoczone.

Celem badań było poszukiwanie zjawisk mikrosoczewkowania w dwóch wybranych obszarach o polu 3 stopni kwadratowych, należących do dysku Drogi Mlecznej. W szczególności, miały pomóc wykryć przeoczone zjawiska. W celu ułatwienia poszukiwań wykonano również symulacje krzywych blasku zjawisk mikrosoczewkowania dla parametrów krzywej odpowiadającym małym i średnio-masywnym obiektom. Przyjęto, że charakterystyczna skala czasowa zjawiska, nazywana czasem Einsteina t_E , wynosi między 20 dniami a 200 dniami. W przeglądanych polach znaleziono jedynie dwóch, znanych wcześniej, kandydatów na zjawisko mikrosoczewkowania, ale udało się skonstruować nową metodę poszukiwania zjawisk.



wtorek 12.09.2017, sala B

cząstki elementarne III

Michał Przaszałowicz
Uniwersytet Jagielloński

15:00	15:25	0:25	Henryk Czyż Uniwersytet Śląski	Hadronic cross section, $(g-2)_\mu$ and tests of the Standard Model extensions
15:25	15:40	0:15	Szymon Tracz Uniwersytet Śląski	Recent developments in PHOKHARA and EKHARA Monte Carlo event generators
15:40	16:10	0:30	Mariusz Witek Instytut Fizyki Jądrowej PAN	Wybrane wyniki z eksperymentu LHCb
16:10	16:40	0:30	Marek Zrałek Uniwersytet Śląski	Current attempts to explain lepton masses and their mixing

cząstki elementarne IV

Jan Sobczyk
Uniwersytet Wrocławski

17:00	17:20	0:20	Marcin Misiaszek Uniwersytet Jagielloński	Poszukiwania neutrin Majorany w eksperymencie GERDA
17:20	17:50	0:30	Janusz Gluza Uniwersytet Śląski	Nowe podejście do poszukiwań dodatkowych neutrin w kontekście macierzy U_{PMNS} , dostępnych danych doświadczalnych i zaawansowanej teorii macierzy
17:50	18:10	0:20	Justyna Łagoda Narodowe Centrum Badań Jądrowych	Recent results on neutrino oscillations
18:10	18:30	0:20	Małgorzata Harańczyk Instytut Fizyki Jądrowej PAN	Long and short baseline neutrino oscillations - experimental program

Hadronic cross section, $(g - 2)_\mu$ and tests of the Standard Model extensions

Henryk Czyż

Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, ul. Uniwersytecka 4, Katowice, Poland

The measurement of the muon anomalous magnetic moment $(g - 2)_\mu$ [1] is in disagreement with the Standard Model calculations [2-4] at the level of almost four standard deviations. The recent updates presented at the International Workshop on e^+e^- from Phi to Psi in June at Mainz (<https://indico.mitp.uni-mainz.de/event/86/>), confirm and strengthen the disagreement. As it might be a hint of a signal from the New Physics, further studies to clarify the situation are important, especially looking at LHC results, where no new particles were discovered so far. In view of the newly planned measurement of the $(g - 2)_\mu$ at Fermilab [5], which will improve the accuracy of the BNL measurement four times, and the newly established Muon $(g - 2)$ Theory Initiative (<https://indico.fnal.gov/conferenceDisplay.py?confId=13795>), which promises progress in theoretical evaluation of the $(g - 2)_\mu$, one can hope to see an established signal coming from New Physics in a couple of years from now. Even if the new measurement of the $(g - 2)_\mu$ will be in agreement with its new, more accurate evaluation, the result will give very severe constraint on the possible extensions of the Standard Model.

In this talk, an overview of the field will be presented. The role of the accurate hadronic cross section measurements [6], as well as the importance of the development of the Monte Carlo generators [7-10] giving predictions at the sub-percent level, will be emphasised.

- [1] G. W. Bennett *et al.* [Muon $g-2$ Collaboration], Phys. Rev. D **73** (2006) 072003.
- [2] K. Hagiwara, R. Liao, A. D. Martin, D. Nomura and T. Teubner, J. Phys. G **38** (2011) 085003.
- [3] M. Davier, A. Hoecker, B. Malaescu and Z. Zhang, Eur. Phys. J. C **71** (2011) 1515; Erratum: [Eur. Phys. J. C **72** (2012) 1874].
- [4] M. Benayoun, P. David, L. DelBuono and F. Jegerlehner, Eur. Phys. J. C **73** (2013) 2453.
- [5] G. Venanzoni [Fermilab E989 Collaboration], Nucl. Part. Phys. Proc. **273-275** (2016) 584.
- [6] S. Actis *et al.* [Working Group on Radiative Corrections and Monte Carlo Generators for Low Energies], Eur. Phys. J. C **66** (2010) 585.
- [7] G. Rodrigo, H. Czyz, J. H. Kuhn and M. Szopa, Eur. Phys. J. C **24** (2002) 71.
- [8] H. Czyz and S. Ivashyn, Comput. Phys. Commun. **182** (2011) 1338.
- [9] H. Czyz, J. H. Kühn and S. Tracz, Phys. Rev. D **94** (2016) no.3, 034033.
- [10] H. Czyż and P. Kiszka, Phys. Lett. B **771** (2017) 487.



Recent developments in PHOKHARA and EKHARA Monte Carlo event generators

Szymon Tracz, Henryk Czyż, Patrycja Kisza

Institute of Physics, University of Silesia, PL-40007 Katowice, Poland

Monte Carlo event generators serve as tools in experimental particle physics, providing a support for collaborations during all phases of the experiment starting from feasibility studies and ending with comparisons between the theory and experimental measurements [1]. They should provide with the accuracy of the simulations at the level better than the one reached in the experiment, otherwise their error might contribute to the experimental one as one of the systematic errors. High accuracy of the generators can be ensured by calculation and implementation of the higher order radiative corrections and, if hadrons appear in the measured reaction, modelling of hadron-photon and hadron-hadron interactions.

The PHOKHARA generator is used for simulations of an electron-positron annihilation into hadrons with a possible emission of hard photons. It can be used in the scan experiments, where the invariant mass of the hadrons is fixed and in the experiments which are based on radiative return method, where the invariant mass of the hadrons depends on the energy of photon(s) emitted from the initial states. The study of the processes $e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}(\gamma)$ is important i.a. for precise determination of theoretical predictions of hadronic contributions to anomalous magnetic moment of the muon $(g-2)_\mu$, where one observes a discrepancy between the measurement and the Standard Model predictions.

The EKHARA generator allows for simulations of two-photon processes and can be used to study transition form factors of hadrons. These form factors are important for a precise determination of theoretical predictions of light-by-light (LbL) contributions to $(g-2)_\mu$. The LbL part is the second largest source of the theoretical uncertainty.

In this presentation I report on the new channels added to the PHOKHARA and the EKHARA Monte Carlo event generators. In PHOKHARA the channel $e^+e^- \rightarrow \chi_{cJ} \rightarrow \gamma J\psi(\rightarrow \mu^+\mu^-)$ was implemented. It simulates the direct resonant production of charmonium χ_{c1} and χ_{c2} states through two virtual photons [2]. It relies on the model, constructed in [2], describing the amplitudes $\chi_{cJ} - \gamma^* - \gamma^*$, $\chi_{cJ} - \gamma^* - J/\psi$ and $\chi_{cJ} - \gamma^* - \psi'$ for $J = 1, 2$. This model has been extended to cover $\chi_{c0} - \gamma^* - \gamma^*$, $\chi_{c0} - \gamma^* - J/\psi$ and $\chi_{c0} - \gamma^* - \psi'$ amplitudes and implemented in the event generator EKHARA. It was shown [3] that at the BELLE II experiment it will be possible to study the $\chi_{cJ} - \gamma^* - \gamma^*$ form factors with decent accuracy measuring the differential cross section of the reaction $e^+e^- \rightarrow e^+e^- \chi_{cJ}(\rightarrow J\psi(\rightarrow \mu^+\mu^-)\gamma)$.

Other channels added to the PHOKHARA generator are the processes $e^+e^- \rightarrow P\gamma(\gamma)$, where P stands for one of the pseudoscalar mesons (π^0, η, η'). To simulate these reactions, the model based on chiral effective field theory with resonances [4] has been extended to cover also the time-like region [5].

- [1] S. Actis *et al.* [Working Group on Radiative Corrections and Monte Carlo Generators for Low Energies], *Eur. Phys. J. C* **66** (2010) 585
- [2] H. Czyż, J. H. Kühn and S. Tracz, *Phys. Rev. D* **94** (2016) no.3, 034033
- [3] H. Czyż and P. Kisza, *Phys. Lett. B* **771** (2017) 487
- [4] H. Czyż, S. Ivashyn, A. Korchin and O. Shekhovtsova, *Phys. Rev. D* **85** (2012) 094010
- [5] H. Czyż, P. Kisza, S. Tracz, in preparation

Wybrane wyniki z eksperymentu LHCb

Mariusz Witek

Institut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczeńskiego PAN, Kraków

Precyzyjne pomiary procesów z udziałem ciężkich kwarków: powabnych i pięknych stanowią jedno z najistotniejszych narzędzi do poszukiwań efektów tzw. „Nowej Fizyki”, czyli zjawisk wykraczających poza ramy obecnego modelu teoretycznego fizyki cząstek elementarnych, Modelu Standardowego oddziaływań fundamentalnych (MS).

Jednym z problemów, dotąd niewyjaśnionych przez MS, jest zagadnienie asymetrii materii i antymaterii we Wszechświecie. Obserwacje astrofizyczne wskazują, że Wszechświat obecnie składa się wyłącznie z materii. Jednym z trzech warunków koniecznych do wytłumaczenia tego faktu jest łamanie symetrii CP (sprzężenie ładunkowe C i odbicie przestrzenne P), które prowadzi do różnic pomiędzy oddziaływaniami z udziałem cząstek i antycząstek. Choć w ramach MS łamanie symetrii zostało opisane w ramach teorii M. Kobayashiego i T. Maskawy, wiążącej zjawisko łamania CP z występowaniem trzech rodzin kwarków (Nagroda Nobla z 2008 r.), to przewidywana i zaobserwowana skala tego łamania jest o wiele rzędów za mała. Badania astrofizyczne pokazały także, że materia widzialna stanowi tylko niewielką część całkowitej masy Wszechświata, który składa się głównie z tajemniczej ciemnej materii i ciemnej energii. Liczne niedostatki MS sprawiają, że należy obecnie traktować go jako model efektywny dla obecnie dostępnej skali energii i wskazują na istnienie ogólniejszej, bardziej fundamentalnej i kompletnej teorii fizycznej.

Celem eksperymentu LHCb jest poszukiwanie sygnałów „Nowej Fizyki” poprzez precyzyjne pomiary procesów z udziałem ciężkich kwarków oraz poszukiwanie rzadkich rozpadów silnie tłumionych lub wzbronionych w Modelu Standardowym. Znaczenie tych badań wzrosło jeszcze bardziej w ostatnich latach w świetle najnowszych wyników eksperymentalnych. Bezpośrednie pomiary nie przyniosły potwierdzenia dla hipotez wystąpienia nowych zjawisk przy obecnie dostępnych energiach na LHC. W tym kontekście pomiary pośrednie, prowadzone w dedykowanych eksperymentach takich jak LHCb nabrały ogromnego znaczenia gdyż badania te posiadają potencjał odkrycia zjawisk zachodzących przy znacznie wyższej skali energii.

Od momentu rozpoczęcia zbierania danych w 2010 roku, współpraca LHCb opublikowała blisko 400 artykułów zawierających wiele precyzyjnych wyników w tym ważne studia nad łamaniem symetrii ładunkowo-przestrzennej CP, pierwsze pomiary parametrów z sektora ciężkich kwarków i pierwsze obserwacje nieznanych dotąd rozpadów. Po krótkim wprowadzeniu do programu eksperymentu oraz jego aparatury pomiarowej przedstawione zostaną najważniejsze wybrane wyniki opublikowane przez Współpracę LHCb.



Current attempts to explain lepton masses and their mixing

Marek Zrałek

Institute of Physics, University of Silesia in Katowice

Explanation of the origin of mass of matter is one of the central problems of physics. Certainly this is the case in classical physics (space, time, mass). In the quantum and relativistic world, mass becomes part of the conserved energy. Currently we can explain more than 96% of mass of surrounding us matter. The remaining 4% of mass is associated directly with the operation of the Higgs field, which is responsible for the mass of elementary fermions – electrons, “up” and “down” quarks. So far, these masses cannot be calculated from first principles.

The lecture is devoted to attempts of explanation the leptons masses and mixing, with the assumption that fermions and bosons in our dynamical models satisfy some discrete symmetry. To elucidate the lepton masses, approaches beyond the Standard Model (SM) must be used. There are good reasons to start with leptons. Strong mixing between them gives hope for clarification the relationship between lepton masses and mixing, and we expect that later the same can be done for the quark sector. We discuss the SM approach with one Higgs bosons and tree right-handed neutrinos, and also models with sterile neutrinos and more Higgs particles, such as two-Higgs-doublet model (2HDM) and various version of Left-Right Symmetric models (LRSM).



Poszukiwania neutrin Majorany w eksperymencie GERDA

M. Misiaszek

*Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ
ul. prof. Stanisława Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

Celem eksperymentu GERDA (GERmanium Detector Array) prowadzonego w podziemnym laboratorium w Gran Sasso we Włoszech jest określenie natury neutrina (cząstka Diraca czy Majorany) oraz wyznaczenie jego masy. W eksperymencie GERDA poszukujemy tak zwanego podwójnego rozpadu beta izotopu ^{76}Ge zachodzącego bez emisji neutrin. Możliwe zarejestrowanie takiego rozpadu oznaczałoby, że neutрино może być tak zwaną cząstką Majorany.

W eksperymencie GERDA kryształy germanowe są zarówno źródłem jak i detektorem podwójnego rozpadu beta. Detektory zastosowane w projekcie GERDA wraz z otaczającymi je materiałami zostały bardzo starannie wyselekcjonowane. Rejestracja niezwykle rzadkich procesów wymaga zastosowania wyrafinowanych technik analizy danych, aby wyeliminować zaburzające pomiar sygnały pochodzące np. od promieniowania kosmicznego, czy od samego eksperymentu. W drugiej fazie eksperymentu (GERDA Phase II) osiągnięty poziom tła wynosi w przybliżeniu: 10^{-3} zdarzeń $\text{keV}^{-1} \text{kg}^{-1} \text{yr}^{-1}$. Tak niski poziom tła został osiągnięty poprzez umieszczenie detektorów germanowych w centrum ogromnego kriostatu wypełnionego ultraczystym ciekłym argonem, który aktualnie wykorzystywany jest jako aktywne weto dla oddziaływań zachodzących na zewnątrz detektorów. Komplementarnie do układu weta zastosowano metody analizy offline dla kształtów impulsu, których celem jest wyselekcjonowanie oddziaływań podobnych do oczekiwanego sygnału.

Podczas referatu przedstawione zostaną przede wszystkim główne elementy zasady działania układu detekcyjnego, najważniejsze etapy komputerowej redukcji tła w procesie analizy danych oraz najnowsze wyniki eksperymentu GERDA [1].

[1] M. Agostini et al., Nature **544**, 47–52 (2017).



Nowe podejście do poszukiwań dodatkowych neutrin w kontekście macierzy U_{PMNS} , dostępnych danych doświadczalnych i zaawansowanej teorii macierzy

K. Bielas¹, W. Flieger¹, J. Gluza¹, M. Gluza²

¹Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice

²Dahlem Center for Complex Quantum Systems, Freie Universität Berlin, 14195 Berlin, Germany

Obecne dane eksperymentalne nie wykluczają odchylenia macierzy mieszania neutrin od unitarności. Odchylenie takie świadczyłoby o fizyce wykraczającej poza Model Standardowy (MS) przejawiającej się w postaci dodatkowych stanów neutrinowych. W referacie przedstawiony zostanie sposób konstrukcji teorii unitarnej w bazie dopuszczającej nieunitarność teorii z trzema neutrinami, utrzymując przy tym mieszanie między obserwowanymi neutrinami MS w zgodzie z aktualnymi danymi eksperymentalnymi. Zaprezentujemy definicje fizycznie dopuszczalnego zbioru macierzy mieszania o wymiarze 3, oraz ograniczenia na konstrukcje rozszerzonej, unitarnej macierzy mieszania pełnej teorii o najmniejszym możliwym wymiarze. Analiza powstałych w ten sposób rozszerzonych macierzy mieszania, w tym sektora odpowiedzialnego za mieszanie nowych stanów neutrinowych z neutrinami MS może doprowadzić do dalszej redukcji fizycznie dozwolonego obszaru macierzy mieszania związanych z obserwowanymi trzema zapachami neutrin. W szczególności pokazujemy biorąc pod uwagę eksperymentalne dane na kąty mieszania θ_{12} , θ_{23} , θ_{13} w granicach błędów eksperymentalnych na poziomie 3σ , przy założeniu zachowania CP w sektorze neutrinowym, iż odpowiadająca tym danym macierz przedziałowa U_{PMNS} w 97% zawiera obszary, które zgodnie z teorią macierzy nie odpowiadają stanom fizycznym. Oznacza to, że globalna analiza danych oscylacyjnych dla neutrin jest daleka od optymalnej. Sytuację porównujemy z przypadkiem przedziałowej macierzy U_{CKM} w sektorze kwarkowym.

Analiza oparta jest na zaawansowanych twierdzeniach teorii macierzy [1, 2].

[1] R. A. Horn and C. R. Johnson, Matrix analysis. (Cambridge University Press, 1990).

[2] S. G. Krantz, Convex Analysis (Chapman and Hall/CRC, 2014).

Recent results on neutrino oscillations

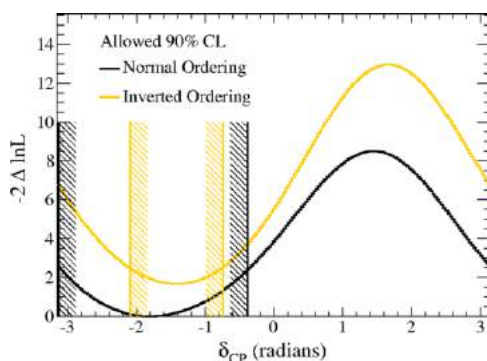
Justyna Łagoda

Narodowe Centrum Badań Jądrowych, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa

Oscylacje neutrin, polegające na cyklicznej zmianie zapachu neutrin w czasie propagacji, są fenomenem odkrytym blisko dwadzieścia lat temu [1], choć przesłanki świadczące o jego istnieniu pojawiały się już od lat sześćdziesiątych XX wieku [2]. Odkrycie oscylacji zostało niedawno uhonorowane nagrodą Nobla.

Oscylacje wynikają z mieszania się trzech stanów masowych neutrin i świadczą o tym, że neutrina nie są bezmasowe. Obecnie znane są wartości wszystkich trzech kątów mieszania oraz dwóch różnic kwadratów mas, a eksperymenty badające oscylacje neutrin wkroczyły w fazę precyzyjnych pomiarów parametrów oscylacji. Wciąż jednak pozostają pytania bez odpowiedzi: jaka jest hierarchia mas neutrin? Czy w sektorze leptonowym łamana jest symetria CP?

Wiele eksperymentów na świecie bada oscylacje neutrin i dostarcza wciąż nowych danych i doskonalszych pomiarów. Niedawno pojawiły się również pierwsze wskazówki co do możliwego łamania symetrii CP, poszukiwanego w kanale oscylacji $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ dla neutrin i antyneutrin, gdzie hipotezę o zachowaniu CP wykluczono z prawdopodobieństwem 90% [3].



Rys. 1. Dopuszczalne wartości parametru opisującego łamanie symetrii CP dla normalnej (wewnątrz czarnych linii) i odwróconej (wewnątrz żółtych linii) hierarchii mas neutrin [3].

Wykład będzie poświęcony przeglądowi wyników eksperymentów oscylacyjnych. Zaprezentowane zostaną najnowsze pomiary zarówno eksperymentów akceleratorowych z długą bazą (T2K, NOvA), jak i eksperymentów badających neutrina z innych źródeł.

[1] Y. Fukuda et al., Phys. Rev. Lett. **81**, 1562 (1998).

[2] R. Davis Jr., D.S. Harmer, K.C. Hoffman, Phys. Rev. Lett. **20**, 1205 (1968).

[3] K. Abe et al., Phys. Rev. Lett. **118**, 151891 (2017).



Long and short baseline neutrino oscillations - experimental program

Małgorzata Harańczyk

Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk

Obecnie działające eksperymenty neutrinowe, bazujące na neutronach pochodzących z różnych źródeł, dostarczają coraz bardziej precyzyjnych pomiarów. Nie będą jednak w stanie na poziomie pięciu odchyłeń standardowych odpowiedzieć na pytania o hierarchię mas neutron i zachowanie symetrii CP w sektorze neutronowym. Konieczne jest też rozwiązanie problemu degeneracji kąta mieszania w sektorze atmosferycznym oraz wyjaśnienie obserwowanych anomalii sugerujących istnienie dodatkowych obszarów oscylacji w tzw. neutrona sterylne. Znalezienie odpowiedzi na te pytania wymaga nowych programów eksperymentalnych i rozbudowy infrastruktury badawczej.

Przedstawiony zostanie program przyszłych oscylacyjnych eksperymentów neutronowych ze szczególnym podkreśleniem roli eksperymentów akceleratorowych.



wtorek 12.09.2017, sala C

materia skondensowana I

Piotr Kossacki
Uniwersytet Warszawski

15:00	15:35	0:35	Marcin Mierzejewski Uniwersytet Śląski	Ultraszybka dynamika nadprzewodników wysokotemperaturowych
15:35	15:55	0:20	Henryk Turski Instytut Wysokich Ciśnień PAN	Azotkowe diody laserowe wytwarzane na objętościowych kryształach GaN metodą epitaksji z wiązek molekularnych
15:55	16:15	0:20	Konrad Wojciechowski Saule Technologies	Elastyczne perowskitowe ogniwa słoneczne drukowane metodą typu ink-jet
16:15	16:35	0:20	Johannes Binder Uniwersytet Warszawski	Elektroluminescencja w heterostrukturach van der Waalsa

materia skondensowana II

Andrzej Wymolek
Uniwersytet Warszawski

16:55	17:30	0:35	Piotr Wojnar Instytut Fizyki PAN	Optycznie aktywne heterostruktury w nanodrutach II-VI
17:30	17:50	0:20	Andrzej Golnik Uniwersytet Warszawski	Wpływ naprężenia epitaksjalnego na stan spinowy pojedynczych jonów magnetycznych w półprzewodnikowych kropkach kwantowych
17:50	18:10	0:20	Łukasz Kilański Instytut Fizyki PAN	Jednorodne oraz kompozytowe półprzewodniki II-IV-V(2) z Mn: oddziaływania magnetyczne oraz transport elektronowy
18:10	18:30	0:20	Łukasz Cywiński Instytut Fizyki PAN	Kubit jako spektrometr szumu w nanoskali



Ultraszybka dynamika ciał stałych

Marcin Mierzejewski

Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski w Katowicach

Nowe techniki eksperymentalne, które rozwinęły się w ciągu ostatniej dekady, umożliwiają bezpośrednią obserwację ultraszybkich zjawisk zachodzących w ciałach stałych w skali czasowej rzędu kilku femtosekund. W trakcie prowadzonych badań okazało się, że eksperymenty te mogą udzielić odpowiedzi na bardzo istotne pytania, które od lat nurtują badaczy zajmujących się fizyką ciała stałego. W trakcie wykładu omówię wybrane metody eksperymentalne umożliwiające obserwację ultraszybkich zjawisk w ciałach stałych, fizyczne podstawy decydujące o unikalnym charakterze uzyskiwanych danych, a także oczekiwania związane z dalszym stosowaniem i rozwojem tych metod. Jako szczególny przykład omówię, w jaki sposób spektroskopia optyczna z rozdzielczością czasową pozwala rozróżnić, czy relaksacja nośników ładunku odbywa się poprzez emisję normalnych bozonów, czy też tzw. bozonów z twardym rdzeniem [1].

[1] J. Kogoj, M. Mierzejewski, and J. Bonca, *Phys. Rev. Lett.* **117**, 227002 (2016).

Azotkowe Diody Laserowe wytwarzane na objętościowych kryształach GaN metodą epitaksji z wiązek molekularnych

Henryk Turski^{1,2}, Grzegorz Muziol¹, Marcin Siekacz¹, Anna Feduniewicz-Żmuda¹,
Paweł Wolny¹, Czesław Skierbiszewski^{1,3}

¹Instytut Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk, Sokolowska 29/37, 01-142 Warszawa,

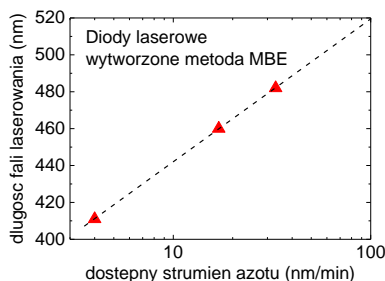
²Department of Electrical and Computer Engineering, Cornell University, Ithaca, NY 14853 USA,

³Top GaN Sp. z o.o., Sokolowska 29/37, 01-142 Warszawa

Kwantowe heterostruktury oparte na azotkach grupy trzeciej zrewolucjonizowały rynek źródeł światła wysokiej efektywności [1]. Technika szeroko używaną na świecie do wytwarzania struktur diod elektroluminescencyjnych (LED) oraz diod laserowych (LD) pracujące w szerokim zakresie widma od ultrafioletu do zielonego jest epitaksji z użyciem związków metaloorganicznych (MOVPE). Mimo ogromnych środków inwestowanych w rozwój tej technologii produkcji, efektywność emiterów światła, wytwarzanych na podłożach GaN o różnych kierunkach krystalograficznych, poważnie spada wraz ze wzrostem długości fali tychże urządzeń [2].

Alternatywną techniką wzrostu azotkowych LD jest epitaksja z wiązek molekularnych (MBE) z użyciem plazmy azotowej jako źródła aktywnego azotu. Technika ta pozwala na otrzymywanie wysokiej jakości warstw azotkowych w znacznie niższych temperaturach wzrostu niż te stosowane w technice MOVPE (750°C vs 1050°C). Różnica ta pozwala na wzrost wysokiej jakości studni kwantowych oraz następujących po nich warstw typu-p w zbliżonych warunkach, co pozwala na uniknięcie problemu rozkładu kryształu podczas procesu. Rozwój technologii MBE azotków grupy trzeciej prowadzony w Instytucie Wysokich Ciśnień PAN (IWC PAN), związany ze zwiększaniem dostępnego strumienia azotu (Rys 1.), pozwolił na zaprezentowanie diod laserowych pracujących w zakresie długości fali od 410 nm do 480 nm [3].

W ramach wystąpienia zaprezentowany zostanie ostatni postęp dokonany w diodach laserowych wytwarzanych techniką MBE w laboratorium IWC PAN oraz omówione zostaną dalsze możliwe kierunki rozwoju struktur otrzymywanych tą techniką.



Rys. 1.

Wzrost długości fali laserowania wraz ze wzrostem dostępnego strumienia azotu.

[1] S. Nakamura et al. Meas. Sci. and Tech., **12(6)**, 755, (2001),

[2] Y. S. Kim et al. Appl. Phys. Express **4**, 052103 (2011),

[3] C. Skierbiszewski et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **47**, 073001 (2014).

Podziękowania:

Prezentowane badania były współfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu LIDER/29/0185/L-7/15/NCBR/2016.

Materia skondensowana I

Elastyczne perowskitowe ogniwa słoneczne drukowane metodą typu ink-jet

Konrad Wojciechowski

Saule Technologies

Organiczno-nieorganiczne metalohalogenkowe związki perowskitowe stanowią bardzo atrakcyjną klasę materiałów do zastosowań optoelektronicznych, takich jak ogniwa słoneczne, elektroluminescencyjne diody, lasery, czy fotodetektory [1]. Szczególnie warto uwagi są bez-elektrolitowe perowskitowe urządzenia fotowoltaiczne, których sprawności fotowoltaiczne osiągnęły ponad 22% w przeciągu zaledwie kilku lat badań akademickich, co stawia je na poziomie tradycyjnych, komercyjnych technologii fotowoltaicznych bazujących na półprzewodnikach nieorganicznych [2]. Oprócz wysokich sprawności, materiały perowskitowe wykazują szereg technologicznych zalet, m.in. bezpośrednia i przestrajalna przerwa energetyczna, wysoka elastyczność, a także prostota procesu krystalizacji i możliwość depozycji cienkich warstw metodami mokrymi, z czym związany jest bardzo niski koszt produkcji.

Perowskitowe ogniwa słoneczne posiadają ogromny potencjał komercyjny, jednak wciąż istnieje szereg wyzwań, które muszą zostać rozwiązane zanim ta technologia zostanie pomyślnie wdrożona na rynek. Jednym z powszechnie znanych problemów jest stabilność perowskitu w warunkach atmosferycznych, szczególnie jego wrażliwość na działanie wilgoci. Dodatkowo, wydajny i niezawodny proces fabrykacji wydajnych i wielkoformatowych perowskitowych modułów fotowoltaicznych wciąż musi zostać zademonstrowany.

W referacie zostaną zaprezentowane najnowsze wyniki prac prowadzonych w Saule Technologies nad rozwijaniem skalowalnego procesu wytwarzania perowskitowych modułów fotowoltaicznych na elastycznych podłożach. Technika druku typu ink-jet została wybrana do depozycji wszystkich cienkich warstw wchodzących w skład struktury ogniwa słonecznego. Proces prowadzony jest w całości w warunkach atmosferycznych. W pełni drukowane ogniwa perowskitowe wykazują sprawności przekraczające 10% dla powierzchni aktywnych większych niż 1 cm². Dodatkowo, zostaną zaprezentowane szacunkowe wyliczenia kosztów produkcji i przedstawiony zostanie komercyjny potencjał elastycznej fotowoltaiki, z wyszczególnieniem możliwych aplikacji.

[1] S. D. Stranks, H. J. Snaith, *Nat. Nanotechnol.* **10**, 391 (2015).

[2] NREL. http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg.



Elektroluminescencja w heterostrukturach van der Waalsa

J. Binder^{1,2}, F. Withers³, M. R. Molas¹, C. Faugeras¹, K. Nogajewski¹, K. Watanabe⁴,
T. Taniguchi⁴, A. Kozikov³, A. K. Geim³, K. S. Novoselov³, M. Potemski¹

¹ LNCMI, CNRS-UGA-UPS-INSA-EMFL, 25 Rue des Martyrs, 38042 Grenoble, France

² Faculty of Physics, University of Warsaw, Pasteura 5, 02-093 Warsaw, Poland

³ National Graphene Institute, University of Manchester, Oxford Road, Manchester, UK

⁴ National Institute for Materials Science, 1-1 Namiki, Tsukuba 305-0044, Japan

W niniejszej prezentacji przedstawiono właściwości optoelektrycznych heterostruktur van der Waalsa (vdW). Pod pojęciem heterostruktur vdW rozumie się stos warstw kryształów dwuwymiarowych. Struktury tego typu charakteryzują się transportem tunelowanym w wertykalnym kierunku. W odpowiednim obszarze napięć pomiędzy elektrodami grafenowymi można zaobserwować tunelowanie zarówno elektronów jak i dziur, co skutkuje elektroluminescencją (EL). Sekwencja warstw dla przedstawianej heterostruktury jest następująca: hBN / grafen / hBN / WSe₂ / hBN / grafen. WSe₂ jako półprzewodnik spełnia rolę materiału aktywnego.

Zależność całkowanego natężenia EL od napięcia pokazuje, że próg emisji znajduje się na poziomie $V \sim 1,7$ V. Przykładane napięcie jest mniejsze niż przerwa energetyczna dla WSe₂ ($E_g \sim 2$ eV). Ta niecodzienna sytuacja została wyjaśniona przy uwzględnieniu tunelowania elektronów bezpośrednio do stanów ekscytonowych w warstwie WSe₂ [1].

W celu dalszej charakteryzacji struktury prowadzono badania zależności EL od pola magnetycznego do 14 T. Zaobserwowano bardzo wyraźne oscylacje. Z analizy oscylacji dla ekscytonu swobodnego wynika, że natężenie emisji wyraźnie zależy od $1/B$. Obserwacja tych oscylacji została zinterpretowana jako skutek kwantyzacji Landaua w elektrodach grafenowych, która moduluje gęstość stanów dziur, a co za tym idzie także ilość dziur tunelujących do WSe₂ [1]. Przedstawione wyniki w polu magnetycznym pokazują, że grafen w heterostrukturach vdW spełnia nie tylko rolę półprzezroczystej elektrody, ale może także powodować dodatkowe subtelne efekty, jak na przykład magneto-oscyłacje.

[1] J. Binder et al., Nano Letters 17, 1425 (2017)

Optycznie aktywne heterostruktury w nanodrutach II-VI

P. Wojnar

Instytut Fizyki PAN, Al Lotników 32/46, 02-668 Warsaw, Poland

W niniejszej prezentacji przedstawione zostaną najnowsze badania dotyczące wzrostu nanodrutów z półprzewodników II-VI przy użyciu katalitycznego wzrostu para-ciecz ciała stałe oraz ich własności optycznych. Pierwsza część poświęcona będzie aktywacji intensywnej emisji optycznej z nanodrutów CdTe [1] oraz ZnTe [2] w energiach odpowiadających ich przerwie energetycznej. Efekt ten uzyskany jest poprzez dodanie do nanodrutów radialnej otoczki z półprzewodnika w większej przerwie energetycznej, która ma za zadanie pasywację stanów powierzchniowych.

W drugiej części przedyskutowany zostanie wpływ naprężenia spowodowanego niedopasowaniem sieciowym pomiędzy półprzewodnikiem rdzenia i otoczki. W szczególności obserwujemy względnie duże zmiany przerwy energetycznej spowodowane naprężeniem wynoszące aż 120meV [3]. Pokazane zostanie, że wielkością przerwy energetycznej możemy sterować poprzez odpowiedni dobór półprzewodnika otoczki.

Naprężenie powoduje także rozszczepienie pasm lekko i ciężkodziurowych. W przypadku naprężenia rozciągającego rdzeń nanodrutu, jak to ma miejsce w przypadku nanodrutów ZnTe/(Zn,Mg)Te [4], stanem podstawowym są zawsze dziury ciężkie. Natomiast w przypadku naprężenia ściskającego rdzeń w nanodrutach CdTe/(Cd,Mg)Te stanem podstawowym są dziury lekkie.

W ostatniej części opowiem o wprowadzaniu optycznie aktywnych studni kwantowych CdTe do nanodrutów ZnTe [5]. W szczególności pokażę, że w zależności od warunków wzrostu można uzyskać zarówno osiowe jak i radialne studnie kwantowe CdTe w nanodrutach. Kierunek wzrostu CdTe zależy mianowicie przede wszystkim od jego temperatury wzrostu. W 350 °C CdTe rośnie tylko osiowo, natomiast poniżej 310 °C obserwujemy także znaczną jego depozycję na ściankach nanodrutów, co prowadzi do powstania radialnych otoczek. Powyższe wnioski potwierdzone są poprzez spójne badania katodoluminescencji i fotoluminescencji od pojedynczych nanodrutów, oraz badania przy użyciu spektroskopii dyspersji promieniowania X, dającej wgląd w rozkład atomów Cd i Zn w nanodrucie.

[1] Wojnar P *et al.*, Nanotechnology 2017, **28**, 045207

[2] Wojnar P *et al.*, Nanotechnology, 2013, **24**, 365201

[3] Wojnar P *et al.*, Appl. Phys. Lett. 2014, **104**, 163111

[4] Szymura M *et al.* Nanoletters 2015, **15**, 1972

[5] Wojnar P *et al.* Nanoscale 2016, **8**, 5720



Wpływ naprężenia epitaksjalnego na stan spinowy pojedynczych jonów magnetycznych w półprzewodnikowych kropkach kwantowych

J. Kobak, T. Smoleński, A. Bogucki, M. Goryca, P. Kossacki, W. Pacuski, and A. Golnik

*Instytut Fizyki Doświadczalnej, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego,
Pasteura 5, 02-093 Warszawa*

Badania kropek kwantowych zawierających pojedyncze jony magnetyczne wpisują się w tradycję badań półprzewodników półmagnetycznych. W szczególności możliwość optycznego zapisu i odczytu informacji kwantowej z użyciem spinu jonu [1,2], czy obserwacja efektów koherentnych [3], bazują na oddziaływaniu wymiennym między elektronami powłoki d tego jonu, a nośnikami uwięzionymi w kropce kwantowej. Niedawne wykazanie, że luminescencja ekscytonowa (która jest głównym narzędziem badawczym) nie musi być tłumiona przez rekombinację wewnątrz-centrową, nawet dla systemów, gdzie luminescencja występuje dla energii większej od energii wzbudzeń wewnątrz powłoki d jonu [4], otworzyło możliwości badań magnetoptycznych innych systemów niż jon manganu w kropkach o małej przerwie energetycznej, czyli CdTe/ZnTe [5] lub InAs/GaAs [6]. Otworzyła się możliwość badania pojedynczych jonów Mn^{2+} w kropkach kwantowych o relatywnie szerokiej przerwie energetycznej, np. CdSe/ZnSe, a także możliwość badania innych jonów, np. Co^{2+} [4], Fe^{2+} [7], czy Cr^{2+} [8].

Jony metali przejściowych, poza Mn^{2+} , w kropkach kwantowych z materiałów II-VI mają niezerowy moment orbitalny, co czyni je znacznie bardziej wrażliwymi na naprężenia epitaksjalne (o symetrii niższej niż T_d) niż jon Mn^{2+} . Prowadzi to do tak istotnych efektów jak: zmiana stanu podstawowego jonu żelaza ze stanu o zerowym spinie na stan magnetyczny (o rzucie spinu ± 2 na oś wzrostu próbki) w kropkach CdSe/ZnSe [7,9], czy też do rozszczepienia stanu podstawowego jonu kobaltu (o spinie $3/2$) na stany o rzutach $\pm 3/2$ i $\pm 1/2$ w kropkach CdTe/ZnTe [4]. Ponieważ tego rodzaju efekty są bardzo ważne, jeśli rozważać zastosowania systemów pojedynczy jon magnetyczny – kropka kwantowa do zapisywania czy przetwarzania informacji kwantowych, konieczne jest opracowanie metody wyznaczania parametrów opisujących własności spinowe jonu w naprężonej kropce kwantowej.

W niniejszej prezentacji omówiona zostanie, zaproponowana ostatnio, metoda bezpośredniego wyznaczania rozszczepienia stanów $\pm 3/2$ i $\pm 1/2$ jonu kobaltu w kropkach CdTe/ZnTe na podstawie obserwacji bardzo słabych, częściowo udozwolonych, przejść optycznych ze zmianą stanu spinu Co^{2+} [10].

[1] M. Goryca et al. Phys. Rev. Lett. **103**, 087401 (2009)

[2] Le Gall, C. et al. Phys. Rev. Lett. **102**, 127402 (2009)

[3] M. Goryca et al., Phys. Rev. Lett. **113**, 227202 (2014).

[4] J. Kobak et al. Nat. Commun. **5**, 3191 (2014).

[5] L. Besombes et al, Phys. Rev. Lett. **93**, 207403 (2004).

[6] A. Kudelski et al., Phys. Rev. Lett. **99**, 247209 (2007).

[7] T. Smoleński et al, Nat. Commun. **7**, 10484 (2016).

[8] A. Lafuente-Sampietro et al., Phys. Rev. **B 93**, 161301 (2016); Phys. Rev. **B 95**, 035303 (2017),

[9] T. Smoleński et al., arXiv:1702.06094.

[10] J. Kobak et al. arXiv:1610.05732.

Jednorodne oraz kompozytowe półprzewodniki II-IV-V₂ z Mn: oddziaływania magnetyczne oraz transport elektronowy

Ł. Kilański, P. Skupiński, S. Lewińska, E. Dynowska, A. Reszka,
K. Graszka, R. Szymczak, A. Ślawska-Waniewska, M. Górską,
B.J. Kowalski, W. Dobrowolski

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

Szereg materiałów grupy II-IV-V₂ jest postrzeganych jako potencjalne trójwymiarowe izolatory topologiczne [1]. Obecność jonów magnetycznych w tych materiałach stanowi bardzo istotny temat badań. Materiały należące do grupy II-IV-V₂ mogą być otrzymywane oraz badane w dwóch reżimach domieszkowania tj. jako materiały jednorodne oraz kompozytowe [2]. Oba reżimy domieszkowania wymagają zbadania szeregu zjawisk fizycznych.

Ferromagnetyzm w temperaturze pokojowej obserwowany w półprzewodnikach grupy II-IV-V₂ zawierających jony manganu jest związany z obecnością wytrąceń np. MnAs. Materiały II-IV-V₂ z Mn zawierające znaczne ilości jonów magnetycznych umożliwiają badania możliwości kontroli zjawisk magnetycznych oraz magnetotransportowych; obu związanych w znacznej mierze z obecnością ferromagnetycznych klasterów. Oddziaływania wewnątrz- oraz między-klasterowe wpływają na magnetotransport materiałów kompozytowych.

Oddziaływania magnetyczne w jednorodnych materiałach tj. Cd_{1-x-y}Zn_xMn_xSnAs₂ wskazują na istnienie słabych oddziaływań pomiędzy jonami Mn w przypadku niskiego reżimu domieszkowania. Wyniki otrzymane dla paramagnetycznych kryształów II-IV-V₂ z Mn wskazują jednoznacznie, iż rozpuszczalność jonów Mn w tych materiałach jest znacznie wyższa niż w półprzewodnikach III-V. Ponadto, w odróżnieniu od materiałów II-VI, kryształy II-IV-V₂ charakteryzują się właściwościami niezbędnymi do obserwacji ferromagnetyzmu związanego z oddziaływaniami magnetycznymi przenoszonymi przez swobodne nośniki ładunku elektrycznego.

Wysoka jakość materiałów II-IV-V₂ z Mn jest potwierdzona przez obecność oscylacji Shubnikova - de Haasa dla $T < 50$ K w przypadku kryształów jednorodnych oraz kompozytowych. Przeprowadzono szczegółową analizę efektów magnetotransportowych co umożliwiło identyfikację szeregu efektów odpowiedzialnych za transport nośników w wybranych kryształach grupy II-IV-V₂.

[1] W. X. Feng, D. Xiao, J. Ding, and Y. G. Yao, Phys. Rev. Lett. **106**, 016402 (2011).

[2] L. Kilański, *et al.*, Phys. Rev. B **95**, 035206 (2017).



Kubit jako spektrometr szumu w nanoskali

Lukasz Cywiński

Instytut Fizyki PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

Oddziaływanie koherentnie kontrolowanego kwantowego układu dwupoziomowego (kubitu) z jego otoczeniem prowadzi do dekoherencji jego stanów kwantowych. Proces ten jest zabójczy dla kwantowego przetwarzania informacji, ale zamiast z nim walczyć, można spróbować wykorzystać ogromną wrażliwość kwantowej koherencji na oddziaływanie z zewnętrznymi zaburzeniami. Kubity spinowe realizowane w ciele stałym, takie jak np. centra NV w diamencie, czy kropki kwantowe, są silnie zlokalizowane przestrzennie, i przez to są czułe na fluktuacje pól magnetycznych i elektrycznych zachodzące w objętości mniejszej (czasami dużo mniejszej) niż $1 \mu\text{m}^3$. Kubit zainicjalizowany w czystym stanie kwantowym, a następnie poddany odpowiedniej sekwencji operacji unitarnych zakończonej pomiarem, może służyć jako sensor fluktuacji zachodzących w bezpośrednim otoczeniu kubitów. Postaram się opisać teoretyczne podstawy spektroskopii szumu (rekonstrukcji gęstości spektralnej szumu otoczenia) przy użyciu kubitów [1], i wytłumaczyć, jak przy użyciu dwóch kubitów można scharakteryzować spektrum korelacji krzyżowych pomiędzy fluktuacjami w dwóch obszarach otoczenia kubitów [2].

[1] P. Szańkowski, G. Ramon, J. Krzywda, D. Kwiatkowski, and Ł. Cywiński, a Topical Review, submitted to *J. Phys.:Condens. Matt.* (2017).

[2] P. Szańkowski, M. Trippenbach, and Ł. Cywiński, *Phys. Rev. A* **94**, 012109 (2016).



wtorek 12.09.2017, sala D

technologie kwantowe I

Marek Kuś
Centrum Fizyki Teoretycznej PAN

15:00	15:35	0:35	Tomasz Karpiuk Uniwersytet w Białymstoku	Jednolity opis dynamiki odpychającego dwuskładnikowego gazu fermionowego
15:35	15:55	0:20	Joanna Skiba-Szymańska Toshiba Research Europe	Entangled photon LEDs and their application for quantum relays
15:55	16:15	0:20	Jarosław Pawłowski Politechnika Wrocławska	Kubit spinowy i dolinowy w atomowo-cienkiej warstwie dwusiarczku molibdenu
16:15	16:35	0:20	Jan Krzywda Instytut Fizyki PAN	Lokalizacja precesującego momentu magnetycznego poprzez pomiar koherencji dwukubitowych

technologie kwantowe II

Tomasz Karpiuk
Uniwersytet w Białymstoku

16:55	17:30	0:35	Piotr Kolenderski Uniwersytet Mikołaja Kopernika	Komunikacja kwantowa w dziedzinie czasu
17:30	18:05	0:35	Karol Bartkiewicz Uniwersytet im. Adama Mickiewicza	Podrabianie pieniędzy kwantowych wykonanych z fotonów
18:05	18:25	0:20	Filip Sońnicki Uniwersytet Warszawski	Zmiana szerokości widmowych krótkich impulsów światła za pomocą elektrooptycznej czasowej soczewki Fresnela

Jednolity opis dynamiki odpychającego dwuskładnikowego gazu fermionowego

Tomasz Karpiuk¹, Piotr T. Grochowski², Mirosław Brewczyk¹,
Kazimierz Rzązewski²

¹*Wydział Fizyki, Uniwersytet w Białymstoku, ul. K. Ciołkowskiego 1L,
15-245 Białystok, Poland*

²*Center for Theoretical Physics PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warsaw, Poland*

Za pomocą metody orbitali atomowych oraz metody funkcjonału gęstości badamy dwuskładnikowy, spolaryzowany spinowo gaz atomów ${}^6\text{Li}$. Atomy będące w różnych stanach spinowych odpychają się wzajemnie. Nie ma oddziaływania pomiędzy atomami w tym samym stanie spinowym. Gaz jest początkowo przygotowany w postaci dwóch domen o spinie do góry i do dołu, pomiędzy którymi znajduje się bariera zapobiegająca dynamice. W pewnym momencie bariera jest usuwana i rozpoczyna się przepływ gazu, którego wynikiem są oscylacje. Na podstawie pomiaru częstości oscylacji, tak jak w doświadczeniu [1], znajdujemy niestabilność ferromagnetyczną gdy siła wzajemnego odpychania staje się odpowiednio duża. Niestabilność objawia się nagłym wzrostem częstości drgań. Zanim do tego dojdzie częstość drgań zmniejsza się wraz z rosnącym oddziaływaniem.

[1] G. Valtolina, F. Scazza, A. Amico, A. Burchianti, A. Recati, T. Enss, M. Inguscio, M. Zaccanti, G. Roati, arXiv:1605.07850 (2016).



Entangled photon LEDs and their application for quantum relays

**Joanna Skiba-Szymanska¹, R. Mark Stevenson¹, Christiana Varnava^{1,2},
J. Nilsson^{1,2}, Martin Felle^{1,2}, Jan Huwer¹, Tina Müller¹, Ian Farrer³,
David A. Ritchie³, Andrew J. Shields¹**

¹*Toshiba Research Europe Limited, 208 Science Park, Milton Road, Cambridge, UK*

²*Cambridge University Engineering Department, 9 J J Thomson Avenue, Cambridge, UK*

³*Cavendish Laboratory, University of Cambridge, J J Thomson Avenue, Cambridge, UK*

Two parties can share confidential information via quantum cryptography with the secrecy guaranteed by the laws of nature alone [1]. However, preservation of guaranteed secrecy over quantum communication networks poses a challenge, as classical receive-and-resend routing nodes can only be used conditional of trust by the communicating parties [2]. Fully quantum networks can be established by leveraging quantum entanglement to set up non-local correlations between measurements by end users, as employed in quantum relays [3]. Semiconductor quantum-dot based entangled-light sources are emerging as a promising platform for quantum teleportation and relay systems, due to the practical advantages of opto-electronic integration, and the fundamental benefit of emitting no more than a single entangled photon pair simultaneously.

Our first entangled-light-emitting diode (ELED) is based on InAs/GaAs quantum dots emitting at 900 nm within a microcavity designed to enhance the light collection efficiency [4]. Based on such ELED we construct a quantum relay over 1 km of optical fiber and recover strong entanglement, with Bell's parameter of 2.59 ± 0.01 , well above the classical limit of 2 [5]. Next, by using advanced growth techniques, we further extend the emission wavelength of the dots and demonstrate a working quantum relay in the telecom 'O'-band around 1310 nm [6].

[1] N. Gisin, G. Ribordy, W. Tittel, H. Zbinden, "Quantum cryptography", *Review of Modern Physics* 74, 145–195 (2002).

[2] M. Peev et al., "The SECOQC quantum key distribution network in Vienna", *New Journal of Physics* 11, 075001 (2009).

[3] B. C. Jacobs, T. B. Pittman, J. D. Franson, "Quantum relays and noise suppression using linear optics", *Physical Review A* 66, 052307 (2002).

[4] C. L. Salter et al., "An entangled-light-emitting diode.", *Nature* 465, 594–597 (2010).

[5] C. Varnava et al., "An entangled-LED driven quantum relay over 1 km", *npj Quantum Information*, 2, 16006 (2015).

[6] J. Huwer et al., "Quantum-dot-based telecommunication-wavelength quantum relay", accepted to *Phys. Rev. Applied*

Kubit spinowy i dolinowy w atomowo-cienkiej warstwie dwusiarczku molibdenu

Jarosław Pawłowski

*Politechnika Wrocławska, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Katedra Fizyki Teoretycznej*

Struktury półprzewodnikowe o grubości pojedynczych warstw atomowych mogą znaleźć zastosowanie przy budowie urządzeń dla informatyki i kryptografii kwantowej. Dwuwymiarowa warstwa materiału może mieć inne własności niż wielowarstwowy, trójwymiarowy kryształ. Pierwszym przebadanym materiałem o grubości jednej warstwy atomowej był grafen [1,2]. Wadą grafenu, jako materiału o niezwykłych własnościach z punktu widzenia zastosowań w elektronice, jest to, że w czystej postaci nie jest on półprzewodnikiem. Co więcej słabo nadaje się do zastosowań w elektronice spinowej (spintronice) z uwagi na występujące w nim bardzo słabe sprzężenie spin-orbita [3].

Jednakże to właśnie materiały półprzewodnikowe są pożądane w elektronice z uwagi na łatwość kontrolowania ich własności elektrycznych podczas pracy urządzeń. Spośród aktualnie badanych materiałów najbardziej obiecującymi są monowarstwy dwusiarczku molibdenu i innych chalcogenków metali przejściowych. Posiadają one skończoną prostą przerwę energetyczną—są półprzewodnikami, więc dużo łatwiej uwięzić w nich nośniki informacji kwantowej (elektrony bądź dziury) w tzw. elektrostatycznej kropce kwantowej. Dla nas ważne jest to, że materiały te charakteryzują się gigantycznym sprzężeniem spin-orbita. To nie koniec ciekawych własności. Dzięki specyficznej budowie sieci atomowej, w materiałach tych elektron i dziura posiadają dodatkowy (oprócz spinu) „dolinowy” dyskretny stopień swobody [4,5], na którym także możemy zdefiniować jednostkę informacji kwantowej—kubit.

Zaprezentowane zostaną badania w których pokazujemy, jak w strukturze zawierającej atomowo cienką warstwę dwusiarczku molibdenu zdefiniować kubity: spinowy i dolinowy. Przedstawimy także realistyczne komputerowe symulacje czasowe działania powstałego nanourządzenia, podczas których wykonamy operacje logiczne na tak zdefiniowanych pojedynczych kubitach.

- [1] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov et al., *Science* **306**, 666 (2004).
- [2] A. H. Castro Neto, F. Guinea, K. S. Novoselov et al., *Rev. Mod. Phys.* **81**, 109 (2009).
- [3] M. Gmitra, S. Konschuh, C. Ertler et al., *Phys. Rev. B* **80**, 235431 (2009).
- [4] Gui-Bin Liu, Wen-Yu Shan, Yugui Yao et al., *Phys. Rev. B* **88**, 085433 (2013).
- [5] Di Xiao, Wang Yao, and Qian Niu, *Phys. Rev. Lett.* **99**, 236809 (2007).

Lokalizacja precesującego momentu magnetycznego poprzez pomiar koherencji dwukubitowych

Jan Krzywda^{1,2}, Piotr Szańkowski², Łukasz Cywiński²

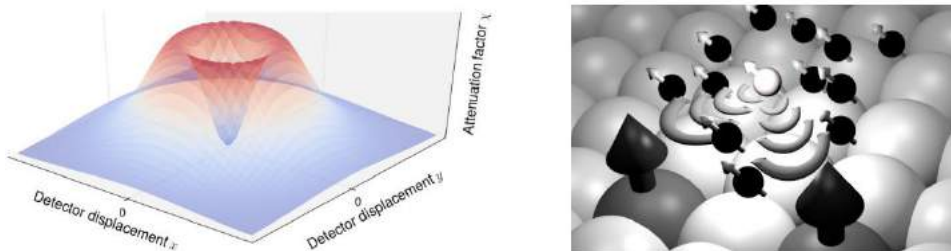
¹Instytut Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Ludwika Pasteura 5, 02-093 Warszawa

²Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, aleja Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

Kubity spinowe znajdują obecnie szerokie zastosowanie jako detektory zmiennego w czasie pola magnetycznego, pochodzącego od spinów jądrowych atomów składających się na molekuly zlokalizowane w pobliżu kubitu [1,2]. Dzięki przyłożeniu do kubitów periodycznej sekwencji obrotów, możliwe jest dostrojenie detektora do wybranej częstości sygnału [3]. Pomiar dekoherencji qubitu, połączony ze znajomością funkcyjnej postaci oddziaływania, umożliwia wyznaczenie powierzchni na której znajduje się zlokalizowane źródło. Poprzez analogię do klasycznej procedury triangulacji, użycie kolejnych kubitów powinno prowadzić do wyznaczenia dokładnej pozycji spinów jądrowych.

W poniższej pracy pokazano, iż już dwa kubity są w stanie zlokalizować precesujący moment magnetyczny, poprzez wykorzystanie ich wzajemnych korelacji jako dodatkowego źródła informacji. Dodatkowa korzyść wynika także z wykorzystania korelacji kwantowych, które dzięki początkowemu splątaniu kubitów znacząco wzmacniają rejestrowany sygnał. Metoda ta jest szczególnym przypadkiem implementacji spektroskopii szumu, a także korzysta z możliwości przybliżenia wpływu kąpielii kwantowej na kubit przez klasyczny szum [4]. Uogólnieniem powyższego protokołu jest przypadek pozbawiony znajomości geometrii sensora, w którym możliwe jest wyznaczenie przestrzennych relacji pomiędzy kubitami poprzez kontrolę pola magnetycznego lub jednokrotną translację detektora.

Zaproponowany został także „wykrywacz” symetrii, umożliwiający wyznaczenie potencjalnych lokalizacji źródła bez znajomości sprzężenia z kubitami. W tym celu wykorzystana została, wynikająca z symetrii konkretnego stanu splątanego (np. GHZ lub singlet), przestrzeń wolna od dekoherencji, której geometryczna interpretacja pozwoliła na zawężenie możliwych pozycji źródła.



Rysunek 1: Przestrzenna mapa czynnika gaszącego koherencję postaci $e^{-T^2\chi}$ (lewy) oraz schematyczna ilustracja dwóch detektorów oddziałujących z momentem magnetycznym (prawy)

[1] T. Staudacher et al., Science 339, 561 (2013).

[2] I. Lovchinsky et al., Science. 351, 836 (2016).

[3] P. Szańkowski, G. Ramon, J. Krzywda, D. Kwiatkowski, and Ł. Cywiński, praca przeglądowa w trakcie publikacji w J. Phys.:Condens. Matter, arXiv:1705.02262 (2017).

[4] P. Szańkowski, M. Trippenbach, and Ł. Cywiński Phys. Rev. A 94,012109 (2016).

Komunikacja kwantowa w dziedzinie czasu

Piotr Kolenderski

*Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet
Mikołaja Kopernika, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń*

Źródła pojedynczych fotonów odgrywają kluczową rolę w implementacji kwantowych protokołów komunikacji kwantowej. Niestety, fotony emitowane przez realistyczne źródła pojedynczych fotonów, oparte na przykład na procesie spontanicznego parametrycznego podziału częstości (SPDC), są szerokopasmowe. Z tego powodu, podczas propagacji przez światłowód telekomunikacyjny sygnał doznaje poszerzenia czasowego. Poszerzenie to jest spowodowane przez dyspersję chromatyczną ośrodka. W przypadku dalekozasięgowej komunikacji kwantowej efekt ten znacznie ogranicza wydajności metody filtracji czasowej (temporal filtering), która polega na zmniejszeniu liczby rejestrowanych błędnych zliczeń poprzez skrócenie czasu trwania okna detekcji. Zatem czasowe poszerzenie pakietu falowego fotonów emitowanych przez realistyczne źródła ma negatywny wpływ na bezpieczeństwo implementowanych protokołów.

W prezentacji przedstawię metodę zmniejszenia szumu detekcji, która polega na odpowiedniej manipulacji spektralnymi korelacjami w parze fotonów [1, 2]. Następnie opowiem o praktycznym zastosowaniu uzyskanych wyników do zwiększenia dystansu bezpieczeństwa protokołów komunikacji kwantowej wykorzystującej komercyjne światłowody telekomunikacyjne [3, 4]. W takim układzie można zastosować metodę filtracji czasowej w celu zmniejszenia liczby ciemnych zliczeń rejestrowanych przez detektor oraz zredukować szum pochodzący z rozpraszania Ramana.

[1] T. Lutz, P. Kolenderski, and T. Jennewein. *Opt. Lett.*, 38, 697 (2013), **39**, 1481 (2014).

[2] A. Gajewski and P. Kolenderski. *Phys. Rev. A*, **94**, 013838 (2016).

[3] K. Sedziak, M. Lasota, and P. Kolenderski. *Optica*, **4**, 84 (2017).

[4] M. Lasota and P. Kolenderski. arXiv:1702.05165

Podrabianie pieniędzy kwantowych wykonanych z fotonów

Karol Bartkiewicz^{1,2,3}, Antoín Černoč⁴, Grzegorz Chimczak¹, Karel Lemr²,
Adam Miranowicz^{1,3}, Franco Nori^{3,5}

¹*Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Poznań, Poland*

²*RCPTM, Joint Laboratory of Optics of Palacký University and Institute of Physics of Academy of Sciences of the Czech Republic, Olomouc, Czech Republic*

³*CEMS, RIKEN, Wakoshi, 351-0198, Japan*

⁴*Institute of Physics of Czech Academy of Sciences, Joint Laboratory of Optics of PU and IP AS CR, 17. listopadu 50A, Olomouc, 772 07, Czech Republic*

⁵*Department of Physics, The University of Michigan, Ann Arbor, MI, 48109-1040, USA*

Problem fałszowania pieniędzy jest tak stary jak pieniądze. Nawet obecnie używane banknoty ulegają ciągłej modernizacji (np. banknot 200 zł w lutym 2016), która jest formą wyścigu zbrojeń między fałszerzami a mennicami. Wraz z rosnącą ilością oraz złożonością zabezpieczeń zwiększa się poziom trudności wykonania banknotów oraz ich weryfikacji. Technologia ciągle się rozwija i nawet na powszechnie dostępnym sprzęcie można nielegalnie drukować podrobione banknoty, które na pierwszy rzut oka nie różnią się od oryginałów. Przy większym wysiłku można nawet podrobić inne zabezpieczenia i właściwie nie ma fizycznych ograniczeń na dokładność fałszerstwa. Zastanawiając się nad przyszłością systemów płatniczych oraz postępu technologicznego należy wziąć pod uwagę scenariusz, w którym fałszowanie pieniędzy niezależnie od ich zabezpieczeń stanie się równie łatwe i dostępne jak w dniu dzisiejszym zdobycie i obsługa drukarki biurowej. Taki scenariusz jest realny jeżeli pozostaniemy w świecie rządzonego prawami fizyki klasycznej.

Pieniądze kwantowe, wymyślone jako ciekawostka przez Wiesnera w latach siedemdziesiątych XX wieku [1], rozwiązują niektóre problemy z którymi mierzą się współczesne waluty. Banknoty kwantowe są niemożliwe do podrobienia ze względu na prawa mechaniki kwantowej, które zabraniają ich idealnego kopiowania [2] lub odczytania nieznaną z góry informacji. Rozwiązuje to problem fałszerstwa, gdyż żeby coś skopiować trzeba to odczytać. W naszych badaniach postanowiliśmy przeanalizować możliwość realizacji takich banknotów przy zastosowaniu obecnie istniejących metod optycznych. Oznacza to, że nasze banknoty składają się ze światła. Zbadaliśmy też jak dobrze możemy je podrobić przy zastosowaniu najlepszych dostępnych metod linowej optyki kwantowej [3, 4].

Nasze wyniki zostały dostrzeżone przez media czego wynikiem jest szereg publikacji popularnych m.in. w Science News, phys.org, naukawpolsce.pap.pl, tvn24.pl, cordis.europa.eu, oraz wyróżnienie naszej pracy [4] przez Nature Physics [5].

[1] S. Wiesner, ACM SIGACT News **15**, 78–88 (1983) (oryginalna praca została napisana w latach 70-tych).

[2] W. Wootters, W. Żurek, Nature **299** 802–803 (1982).

[3] K. Bartkiewicz, A. Černoč, K. Lemr, J. Soubusta, M. Stobińska, Phys. Rev. A **89**, 062322 (2014).

[4] K. Bartkiewicz, A. Černoč, G. Chimczak, K. Lemr, A. Miranowicz, F. Nori, npj Quantum Information **3**, 7 (2017).

[5] Y. Li, Nature Physics **3**, 205-205 (2017).

Zmiana szerokości widmowych krótkich impulsów światła za pomocą elektrooptycznej czasowej soczewki Fresnela

Filip Sośnicki, Michał Karpiński

Uniwersytet Warszawski

Światło jest często używane jako nośnik informacji, światło kwantowe zaś pozwala na przenoszenie informacji kwantowej. Z jego pomocą możemy uzyskać połączenia różnych układów kwantowych takich jak kropki kwantowe (np. jako źródła), pamięci kwantowe czy bramki kwantowe. Wykazują one jednak szeroki zakres właściwości spektralnych, zatem połączenia optyczne są często nieefektywne. Dużym wyzwaniem jest stworzenie urządzenia, które mogłoby przekształcić widmo kwantowych impulsów światła, czyli impulsów o określonej liczbie fotonów lub dzielących splątanie, co pozwoliłoby na bardziej efektywne optyczne łączenie ww. układów kwantowych. Pokazane zostały już techniki pozwalające na zmianę szerokości widmowej pojedynczych fotonów z rzędu pojedynczych THz do dziesiątek GHz przy użyciu optyki nieliniowej wykorzystującej silną, klasyczną wiązkę laserową. Nie pozwalają one jednak na skonstruowanie interfejsu pomiędzy układami o charakterystycznych szerokościach widmowych rzędu GHz i MHz.

Przedstawiamy tutaj technikę kompresji szerokości widmowych pojedynczych fotonów z dziesiątek czy setek GHz na dziesiątki MHz, co może być bardzo przydatne do łączenia źródeł opartych na fluorescencji parametrycznej z atomowymi układami pamięci kwantowych. Opiera się ona na konwersji z domeny czasu do domeny częstotliwości przy użyciu soczewki czasowej. Otrzymuje się ją poprzez wykorzystanie optycznego dualizmu przestrzenno-czasowego, wynikającego z matematycznej równoważności równań opisujących przestrzenną propagację przyosiową wiązki światła oraz dyspersję impulsów światła [1]. Możemy w ten sposób stworzyć soczewkę czasową – analogon soczewki przestrzennej – poprzez bezpośrednie nakładanie kwadratowej fazy w czasie za pomocą elektrooptycznego modulatora fazy w połączeniu z propagacją przez ośrodek dyspersyjny. Pozwala to na manipulowanie spektralnymi własnościami pojedynczych fotonów w niskostratnych, wolnych od szumów optycznych, światłowodowych układach optycznych [2]. Jednakże przyłożenie do modulatora sygnału parabolicznego lub sinusoidalnego nie pozwala na osiągnięcie dużej apertury takiej soczewki poprzez ograniczoną głębokość modulacji ze względu na możliwość spalania się modulatora. Tutaj pokonujemy to ograniczenie poprzez wykorzystanie periodyczności fazy, a więc nakładając na impuls światła czasową fazę kwadratową modulo 2π używając generatora dowolnego przebiegu czasowego (AWG), co jest czasowym analogonem przestrzennej soczewki Fresnela.

Wyniki symulacji takiego konwertera szerokości widmowych opartego na obecnie dostępnych komercyjnie lub przyszłych generatorach dowolnego przebiegu (AWG) pokazują, że pozwoli on perspektywnie na efektywne połączenie różnych układów kwantowych w celu wymiany informacji kwantowej. Ponadto użycie do symulacji kart graficznych pozwoliło również na analizę zmian korelacji oraz splątania kwantowego w przypadku, gdy fresnelowska soczewka czasowa zostanie użyta do jednego z pary fotonów powstałych w wyniku fluorescencji parametrycznej. Takie wykorzystanie soczewki czasowej pozwoli na splątanie ze sobą dwóch układów z różnymi charakterystycznymi szerokościami widmowymi, nawet o 4 rzędy wielkości różnicy.

[1] B. H. Kolner, IEEE, J. Quant. Electron. 30, 1951-1963 (1994).

[2] M. Karpiński, M. Jachura, L. J. Wright, B. J. Smith, Nat. Photon. 11, 53-57 (2017).



wtorek 12.09.2017, sala E

fizyka biologiczna i medyczna I

Zofia Drzazga
Uniwersytet Śląski

15:00	15:25	0:25	Alicja Ratuszna Uniwersytet Śląski	Nowe możliwości badań podstawowych i aplikacyjnych układów biofizycznych
15:25	15:50	0:25	Joanna Chwiej Akademia Górniczo-Hutnicza	Wykorzystanie metod spektroskopowych w badaniach nad patogenezą epilepsji i mechanizmami neuroprotekcynowego działania diety w jej leczeniu
15:50	16:15	0:25	Ryszard Krzyminiewski Uniwersytet im. Adama Mickiewicza	ESR w badaniach nanocząstek o potencjalnych aplikacjach medycznych
16:15	16:35	0:20	Mariusz Kaczmarek Politechnika Gdańska	Aktywna Termografia Dynamiczna w wybranych aplikacjach medycznych

grawitacja i kosmologia I

Mariusz Dąbrowski
Uniwersytet Szczeciński

16:55	17:25	0:30	Marek Biesiada Uniwersytet Śląski	Soczewki grawitacyjne nowym narzędziem kosmologii
17:25	17:50	0:25	Vincenzo Salzano Uniwersytet Szczeciński	Varying speed of light signatures in cosmological data
17:50	18:10	0:20	Jan Ostrowski Uniwersytet Mikołaja Kopernika	Cosmological backreaction conjecture: recent developments and future prospects
18:10	18:30	0:20	Artur Miroszewski Narodowe Centrum Badań Jądrowych	The problem of time or the aspect of time?

Nowe możliwości badań podstawowych i aplikacyjnych układów biofizycznych

Alicja Ratuszna

Instytut Fizyki im. Augusta Chelkowskiego, Uniwersytet Śląski, Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, Polska; Śląskie Centrum Edukacji i Badań Interdyscyplinarnych, 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów, Polska

Prace naukowe prowadzone w naszej grupie mają charakter badań podstawowych i aplikacyjnych. Większość z nich realizowana jest przy użyciu metod biologicznych i biofizycznych. Dzięki zastosowaniu tych metod, możemy stworzyć platformę dla interdyscyplinarnej współpracy instytucji medycznych i badawczych.

Terapia fotodynamiczna była jednym z pierwszych obszarów naukowych, który podjęliśmy. Przeprowadziliśmy badania fizykochemiczne i określiliśmy biologiczne właściwości wielu nowych potencjalnych fotouczulaczy i opatentowaliśmy nowatorską metodę zwiększenia skuteczności terapii za pomocą chelatorów żelaza. Jak wiadomo, terapia fotodynamiczna (PDT) jest nieinwazyjną metodą leczenia stanów przed nowotworowych i nowotworowych, w której światło widzialne, fotouczulacze i tlen są wykorzystywane do niszczenia patologicznych tkanek. Na wykładzie przedstawię wyniki badań dla najciekawszych pochodnych porfiryn i chloryn, syntetyzowanych odpowiednio w Instytucie Chemii Uniwersytetu Śląskiego oraz uzyskiwanych przez prof. Petera Montforts'a z Uniwersytetu w Bremie.

Ponieważ połowiczny czas życia tlenu singletowego w rozpuszczalnikach organicznych i micellach jest znacznie dłuższy (20 - 25 μs) niż w roztworach wodnych (3 - 4 μs) oczekuje się, że związki hydrofobowe są bardziej skuteczne niż fotouczulacze hydrofilowe. Niestety, wadą porfiryn i chloryn jest to, że wszystkie one mają większą lub mniejszą skłonność do agregacji, co wpływa na ich właściwości cytotoksyczne. Co więcej, niektóre z fotosensybilizatorów w obecności tlenu singletowego szybko rozkładają się, co w układach biologicznych może być zarówno korzystne jak i niekorzystne. Biorąc pod uwagę powyższe cechy badanych fotouczulaczy, zdecydowaliśmy się pracować ze związkami transportowanymi do komórek przez nośniki liposomowe. Liposomy są wysoce biokompatybilne i często zwiększają efekt terapeutyczny substancji poprzez zwiększenie jej akumulacji w komórce, redukcję agregacji i ciemnej cytotoksyczności oraz zapobieganie degradacji. Nasze fotouczulacze podawano zatem w postaci emulsji liposomowej skutecznie przenikającej do komórek i zwiększającej skuteczność terapii fotodynamicznej w wyniku braku agregacji związków. Ponadto, wykonano pełną charakterystykę właściwości fizykochemicznych tych związków, m.in. widm absorpcji, emisji, czasu życia stanów trypletowych fotosensybilizatora, zdolności do generowania tlenu singletowego, skłonności do agregacji i degradacji fotochemicznej. Niektóre z naszych związków uznano za obiecujące dla terapii PDT.

Zajmujemy się także małymi cząsteczkami zwanymi tioseminkarbazonami (TSC), które mogą być "wzmocniaczem", wspierającym PDT. Związki te mają silne działanie przeciwnowotworowe. W ostatnich latach opublikowano kilka prac, w których za pomocą chelatorów żelaza zwiększono stężenia fotosensybilizatora w terapii ALA-PDT. W tej terapii protoporfiryna IX (PpIX) - substrat do produkcji hemu, jak również jony Fe^{2+} , stosuje się jako czynnik terapeutyczny. Związki chelatujące żelazo zakłócają homeostazę żelaza, co zwiększa akumulację PpIX, utrudnia ostatni etap biosyntezy hemu i zwiększa efektywność PDT. W naszych badaniach sprawdzamy różne rodzaje TSC, w tym pochodne o najwyższej ciemnej cytotoksyczności komórkowej wśród kiedykolwiek publikowanych TSC. Zaobserwowano silny efekt synergistyczny po leczeniu z wykorzystaniem TSC i fotouczulacza.

Nasz najnowszy projekt dotyczy problemu medycznego w dziedzinie hematologii. Korzystając z narzędzi fizycznych, takich jak spektroskopia Ramana, TOF-SIMS i AFM staramy się wyjaśnić przyczyny lokalizacji węzłowej i pozawęzłowej chłoniaka pochodzącego z dużego limfocyty B.

Wykorzystanie metod spektroskopowych w badaniach nad patogenezą epilepsji i mechanizmami neuroprotektynowego działania diety w jej leczeniu

J. Chwiej¹, A. Skoczen¹, K. Matusiak¹, K. Janeczko², M. Ciarach², C. Sandt³, F. Borondics³, R. Simon⁴ i Z. Setkowicz²

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Kraków

² Uniwersytet Jagielloński, Instytut Zoologii, Kraków

³ SOLEIL, Gif sur Yvette

⁴ ANKA KIT, Karlsruhe

Padaczka, należąca do najczęściej występujących schorzeń neurologicznych, dotyka ludzi w każdym wieku. U około jednej trzeciej spośród 50 mln cierpiących na to schorzenie pacjentów dostępne terapie farmakologiczne są nieskuteczne [1,2]. Dlatego też istnieje ogromna potrzeba badań na procesami prowadzącymi do rozwoju padaczki lekoopornej oraz poszukiwania nowych metod jej leczenia [3].

Jedną z alternatywnych metod leczenia epilepsji jest dieta ketogeniczna, w której głównym składnikiem odżywczym są tłuszcze, a ilość dostarczanych do organizmu białek, a przede wszystkim węglowodanów, jest silnie ograniczona [4]. Metabolizm tłuszczów, prowadzi do produkcji ciał ketonowych, które stają się alternatywnym do glukozy źródłem energii dla potrzeb metabolizmu [5]. Mimo, że od około 100 lat dieta ketogeniczna jest z sukcesem stosowana w leczeniu lekoopornej padaczki u dzieci, to mechanizm jej działania przeciwdrgawkowego i/lub neuroprotektynowego nie został dotąd poznany [6].

Badania nad patogenezą i przebiegiem padaczki oraz nowymi metodami jej leczenia prowadzone są zwykle w oparciu o zwierzęce modele schorzenia, a wśród nich do najbardziej popularnych należą tzw. modele post status epilepticus oraz modele drgawek rozniecanych.

W mniejszym wystąpieniu pokazane zostanie, jak wysokorozdzielcze przestrzenie metody spektroskopowe, a wśród nich spektroskopia rentgenowska, w podczerwieni oraz Ramana, mogą wspomóc badania nad mechanizmami prowadzącymi do rozwoju epilepsji oraz leżącymi u podłoża skuteczności przeciwdrgawkowego działania diety ketogenicznej [7-9].

[1] M. Sillanpää, D. Schmidt, *Brain* **29**, 617-624 (2006).

[2] Y. H. Raol, A. R. Brooks-Kayal, *Prog. Mol. Biol. Transl. Sci.* **105**, 57-82 (2012).

[3] A. K. Sharma, E. Rani, A. Waheed, S. K. Rajput, *J. Epilepsy Res* **5**, 1-8 (2015).

[4] J. Freeman, P. Veggiotti, G. Lanzi, A. Tagliabue, E. Perucca, *Epilepsy Res.* **68**, 145-180 (2006).

[5] J. Huffman, E. H. Kossoff, *Curr. Neurol. Neurosci. Rep.* **6**, 332-340 (2006).

[6] D. R. Nordli Jr, M. M. Kuroda, J. Carroll, D. Y. Koenigsberger, L. J. Hirsch, H. J. Bruner, W. T. Seidel, D. C. De Vivo, *Pediatrics* **108**, 129-133 (2001).

[7] J. Chwiej, A. Patulska, A. Skoczen, K. Janeczko, M. Ciarach, R. Simon, Z. Setkowicz, *J. Biol. Inorg. Chem.* **20**, 1277-1286 (2015).

[8] J. Chwiej, A. Skoczen, K. Matusiak, K. Janeczko, A. Patulska, C. Sandt, R. Simon, M. Ciarach, Z. Setkowicz, *Epilepsy Behav.* **49**, 40-6 (2015).

[9] J. Chwiej, A. Skoczen, K. Janeczko, J. Kutorasinska, K. Matusiak, H. Figiel, P. Dumas, C. Sandt, Z. Setkowicz, *Analyst* **140**, 2190-2204 (2015).

ESR w badaniach nanocząstek o potencjalnych aplikacjach medycznych

Ryszard Krzyminiewski¹, Bernadeta Dobosz¹, Grzegorz Schroeder²,
Joanna Kurczewska²

¹Zakład Fizyki Medycznej, Wydział Fizyki UAM, Poznań

²Zakład Chemii Supramolekularnej, Wydział Chemii UAM, Poznań

Nanomateriały cieszą się dużym zainteresowaniem na całym Świecie. Pracuje się nad możliwością ich zastosowania w różnych dziedzinach życia, również w medycynie, zarówno do diagnostyki jak i terapii medycznej. Najbardziej popularne są nanocząstki (tlenków żelaza, złota, gadolinu, polimerowe), funkcjonalizowane nanorurki węglowe czy kropki kwantowe. Na szczególną uwagę zasługują nanocząstki tlenków żelaza. Ze względu na ich właściwości można je wykorzystać w hipertermii, jednak szczególne nadzieje wiąże się z ich zastosowaniem do transportu leków w terapiach celowanych. Dzięki posiadanemu przez nie magnetycznemu rdzeniowi stosując odpowiednie gradienty pola magnetycznego można by nimi sterować i doprowadzić do wybranego miejsca w ciele pacjenta. W przypadku nanocząstek polimerowych czynnikiem nimi sterującym mogłaby być wartość pH (zmieniona w stosunku do tkanki zdrowej) lub temperatura. Takie rozwiązanie poprawiłoby jakość leczenia np. nowotworów, gdyby udało się pokierować nanocząstki magnetyczne funkcjonalizowane odpowiednim lekiem bezpośrednio do guza, oszczędzając w ten sposób zdrowe komórki.

Jedną z metod, wciąż niestety mało popularną, która umożliwia otrzymanie cennych informacji o nanomateriałach, wliczając funkcjonalizowane nanocząstki magnetytu, jest spektroskopia elektronowego rezonansu spinowego (ESR). Stosując tę metodę można scharakteryzować zarówno rdzeń jak i dołączoną do niego substancję oraz wpływ czynników zewnętrznych na właściwości i zachowanie nanocząstek (stężenie, środowisko, pole magnetyczne, pH, temperatura). Metoda ESR pozwala również kontrolować jakość nanocząstek wraz z monitorowaniem procesu ich starzenia. Z pomiarów ESR można również otrzymać informacje o oddziaływaniu nanocząstek z krwią czy surowicą ludzką, jak również z komórkami. Ma to szczególne znaczenie w planowaniu funkcjonalizowanych nanocząstek jako nanoleków.

Podczas prezentacji zostaną przedstawione przykładowe wyniki badań metodą ESR głównie nanocząstek magnetytu oraz nanocząstek polimerowych pod kątem ich zastosowania w medycynie.

- [1] M. Bednarowicz, B. Dobosz, R. Krzyminiewski, M. Hałupka-Bryl, T. Deptuła, Y. Nagasaki, „ESR studies of redox-active PMNT-PEG-PMNT polymer”, *Materials Chemistry and Physics* **161** (2015) 250-255.
- [2] B. Dobosz, R. Krzyminiewski, G. Schroeder, J. Kurczewska, „Diffusion of functionalized magnetite nanoparticles forced by a magnetic field studied by EPR method”, *Current Applied Physics* **16** (2016) 562-567.
- [3] B. Dobosz, R. Krzyminiewski, J. Kurczewska, G. Schroeder, „The influence of surface modification, coating agents and pH value of aqueous solutions on physical properties of magnetite nanoparticles investigated by ESR method”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **429** (2017): 203–210.

Aktywna Termografia Dynamiczna w wybranych aplikacjach medycznych

Mariusz Kaczmarek

Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Katedra Inżynierii Biomedycznej, Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

W materiale omówiono budowę zestawu diagnostycznego metodą aktywnej termografii dynamicznej w medycznych aplikacjach takich jak: diagnostyka oparzeń, monitoring gojenia się ran pooperacyjnych oraz monitoring w kardiochirurgii. Podstawowy zestaw składa się z układu formowania wymuszenia termicznego w postaci nadmuchu schłodzonej mieszaniny gazów CO₂ oraz powietrza lub tylko schłodzonego powietrza, układu akwizycji sekwencji termograficznych, układu rejestracji warunków środowiskowych, takich jak temperatura otoczenia, wilgotność.

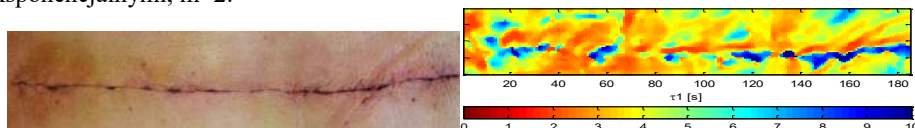
Nowością w aplikacjach medycznych jest wykorzystanie w badaniu termograficznym pobudzenia zewnętrznego i analizowanie procesów przejściowych zmian temperatury w czasie. W diagnostyce medycznej, ponieważ organizmy żywe wytwarzają ciepło w procesach metabolicznych, aktywnie jest ono unoszone przez krew, istnieje możliwość zastosowania jako pobudzenia zewnętrznego ochładzania powierzchni, a następnie obserwuje się naturalny proces ogrzewania tkanek. Zmiany temperatury na powierzchni badanego obiektu/skóry w trakcie trwania zewnętrznego pobudzenia i po jego ustaniu mają charakter eksponencjalny i można je dopasowywać do modelu wieloeksponencjalnego. Z punktu widzenia eksperymentu diagnostycznego najbardziej interesująca jest analiza zmian zachodzących na powierzchni badanego obiektu po ustaniu bodźca, w fazie powrotu do stanu ustalonego.

Dla fazy naturalnego ogrzewania się tkanki po ustaniu bodźca chłodzącego zmiany temperatury opisane są równaniem (1):

$$T(x, y, t) = T_s(x, y) + \sum_{j=1}^m \Delta T_j(x, y) \cdot \left(-e^{-\frac{t}{\tau_j(x, y)}} \right), \quad (1)$$

gdzie: $T(x, y, t)$ – wartość temperatury na badanej powierzchni dla piksela (x, y) dla czasu t ; $T_s(x, y)$ – składowa stała sygnału – temperatura w stanie ustalonym, $\Delta T_j(x, y)$ – wartości zmian temperatury wywołane bodźcem pobudzenia, $\tau_j(x, y)$ – stała czasowa j -ego komponentu.

Porównując wartości stałych czasowych τ_j , można wnioskować o szybkości procesów wymiany ciepła w danej tkance. Stałe te zależą w dużej mierze od wartości natężenia przepływu krwi, czyli w ogólności od wartości efektywnego współczynnika przewodności cieplnej tkanki. W praktyce, po setkach eksperymentów [1][2] okazało się, że krzywe nagrzewania i chłodzenia mogą być z dużą dokładnością aproksymowane wyrażeniami dwu-eksponencjalnymi, $m=2$.



Rys.1. Zdjęcie i obraz stałej czasowej rany pooperacyjnej (trzecia doba po zabiegu)

[1] Nowakowski A., Siondalski P., Moderhak M., Kaczmarek M.: Problems of cardiosurgery wound healing evaluation, s.9, Proc. of QIRT 2014, Bordeaux, (2014).

[2] Kaczmarek M., Nowakowski A., Active IR-Thermal Imaging in Medicine, J Nondestruct Eval (2016) 35:19, DOI 10.1007/s10921-016-0335-y, (2016).

Soczewki grawitacyjne nowym narzędziem kosmologii

Marek Biesiada

Zakład Astrofizyki i Kosmologii, Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice

Soczewkowanie grawitacyjne stało się dojrzałą dziedziną astronomii pozagalaktycznej, posiadającą zarówno własny formalizm teoretycznego opisu jak również bogaty i stale rosnący materiał obserwacyjny. Niedawne odkrycie silnie soczewkowanej supernowej (tzw. „supernowa Refsdala”) [1], po którym nastąpiła teoretyczna predykcja powtórnego pojawienia się jej w innym soczewkowanym obrazie, co następnie zostało zaobserwowane dokładnie w przewidzianym miejscu i czasie [2] jest olbrzymim sukcesem teorii – porównywalnym do odkrycia Neptuna na podstawie perturbacji orbity Urana w XIX wieku.

Znaczenie silnego soczewkowania grawitacyjnego w kosmologii obserwacyjnej podkreślane było od dawna. Praca Refsdala [3], pokazująca możliwość wyznaczenia stałej Hubble’a z opóźnień czasowych w wielokrotnych obrazach, była bodźcem dla rozwoju teorii soczewek grawitacyjnych. Przy obecnym poziomie zaawansowania technik obserwacyjnych metoda ta pozwala wyznaczać stałą Hubble’a z precyzją konkurującą z alternatywnymi metodami [4]. Najpoważniejszym problemem współczesnej kosmologii jest jednak zrozumienie fenomenu przyspieszającej ekspansji Wszechświata, roboczo nazywanego problemem ciemnej energii. W tym kontekście, w pracach [5,6] zaproponowana została oryginalna metoda wykorzystania silnych soczewek grawitacyjnych w roli testu kosmologicznego i była ona rozwijana w pracach [7-9]. Jednym z ważniejszych wyników tych analiz było wykazanie, iż silne soczewki grawitacyjne stanowią populację obiektów, analogiczną do tzw. standardowych linijek, przy pomocy których można wyznaczać parametry modeli kosmologicznych. Zaletą zaproponowanej metody jest jej niezależność od stałej Hubble’a oraz odmienny rodzaj efektów systematycznych w porównaniu ze standardowymi testami. Skutkuje to większym bogactwem zastosowań: silne soczewki grawitacyjne wraz z supernowymi typu Ia posłużyły w roli nowego testu relacji wzajemności Etheringtona [8] oraz w roli testu słuszności ogólnej teorii względności [9] w przybliżeniu post-Newtonowskim (PPM). Odkrycie zjawisk soczewkowania grawitacyjnego błysków gamma oraz sygnałów fal grawitacyjnych otworzyłyby drogę do nowych, niezwykłych ich zastosowań w roli testu fizyki fundamentalnej [10,11].

[1] Kelly P.L., Rodney S.A., Treu T., et al. , *Science* **347**, 1123 (2015).

[2] Kelly P.L., Rodney S.A., Treu T., et al. , *Astrophys. J Lett.* **819**, L8 (2016).

[3] Refsdal S., *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **128**, 307 (1964).

[4] Suyu S. H., Augur M. W., Hilbert S., et al., *Astrophys. J* **766**, 70 (2013).

[5] Biesiada M., Piórkowska A., Malec B., *Mon. Not. Royal Astron. Soc.* **406**, 1055 (2010).

[6] Cao S., Pan Y., Biesiada M., Godłowski W., Zhu Z.-H., *J Cosmol. Astropart. Phys.* **03**, 016 (2012).

[7] Cao S., Biesiada M., Gavazzi R., Piórkowska A., Zhu Z.-H., *Astrophys. J.* **806**, 185 (2015).

[8] Liao K., Li Zh., Cao S., Biesiada M., Zheng X., Zhu Z.-H., *Astrophys. J* **822**, 74 (2016).

[9] Cao S., Li X., Biesiada M., Xu T., Cai Y., Zhu Z.-H., *Astrophys. J* **835**, 92 (2017).

[10] Biesiada M., Piórkowska A., *Mon. Not. Royal Astron. Soc.* **396**, 946-950 (2009).

[11] Fan X., Liao K., Biesiada M., Piórkowska-Kurpas A., Zhu Z.-H., *Phys. Rev. Lett.* **118**, 091102 (2017).



Varying speed of light signatures in cosmological data

Vincenzo Salzano

University of Szczecin

Varying constants theories have become well established alternative theories of gravity. In this talk we will focus on the Varying speed of light (VSL) theories, which have been long analyzed and debated in the last years, with multiple theoretical approaches but very few applications to observational data. We will discuss a method we have developed to measure the speed of light at cosmological scales and at different epochs (redshifts), using data from galaxy surveys (BAO and cosmic chronometers). Given the way it is built up, this method can unequivocally confirm or reject VSL theories and/or the constancy of the speed of light on cosmological scales.



Cosmological backreaction conjecture: recent developments and future prospects

Jan J. Ostrowski

Centre de Recherche Astrophysique de Lyon

Inhomogeneous, relativistic cosmology has recently observed a rise in popularity among the scientific community. In particular, the scalar averaging approach has been intensively examined both analytically and numerically, giving some new insights into the problem of cosmological backreaction i.e. the conjectured influence of small scale density inhomogeneities on the large scale evolution of the Universe. In my talk, I will summarise these recent efforts including the Green and Wald theorem and several results from N-body simulations, and present future prospects of cosmological backreaction investigations.



The problem of time or the aspect of time?

Artur Miroszewski

Narodowe Centrum Badan Jądrowych

During the talk I will introduce the problem of time and the notion of internal clock. By extending the standard canonical symmetry of the classical theory I will define pseudo-canonical transformations. With those transformations one can replace fixed external time by an arbitrary internal clock. I will arrive to the mathematically rigorous classical theory with no fixed external time and quantize it with the general map. After the quantization I will present an internal clock formulation of quantum mechanics and trace out some of the implications of this formulation.

**wtorek 12.09.2017, sala F****optyka i fotonika III**Wacław Urbańczyk
Politechnika Wrocławska

15:00	15:35	0:35	Michał Nikodem Wrocławskie Centrum Badań EIT+	Spektroskopia laserowa w podczerwieni i jej zastosowania do detekcji śladowych stężeń gazów
15:35	15:55	0:20	Rafał Kasztelan Instytut Technologii Mat. Elektronicznych	Macierz nanostrukturalnych gradientowych elementów optycznych: podstawy i zastosowania
15:55	16:15	0:20	Sławomir Drobczyński Politechnika Wrocławska	Wielofunkcyjny manipulator optyczny
16:15	16:35	0:20	Ewa Chrzymnicka Politechnika Poznańska	Własności orientacyjne oraz organizacja molekularna w cienkich warstwach ciekłych kryształów z atomami fluoru

fizyka jądrowa IMarek Pfützner
Uniwersytet Warszawski

16:55	17:30	0:35	Paweł Olko Instytut Fizyki Jądrowej PAN	Wykorzystanie metod fizyki jądrowej w radioterapii nowotworów skanującymi wiązkami protonowymi
17:30	17:50	0:20	Renata Mikołajczak Narodowe Centrum Badań Jądrowych	Radiofarmaceutyki, zastosowanie izotopów promieniotwórczych w medycynie
17:50	18:10	0:20	Magdalena Kowalska CERN	Beta-detected NMR: ultrasensitive approach using radioactive nuclei, from nuclear physics towards biology
18:10	18:30	0:20	Przemysław Adrich Narodowe Centrum Badań Jądrowych	Zastosowania i rola fizyki subatomowej oraz jej narzędzi badawczych w projektowaniu nowoczesnych akceleratorów elektronów

Sesja optyka i fotonika III jest sponsorowana przez**Canon**

CANON OPHTHALMIC TECHNOLOGIES Sp. z o.o.

Spektroskopia laserowa w podczerwieni i jej zastosowania do detekcji śladowych stężeń gazów

Michał Nikodem

Wrocławskie Centrum Badań EIT+

Spektroskopia laserowa to niezwykle użyteczne narzędzie umożliwiające identyfikację oraz precyzyjny pomiar stężenia związków chemicznych, w szczególności w fazie lotnej. W odróżnieniu od urządzeń, które wymagają pomieszczeń laboratoryjnych (np. spektrometrii mas czy chromatografii gazowej) systemy detekcyjne oparte o źródła laserowe z powodzeniem mogą być dostosowane do pracy w warunkach poza laboratoryjnych. Najczęstsze ich zastosowania to pomiary emisji gazów i zanieczyszczeń, kontrola procesów przemysłowych czy pomiary składu wydychanego powietrza dla celów diagnostyki medycznej. W szczególności spektroskopia w podczerwieni (długości fali od 1 do kilkunastu μm) jest idealnym narzędziem, gdy konieczne jest połączenie dużej czułości z selektywnością pomiaru. Wynika to z obecności w tym zakresie stosunkowo silnych i jednocześnie spektralnie wąskich rezonansów związanych z rotacyjno-wibracyjnymi wzbudzeniami większości molekuł.

W prezentacji przedstawione będą metody laserowej detekcji gazów bazujące na pomiarze zarówno pochłaniania (absorpcji) światła, jak i dyspersji współczynnika załamania w pobliżu linii absorpcyjnych. Podstawy fizyczne oraz wady i zalety obu rozwiązań zostaną przedstawione w perspektywie ich praktycznych zastosowań. Zaprezentowane będzie wykorzystanie spektroskopii dyspersyjnej w detekcji zdalnej, z diodą laserową pracującą w bliskiej podczerwieni (do pomiaru stężenia metanu [1]) oraz z kwantowym laserem kaskadowym emitującym w średniej podczerwieni (do pomiaru stężenia podtlenku azotu [2]). Drugim zaprezentowanym układem będzie system pozwalający na detekcję kilku związków (metanu, dwutlenku węgla, siarkowodoru oraz amoniaku) z wykorzystaniem technik absorpcyjnych oraz komórki odbić wielokrotnych.

- [1] M. Nikodem, G. Plant, D. Sonnenfroh, G. Wysocki, Open-path Sensor for Atmospheric Methane Based on Chirped Laser Dispersion Spectroscopy, *Applied Physics B* **119**, 3-9 (2014).
[2] M. Nikodem and G. Wysocki, Chirped laser dispersion spectroscopy for remote open-path trace-gas sensing, *Sensors* **12**, 16466-16481 (2012).

Macierz nanostrukturalnych gradientowych elementów optycznych: podstawy i zastosowania

Rafał Kasztelaniec¹, Adam Filipkowski¹, Dariusz Pysz¹, Ryszard Buczyński^{1,2}

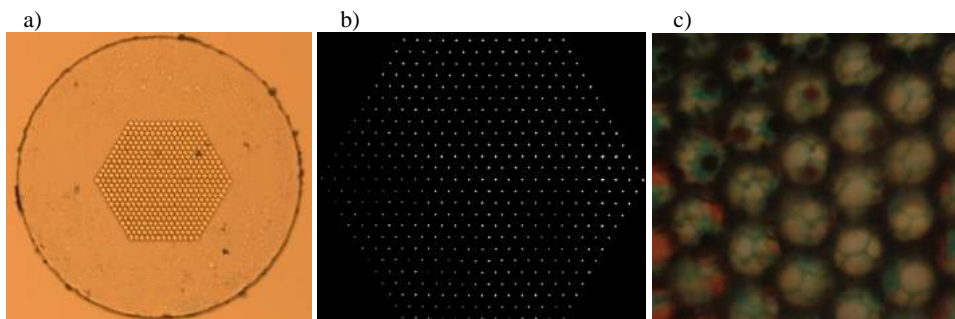
¹ Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

² Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa

Tematem wystąpienia są gradientowe elementy mikrooptyczne wytworzone przy wykorzystaniu zmodyfikowanej metody stosowanej zwykle do produkcji światłowodów fotonicznych. Metoda ta pozwala na wytworzenie elementów mikrooptycznych o dowolnym rozkładzie współczynnika załamania światła.

Elementy optyczne o zmiennym współczynniku załamania światła (GRIN – Graded Index) powszechnie występują w przyrodzie, jednak w klasycznej optyce wykorzystywane są rzadko. Główną przyczyną jest koszt takich elementów oraz ograniczenie zmian współczynnika załamania światła tylko do elementów o symetrii kołowej, głównie ze względu na metodę produkcji. U podstaw fizycznych możliwości projektowania takich elementów optycznych leży teoria efektywnego współczynnika załamania światła, która pozwala na zamianę ciągłego rozkładu współczynnika załamania światła na jego dyskretną formę. W naszym wystąpieniu proponujemy nową metodę produkcji pozwalającą na dowolne kształtowanie rozkładu współczynnika załamania światła. Zademonstrujemy to na przykładzie elementów o symetrii kołowej, jakimi są soczewka i axicon oraz na przykładzie elementu bez takiej symetrii, jakim jest element generujący vortex optyczny.

Możliwość wytwarzania pojedynczych mikroelementów typu GRIN a w szczególności możliwość ich łączenia w większe struktury, takie jak macierze elementów, pozwala na ich nowatorskie wykorzystania w rzeczywistych układach optycznych. W przypadku macierzy mikrosoczewek możliwa jest np. budowa detektora Shacka-Hartmanna o rozdzielczości 5 razy większej niż dostępnych obecnie układów. Możliwe jest również wykorzystanie takiej macierzy do prostej modyfikacji standardowego mikroskopu aby uzyskać kamerę pola optycznego, która pozwala na częściową rekonstrukcję badanego obiektu w 3 wymiarach na podstawie pojedynczego zdjęcia. Oba te zastosowania zostały zrealizowane w układach eksperymentalnych, których wyniki działania zaprezentujemy.



Rysunek 1. Macierz mikrosoczewek a), detektora Shacka-Hartmanna b), kamery pola optycznego c).

1. R. Kasztelaniec, A. Filipkowski, D. Pysz, R. Stepien, A.J. Waddie, M.R. Taghizadeh, R. Buczyński, *Opt. Express* **25**(3), 1680 (2017).
2. A. Filipkowski, B. Piechal, D. Pysz, R. Stepien, A. Waddie, M.R. Taghizadeh, R. Buczyński, *Opt. Lett.* **40**(22), 5200 (2015).
3. J. Nowosielski, R. Buczyński, A.J. Waddie, A. Filipkowski, D. Pysz, A. McCarthy, R. Stepien, M.R. Taghizadeh, *Opt. Express* **20**(11), 11767 (2012).

Wielofunkcyjny manipulator optyczny

Sławomir Drobczyński

Katedra Optyki i Fotoniki, Politechnika Wroclawska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370

Eksperyment przeprowadzony przez Artura Ashkina w 1970 roku w Bell Laboratories wykazał możliwość stabilnego chwytu mikroobektów za pomocą wiązki laserowej i w zasadzie dał początek technice manipulatorów optycznych [1]. Pułapkowanie optyczne wynika z działania niewielkich sił związanych z gradientem pola elektrycznego działających na dielektryczne mikrocząstki znajdujące się w skupionej wiązce laserowej. Wkrótce okazało się, że technologia pułapkowania optycznego pozwala na prowadzenie nieosiągalnych dotąd badań w mikroskali. Możliwość nieinwazyjnego i sterylne go chwytu mikroobektów, np. komórek lub biomolekuł, znalazła szczególne zastosowania w biologii i medycynie [2]. Wykorzystywanie manipulatora optycznego do coraz to nowych zastosowań wymuszało jednak zwiększanie funkcjonalności układu poprzez dodawanie nowych modułów lub technik, np. obrazowanie w trybie fluorescencji, tor spektroskopowy, komora hipoksji itp.

Prezentowany wielofunkcyjny układ manipulatora optycznego charakteryzuje się możliwością równoczesnej generacji pułapek o różnej długości fali oraz dwoma sposobami kierowania wiązki laserowej w zależności od wymagań co do pożądanej mocy pułapki. Metoda holograficzna wykorzystana jest do równoczesnego kierowania wieloma wiązkami laserowymi o różnych długościach fali. Mogą one w selektywny sposób inicjować procesy fotochemiczne (np. fotodynamiczne generowanie wolnych rodników) i fotofizyczne (np. fotoluminescencja). Z kolei metoda kierowania wiązki laserowej dużej mocy za pomocą galwano-zwierciadła umożliwia łapanie i manipulowanie relatywnie dużymi obiektami. Wraz ze wzrostem energii wiązki laserowej wzrasta siła chwytu pułapki optycznej. Silne pułapki pozwalają na przemieszczanie komórek, zespołów komórek oraz badanie interakcji między nimi (np. sił adhezji międzykomórkowych).

[1] A. Ashkin, Phys. Rev. Lett. **24** (4) (1970) 156,

[2] Light forces the pace: optical manipulation for biophotonics, Stevenson DJ, Gunn-Moore F, Dholakia K., J Biomed Opt. 2010 Jul-Aug;15(4):041503. doi: 10.1117/1.3475958

Własności orientacyjne oraz organizacja molekularna w cienkich warstwach ciekłych kryształów z atomami fluoru

E. Chrzumnicka, A.B. Nowicka, A. Modlińska

*Instytut Badań Materiałowych i Inżynierii Kwantowej, Wydział Fizyki Technicznej,
Politechnika Poznańska
ewa.chrzumnicka@put.poznan.pl*

Dynamiczny rozwój technologii komunikacyjnych i obrazowania informacji wymaga urządzeń o większej szybkości przekazu, odporności na czynniki zewnętrzne i mniejsze zużycie energii. Obserwowany postęp w dziedzinie wyświetlaczy ciekłokrystalicznych powoduje nieustająco duże zainteresowanie nowymi związkami mezogennymi. Najbardziej popularne wyświetlacze ciekłokrystaliczne TN (Twisted Nematic) wykorzystują związki o dodatniej anizotropii dielektrycznej. Ciekłe kryształy o ujemnej anizotropii dielektrycznej wykorzystywane są do budowy wyświetlaczy pracujących w modzie VA (Vertical Alignment mode). Właściwości optyczne i elektryczne wyświetlaczy ciekłokrystalicznych silnie zależą od orientacji molekularnej ciekłego kryształu, stąd dokładne określenie uporządkowania jest niezwykle ważne z punktu widzenia zastosowań. Informacje o dalekozasięgowym parametrze uporządkowania uzyskano na podstawie anizotropii absorpcji i emisji światła przez molekuly domieszki rozpuszczonej w ciekłym kryształcie (efekt „gościa-gospodarza”). Uporządkowanie zorientowanych mieszanin typu barwnik - ciekły kryształ porównano z wynikami otrzymanymi dla ciekłych kryształów bez domieszki niemezomorficznego gościa przy wykorzystaniu metody ramanowskiego rozpraszania światła.

Makroskopowa orientacja molekuł ciekłego kryształu w matrycy ciekłokrystalicznej zależy od właściwości fizycznych warstwy orientującej. Istotne jest zatem poznanie orientacji molekuł ciekłokrystalicznych w warstwie przypowierzchniowej. Jedną z technik, pozwalającą uzyskać cienkie warstwy orientujące, jest technika Langmuira-Blodgett (LB). Daje ona możliwość wytwarzania mono- oraz wielowarstw na granicy faz ciecz-gaz (warstwy Langmuira) oraz ciało stało-gaz (warstwy LB) o nanometrowej grubości, mniejszej od tej, jaką mają polimerowe warstwy orientujące stosowane w wyświetlaczach ciekłokrystalicznych. Przedmiotem badań są nowo zsyntezowane ciekłe kryształy charakteryzujące się podstawnikami fluorowymi w pozycji bocznej względem długiej osi molekuly.

Badania zostały wykonane w ramach projektu badawczego Politechniki Poznańskiej nr 06/65/DSPB/5171.

- [1] E. Chrzumnicka, A. Kobielski, M. Szybowicz and D. Bauman, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **541**, 1 (2011).
[2] A. Modlińska, D. Dardas, J. Jadżyn and D. Bauman, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **542**, 550 (2011).

Wykorzystanie metod fizyki jądrowej w radioterapii nowotworów skanującymi wiązkami protonowymi

Paweł Olko

Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków

Radioterapia jest jedną z najczęściej stosowanych i najskuteczniejszych metod leczenia guzów nowotworowych. W procesie napromieniania wybiera się rodzaj, kierunki i intensywność podania wiązek promieniowania jonizującego, aby zapewnić wymaganą dawkę w obszarze leczonym i zminimalizować dawki na zdrowe narządy i tkanki. Najlepsze rozkłady dawki można uzyskać z wykorzystaniem wiązki protonów, ponieważ wywołuje ona największą jonizację pod koniec swojego zasięgu w obszarze tzw. piku Bragga. Dlatego radioterapia protonowa, z wykorzystaniem wiązek przyspieszanych do energii 60 MeV-250 MeV, jest obecnie szczególnie mocno rozwijana na całym świecie.

Dotychczas w leczeniu nowotworów wiązka dla pacjenta była formowana poprzez mechaniczne rozpraszacze i kolimatory, co wymagało przygotowanie dla każdego pacjenta indywidualnych zestawów tych urządzeń. Przełomem w radioterapii protonowej było zastosowanie parę lat temu ołówkowych wiązek skanujących, w których wiązka o średnicy kilku milimetrów jest kierowana magnetycznie w różne obszary guza. Znakomicie polepsza to rozkład dawki i eliminuje potrzebę stosowania indywidualnych elementów formujących.

Zastosowanie wiązek skanujących stało się możliwe przy wykorzystaniu w praktyce technicznych i naukowych osiągnięć współczesnej fizyki jądrowej. Opracowano dedykowane cyklotrony wyposażone w tzw. selektory energii, umożliwiające szybkie obniżenie energii wiązki protonów do aktualnej głębokości napromieniania guza. Protony penetrujące tkankę produkują szereg reakcji jądrowych, w których powstają m.in. izotopy β^+ promieniotwórcze takie jak ^{11}C , ^{13}N czy ^{15}O . Obserwacja miejsca powstania tych izotopów z wykorzystaniem kamery PET pozwala na weryfikację poprawności podania dawki w stosunku do planu leczenia. Tego typu weryfikacja jest niemożliwa do przeprowadzenia dla konwencjonalnych wiązek stosowanych w radioterapii klasycznej. Inną możliwością potwierdzenia miejsca podania dawki jest obserwacja miejsca emisji natychmiastowych kwantów gamma, powstających w reakcjach jądrowych. Szereg detektorów i metod stosowanych w fizyce jądrowej, takich jak profilomierzy czy detektorów diamentowych mierzące czas przelotu protonów, pozwalają na weryfikację parametrów tej wiązki. Niezwykle ważną rolę w planowaniu oraz weryfikacji procesu leczenia pełnią stosowane w fizyce jądrowej kody Monte Carlo transportu promieniowania.

W Instytucie Fizyki Jądrowej PAN, Centrum Cyklotronowym Bronowice CCB w Krakowie zainstalowany jest cyklotron Proteus C-235 wraz z dwoma stanowiskami gantry z ołówkowa wiązką skanującą, będący jednym z kilku najbardziej nowoczesnych tego typu obiektów na świecie. Od listopada 2016 roku polscy pacjenci nowotworowi są napromieniani z wykorzystaniem ołówkowej wiązki skanującej. Jednocześnie naukowcy z Polski i współpracujących jednostek zagranicznych prowadzą badania nad dalszą poprawą skuteczności tego typu leczenia.



Radiofarmaceutyki, zastosowanie izotopów promieniotwórczych w medycynie

Renata Mikołajczak

Ośrodek Radioizotopów POLATOM, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Otwock

Preparaty radiofarmaceutyczne lub radiofarmaceutyki to leki, które wykorzystują radionuklidy (izotopy promieniotwórcze) do celów medycznych, natomiast dziedzina medycyny, która specjalizuje się w wykorzystywaniu tych leków, to medycyna nuklearna. Radiofarmaceutyki mogą być stosowane w diagnostyce jak i w terapii wielu schorzeń.

Źródłem promieniowania jonizującego są niestabilne izotopy pierwiastka (radionuklidy) występujące naturalnie lub wytworzone sztucznie. Charakteryzują się właściwym dla siebie okresem półtrwania ($T_{1/2}$), typem przemiany oraz energią emitowanego promieniowania. Za ich dostarczenie w odpowiedni obszar organizmu pacjenta odpowiada ligand (cząsteczka organiczna, nieorganiczna lub komórka), który jest nośnikiem radionuklidu tak dobranym, aby wprowadzić ten rdionuklid w specyficzny mechanizm biologiczny, dzięki temu umożliwiając zobrazowanie procesów metabolicznych i różnicowanie zmian zachodzących w ustroju lub też wywołanie efektu niszczenia patologicznie zmienionych komórek i tkanek, przy jednoczesnym niskim gromadzeniu w tkankach zdrowych.

Szeroka gama izotopów promieniotwórczych (emitery: gamma, beta+, beta-, Auger, alfa) otrzymywanych przez napromienianie w strumieniu neutronów w reaktorach jądrowych, takich jak reaktor Maria w Świerku, oraz protonów, deuteronów lub cząstek alfa w cyklotronach, pozwala na dobranie okresu półtrwania i energii emitowanej przez radioizotop a co za tym idzie, zasięgu tych cząstek w tkankach, do farmakokinetyki biologicznego nośnika oraz charakteru i rozległości choroby, uwzględniając indywidualną sytuację chorego.

W ostatnich latach na świecie i w Polsce prowadzi się intensywne badania nad wykorzystaniem znakowanych peptydów wykazujących powinowactwo do receptorów błonowych, występujących ze zwiększoną ekspresją na komórkach nowotworowych, zarówno do obrazowania jak i do leczenia przerzutów nowotworowych. Biokonjugaty działające na zasadzie rozpoznania molekularnego stanowią odpowiednie nośniki dla radionuklidów diagnostycznych, stosowanych do obrazowania molekularnego (^{99m}Tc , ^{68}Ga), jak i terapeutycznych (^{177}Lu , ^{90}Y) do wewnętrznej radioterapii receptorowej. Peptydy, wygenerowane w obliczeniach i symulacjach *in silico*, mogą też być wykorzystywane jako nośniki dla nanocząstek ułatwiając ich przenoszenie do żywych komórek, wzmacniając efekt transportu leku. Sondy wielofunkcyjne (multimodality probes) zwiększają skuteczność leku w wyniku współdziałania lub komplementarności efektów sond radioizotopowych, optycznych lub NMR, przyłączonych np. do sfunkcjonalizowanych nano-cząstek.

Postęp wiedzy w obszarze biologii molekularnej a także poszerzające się możliwości wytwarzania izotopów medycznych stanowią bazę do projektowania coraz bardziej selektywnych i skutecznych radiofarmaceutyków. Temu celowi ma też służyć powstające w NCBJ Centrum Projektowania i Syntezy Radiofarmaceutyków Ukierunkowanych Molekularnie, CERAD.

Beta-detected NMR: ultrasensitive approach using radioactive nuclei, from nuclear physics towards biology

Magdalena Kowalska

Experimental Physics (EP) Department, CERN, Geneva, Switzerland

In chemistry and biochemistry nuclear magnetic resonance (NMR) is currently the most versatile and powerful spectroscopic technique for characterization of molecular structure and dynamics in solution. However, one drawback of the method is its low sensitivity, leading to relatively large amounts of sample (mg or $\sim 10^{17}$ molecules), which poses constraints on the systems that may be explored. In addition, not all elements are easily accessible by NMR spectroscopy, as the most abundant isotopes display no or poor response.

Our CERN project aims at overcoming the limitations of conventional NMR by, for the first time, studying liquid samples with beta-detected NMR (or beta-NMR) [1], which has been successfully applied in nuclear and solid state physics. This technique, which relies on the anisotropic emission of beta-particles in the decay of spin-polarized nuclei, offers particular advantages over classical NMR. Most notably, it allows reaching the ultimate limit in sensitivity by detecting the beta particle emitted by each individual probe nucleus, and this – in principle – across the periodic table. In addition, the spins are hyperpolarized using lasers, which results in polarizations of 10-100%. The combination of these two features gives beta-NMR over 10 orders of magnitude more sensitivity than conventional NMR spectroscopy and makes it applicable to chemical elements which are otherwise difficult to interrogate spectroscopically. In this way, the method opens new avenues in nucleic acid research, as well as in the fields of electron transfer and catalysis conducted by metalloproteins. Future chemistry and material-science applications are equally broad. A very similar approach based on hyperpolarization with lasers and on detection of resonances using gamma-ray emission has been recently applied to the magnetic resonance imaging [2].

Our project is based at ISOLDE, CERN's facility for the production and research on radioactive nuclei. The goal is to use this novel approach to investigate the interaction of essential metal ions, which are otherwise difficult to address, such as Na(I), K(I), Mg(II), Cu(I), and Zn(II), with biological macromolecules. The experimental approach follows a successful proof-of-principle experiment [3]. In 2016 we designed, built, and commissioned the experimental setup [4] and in 2017 we envisage to perform the first liquid-NMR studies which concern the interaction of DNA G-quadruplex structures with Na(I) and K(I) ions that are crucial for the structures' formation, stability, and polymorphism.

In my talk I will explain the principles of beta-NMR and will compare it to conventional NMR, I will give an introduction to the CERN-ISOLDE facility, I will describe the experimental setup and the challenges when applying it to liquid samples, and I will cover the envisaged studies with different metal ions. I will close by a general outlook with possible future applications.

[1] W. D. Brewer, *Hyperfine Interact.* **12**, 173 (1982).

[2] Y. Zheng, G. W. Miller, W. A. Tobias, G. D. Cates, *Nature* **537**, 652 (2016).

[3] M. Kowalska *et al.*, *J. of Phys. G* **44**, 084005 (2017).

[4] A. Gottberg, M. Stachura, M. Kowalska *et al.*, *ChemPhysChem* **15** (18), 3929 (2014).

Zastosowania i rola fizyki subatomowej oraz jej narzędzi badawczych w projektowaniu nowoczesnych akceleratorów elektronów

Przemysław Adrich¹

¹Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Zakład Fizyki i Techniki Akceleracji Cząstek,
ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock-Świerk

Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku jest jedynym krajowym, i jednym z nielicznych na świecie, producentem liniowych akceleratorów elektronów. Obecnie w Świerku rozwijane są nowoczesne akceleratory elektronów do zastosowań medycznych, badawczych i przemysłowych. Przykładem najnowszych osiągnięć jest, opracowany od podstaw, prototyp pierwszego polskiego mobilnego akceleratora do radioterapii śródoperacyjnej [1, 2] (Rys. 1). Pod wieloma względami jest to urządzenie unikatowe w skali świata, optymalnie dopasowane do specyfiki radioterapii śródoperacyjnej, która polega na bezpośrednim napromienianiu wiązką elektronów łoży po operacyjnie usuniętym guzie nowotworowym.



Rysunek 1: Prototyp opracowanego w NCBJ mobilnego akceleratora do radioterapii śródoperacyjnej.

Projektowanie i produkcja tak innowacyjnych akceleratorów wymaga stosowania coraz bardziej zaawansowanych metod i technologii. W referacie chciałbym przybliżyć rolę współczesnej fizyki subatomowej i jej narzędzi badawczych (w szczególności symulacji Monte Carlo transportu promieniowania jonizującego w materii) w projektowaniu układów formowania wiązek elektronowych.

Układ formowania przekształca pierwotną, tzw. wąską wiązkę, przyspieszoną w akceleratorze, w wiązkę zdatną do zastosowań praktycznych. Choć zasada działania takiego układu jest bardzo prosta, to jednak znane metody projektowania w praktyce nie nadają się do projektowania układów formowania zdolnych sprostać współczesnym, bardzo wygórowanym wymaganiom i oczekiwaniom. Wynika to z uproszczeń i ograniczeń stosowanych modeli fizyki oddziaływania wiązki. Jak pokażę, dopiero

użycie na dużą skalę najnowocześniejszych narzędzi fizyki subatomowej (np. biblioteka Geant4) pozwoliło opracować nową, niezwykle skuteczną metodę projektowania [3, 4], jak również nowe rozwiązania niektórych kluczowych elementów układów formowania [5].

Nowa metoda, dzięki uwzględnieniu w sposób spójny wszystkich istotnych procesów fizycznych, usuwa ograniczenia metod wcześniejszych generacji. Dzięki temu, nie tylko umożliwia szybkie znalezienie optymalnego rozwiązania, ale co więcej, jest pierwszą metodą pozwalającą wykazać, że znalezione rozwiązanie jest istotnie najlepsze spośród wszystkich skądinąd możliwych.

Omawiane zagadnienia przedstawię w ujęciu przystępnym również dla niespecjalistów, ilustrując przykładami powstających w Świerku akceleratorów.

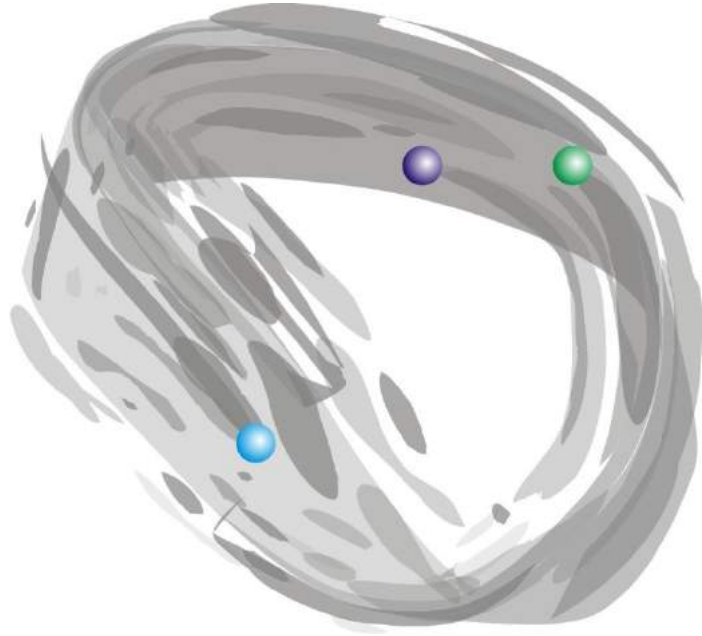
[1] P. Adrich et al., *Nukleonika* **61**, 3–9 (2016).

[2] www.ncbj.gov.pl/sites/default/files/folder-akcelerator_calosc_pl_druk_02.pdf

[3] P. Adrich, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **817**, 93–99 (2016).

[4] P. Adrich, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **817**, 100–108 (2016).

[5] P. Adrich, *Formowanie wiązek elektronowych*, Wydawnictwo NCBJ, ISBN 978-83-941410-5-9 (2017)



Sesja plakatowa



**Diffusion and Brownian motion:
On the possibility to control diffusion of small particles with laser radiation**

A. A. Afanas'ev¹, Yu. A. Kurochkin¹, S. Yu. Mikhnevich², D. V. Novitsky¹

¹*B. I. Stepanov Institute of Physics, National Academy of Sciences of Belarus,
Nezavisimosti Avenue 68, 220072 Minsk, Belarus*

²*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
P. Brovki street 6, 220013 Minsk, Belarus*

In this paper, we discuss several problems for the diffusion equation taking into account an external force (Smoluchowski equation). Using the fundamental solution of the free diffusion equation, the Smoluchowski equation is solved in the presence of the small gradient force induced by an interference field of two laser beams. The fundamental solution is obtained for the diffusion equation in the presence of a constant external force, which is a gradient of a linear potential; this equation describes the process of distribution over the whole volume of particles initially concentrated in a small spatial domain. We study kinetics of the concentration gratings of transparent microspheres in a liquid induced by the gradient force in the interference field of laser radiation.



Przekroje czynne jądro-jądro przy ultrawysokich energiach w świetle danych LHC i ich znaczenie dla fizyki promieniowania kosmicznego

Z. Plebaniak¹, T. Wibig^{1,2}

¹ Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Zakład Astrofizyki,
ul. 28 Pułku Strzelców Kaniowskich 69, 90-558 Łódź

² Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki,
ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź

Opublikowane ostatnio dane dotyczące elastycznych przekrojów czynnych proton-proton zmierzonych w akceleratorze LHC pozwoliły na dokonanie gładkiej parametryzacji przekrojów w obszarze od niskich energii ($\sqrt{s} \sim 10$ GeV) do najwyższych (~ 8 TeV) i uzyskać dość wiarygodne ekstrapolacje do najwyższych energii obserwowanych w promieniowaniu kosmicznym przez eksperymenty Pierre Auger Observatory i Telescope Array Project ($E_{\text{lab}} \sim 10^{20}$ eV). Parametryzacje te posłużyły do wyznaczenia przekrojów dla oddziaływać z jądrami atmosfery tak protonów, jak i cięższych jąder, jakie potencjalnie możemy znaleźć w promieniowaniu kosmicznym.

Znaczenie dokładnej znajomości przekrojów dla określania składu masowego, a co za tym idzie i pochodzenia promieniowania kosmicznego najwyższych energii stanowi podstawowy problem przy interpretacji danych eksperymentów kosmicznych najwyższych energii.



Finite-volume scaling of Polyakov loop susceptibilities

Pok Man Lo, Krzysztof Redlich, Chihiro Sasaki, Michał Szymanski*

Institute of Theoretical Physics, University of Wrocław
**michal.szymanski@ift.uni.wroc.pl*

We study susceptibilities of real and imaginary parts as well as modulus of the Polyakov loop in an effective model of gluons and quarks. In pure SU(3) gauge theory, the ratios of these susceptibilities exhibit a clear discontinuity at the deconfinement temperature and depend weakly on the lattice size, which suggests these quantities as an excellent probe of deconfinement [1]. The ratios calculated in 2+1 QCD become smoothed and show also a strong lattice size dependence [2].

We propose a schematic model of the Polyakov loop and the quark, and show that the model captures these trends in lattice QCD data. We also discuss scaling properties of the susceptibilities.

[1] P. M. Lo, B. Friman, O. Kaczmarek, K. Redlich, C. Sasaki, Phys. Rev. D **88**, 014506 (2013)

[2] A. Bazavov, N. Brambilla, H.-T. Ding, P. Petreczky, H.-P. Schadler, A. Vairo, J. H. Weber, Phys. Rev. D **93** 114502 (2016)



Modelowanie procesów produkcji cząstek w strunowych modelach zderzeń relatywistycznych jąder atomowych

Tomasz Berliński*

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

Według teorii Wielkiego Wybuchu materia na samym początku istnienia Wszechświata znajdowała się w stanie tzw. plazmy kwarkowo - gluonowej. Jest to stan, w którym podstawowe składniki materii, z których zbudowane są nukleony - kwarki i gluony - nie są w nich związane, ale mogą się swobodnie poruszać. Do dziś stan ten nie jest dokładnie znany i dlatego wciąż trwają jego badania. Prowadzone są eksperymenty polegające na zderzaniu ze sobą jąder atomowych przy bardzo wysokich energiach. Podczas takich zderzeń (tj. przy energiach rzędu TeV/nukleon) kwarki i gluony mogą tworzyć wspomnianą plazmę. Oprócz eksperymentów szeroko prowadzone są też symulacje komputerowe takich zderzeń.

Celem pracy było przeprowadzenie symulacji zderzeń relatywistycznych jąder atomowych za pomocą programu komputerowego odwzorowującego zderzenia wg strunowego modelu o nazwie Heavy Ion Jet Interaction Generator (HIJING). Model ten zakłada, że rezultatem oddziaływania nukleonów w zderzeniach są podłużnie zorientowane obiekty zwane strunami czyli obiekty kwark – antykwark lub kwark – dikwark. Energie powstałych strun rosną wraz z odległością pomiędzy połączonymi kwarkami i gdy osiągną dostatecznie dużą wartość, to struny pękają tworząc mniejsze struny lub cząstki, które mogą być zarejestrowane [1].

Program HIJIG, używający metody Monte-Carlo, na podstawie danych wejściowych takich, jak: rodzaj zderzających się jąder, energia zderzenia w układzie środka masy, liczba nukleonów biorących udział w zderzeniu i liczba zderzeń, generuje jako wynik rozmaite obserwabla czyli wielkości fizyczne, których wartości mogą być wyznaczone w eksperymencie. Należą do nich między innymi: liczba (krotność) wygenerowanych w zderzeniu cząstek naładowanych elektrycznie oraz krotność cząstek z dodatnią popiesznością (która jest funkcją energii wyprodukowanej cząstki i składowej jej pędu, równoległej do kierunku wiązki).

W przedstawianej pracy zaprezentowano wyniki symulacji produkcji cząstek w następujących symetrycznych zderzeniach relatywistycznych jąder atomowych: wodór – wodór (czyli proton – proton), węgiel – węgiel, krzem – krzem, złoto - złoto, ołów – ołów. Symulacje zostały przeprowadzone dla energii 17.3, 200, 2000 i 7000 GeV/n w układzie środka masy zderzających się jąder. Otrzymane wyniki wyraźnie wskazują na fakt, że im większa liczba nukleonów biorących udział w zderzeniu i im wyższa energia zderzenia, tym większa jest liczba wyprodukowanych cząstek.

* autor należy do Studenckich Kół Naukowych Fizyków: KWANT i Neutrino w Instytucie Fizyki UJK

[1] K. Grebieszko, *Fizyka zderzeń ciężkich jonów*, wykłady: Pracownia Reakcji Ciężkich Jonów, Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej.

Próba pomiarów lokalnego tunelu czasoprzestrzennego

Viktor Krasnobryzhev, Piotr Medoń

Międzynarodowa Akadademia Bioenergotechniczna

Idea niniejszej pracy jest oparta jest na pracy: Maldacena J i Susskind L [1], Jensen K i Karch A [2], którzy twierdzą iż jeśli mamy dwa splecione obiekty, to między nimi istnieje możliwość powstania tunelu czasoprzestrzennego.

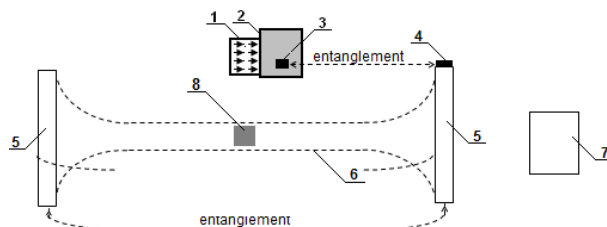
Sposób pomiaru:

1. Splecanie pomiędzy obiektami przeprowadzono zgodnie ze sposobem, który jest opisany w patencie nr. 207357 RP od 31.12.2010 WUP 12/10 (73). 2. W trakcie eksperymentu mierzono następujące parametry:

2.1. Zmiany oddziaływania spin-spin, T_2 .

2.2. Zmiany w oddziaływaniu spin-siatka, T_1 .

3. Pomiar przeprowadzono na NMR Pulse Spectrometer PS 15 produkcji TEL-Atomic Incorporated.



Rysunek 1. Schemat do pomiaru lokalnego tunelu czasoprzestrzennego. 1 - generator stanów spinowych (GSS), 2 - rezonator, 3 - chip-translator, 4 - chip-induktor, 5 - splecana para makroskopowa, 6 - lokalny tunel czasoprzestrzennego, 7 - NMR-spektrometr, 8 – próbka.

Zasada działania Systemu:

W rezonatorze 2 umieszcza się woda i chip-translator 3. Do splecanej pary makroskopowej 5 przymocowany jest chip-induktor 4. Pomiedzy spletaną parą umieszcza się kuweta z wodą. Masa wody 30 g, masa całkowita 80 g. Po włączeniu generatora stanów spinowych (GSS) odbywa się spinowe nasycenie wody w rezonatorze. Jednocześnie powstaje spinowe nasycenie w układzie chip-translator – chip-induktor – splecana parę i tworzy się czasoprzestrzenny tunel.

Tabela. Zmiana czasu oddziaływania spin-siatki T_1 i spin-spin T_2

Rodzaj wody	Измеряемый параметр					
	T_1 , ms	zmiana	Współczynnik korelacji	T_2 , ms	zmiana	Współczynnik Korelacji
Woda w stanie równowagi	2798		0,99998168	1431		0,99986788
Woda z tunelu czasoprzestrzennego	2679	-119 ms	0,99996305	1381	-50 ms	0,9998638
Woda z tunelu czasoprzestrzennego	2714	-84 ms	0,99996413	1356	-85 ms	0,99986496
Woda po 30 god. wyciągnięcia z tunelu czasoprzestrzennego	2778	-20 ms	0,99995057			

[1] Maldacena, J., Susskind, L (2013). Cool horizons for entangled black holes. Fortschritte der Physik. 61: 781–811.

[2] Jensen K1, Karch A. Holographic dual of an Einstein-Podolsky-Rosen pair has a wormhole. Phys. Rev. Lett. 111, 211602 – Published 20 November 2013.

Efekty kwantowe wyższych rzędów w rozpadach bozonu Z

Krzysztof Grzanka

Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice

Rozpady bozonu Z były kluczem do sukcesu eksperymentu LEP. W zderzeniach e^+e^- przy energii w układzie środka masy odpowiadającej jego masie (ok. 91 GeV), produkowana była ogromna ilość tych cząstek ($\sim 10^6$). Statystyka ta pozwoliła na dokładne pomiary produktów rozpadu tej cząstki oraz parametrów Modelu Standardowego (SM). Dokładność eksperymentu była tak duża, że nieodzowne było uwzględnienie poprawek kwantowych, potwierdzając w ten sposób podstawowe założenia SM w ramach kwantowej teorii pola. Obecnie jesteśmy w erze zderzacza LHC, w którym odkryto w 2012 roku bozon Higgsa i potwierdzono hipotezę spontanicznego łamania symetrii. Jednakże akceleratory hadronowe nie są z natury rzeczy tak dokładne jak akceleratory leptonowe, dlatego istnieje wiele międzynarodowych kolaboracji pracujących poważnie nad przygotowaniem przyszłych akceleratorów leptonowych. Jednym z takim projektów jest FCC (Future Circular Collider) [1], którego budowa jest rozpatrywana w okolicach CERN-u. Ma to być akcelerator kołowy (o obwodzie 100 km), który pracując przy energii rezonansu Z , będzie mógł wyprodukować $\sim 10^{12}$ bozonów Z . Tak ogromna statystyka jest możliwa, ponieważ przewidywana częstość zderzeń (tzw. świetność) będzie $\sim 10^5$ razy większa w porównaniu z akceleratorem LEP! To oznacza mniejsze błędy eksperymentalne pomiarów związanych z obserwacjami elektroslabymi (np. szerokością połówkową rozpadu bozonu Z) o czynnik 20-100. Błędy takie są o czynnik 10-30 mniejsze od obecnych błędów teoretycznych, stąd konieczność obliczeń 3-pętlowych poprawek elektroslabych i silnych do rozpadu Z w rezonansie. Poster przedstawia złożoność problemu i pierwsze wstępne analizy bazujące na wygenerowanych amplitudach i porównaniach z przypadkami jedno- i dwu-pętlowymi. Obliczenia poprawek 3-pętlowych będą bazować na numerycznym podejściu do całek Feynmana w reprezentacji Mellin-Barnesa, który z powodzeniem został zastosowany do obliczeń najtrudniejszych diagramów dwupętlowych w rozpadzie bozonu Z [2, 3].

[1] Future Circular Collider, <https://fcc.web.cern.ch>.

[2] I. Dubovyk, A. Freitas, J. Gluza, T. Riemann, J. Usovitsch, Phys. Lett. B762 (2016) 184.

[3] I. Dubovyk, J. Gluza, T. Jelinski, T. Riemann, and J. Usovitsch, New prospects for the numerical calculation of Mellin-Barnes integrals in Minkowskian kinematics, arXiv:1704.0228.

Mechanizm seesaw typu I i analiza macierzowa

Wojciech Flieger

Institute of Physics, University of Silesia, Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, Poland

Mechanizm huśtawki (ang. seesaw) w interesujący sposób tłumaczy niewielką masę jaką posiadają neutrina [1, 2]. W tym modelu neutrina są cząstkami Majorany, a w jego klasycznej odmianie mała masa neutrin jest wynikiem istnienia dodatkowych, bardzo ciężkich prawoskrętnych neutrin. Masa tych nowych cząstek jest z założenia dużo większa niż skala oddziaływań elektroslabych. Omówiony zostanie sposób parametryzacji macierzy mieszania w modelu seesaw typu I, który pozwala uzyskać blokowo-diagonalną postać macierzy masowej, co w rezultacie doprowadza nas do znanych wzorów na sektory masowe lekkich i ciężkich neutrin. Parametryzacji takiej można dokonać na dwa sposoby, a jeden z nich - bazujący na unitarnej dylatacji zaproponowanej przez Paula Halmosa - pozwala na dyskusję dalszych poprawek dla sektorów masowych. Na posterze przedstawione zostanie również zastosowanie metod analizy macierzowej [3] do modelu seesaw typu I. Podejście to owocuje dwoma rezultatami. Pierwszy z nich pokazuje, że w mechanizmie seesaw typu I dopuszczalne są wyłącznie 3 lekkie neutrina. Rezultat ten stanowi uogólnienie wyników przedstawionych w [4]. Pokazujemy jak oszacować masy ciężkich neutrin wykorzystując wartości własne podmacierzy MR występującej w członie masowym Majorany dla neutrin prawoskrętnych. Drugi rezultat jest następstwem pierwszego i daje nam pogląd na hierarchię wielkości poszczególnych bloków w macierzy mieszania [5]. Perspektywy wykorzystania metod analizy macierzowej są bardzo obiecujące. Omówione metody teorii macierzy w przyszłości mogą stać się narzędziem pozwalającym na rozwiązywanie problemów nie tylko w fizyce neutrin, ale także w innych działach fizyki teoretycznej.

- [1] P. Minkowski, $\mu \rightarrow e\gamma$ at a Rate of One Out of 10^9 Muon Decays? *Phys. Lett.*, B67:421-428 (1977).
- [2] G. Senjanovic, Neutrino mass: From LHC to grand unification, *Riv. Nuovo Cim.*, 34:1-68 (2011).
- [3] R. A. Horn and C. R. Johnson, Matrix analysis. (Cambridge University Press, 1990).
- [4] M. Czakon, J. Gluza and M. Zralek, Seesaw mechanism and four light neutrino states, *Phys. Rev.*, D64:117304 (2001).
- [5] K. Bielas, W. Flieger, J. Gluza, M. Gluza, in preparation.



Transport coefficients of quark-gluon plasma within the quasiparticle model

Valeriya Mykhaylova

Institute of Theoretical Physics, University of Wrocław

The analysis of experimental data obtained in heavy ion collisions at RHIC and LHC showed that the evolution of the QGP is well described by nearly ideal hydrodynamics [1]. Nevertheless, we deal with the relativistic viscous hydrodynamics, which is characterized by the transport coefficients, for example, the shear η and bulk ζ viscosities. Those are the parameters that quantify dissipative processes in the hydrodynamic evolution of a fluid. Their values and properties not only carry information on how far the system appears from an ideal hydrodynamics but also provide a relevant insight into the fluid dynamics and its critical phenomena [2].

To obtain the transport coefficients of QGP, I consider the quasiparticle model, in which masses of quarks and gluons depend on temperature. In comparison with some effective models of QCD, the quasiparticle model includes the quark-gluon and gluon-gluon interactions, such as Compton or Coulomb scattering. These processes should be taken into account because they are responsible for the collisional energy loss which would influence the values of η and ζ [3]. It is important to provide reliable values of transport coefficients in understanding the dynamics of the QGP and its expansion, before the hadronization sets in.

- [1] C. Sasaki, K. Redlich, Nucl. Phys. A **832**, 62-75 (2010).
- [2] C. Sasaki, K. Redlich, Phys. Rev. C **79**, 055207 (2009).
- [3] R. D. Pisarski, V. V. Skokov, Phys. Lett. B **730**, 236-242 (2014).

Vector interaction enhanced quark matter bag model

Mateusz Cierniak¹, Thomas Klähn¹, Tobias Fischer¹, Matthias Hempel²

¹*Institute of Theoretical Physics, University of Wrocław, Pl. M. Borna 9,
50-204 Wrocław, Poland*

²*Department of Physics, University of Basel, Klingelbergstrasse 82,
4056 Basel, Switzerland*

In order to study quark matter in astrophysics, the thermodynamic bag model (tdBAG) has been widely used [1]. This model was designed to mimic quark confinement, but it neglects other important properties of Quantum Chromodynamics (QCD). The vector enhanced bag model (vBAG) extends tdBAG by taking into account the effects of dynamical chiral symmetry breaking ($D\chi$ SB) and repulsive vector interactions. The latter is of particular importance to studies of dense matter in β -equilibrium in order to explain the $2M_{\odot}$ maximum mass constraint for neutron stars [2, 3].

The model can be derived from the QCD based framework of Dyson–Schwinger equations by assuming a simple quark-quark contact interaction [4]. An important feature of this model is the treatment of $D\chi$ SB and confinement as simultaneously occurring phenomena. The latter links vBAG to the given hadronic equation of state for the construction of the phase transition. Extensions of the model to arbitrary temperatures and isospin asymmetries have been performed in [5, 6, 7] and this work will focus on the resulting phase diagram and neutron star equations of state.

- [1] E. Farhi, R. Jaffe, *Phys. Rev. D* **30**, 2379 (1984).
- [2] P. B. Demorest, T. Pennucci, et al., *Nature* **467**, 1081 (2010).
- [3] J. Antoniadis, P. C. C. Freire, N. Wex, et al., *Science* **340**, 448 (2013).
- [4] T. Klähn, T. Fischer, *Astrophys. J.* **810**, 134 (2015).
- [5] T. Klähn, T. Fischer, M. Hempel, *Eur.Phys.J.* **A52**, 225 (2016).
- [6] T. Klähn, T. Fischer, M. Hempel, *Astrophys.J.* **836**, 89 (2017).
- [7] T. Klähn, T. Fischer, M. Cierniak, M. Hempel, *J.Phys.Conf.Ser.* **861**, 012026 (2017).



Pomiar mezonów D^0 przez eksperyment NA61/SHINE

A. Snoch

Goethe-University Frankfurt

NA61/SHINE [1] jest eksperymentem z zakresu fizyki wysokich energii zlokalizowanym przy akceleratorze SPS (Super Proton Synchrotron) w CERNie. Głównym celem eksperymentu jest badanie diagramu fazowego materii silnie oddziałującej, ale poświęcony jest on również innym zagadnieniom: pomiarom dla fizyki neutrin oraz promieniowania kosmicznego. Ostatnio badanie własności materii silnie oddziałującej zostały rozszerzone o pomiary cząstek zawierających kwark powabny: mezonów D^0 [2]. Są one szczególnie interesujące, gdyż w kwestii mechanizmu jego produkcji trwa gorąca dyskusja pomiędzy zwolennikami modeli statystycznych i pQCD [3]. Ponadto po raz pierwszy pomiary te zostaną przeprowadzone w zderzeniach ciężkich jąder w zakresie energii CERN SPS.

Ze względu na krótki czas życia mezonów D^0 konieczny jest bardzo precyzyjny pomiar śladów cząstek w pobliżu punktu reakcji. W tym celu został skonstruowany detektor wierzchołka SAVD (Small Acceptance Vertex Detector), przy pomocy którego w grudniu 2016 roku zostały zebrane dane ze zderzeń ołów-ołów o pędzie wiązki 150A GeV/c. W prezentacji przedstawię motywacje fizyczne, przegląd istniejących pomiarów oraz wyniki eksperymentu NA61/SHINE: wstępne wyniki analizy pierwszych zebranych danych oraz plany rozbudowy detektora i kolejnych pomiarów.

[1] N. Abgrall et al., JINST **9** (2014).

[2] A. Aduszkiewicz et al., SPSC-P-330-ADD-8 (2015).

[3] H. Satz, Adv. High Energy Phys. 2013 (2013) 242918.

Comparison of preliminary beam dynamic calculations between different codes for SRF-L accelerator in the Early Neutron Source project

W. Grabowski, K. Kosiński, M. Staszczak, A. Wysocka-Rabin

NCBJ, Otwock-Świerk, Poland

The Early Neutron Source project is part of the IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility) project of Bilateral Agreement between EU and Japan.

DONES (DEMO Oriented Neutron Source) system is designed to provide an accelerator-based D-Li neutron source that produces high energy neutrons at sufficient intensity to simulate the first wall neutron spectrum of future nuclear fusion reactors. The DONES plant will produce a 125 mA deuteron beam, which can be accelerated up to 40 MeV and shaped to have a nominal cross section of 100 mm x 50 mm, impinging on a liquid lithium curtain. The stripping reactions generate a large number of neutrons that interact with material samples located behind the lithium target.

The DONES Accelerator System includes an injector, a Low Energy Beam Transport (LEBT) section, a Radio Frequency Quadrupole (RFQ) accelerator, a Medium Energy Beam Transport (MEBT) section, a Superconducting Radio Frequency Linear Accelerator (SRF-L) and a High Energy Beam Transport Line (HEBT).

The aim of this work was to compare results of beam dynamic calculations performed for the SRF-L accelerator using two calculation codes: TraceWin and GPT (General Particle Tracer). The calculations results of beam energy losses, statistical parameters of the beam and beam density in analyzed phase spaces from both codes were compared. Comparison was done for the optimized beam with 40,19 MeV of deuteron energy and 8,36 W/m peak energy loss. The received results show that it is possible to use GPT code for independent optimization of RF field phases in SRF-L accelerator and thus may be used to verify optimization received with TraceWin code. In the next step we will estimate the precision given by GPT code and we will choose the best algorithm for this type of calculations.



Oscylacje neutrin i detekcja ciężkich cząstek skalarnych w akceleratorach wysokich energii

Joydeep Chakraborty¹, Dipankar Das², Janusz Gluza³,
Magdalena Kordiaczyńska², Tripurari Srivastava¹

¹*Department of Physics, Indian Institute of Technology, Kanpur, India*

²*Department of Physics, University of Calcutta, Kolkata, India*

³*Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, Katowice*

Odkrycie oscylacji neutrin potwierdziło, że neutrina są cząstkami obdarzonymi masą. Istnieje kilka sposobów na rozszerzenie Modelu Standardowego, by wprowadzić masy neutrin, takie jak mechanizm see-saw pierwszego, drugiego i trzeciego rodzaju. W pierwszym i trzecim przypadku dodajemy do teorii odpowiednio singlety lub triplet fermionowy. W drugim przypadku dodatkowym elementem jest triplet pól skalarnych. Takie rozszerzenie Modelu Standardowego będzie pociągało za sobą istnienie kolejnych cząstek skalarnych, oprócz odkrytego w 2012 bozonu Higgsa.

Triplet pól skalarnych występują między innymi w modelach o symetrii lewo-prawej [1]. Tutaj zajmiemy się cząstkami skalarnymi w kontekście mechanizmu see-saw typu II [2]. W obu tych modelach pojawiają się dodatkowe, neutralne, pojedynczo i podwójnie naładowane cząstki skalarne. Mogą one pośredniczyć w procesach łamiących liczbę leptonową, zatem rozważając produkcję i rozpady tych cząstek w akceleratorach wysokich energii, należy wciąć pod uwagę również ograniczenia niskoenergetyczne [3][4]. Z drugiej strony, ich oddziaływanie jest zależne od parametrów mieszania [5], mas neutrin oraz ich hierarchii. Uwzględniając dotychczasowe dane eksperymentalne, przeanalizowane będą możliwe sygnały z udziałem ciężkich cząstek skalarnych w akceleratorach.

[1] G. Bambhaniya, J. Chakraborty, J. Gluza, T. Jelinski, M. Kordiaczyńska, Phys. Rev. **D90**, 9, 095003 (2014)

[2] M. Magg and C. Wetterich, Phys. Lett. **B94**, 61 (1980).

[3] J. Chakraborty, P. Ghosh, S. Mondal and T. Srivastava, Phys. Rev. **D93**, 115004 (2016).

[4] J. Gluza, T. Jelinski, R. Szafron, Phys. Rev. **D93**, 113017 (2016).

[5] NuFIT 3.0 (2016), www.nu-fit.org.



Testing χ_c properties at BELLE II

H. Czyz¹, P. Kisza¹

Institute of Physics, University of Silesia, PL-40007 Katowice, Poland

The integrated luminosity in the BELLE II experiment (20-50 ab^{-1}) will allow accessing information never available before. In this work we have shown how one can use it to study the χ_{c_i} properties.

Many models ([1]-[5]) correctly describe $\chi_{c_i} \rightarrow J/\psi\gamma$, $\chi_{c_i} \rightarrow \gamma\gamma$ and $\psi' \rightarrow \chi_{c_i}\gamma$ partial decay widths, but give different predictions for the widths $\Gamma(\chi_{c_{1,2}} \rightarrow e^+e^-)$. The model developed in [2] for χ_{c_1} and χ_{c_2} decays was extended to cover also the χ_{c_0} case. The model parameters were fitted using experimental data on $\Gamma(\chi_{c_0} \rightarrow \gamma\gamma)$, $\Gamma(\chi_{c_2} \rightarrow \gamma\gamma)$, $\Gamma(\chi_{c_i} \rightarrow J/\psi\gamma)$, $i = 0, 1, 2$ and $\Gamma(\psi' \rightarrow \chi_{c_i}\gamma)$, $i = 0, 1, 2$.

The model was implemented in the Monte Carlo event generator EKHARA to simulate reactions $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\chi_{c_i}$ and $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\chi_{c_i}(\rightarrow \gamma J/\psi(\rightarrow \mu^+\mu^-))$. Using the simulations with event selections close to the ones expected at BELLE II, it was found that it will be possible to study in detail $\chi_{c_i} - \gamma^* - \gamma$ form factors. These form factors are a crucial ingredient for the predictions of the χ_{c_1} and χ_{c_2} electronic widths and thus their measurement will differentiate between the models, even without direct measurement of the widths.

- [1] H. Czyz, P. Kisza, Phys. Lett. **B771** (2017) 487.
- [2] H. Czyz, J. H. Kuhn, S. Tracz, Phys. Rev. **D94** (2016) 034033.
- [3] N. Kivel, M. Vanderhaeghen, JHEP **1602** (2016) 032.
- [4] D. Yang, S. Zhao, Eur. Phys. J. **C72** (2012) 1996.
- [5] A. Denig, F.K. Guo, C. Hanhart, A. V. Nefediev, Phys. Lett. **B736** (2014) 221.

Wytwarzanie silnych impulsowych pól magnetycznych przy użyciu cząstek z akceleratorów i pierścieni akumulacyjnych

Stanisław Bednarek, Julian Płoszajski

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego

Silne impulsowe pola magnetyczne mają wiele ważnych zastosowań w badaniach naukowych i nowoczesnych technologiach. Do wytwarzania tych pól najczęściej używane są cewki, zasilane impulsem prądu elektrycznego o dużym natężeniu. Ta metoda ma jednak kilka istotnych wad, ograniczających wartość indukcji magnetycznej i czasu trwania impulsu. Dlatego poszukuje się nowych metod wytwarzania tych pól. Jedną z nich to wykorzystanie naładowanych cząstek z akceleratorów. Pierwszą próbę tego typu podjął H. C Siegmann i współpracownicy [1]. W komunikacie zostanie pokazane, jakie parametry impulsów pola można uzyskać w pobliżu tzw. paczki relatywistycznych protonów lub elektronów, przyspieszanych we współczesnych akceleratorach lub krążących w pierścieniach akumulacyjnych.

Na podstawie danych, dotyczących: energii, ilości cząstek i rozmiarów paczki, będą przedstawione rozkłady przestrzenne indukcji magnetycznej i czasu trwania impulsów. Do ich wyznaczenia wykorzystano własną metodę, opartą na transformacji pola elektrycznego z układu paczki do układu laboratoryjnego i obliczenia numeryczne [2]. Do obliczeń przyjęto dane, opisujące paczki cząstek w znanych akceleratorach, m.in. LHC, SLAC, XFEL, NCPS „Solaris”. Dla ułatwienia wymiany i pozycjonowania próbek w pobliżu osi paczki podczas pracy akceleratora autorzy opracowali projekt zdalnie sterowanej komory, który również omówią.

Zawarte w komunikacie wyniki badań prowadzą do następujących wniosków:

1. Paczki cząstek naładowanych z akceleratorów wytwarzają silne impulsowe pola magnetyczne i użyteczny zakres indukcji tych pól wynosi od kilku do ok. 100 T.
2. Czas trwania impulsów pola jest niezwykle krótki (10^{-12} - 10^{-14} s) i nieosiągalny innymi metodami.
3. Ze względu na unikalne parametry pola te mogą być użyteczne do nieniszczących badań, np. bardzo szybkich procesów przemagnesowania w próbach o rozmiarach rzędu 0,1-1 mm.
4. Zastosowanie projektowanej komory pozwoliłoby na szybką i bezpieczną wymianę próbek podczas pracy akceleratora.
5. wykorzystanie wiązki cząstek do wytwarzania silnych impulsowych pól magnetycznych pozwala na uniknięcie trudności, które występują przy używaniu do tego celu cewek,
6. Proponowana metoda wiąże się z niewielkimi kosztami, ponieważ badania można prowadzić na już działających akceleratorach lub pierścieniach akumulacyjnych po zainstalowaniu odpowiedniej komory.

Ponieważ pola magnetyczne, wytwarzane przez paczki cząstek z akceleratorów i pierścieni akumulacyjnych, mają unikalne i nie osiągalne innymi metodami parametry, to otwierają one nowe możliwości badań, np. w dziedzinie fizyki ciała stałego i fazy skondensowanej. Dlatego warto rozważyć przystosowanie wspomnianych urządzeń do takich badań już na etapie ich projektowania, albo podczas modernizacji i przerw konserwacyjnych.

[1]. C.H. Back, H.C. Siegmann, J. Mag. Mag. Mat. **200**, 774 (1999).

[2]. S. Bednarek, J. Płoszajski, Przegl. Elektrotech. 2, **93**, 264 (2017).

Zastosowanie twierdzenia Fedorova w tomografii kwantowej

Artur Czerwiński

*Institut Fizyki; Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej; Uniwersytet
Mikołaja Kopernika w Toruniu*

Powszechnie wiadomo, że opisujące ewolucję otwartego układu kwantowego równanie z generatorem Goriniego-Kossakowskiego-Sudarshana posiada proste rozwiązanie w formie eksponencjalnej [1]. Dużo bardziej skomplikowanym zadaniem z matematycznego punktu widzenia jest rozwiązanie równania ewolucji macierzy gęstości $\rho(t)$ z generatorem zależnym od czasu: $\dot{\rho}(t) = \mathbb{L}(t)[\rho(t)]$. Istnieją proste rozwiązania analityczne w sytuacjach, kiedy generator $\mathbb{L}(t)$ spełnia pewne szczególne warunki (jak na przykład funkcjonalna komutowalność).

Umiejętność rozwiązywania równania ewolucji układu kwantowego jest niezbędna w tzw. dynamicznym podjęciu do tomografii kwantowej. W ogólności zagadnienie tomografii odnosi się do problemu rekonstrukcji początkowej macierzy gęstości na podstawie danych możliwych do uzyskania z eksperymentu. W dynamicznym podejściu zakłada się, że mając do dyspozycji pewną liczbę identycznych układów kwantowych, każdemu z nich pozwala się ewoluować i dokonuje się pomiarów w różnych momentach. Okazuje się, że przy tym podejściu można dokonać rekonstrukcji stanu kwantowego przy mniejszej liczbie różnych wielkości mierzalnych niż w przypadku statycznym. Podejście dynamiczne do tomografii kwantowej jest dobrze opisane dla układów z ewolucją daną generatorem GKS – po raz pierwszy zaproponowane zostało w pracy [2], a potem rozwinięte w innych artykułach jak na przykład [3].

Jednym z mało znanych twierdzeń, które mówi o rozwiązywalności równania w formie $\dot{\rho}(t) = \mathbb{L}(t)[\rho(t)]$, jest twierdzenie Fedorova. Oznaczając $B(t) = \int_0^t \mathbb{L}(\tau) d\tau$, twierdzenie Fedorova można sformułować w sposób następujący.

Twierdzenie Fedorova. Jeśli generator ewolucji spełnia dla pewnego stałego wektora α równanie:

$$[\mathbb{L}(t), B^n(t)]\alpha = 0 \quad n = 1, 2, \dots$$

to rozwiązanie równania $\dot{\rho}(t) = \mathbb{L}(t)[\rho(t)]$ ma postać: $\rho(t) = \exp\{B(t)\}\alpha$.

Twierdzenie Fedorova umożliwia więc znalezienie rozwiązania równania ewolucji dla pewnej podprzestrzeni stanów początkowych. Dzięki uzyskaniu rozwiązania w postaci eksponencjalnej możliwe jest zastosowanie do takich ewolucji dynamicznego podejścia do tomografii kwantowej. W ramach plakatu zaprezentowany zostanie dowód twierdzenia Fedorova, w drugiej części dla wybranego konkretnego przypadku zależnego od czasu generatora zostanie pokazana procedura rozwiązywania równania ewolucji przy użyciu twierdzenia Fedorova, a na koniec zastosowana zostanie metodologia tomografii stroboskopowej w celu określenia kryteriów, według których możliwa jest rekonstrukcja stanu początkowego. Zastosowanie podejścia dynamicznego do układów z ewolucją daną generatorem zależnym od czasu jest naturalnym uogólnieniem procedury tomografii stroboskopowej stosowanej pierwotnie do układów z generatorem od czasu niezależnym [2].

[1] V. Gorini, A. Kossakowski, E. C. G. Sudarshan, J. Math. Phys. **17**, 821 (1976).

[2] A. Jamiolkowski, Int. J. Theor. Phys. **22**, 369 (1983).

[3] A. Czerwiński, Int. J. Theor. Phys., **55**, 658 (2015).



Czy jesteśmy w stanie uzyskać informacje o zgubionych poziomach energetycznych?

M. Ławniczak, M. Białous, B. Dietz, S. Bauch, V. Yunko, L. Sirko

*Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Aleja Lotników 32/46,
02-668 Warszawa, Poland*

Analiza widm energetycznych układów kwantowych w obszarze, w którym są one zbiorami dyskretnymi dostarcza wielu cennych informacji. Z ich pomocą można między innymi stwierdzić czy badany układ jest układem chaotycznym oraz określić jego klasę symetrii w teorii macierzy przypadkowych (RMT - Random Matrix Theory). Powoduje to iż niezwykle ważnym staje się wyznaczenie liczby brakujących poziomów energetycznych w rzeczywistych widmach badanych układów, takich jak na przykład cząsteczki.

Pokażemy że stosując funkcje korelacji krótko oraz daleko zasięgowych jesteśmy w stanie odpowiedzieć ile stanów energetycznych nie udało nam się zidentyfikować w uzyskanym doświadczalnie widmie energetycznym. Pokażemy także że funkcje te pozwalają określić klasę symetrii układu w RMT. Doświadczenia przeprowadziliśmy dla sieci mikrofalowych symulujących grafy kwantowe ze złamaną symetrią względem odwrócenia czasu.

Wykorzystanie automatów komórkowych do modelowania transferu wiedzy w organizacjach

Krzysztof Malarz¹, Kamil Paradowski¹, Agnieszka Kowalska-Styczeń²

¹*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej*

²*Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania*

Wiele badań wskazuje, że zdobywanie wiedzy przez pracowników jest kluczowe w kreowaniu przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw. Rozpatrując organizację jako przykład układu złożonego należy skupić się na roli występującej w niej nieformalnej sieci kontaktów. Technika numeryczną dedykowaną do badania makroskopowych efektów wynikających z lokalnych i mikroskopowych oddziaływań między częściami układu jest technika automatów komórkowych. W pracy przedstawione zostaną wyniki symulacji komputerowych oparte na technice automatów komórkowych dotyczące transferu wiedzy w organizacji. Celem prac [1, 2, 3] było sprawdzenie, które czynniki wpływają na efektywność i skuteczność transferu wiedzy w organizacji. W szczególności sprawdzono jak skracanie dystansu społecznego oraz zwiększanie zasięgu oddziaływań między członkami organizacji wpływa na efektywność i skuteczność wymiany wiedzy. Nasze badania wskazują na istotną rolę wyżej wymienionych czynników na proces wymiany wiedzy w organizacji.

- [1] A. Kowalska-Styczeń, K. Malarz, K. Paradowski, Model of knowledge transfer within an organisation, arXiv:1704.07589 [physics.soc-ph]
- [2] A. Kowalska-Styczeń, K. Malarz, K. Paradowski, Searching for effective and efficient way of knowledge transfer within an organization – w przygotowaniu
- [3] K. Paradowski, A. Kowalska-Styczeń, K. Malarz, Influence of a range of interaction among agents on efficiency of knowledge transfer within an organization – w przygotowaniu



Fast and accurate detection of spread source in large complex networks

Robert Paluch¹, Xiaoyan Lu², Krzysztof Suchecki¹, Bolesław K. Szymański^{2,3}, Janusz A. Hołyst^{1,4}

¹*Center of Excellence for Complex Systems Research, Faculty of Physics, Warsaw University of Technology, Koszykowa 75, 00662 Warsaw, Poland*

²*Social Cognitive Networks Academic Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, 110 8th Street, Troy, NY, 12180-3590 USA*

³*Department of Computer Science, Rensselaer Polytechnic Institute, 110 8th Street, Troy, NY, 12180-3590 USA*

⁴*ITMO University, 19 Kronverkskiy av., 197101 Saint Petersburg, Russia*

Spread over complex networks has become a ubiquitous process with wide applications. Locating spread sources is important, e.g. finding the patient one in epidemics, or a rumor source in social networks. The authors of [1] introduced an algorithm (PTVA) to solve the important case of this problem in which a limited set of nodes act as observers and report times at which the spread reached them. PTVA uses all observers to find a solution. Here we propose a new approach in which observers with low quality information (i.e. with large spread encounter times) are ignored and potential sources are selected based on the likelihood gradient from high quality observers. The original complexity of PTVA is $O(N^\alpha)$, where $\alpha \in (3, 4)$ depends on the network topology and number of observers. Our Gradient Maximum Likelihood Algorithm (GMLA) reduces this complexity to $O(N^2 \log(N))$. Extensive numerical tests performed on synthetic scale-free networks demonstrate that GMLA yields higher quality localization results than PTVA does. Counterintuitively, increasing the number of nearest observing nodes over some critical value decreases the quality of localization results in GMLA.

The work was partially supported as RENOIR Project by the European Union Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 691152 and by Ministry of Science and Higher Education (Poland), grant Nos. 34/H2020/2016, 329025/PnH /2016. and National Science Centre, Poland Grant No. 2015/19/B/ST6/02612.

[1] P.C. Pinto, P. Thiran, M. Vetterli, Phys. Rev. Lett. **109**, 1-5 (2012).

How are World Events Similar to Contagions?

Jan Choloniewski¹, Janusz A. Hołyst¹, Julian M. Sienkiewicz¹,
Gregor Leban², Robert M. Paluch¹

¹ *Warsaw University of Technology, Faculty of Physics,
Koszykowa 75, Warszawa 00-662, Poland*

² *Jožef Stefan Institute, Artificial Intelligence Lab (JSI),
Jamova 39, Ljubljana 1000, Slovenia*

An abundance of online news outlets enables a large scale statistical analyses of news circulation. Using the EventRegistry system (www.eventregistry.org), we made an attempt to describe and model phenomena observed in a global news sphere (such as heavy-tailed distributions of events coverage or publishers activity).

Our results indicate that a number of news items mentioning given keyword published by observed news sources follows the Temporal Fluctuation Scaling (TFS) law with two regimes. We show that analysis of scaling exponents provides information about coverage of selected concepts and entities, and a publisher's position in an activity mean-variance log-log plot allows to extract its' writing policy toward the concepts (stable vs. reactive).

A possible usage of epidemic models (namely, SIR) as a null model has been studied showing that certain mechanisms of news industry can be modelled this way. Moreover, results of SIR model simulations on random graphs and Barabasi-Albert networks also follow TFS, although with only one regime.

The results suggest that there is underlying network of publishers observing and copying each other. We propose a possible way to reverse engineer it, and analyse its structural characteristics.

Równowaga Heidera w sieciach dwuwarstwowych

Piotr J. Górski¹, Krzysztof Kulakowski², Przemysław Gawroński²,
Janusz A. Hołyst^{1,3}

¹Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, Polska

²Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

³Uniwersytet ITMO, 19 Kronverkskiy av., 197101 Sankt Petersburg, Rosja

W sieci społecznej relacje przyjaźni i wrogości opisuje się poprzez nadanie krawędom dodatnich i ujemnych wag. Zgodnie z teorią równowagi społecznej Heidera [1] te relacje zmieniają się w celu uzyskania układu zbalansowanych triad węzłów. Triada jest zrównoważona, kiedy są spełnione cztery aksjomaty: (1) „przyjaciół mego przyjaciela jest moim przyjacielem”, (2) „przyjaciół mego wroga jest moim wrogiem”, (3) „wrogi mego przyjaciela jest moim wrogiem” i (4) „wrogi mego wroga jest moim przyjacielem”.

W niniejszej pracy zaproponowaliśmy nowy rodzaj struktury sieci wielowarstwowej — krawędziowy multipleks, w którym międzywarstwowe linki łączą nie odpowiadające sobie węzły, ale odpowiadające sobie krawędzie należące do różnych warstw. Podjęliśmy zagadnienie powstawania równowagi Heidera w układzie dwuwarstwowym [2, 3]. Względna siła sprzężenia pomiędzy warstwami jest modelowana za pomocą pary dodatnich lub ujemnych współczynników (β_1, β_2). Struktura połączeń wewnątrz każdej warstwy tworzy pełny graf ważony. Wagi krawędzi są ciągłe w granicach $(-1, +1)$. Dynamika układu jest dynamiką linków. Przyjęty układ równań różniczkowych powoduje dynamiczną ewolucję wag krawędzi. Każda waga zmienia się wskutek oddziaływania z sąsiednimi linkami z tej samej warstwy oraz z odpowiadającą krawędzią — repliką — z warstwy drugiej.

Istnieją dwa procesy decydujące o dynamice układu: (1) tendencja do utworzenia struktury będącej w równowadze Heidera i (2) tendencja do utworzenia ferromagnetycznej lub antyferromagnetycznej struktury złożonej z warstw, w których odpowiadające sobie krawędzie są odpowiednio takie same lub przeciwne. Zmiany wag linków prowadzą do trzech typów rozwiązań: (1) rozwiązania niestacjonarnego, (2) rozwiązania stacjonarnego z równowagą Heidera i (3) rozwiązania stacjonarnego bez równowagi Heidera. Na diagramach współczynników sprzężenia (β_1, β_2) istnieją fazy, gdzie tylko jeden typ rozwiązania jest obserwowany, oraz istnieją regiony przejściowe, gdzie zaobserwowano dwa typy rozwiązań. Na przykład, gdy oba współczynniki sprzężenia są wystarczająco silne, ale o przeciwnych znakach, w układzie zawsze występują oscylacje (faza rozwiązań niestacjonarnych).

Wyniki numeryczne i analityczne wskazują, że sprzężenie międzywarstwowe utrudnia otrzymanie układu zrównoważonego w sensie Heidera. Otrzymane wyniki składają się z bogatych diagramów parametrów modelu, które pozwalają zidentyfikować regiony współczynników sprzężenia prowadzące z wysokim prawdopodobieństwem do równowagi Heidera.

Praca była współfinansowana z projektu Unii Europejskiej *Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie* numer grantu No 691152 (projekt RENOIR) i z projektu Narodowego Centrum Nauki, numer grantu 2015/19/B/ST6/02612.

[1] F. Heider, *The Psychology of Interpersonal Relations* (Psychology Press, 1958).

[2] K. Kulakowski, P. Gawroński, P. Gronek, *Int. J. Mod. Phys. C* **16**, 707 (2005).

[3] P.J. Górski, K. Kulakowski, P. Gawroński, J.A. Hołyst, w przygotowaniu do publikacji.



Multiple propagation paths in locating the source of diffusion in complex networks

Lukasz G. Gajewski, Krzysztof Suchecki

Warsaw University of Technology, Faculty of Physics

Understanding how information propagates in a system is an old and important field of study in complex networks physics. The information can be of a various nature - e.g. it could be a virus or a tweet - and often we are interested in locating the source of that diffusion, i.e. "patient zero". Big impact on this field of research had a paper by P.C. Pinto et al.[1] in which the authors had presented a method to estimate which node in a network is most likely the source we are looking for. We investigate the consequences of some assumptions of that method finding that it overestimates propagation time from one node to another due to single shortest path approach. We also propose a modification that takes multiple propagation paths into account and consequently increases the accuracy of the algorithm.

[1] P. C. Pinto, P. Thiran, and M. Vetterli, Phys. Rev. Lett. **109**, 068702 (2012)

New constant of motion for coevolving voter model

Joanna Toruniewska¹, Krzysztof Kułakowski², Krzysztof Suchecki¹,
Janusz A. Hołyst^{1,3,4}

¹Faculty of Physics, Warsaw University of Technology,
ul. Koszykowa 75, PL-00662 Warsaw, Poland

²Faculty of Physics and Applied Computer Science, AGH University of Science and
Technology, al. Mickiewicza 30, PL-30059 Kraków, Poland

³ITMO University, 19 Kronverkskiy av., 197101 Saint Petersburg, Russia

⁴Netherlands Institute for Advanced Study in the Humanities and Social Sciences,
PO Box 10855, 1001 EW Amsterdam, The Netherlands

In the coevolving voter model [1] a topology of the network changes in response to the voter dynamics on the network. In detail, nodes can change their state and links can rewire in order to connect nodes of the same state.

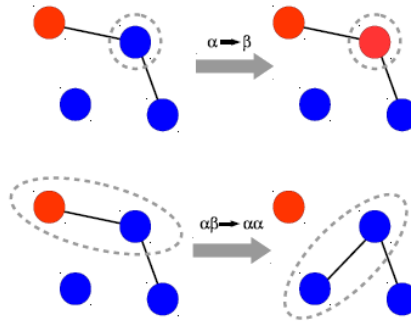


Fig. 1: Possible elementary events in the coevolving voter model: a flip $\alpha \rightarrow \beta$ (upper) and a rewiring $\alpha\beta \rightarrow \alpha\alpha$ (bottom).

Our work is focused on conservation laws for coevolving voter model. We treat mean degree of nodes in different states as separate variables, which do not have to be equal. This allows to discuss the magnetization of nodes and the magnetization of links as potentially independent variables. Mean field calculation indicate that these two values are coupled – their linear combination is constant of motion. Obtained results were confirmed by numerical simulations.

The work was partially supported as RENOIR Project by the European Union Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 691152.

[1] F. Vazquez, V. M. Eguíluz, M. San Miguel, Phys. Rev. Lett. **100**, 108702 (2008).

Ludzie i zjawiska. Źródła 50 letniej fascynacji fizyką

Witold Tomaszewski

Prywatny nauczyciel

Od kiedy w 1979 roku stanąłem po raz pierwszy przed tablicą, jako nauczyciel, nurtuje mnie pytanie: Jak uczyć fizyki?

Odpowiedzi szukam do dzisiaj. A sprawa nie jest prosta. Już w 1961 roku wybitny fizyk i nauczyciel Richard Feynman w czasie jednego z wykładów stwierdził, że nikt nie wie, jak kształcić ludzi (Feynman radzi, str.33; PWN 2014). Mimo olbrzymiego postępu w naukach pedagogicznych problem jest chyba ciągle aktualny.

Po wielu latach doświadczeń w pracy nauczycielskiej (i samokształceniu) doszedłem do kilku wniosków.

Jest sprawą oczywistą, że niezbędne są w niej kompetencje merytoryczne. Stąd konieczność ciągłego kształcenia się, śledzenia literatury, udziału w szkoleniach, kursach i konferencjach oraz szeroko rozumiana aktywność zawodowa. We wszystkich tych działaniach napotykamy ludzi. Są to nauczyciele akademicki, autorzy książek i artykułów, koleżanki i koledzy nauczyciele. Dla mnie to oni są inspiracją do dalszego rozwoju. I tak było od początku. To dzięki dobremu nauczycielowi 50 lat temu fizyka mnie zafascynowała. Dlatego, że jego lekcje były ciekawe i inne niż pozostałe. Później na uniwersytecie było podobnie. To od charyzmatycznego profesora Zbigniewa Sidorskiego na jednym z pierwszych wykładów usłyszałem, że jest doskonały podręcznik Richarda Feynmana, i że warto go czytać. Ale także, że fizyki można się uczyć z dowolnego podręcznika. I ta zachęta do różnorodności źródeł i nauczycieli pozostała ze mną do dzisiaj. Na swojej drodze samokształceniowej spotkałem wiele wybitnych postaci. W oddziale PTF w Opolu, którego przewodniczącą była na początku lat osiemdziesiątych pani Danuta Tokar poznałem jej męża Bronisława Tokara i panią Bożenę Pędzisz. Dzięki ich życzliwości i wsparciu mogłem uczestniczyć w wydarzeniach organizowanych na wydziale fizyki ówczesnej WSP.

Jako mieszkańcowi małej, nie akademickiej, Nysy trudno mi było zachować kontakt ze szkołami wyższymi. Istotne stały się więc lektury książek i czasopism. Z czasem pojawił się też Internet.

Pierwsze doświadczenia z wirtualną nauką uzyskałem na początku lat siedemdziesiątych podczas słuchania i oglądania telewizyjnych wykładów z fizyki (i matematyki) w ramach Politechniki Telewizyjnej. Kierownikiem kursu fizyki, a jednocześnie jednym z wykładowców, był profesor Andrzej Kajetan Wróblewski.

Cenię sobie lekturę czasopism takich jak Delta, która jest wyjątkowa w skali europejskiej, Postępów Fizyki czy wreszcie tygodnika opinii – Polityki, w której fizyk Karol Jałochowski publikuje teksty poświęcone, między innymi, fizykom i matematykom. Można w niej także trafić na artykuły o fizyce Jerzego Kowalskiego – Glikmana z Uniwersytetu Wrocławskiego.

Dla mnie fizyka to ludzie, którzy ją tworzą, którzy jej uczą, o niej piszą i do jej studiowania mnie inspirują.

Stability of Fractional Chern Insulator states on kagome lattice

M. Kupczyński, P. Kaczmarkiewicz, B. Jaworowski, P. Potasz, A. Wójs

Katedra Fizyki Teoretycznej, Politechnika Wroclawska, Wrocław

We investigate Fractional Chern Insulator (FCI) phases on kagome lattice and indicate their most stable areas within interactions parameter space. FCI are quantum phases related to partially filled Chern Insulators - insulators with nontrivial bands topology exhibiting a nonzero Hall conductance but contrary to Landau level physics, preserving lattice translational symmetry. While FCI phases were observed for several lattice models and different filling fractions, factors responsible for their stability are not fully determined.

In this work, we focus on FCI phases on kagome lattice. We consider states with filling factors $1/5$, $1/7$, $2/5$, $3/7$. Exact diagonalization is performed and phase stability maps in nearest and next nearest neighbor interaction parameters are analyzed. FCI phases are confirmed by looking at many-body ground state degeneracy, spectral flow upon flux insertion, and quasi-particle excitation spectra. A correlation between large many-body energy gap separating the ground state manifold with low energy excitations and constant berry curvature is shown [8]. We have found that for Laughlin-like series $1/n$, next nearest neighbour (NNN) interaction play a crucial role, in analogy to higher angular momentum pseudo potentials in fractional quantum Hall effect (FQHE). An evolution of phase diagrams with systems sizes are shown predicting a set of parameters for FCI phase existence in a thermodynamic limit. Sensitivity to periodic boundary condition are also observed.

[1] F. D. M. Haldane, Phys. Rev. Lett., **61**, 2015 (1998).

[2] T. Neupert, L. Santos, C. Chamon, and C. Mudry, Phys. Rev. Lett., **106**, 236804 (2011).

[3] N. Regnault and B. A. Bernevig, Phys. Rev. X, **1**, 021014 (2011).

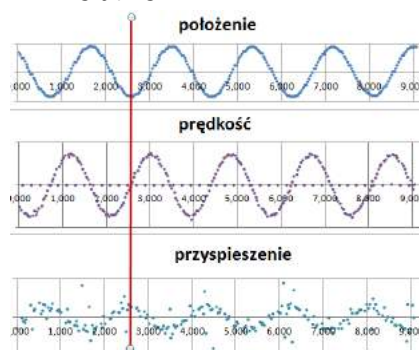
Analiza ruchu drgającego za pomocą programu Tracker

Grzegorz F. Wojewoda

*Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 6 w Bydgoszczy,
Miejski Ośrodek Edukacji Nauczycieli w Bydgoszczy*

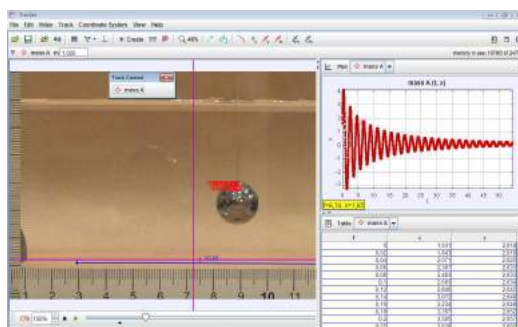
Program Tracker jest doskonałym narzędziem do analizy ruchu. Pokażę, w jaki można wykorzystać możliwości tego programu do analizy ruchu drgającego.

Pomysł na wykorzystanie programu Tracker podczas lekcji fizyki jest następujący. Opisuję razem z uczniami ruch modelu wahadła matematycznego. Wspólnie definiujemy wielkości fizyczne opisujące ten ruch. Następnie razem z uczniami przeprowadzamy analizę zmiany położenia kulki wahadła za pomocą programu Tracker. Otrzymane dane przenosimy do arkusza kalkulacyjnego. Za jego pomocą wyznaczamy wykresy zależności położenia, prędkości oraz przyspieszenia od czasu. Dysponując tymi wykresami można analizować kinematykę ruchu drgającego, opisywać cechy charakterystyczne tego ruchu.



Sprawdziłem, prowadząc badania w różnych zespołach klasowych z różnych szkół, że taki sposób omawiania kinematyki ruchu drgającego jest skuteczniejszy od klasycznych metod.

Program Tracker można również wykorzystać do analizy ruchu drgającego z tłumieniem. Jest to przykład pracy z uczniami pragnącymi rozwijać swoje zainteresowania fizyką. Moim zdaniem jest to dobry przykład wprowadzania uczniów do metod badawczych fizyki. Na rysunku obok widać zrzut ekranu programu Tracker. Widać zmniejszanie się amplitudy drgań modelu wahadła. Uczniowie spodziewali się, że amplituda wahań będzie malała eksponencjalnie. Okazało się, że model matematyczny tego zjawiska jest bardziej złożony. Dalszą analizę ruchu tłumionego kulki modelu wahadła przeprowadziłem bez udziału uczniów. Udało się wyznaczyć odpowiednie współczynniki w modelu matematycznym opisującym ruch wahadła zanurzonego w wodzie.



Kontynuowałem badanie ruchu tłumionego wahadła w innych cieczach. Wyznażyłem współczynniki opisujące tłumienie ruchu kulki wahadła w miodach pitnych. Zauważyłem, że największe tłumienie występuje w półtoraku, a najmniejsze w czwórnaku. Jest to związane z zawartością cukrów oraz alkoholu w tych cieczach.



Fizyka „szkołą naukowego myślenia, naukowego krytycyzmu”?

Joanna Gondek

*Zakład Dydaktyki Fizyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Uniwersytet Gdański*

Fizyka rozszerza nasze horyzonty myślowe. Jest ona doskonałą szkołą naukowego myślenia, naukowego krytycyzmu i naukowej skromności.

Fizyka jest fundamentem wszystkich nauk przyrodniczych technicznych. Przestańmy mówić o praktycznych „zastosowaniach” fizyki. Fizyka bowiem nie „znajduje” zastosowania w technice, fizyka s t w o r z y ł a technikę, jest jej źródłem i istotą. I fizyka ciągle tworzy nowe techniki. [1]

Ile z tego zostało w fizyce nauczanej w gimnazjach, liceach, szkołach wyższych? Zajęci dostosowywaniem nauczania fizyki do narzucanych (przez kogo?) warunków – takich chociażby jak zmniejszanie liczby godzin zajęć od szkoły podstawowej po uczelnie wyższe – skupialiśmy się na doskonaleniu metod nauczania. Natomiast treści merytoryczne, precyzja ich podania czy „zwykła” poprawność, zeszyły na drugi, jeśli nie dalszy plan. Wskazują na to treści podręczników fizyki – nie tylko tych podstawowych, ale także i akademickich – treści popularyzujące fizykę, czy poziom dyskursu fizycznego. Jest to oczywiście uogólnienie, czy jak powiedzą inni generalizacja. Niestety, jeżeli średni poziom prezentowania/prezentowanej fizyki jest niski, to pojedyncze akty fizyki wysokiej próby tylko ten niski średni poziom potwierdzają. Można szukać usprawiedliwienia dla takiego stanu rzeczy w czynnikach zewnętrznych. Można usprawiedliwiać zmniejszające się z roku na rok zainteresowanie młodzieży fizyką na przykład wspomnianą małą liczbą godzin przydzielonych na nauczanie fizyki. Ale warto się zastanowić nad naszymi własnymi przewinami wobec fizyki. Dostosowywanie się do narzucanych warunków nauczania fizyki nie powinno przecież oznaczać jej trywializowania, ani odbywać się kosztem poprawności merytorycznej nauczanych czy popularyzowanych treści; a te treści tworzymy my, fizycy. Wydaje się, że próbując ratować fizykę w szkołach, utrzymać zainteresowanie nią na takim poziomie, aby była wybierana jako kierunek studiów, zgubiliśmy niestety to, co wydaje się być w fizyce najważniejsze, to o czym pisał Prof. A. H. Piekara: jasność, klarowność, logiczną ciągłość. Fizyka jako przedmiot nauczania przestała uczyć naukowego myślenia, przestała uczyć nie tylko krytycznego, ale nawet logicznego myślenia. Problem jest bardzo poważny, bo dotyczy już także nauczania fizyki na poziomie wyższym, czyli także kształcenia przyszłych nauczycieli fizyki. Trzeba zacząć dyskutować i pracować nie tylko nad metodami i narzędziami nauczania fizyki, ale także – a może przede wszystkim – nad treściami nauczania i ich poprawnością.

[1] Arkadiusz H. Piekara *Nayiaśniejszemu y Naypotężniejszemu Panu czyli o Nauki Horyzontach Dalekich* PAX Warszawa 1984.

Praca z tekstem

Kornelia Rybicka, Stanisław Plebański, Stanisław Jakubowicz

PWSZ w Kaliszu

W podstawie programowej dla szkoły podstawowej [1] propozycja pracy z konkretnym rodzajem tekstu występuje w ścisłym przyporządkowaniu do przedmiotu nauczania. Pojawiające się typy tekstów: *matematyczny, popularnonaukowy, źródłowy, kultury, do muzyki, z języka obcego*, przewidują wypełnienie luk w strukturze uczniowskiej wiedzy. Czy zwiążą ją w całość, nie pogłębiając przepaści między kulturą naukową a humanistyczną? – pytają Autorzy.

Tak jak Richard Feynman ([2] s. 131-133) tworzy taksonomiczny, niedomknięty krąg wiedzy: *podstawowe prawa fizyki – własności substancji – złożona organizacja materii – człowiek, historia, polityka – zło, piękno, nadzieja...* z nadzieją domknięcia tego kręgu w przyszłości, to wciąż aktualna wydaje się przestroga Charlesa Snowa [6] sprzed ponad pół wieku, dotycząca równoległego funkcjonowania dwóch kultur, które nie mogą znaleźć wspólnego języka.

Na płaszczyźnie szkolnej bezsprzecznie łączy przedmioty humanistyczne i matematyczno-przyrodnicze psychologia kształcenia, wspomagana współcześnie przez neuronauki [4, 5]. Motywację wewnętrzną ucznia może wzmacniać kontekst, w jakim umieszczono rozwiązywane problemy. Takim kontekstem są pojawiające się w utworach literackich słowa i związki wyrazowe, które należą do pola semantycznego nauk przyrodniczo-matematycznych [7, 3]. Jedynie stosowanie w kształceniu przyrodniczym całego spektrum tekstów upoważnia do stwierdzenia, że fizyka przynosi nam zrozumienie świata „nie tylko w warstwie materialnej, ale również kulturowej” (Podstawa programowa, 2017 [1]).

[1] <https://men.gov.pl/projekt-podstawa-programowa> (dostęp: 31.03.2017).

[2] Feynman R. P. (2000), *Charakter praw fizycznych*, Warszawa: Wydawnictwo Prószyński i S-ka.

[3] Jakubowicz S., Plebański S., Rybicka K., Udzik B. (2007), *Czytaj i myśl. Zderzenia literatury z fizyką*, Kielce: Wydawnictwo Pedagogiczne.

[4] Rybicka K. (2014), *Diagnoza twórczych działań mózgu*, w: B. Niemierko, M.K. Szmigel (red.), *Diagnozy edukacyjne. Dorobek i nowe zadania*, Gdańsk: Wydawnictwo PTDE.

[5] Rybicka K., Plebański S. (2016), *Budowanie, wzmacnianie i diagnozowanie motywacji wewnętrznej uczniów*, w: B. Niemierko, M.K. Szmigel (red.), *Diagnozowanie twórczości uczniów i nauczycieli*, Kraków: Wydawnictwo PTDE.

[6] Snow C.P. (1999), *Dwie kultury*, Warszawa: Wydawnictwo Prószyński i S-ka.

[7] Staff A. (2006), *Literacka astronomia. Wiedza? Przeżycie? Metafora?* w: B. Burdziej, G. Halkiewicz-Sojak (red.), *Poezja i astronomia*, Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

Wprowadzenie do rozumienia niektórych trudnych pojęć fizycznych na poziomie przedszkola

Alicja Wojtyna-Jodko

*Stowarzyszenie Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych i Technicznych (SNPPiT),
Bydgoszcz (www.snppit.pl), awjodko@wp.pl*

Rozwój współczesnej techniki, której wytwory wykorzystywane są zarówno w specjalistycznych pracowniach, laboratoriach naukowych, przemyśle i innych gałęziach gospodarki, jak również w codziennym życiu każdego obywatela naszego kraju, wymaga od użytkowników niezbędnej wiedzy w zakresie fizyki do stosowania zakupionych urządzeń w sposób bezpieczny dla siebie i otoczenia, a od twórców kolejnych rozwiązań naukowo-technicznych - zdolności do myślenia krytycznego i działania innowacyjnego.

Na każdym etapie kształcenia, od pierwszej klasy szkoły podstawowej do pierwszego roku studiów na uczelniach wyższych, nauczyciele/nauczyciele akademicy narzekają na zbyt dużą liczbę uczniów/studentów niewystarczająco przygotowanych do lekcji/zajęć z fizyki na danym poziomie.

Jednocześnie każde dziecko, obdarzone od urodzenia naturalną zdolnością do działań innowacyjnych, z wykorzystaniem swoich zmysłów bada otaczającą rzeczywistość, przy czym żadna osoba dorosła nie jest w stanie przewidzieć wszystkiego, co potrafi wymyślić małe dziecko. Zjawiska fizyczne, dostrzegane i obserwowane przez małe dzieci, są dla nich szczególnie interesujące.

Jednakże u zbyt wielu młodych ludzi ta naturalna zdolność i zainteresowanie zanikają w wyniku wychowania w domu rodzinnym i tradycyjnego procesu kształcenia w trakcie formalnej edukacji szkolnej. Zbyt często rodzice nie mają wystarczającego przygotowania do pobudzania rozwoju intelektualnego swoich dzieci.

Wprowadzenie do rozumienia niektórych trudnych pojęć fizycznych (w tym pojęć z fizyki współczesnej) oraz rozwijanie podstawowych umiejętności (niezbędnych w dalszym procesie kształcenia w zakresie fizyki) w formie gier i zabaw można rozpocząć już w przedszkolu z dziećmi w wieku 5-6 lat i w ten sposób do ich struktury wiedzy potocznej wprowadzić poprawne rozumienie tych pojęć. Rozwijanie i pogłębianie rozumienia tych ważnych pojęć oraz umiejętności będzie kontynuowane w trakcie formalnej nauki szkolnej, zgodnie z podstawą programową dla poszczególnych etapów kształcenia i z zastosowaniem wielu różnych kontekstów.

Plakat przedstawia opis kilku zajęć w przedszkolu z dziećmi w wieku 5-6 lat na takie tematy jak m.in.: pomiar długości, jednostka 1m, spadanie swobodne, rzuty, energia i praca, moment siły, qubit, poziom i pion, układ współrzędnych, rozprężanie adiabatyczne, składanie i rozkładanie barw etc.

An introduction to some difficult physics concepts understanding at a kindergarten level

An introduction to intuitive understanding of some difficult physics concepts can be interposed into children's lay-ideas structure of knowledge in a form of a play at the level of kindergarten (age 5-6). Later, attending physics courses at all school levels, pupils will be able to reference towards this pre-knowledge for easier and better understanding of what they are just learning.

Descriptions of few games and activities (plays) for drawing kindergarten children's attention to such physics concepts, phenomena and skills as, moment of a force, qubit, energy and work, free falling, throws, measurements of length and others will be presented.

Poprzeczny efekt Dopplera i zjawisko aberracji dla fal mechanicznych

Kazimierz Turzyniecki

Kolegium KSW, Warszawa

Zjawisko aberracji położenia gwiazd odkrył w roku 1725 James Bradley. Zjawisko zmiany częstotliwości odbieranych fal w stosunku do częstotliwości fal wytwarzanych przez źródło odkrył w roku 1842 Christian Doppler. Doppler pierwszy zdał sobie sprawę z powiązania obu tych zjawisk. „Wydaje się pewne, że niniejszy wywód, pod warunkiem, że jest poprawny, tworzy podstawy teorii, w której słynna Bradley’owska nauka o aberracji, dotycząca tylko zmiany kierunku, stanowi jej integralną część”. [1] Jednak w swojej pracy z 1842 roku Doppler nie rozpatrywał zjawiska Bradleya. Ograniczył się jedynie do opisu szczególnych przypadków odkrytego przez siebie zjawiska. „Jeśli obserwator i źródło fali zbliżają się do siebie lub od siebie oddalają, to kierunek ich ruchu, o ile jest prostoliniowy, można połączyć w jedną linię albo też kierunek ich ruchu tworzy kąt z kierunkiem odbieranych fal. Ostatniego punktu nie bierzemy pod uwagę w naszej bieżącej analizie”. [1] Choć Doppler odkrył zjawisko dla fal wodnych, był przekonany, że dotyczy ono także fal akustycznych i fal świetlnych.

W 1886 roku Lorentz rozpoczął wyjaśnianie optycznego zjawiska Dopplera i związanego z nim zjawiska aberracji położenia gwiazd tworząc teorię, która zawierała elementy teorii Fresnela i Stokes’a. Metoda Lorentza była oparta na założeniu, że faza fali miała tę samą wartość liczbową w każdym układzie odniesienia.

„W sąsiedztwie Ziemi, ale w odległości jeszcze wystarczająco dużej, by eter mógł być uważany za nieruchomy, fale świetlne wysyłane przez gwiazdę ilustruje równanie

$$\omega = a \cos 2\pi N \left[t - \frac{x' \cos \alpha + y' \cos \beta + z' \cos \gamma}{A} + \delta \right], \quad (1)$$

gdzie ω jest wielkością, która opisuje rozchodzące się drgania, N jest liczbą drgań na jednostkę czasu, natomiast α , β , γ są kątami kierunkowymi fali w układzie gwiazdy. Rozchodzenie się tej fali w układzie Ziemi można także przedstawić za pomocą równania

$$\omega = a \cos 2\pi N' \left[t - \frac{xc \cos \alpha + yc \cos \beta + zc \cos \gamma}{A'} + \delta \right], \quad (2)$$

jeśli do tego równania wstawimy

$$N' = N \left(1 - \frac{g \cos \alpha}{A} \right) \text{ i } A' = A - g \cos \alpha.$$

Stąd wynika, że przez punkt o współrzędnych x , y , z , poruszający się wraz z Ziemią, kolejne fale przebiegają nie N razy na sekundę, lecz N' razy. Właśnie taką zmianę częstotliwości fal przewiduje zasada Dopplera. Wielkość A' jest prędkością względną fal świetlnych określoną w układzie Ziemi”. [2] Wynik zasugerowany przez Lorentza wykluczał poprzeczny efekt Dopplera, tak dla fal świetlnych, jak i dla fal mechanicznych.

Mimo że zjawisko Dopplera dla fal mechanicznych zostało odkryte 175 lat temu, to do dzisiaj opracowania podręcznikowe [3] i encyklopedyczne [4] nie uwzględniają aberracji i nie przewidują poprzecznego efektu Dopplera dla tych fal.

W prezentacji zostanie przedstawione ogólne rozwiązanie problemu dla wszystkich kierunków odbieranych przez odbiornik fal, nie tylko fal odbieranych pod kątami 0° i 180° , uwzględniające zjawisko aberracji. Rozwiązanie to przewiduje poprzeczny efekt Dopplera dla fal mechanicznych. Zostanie zaprezentowana nowa metoda rozwiązania problemu.

[1] Ch. Doppler, O barwnym świetle gwiazd podwójnych, Abh. Königl. Böhm. Ges. Wiss. 2, Prag (1842) 465

[2] H. Lorentz, O wpływie ruchu Ziemi na zjawiska świetlne, Versl. Kon. Akad. Wet. Amsterdam, 2. (1886)

[3] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Podstawy Fizyki. Tom 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015

[4] B. Jaworski, A. Dietlaf, Fizyka – poradnik encyklopedyczny, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2004

Medialny przekaz wiedzy fizycznej

Edward Rydygier

Urząd m .st. Warszawy

Twórcy reformy systemu edukacji założyli, że społeczeństwo będzie pozyskiwać wiedzę naukową ze źródeł pozaszkolnych. Takimi źródłami miały być muzea nauki, różne pikniki i festyny naukowe oraz media i Internet. W założeniu media miały spełniać rolę edukacyjną i popularyzatorską [1]. Niestety, nie przewidziano zmian kulturowych w społecznym odbiorze nauki i traktowaniu naukowców objawiających się w utracie prestiżu przez naukowców i nauczycieli, degrengoladzie inteligencji, powszechnym przyzwoleniu na ignorancję, czy obniżeniu standardów nauczania związanych z masowością szkolnictwa wyższego. Środki masowego przekazu uległy komercjalizacji, wobec czego media traktują doniesienia naukowe tak, jak ciekawostki, lub sensacje, a z odkrywców robią cele brytów [2]. Organizowane są nawet konkursy dla naukowców na ciekawe przedstawienie publiczności swoich osiągnięć w ciągu kilku minut. Informacje naukowe i artykuły popularyzatorskie zawierają wiele błędów, czy też pomyłek świadczących o tym, że ich autorzy posiadają ograniczoną wiedzę na tematy naukowe. Mimo tego redakcje nie korzystają z pomocy konsultantów naukowych z powodu oszczędności. Podobnie dzieje się w redakcjach wydawnictw książek popularnonaukowych, zwłaszcza przy tłumaczeniach z obcego języka. Redakcje oszczędzają na wynagrodzeniu i najmują do tłumaczenia marnych specjalistów. Czytelnicy otrzymują zatem błędne wiadomości naukowe, których nie potrafią skorygować korzystając z innych źródeł, np. Internetu. Niestety, źródła internetowe są również obciążone błędami [4].

Obserwowany analfabetyzm fizyczny społeczeństwa dotyka też dziennikarzy. Sami dziennikarze mają braki w wiedzy z zakresu nauk przyrodniczych, ale unikają krytyki korzystając ze swojego wysokiego prestiżu przy niskim prestiżu społecznym naukowców i nauczycieli. Komercjalizacja mediów wymusza pogoń za sensacją, co objawia się niezrozumieniem celu i metody przedstawianych badań naukowych, a często nawet ośmieszaniem wyników badań i osiągnięć naukowych (por. „ci szaleni naukowcy”). Na zmiany postrzegania naukowców i nauczycieli przez społeczeństwo ma wpływ wiele czynników. Jednak skutkiem reformy systemu edukacji jest nie przygotowanie absolwentów do dalszego pozyskiwania wiedzy w dorosłym życiu. Zbytne nakierowanie ucznia na posiadanie umiejętności pozbawiło go znajomości wiedzy ogólnej, a przez to utrudniło mu elastyczność w poszukiwaniu zatrudnienia. Szkoła nie przygotowała absolwentów do selekcji pozyskiwanej wiedzy oraz porównywania informacji zdobytych z różnych źródeł [3].

Na świecie fizycy próbują wykorzystać nowe technologie informatyczne w popularyzacji nauki konstruując gry sieciowe, tworząc nowatorskie przekazy polegające na rozmowie z psem o fizyce kwantowej, czy wykorzystując formę science-fiction. Godny polecenia jest tu światowy bestseller chińskiego inżyniera elektryka Cixin Liu pt. „Problem trzech ciał”, laureata nagrody Hugo dla najlepszej powieści w 2015 r. Jest to fantastyka oparta na „twardej” nauce rozgrywająca się w środowisku fizyków. Mark Zuckerberg, twórca Facebooka, uznał ją za jedną z najbardziej wartych przeczytania książek 2015 r.

[1] E. Rydygier, *Reforma edukacji a nauczanie fizyki*, Fizyka w Szkole, **4**, 50 (2010).

[2] E. Pietras, E. Rydygier, *Spoleczne koszty reformy systemu edukacji*, Fizyka w Szkole, **2**, 51 (2012).

[3] E. Rydygier, *Reforma edukacji a społeczny odbiór fizyki*, Fizyka w Szkole z Astronomią, **2**, 46 (2015).

[4] E. Rydygier: *Sprawozdanie z 43. Zjazdu Fizyków Polskich. Edukacja pozaszkolna i medialna*. Fizyka w Szkole z Astronomią, **6**, 24 (2015).

Przedшкоlaki i fizyka

Piotr Skurski , Michał Karbowski

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego

Z okazji tegorocznego Dnia Dziecka kolejna grupa dzieci w wieku 4 i 5 lat uczestniczyła w zajęciach zorganizowanych w Pracowni Dydaktyki Fizyki na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego.

W opracowaniu przedstawiamy zagadnienia i wyzwania, z jakimi musieliśmy się zmierzyć podczas przygotowania i realizacji zajęć oraz wynikające z nich wnioski i refleksje.

Tematyka serii zabaw w warstwie merytorycznej obejmowała m. in. konstruowanie siłomierza, pomiar sił i posługiwanie się wektorami dla obrazowania oddziaływań, zagadnienie równowagi.

Analiza procesu przygotowywania spotkań, rozwiązań dydaktycznych oraz przebiegu i efektów zajęć stała się przedmiotem ożywionych interdyscyplinarnych dyskusji, przedmiotem refleksji metodologicznej nad metodami badań prawidłowości w rozwoju poznawczym dzieci i młodzieży i ich możliwości poznawczych, a także pracy nauczycieli, ich przygotowania i doskonalenia zawodowego.

Zebrany podczas zajęć materiał obserwacyjny może stać się impulsem do podjęcia pogłębionych i interdyscyplinarnych badań osadzonych w obszarze dydaktyk szczegółowych oraz do przewartościowania spojrzenia na treści i sposób pracy nauczycieli fizyki, także na wyższych etapach edukacyjnych.

Właściwości fizyczne grafito-podobnych obiektów uzyskanych w wyniku napromieniowania promieniami γ (hamowania), o progowej energii 10MeV, gazowego helu pod wysokim ciśnieniem w CuBe_2 aparaturze

Roland Wiśniewski¹, Teresa Wilczyńska-Kitowska², Kacper Kitowski

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki (1952 – 2000, obecnie status prof. em.), 00-662 Warszawa, Polska, NCBJ Otwock-Świerk (2004 - 2014) Roland.Wisniewski@gmail.com, ²NCBJ (1968-2014)

Celem niniejszej prezentacji jest przedstawienie niektórych właściwości fizycznych i możliwej struktury krystalograficznej bogatych w węgiel obiektów, które zostały znalezione w komorze wysokociśnieniowej (HPC) o objętości około 1cm^3 , wypełnionej przed napromieniowaniem γ tylko czystym gazowym helem, pod ciśnieniem około 1kbar ($\rho = 0.099\text{ g/cm}^3$, $n_{\text{He}} = 1.36 \cdot 10^{22}\text{ at. He/cm}^3$). Obserwowane efekty napromieniowania opisano wstępnie w [1]. Dane przedstawione w niniejszej pracy dotyczą właściwości fizycznych obiektów grafito-podobnych znalezionych po napromieniowaniu i mają charakter pierwszych informacji. HPC wypełniona czystym helem o początkowym ciśnieniu 1.092kbar została napromieniowana kwantami γ o progowej energii 10MeV w czasie $1.0 \cdot 10^5\text{ s}$, przy natężeniu wiązki elektronów akceleratora (1.2-1.4) 10^{14} e/s . Po napromieniowaniu ciśnienie wewnątrz było znacznie niższe i wynosiło tylko 430 bar. Syntetyzowane makroskopowe ilości czarnych płatków o grubości (0.22 ± 0.02)mm i wiele innych obiektów znaleziono w wewnątrz HeHPC, głównie jednak przy korko-oknie promieni γ , wykonanego z brązu berylowego, patrz Fig. 1. Analizy, przy użyciu (SEM) i (MPRA), pozwoliły na ustalenie, że płatki składają się głównie z węgla i tlenu i z mniejszej ilości innych pierwiastków do żelaza (przybliżony skład w %wag.: 60 % C, 30 % O, 3% Mg, 2% N, 0.14% Si...). Dwa lata po wykonaniu pierwszego eksperymentu określono niektóre ich właściwości fizyczne, takie jak: niską gęstość (1.20 ± 0.20)g/cm³, rezystywność (wyższą niż $10^{10}\mu\Omega\text{m}$), wysoką podatność paramagnetyczną i niską wartość względnej stałej dielektrycznej $\epsilon_0 = (3 - 4)$. Wytrzymałość na ściskanie oceniono na 10MPa z pewnymi trudnościami, ponieważ spójność badanej próbki była osłabiona naturalnymi pęknięciami. Wstępne badania temperaturowe wykazały, że temperatura topnienia płatków jest nie wyższa niż $400\text{ }^\circ\text{C}$ (grafitu $T_{\text{topn.}} = 3000\text{ }^\circ\text{C}$). Zaproponowano wstępnie strukturę krystalograficzną grafito-podobnego obiektu z płaszczyznami jak w strukturze grafitu z odległościami pomiędzy warstwami prawie o 50% większymi, pomiędzy którymi lokują się atomy tlenu, magnezu i innych atomów. Propozycja bazuje na danych otrzymanych z użyciem dyfraktometru proskowego Siemens D500, wyposażonego w detektor półprzewodnikowy, Si, o wysokiej rozdzielczości. Również użyta druga metoda oznaczania składu chemicznego (EDX), w zasadzie potwierdziła poprzednie dane (wykonawstwo Instytutu Tele Radiotechnicznego – Warszawa [1]). Biorąc pod uwagę wyżej opisane wyniki z He (również z H_2 i D_2 [2]) jak i z Xe [3], możemy mówić o nowych - przy udziale reakcji jądrowych - makro, mikro i nanotechnologiach. Duże masy obiektów syntetyzowanych mogą być podstawą założenia istnienia nieznanych obecnie mechanizmów prowadzących do wystąpienia bardzo wielkich przekrojów efektywnych, lub nieznanych dotychczas oddziaływań wielu jądrowych i wielu atomowych.

[1] R. Wiśniewski, T. Wilczyńska-Kitowska, P. Mazerewicz, JPSA, **6**(6), 1-11 (2016).

[2] R. Wiśniewski, A.Yu. Didyk, JPSA **6**(4), 14 -21 (2016).

[3] A.Yu. Didyk, G.G. Ulbekian, G.V. Myshinsky and R. Wiśniewski, JPSA **6**(2), 18-28 (2016).

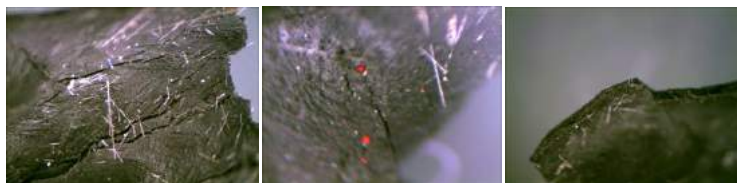


Fig. 1. Przykłady charakteru powierzchni badanych próbek (powiększenie około 40x).

Projekt SciFUN – czyli jak uczynić nauczanie przedmiotów ścisłych przyjemnością

Paweł Barczyński

Uniwersytet Łódzki

Uczenie się przedmiotów przyrodniczych nie zawsze kojarzy się z przyjemnością odkrywania, ciekawością, która napędza do działania, frajdą ze wspólnych odkryć. Często jedynym wspomnieniem po szkolnych przeżyciach związanych z uczeniem się fizyki czy chemii jest strach przed klasówką albo odpytywaniem. Nic dziwnego zatem, że wielu młodych ludzi nie decyduje się na to, aby kontynuować swoją edukację w tych dziedzinach, a już na pewno nie myśli o tym, aby zawodowo zajmować się badaniami. Nic dziwnego – nie mieli oni szansy poznać przyjemności płynącej z osobistej aktywności, prowadzącej do małych, ale własnych odkryć, na drodze do których wspierani byli umiejętnie przez swoich nauczycieli.

Projekt SciFUN, zrealizowany przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach programu Erasmus+, ma na celu popularyzację przedmiotów ścisłych wśród uczniów szkół podstawowych i gimnazjalnych. Jego celem jest zaoferowanie nauczycielom zestawu narzędzi, a także poszerzenie ich wiedzy i kompetencji pomocnych w zwiększeniu zaangażowania i motywacji uczniów do nauki przedmiotów ścisłych poprzez zastosowanie innowacyjnych rozwiązań, które czynią naukę miłą i ciekawą. Projekt proponuje poszukiwanie atrakcyjnych kontekstów nauczania, bliskich uczniom i ich codziennym sprawom i wykorzystywanie ich przy opracowywaniu materiałów dydaktycznych.[1]

Plakat przedstawia główne wyniki badań porównawczych jakie przeprowadzone zostały przez partnerów projektu z Rumunii (Group for European Integration oraz Uniwersytet w Pitesti), Cypru (CARDET i InnovADE), Irlandii (Louth Meath Education and Training Board) oraz Polski (Uniwersytet Łódzki).

Najważniejszym produktem projektu SciFUN, który zaprezentuje również plakat, jest jednak Toolkit – zestaw narzędzi dla nauczycieli. Ma on na celu realną pomoc podczas przygotowywania zajęć angażujących, ciekawych, interesujących i co równie ważne, dających przyjemność z uczenia się. Będzie on dostępny on-line po zakończeniu projektu na stronie internetowej. W dużej części będzie tłumaczony na lokalne języki partnerów tak, aby tym łatwiej było z niego skorzystać nauczycielom.

[1] <http://scifun.eu>, dostęp: maj 2017.



Dydaktyczne laboratorium podstawy optoelektroniki

K. Gut

Katedra Optoelektroniki, Politechnika Śląska, 44-100 Gliwice, ul. Krzywoustego 2

W prezentacji zostaną przedstawione wybrane ćwiczenia laboratoryjne realizowane w laboratorium Podstawy Optoelektroniki przez studentów różnych kierunków Politechniki Śląskiej. Od szeregu lat stwierdza się znaczny spadek praktycznych umiejętności prowadzenia pomiarów oraz podstawowych pojęć z zakresu optyki. Dlatego przygotowano ćwiczenia z podstaw optyki geometrycznej i falowej.

Studenci wyznaczają ogniskową soczewki metodą Bessela, czy na podstawie rozkładu natężenia światła za szczeliną mają wyznaczyć jej rozmiary. Dla wielu studentów bardzo trudny pojęciem jest polaryzacja fali świetlnej. Aby zapoznać z tym pojęciem mierzone jest natężenie światła za polaryzatorem jako funkcja jego obrotu. Na tym samym stanowisku studenci zapoznają się ze zjawiskiem Pockelsa.

Rozwój technologii ciekłych kryształów spowodował powstanie monitorów LCD. Coraz większa różnorodność monitorów powoduje konieczność porównywania ich parametrów. Na kolejnym stanowisku studenci poznają i wyznaczają takie parametry: rozmiar piksela, czasu reakcji monitora, częstotliwości odświeżania i kontrastu.

Przy następnych stanowiskach studenci poznają budowę włókna optycznego oraz wyznaczają prędkość transmisji optycznej.

Dostępność spektrometrów światłowodowych pozwala na realizację kilku interesujących stanowisk do pomiarów charakterystyk spektralnych źródeł światła oraz wpływu parametrów pracy na widmo optyczne.

Optoelektronika to dziedzina która stale się rozwija w przyszłości będą zmieniać się technologia i sposoby konstrukcji różnych układów ale podstawy fizyczne urządzeń powinny być znane każdemu absolwentowi optoelektroniki.

Specyfika doświadczeń fizycznych w szkolnych placówkach przyszpitalnych

Iwona Iwaszkiewicz – Kostka, Krzysztof Gębura

Wydział Fizyki, Uniwersytet im.A.Mickiewicza w Poznaniu,

ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań

W prezentowanym komunikacie autorzy przedstawiają projekt eksperymentowania fizycznego realizowany w poznańskich szkołach przy Zespołach Opieki Zdrowotnej dla dzieci i młodzieży, uwzględniający specyfikę danego oddziału szpitalnego.

Zajęcia są prowadzone już od 2015 roku, a prezentowane doświadczenia były wykonywane w roku szkolnym 2016/2017.

Przygotowując ten projekt, wychodziliśmy z założenia, że w procesie dydaktycznym eksperyment, oprócz funkcji kształcącej spełnia inne istotne funkcje, nie związane bezpośrednio z merytoryczną treścią fizyki, takie jak na przykład oderwanie się od własnych problemów zdrowotnych.

Wykonywane osobiście przez dzieci doświadczenia naszym zdaniem nie tylko ułatwiały konstrukcje i wzbogacanie wiedzy fizycznej, ale na skutek angażowania wiele zmysłów jednocześnie (dotyk, słuch, wzrok) silnie oddziaływały na ośrodki emocjonalne wywołując pozytywne ich pobudzenie. Eksperymenty te powodowały również ogromne zainteresowanie wśród rodziców hospitalizowanych dzieci i opiekującego się nimi personelu medycznego.

Dlatego kolejnym, zrealizowanym zamierzeniem autorów, było przeprowadzenie na terenie Wydziału Fizyki UAM Poznań, szkoleń dla nauczycielek tychże placówek z wybranych, ewentualnie specjalnie opracowanych przez autorów, eksperymentów fizycznych.



Przykłady błędnego wnioskowania statystycznego w naukach przyrodniczych

Roman Szostek

Politechnika Rzeszowska, Katedra Metod Ilościowych, Rzeszów

W artykule przedstawione zostały przykłady błędnego wnioskowania statystycznego. Przedstawione przykłady dotyczą dwóch przypadków. Pierwszy przypadek polega na wyciąganiu nieuprawnionych wniosków na podstawie nieświadomego porównywania grup niereprezentatywnych. Drugi przypadek polega na wyciąganiu błędnych wniosków o związkach przyczynowo skutkowych na podstawie korelacji dwóch cech statystycznych.

Przedstawione przykłady błędnego wnioskowania statystycznego zostały zauważone w czasopismach popularnych, rozgłośni radiowej oraz książce popularno naukowej.

- [1] R. Szostek, *Metodologia badań statystycznych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 272, Zarządzanie i Marketing, z. 17(4), Rzeszów 2010, pp. 149-157

Nowe technologie a metody tradycyjne na lekcjach fizyki

Anna Kamińska

Akademia Pomorska w Słupsku, Instytut Fizyki, ul. Arciszewskiego 22b, 76-200 Słupsk

Rozwój nowych technologii uczynił wiedzę dostępną w każdym miejscu, o dowolnym czasie i po minimalnych kosztach. Obecnie większość informacji w zakresie np. fizyki współczesnej pochodzi z sieci lub doniesień prasowych. Stan dostępności wiedzy we współczesnym świecie Karwasz nazywa hyper-inflacją informacyjną [1]. Problemem staje się nie sama wiedza, ale możliwość jej uporządkowania przez indywidualnego odbiorcę, a przez to możliwość jej dalszego wykorzystania. Poważnym problemem staje się interpretacja docierających do nas informacji.

Nikt już chyba nie zaprzeczy, że stosowna animacja, ilustrująca czy to zjawisko fotosyntezy, czy ruchu jednostajnie przyspieszonego, może pomóc w przyswojeniu nauczanych zagadnień. Czy należy jednak zmierzać w pędzie za nowoczesnością do zastąpienia tradycyjnych metod nauczania przekazem cyfrowym? Czy "złota zasada" J. A. Komeńskiego dla nauczycieli: "ażeby co tylko mogą, udostępniali zmysłom" [2], nie jest już aktualna?

Fizyka jest nauką o otaczającym nas świecie, dlatego bardzo ważne w nauczaniu są doświadczenia i eksperymenty, potwierdzające zjawiska, które uczniowie obserwują na co dzień. Samo wykorzystanie Internetu i symulacji, czy doświadczeń przeprowadzonych przy pomocy komputera nie daje rzeczywistego obrazu o zjawiskach zachodzących w przyrodzie. Fizyka ma niezwykle dużo możliwości do pokazania i poznawania zjawisk rzeczywistych, dlatego też wyeliminowanie tradycyjnych środków dydaktycznych nie może mieć miejsca we współczesnej szkole [3].

Zostaną przedstawione zalety i zagrożenia nowych technologii w procesie edukacji, na podstawie badań własnych.

[1] G. Karwasz, Między neo-realizmem a hyper-konstruktywizmem - strategie dydaktyczne dla XXI wieku, *Problemy wczesnej edukacji*, nr 3(15), (2011).

[2] J.A Komeński, *Wielka Dydaktyka*, Ossolineum, Wrocław (1956).

[3] A. Kamińska, Rola nowych technologii w nauczaniu - przykład fizyki, *Nowe media w edukacji*, red. T. Lewowicki, B. Siemienicki, wyd. Adam Marszałek, Toruń (2011).



Thomas precession and torque

Krzysztof Rębilas

*Zakład Fizyki, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie,
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, Poland*

Special relativity predicts that a spinning object with a constant angular momentum in its rest frame, when transported around an orbit, will undergo the Thomas precession in the laboratory frame. As no torque is applied in the rest frame of the gyroscope, it seems that the principle of conservation of angular momentum is violated. We show that in fact the Thomas precession of the gyroscope is accompanied by a torque when observed in the laboratory frame. The spin dynamics equation (the BMT equation) is presented in terms of a torque applied to the spin. A method of finding an explicit expression for the torque is demonstrated in the case of a gyroscope performing circular motion. An unexpected oscillatory character of the torque is explained in terms of the difference between the proper spin and the spin observed in the laboratory frame.

- [1] L. H. Thomas, *Philos. Mag.* 3, 1 (1927).
- [2] R. A. Muller, *Am. J. Phys.* 60, 313 (1992).
- [3] C. Misner, K. Thorne, and J. A. Wheeler, *Gravitation* (Freeman, San Francisco, 1973).
- [4] V. Bargmann, L. Michel, and V. L. Telegdi, *Phys. Rev. Lett.* 2, 435 (1959).
- [5] K. Rębilas, *Am. J. Phys.* 79, 1064 (2011).
- [6] K. Rębilas, *Found. Phys.* 41, 1800 (2011).
- [7] K. Rębilas, *Am. J. Phys.* 83, 199 (2015).
- [8] J. D. Jackson, *Classical Electrodynamics*, 3rd edition (Wiley, New York, 1999).
- [9] W. K. H. Panofsky and M. Philips, *Classical Electricity and Magnetism* (Addison-Wesley, Reading, MA, 1962).
- [10] R. Hagedorn, *Relativistic Kinematics* (W. A. Benjamin, New York, 1963).

Uczniowskie planetarium

Mirosław Brozis

*I Liceum Ogólnokształcące w Słupsku ul. Sz. Szeregów 15
Akademia Pomorska w Słupsku ul. K. Arciszewskiego 22B
bromir1@poczta.fm*

Uczniowie I Liceum Ogólnokształcącego w Słupsku im. B. Krzywoustego w ciągu trzech tygodni zbudowali planetarium z ogólnie dostępnych materiałów. Podstawowe warunki jakie sobie założyliśmy była mobilność, możliwość szybkiego rozłożenia i złożenia oraz dostępność materiałów w dowolnym miejscu na ziemi. Udało się to osiągnąć i planetarium zostało zaprezentowane na konferencji Revolve IPC w Centrum Nauki Kopernik w Warszawie w czerwcu 2016.

Praca przy budowie planetarium wpłynęła na rozwinięcie szeregu kompetencji u uczniów. Najważniejsze były planowanie i praca w grupie. Uczniowie nauczyli się przewyżczać problemy jakie ich spotykają. Poznali podstawy planowania konstrukcji oraz metody projekcji obrazu na kopule planetarium. Przygotowując program projekcji uczniowie nauczyli się obsługi programów astronomicznych, a co najważniejsze poszerzyli swoją wiedzę na temat astronomii, która niestety realizowana jest w szkole w małym zakresie. Budowa planetarium rozwinęła również kompetencje matematyczne – obliczenie potrzebnych materiałów, konstrukcja bryły przestrzennej. Również wiedza z fizyki została poszerzona o elementy optyki – możliwości projekcji przy użyciu zwierciadła wypukłego, elementy termodynamiki – wymiana ciepła, budowa chłodziarki. Dodatkowo uczniowie napisali instrukcję budowy planetarium w języku polskim i angielskim. Instrukcja budowy jest dostępna dla wszystkich zainteresowanych. Na bazie projektu powstało podobne planetarium w gimnazjum nr 33 im. Stefana Banacha w Gdańsku.

Od konkursu fizycznego po Uniwersytet w Stanford – rok z dziejów klasy

Mirosław Brozis

*I Liceum Ogólnokształcące w Słupsku ul. Sz. Szeregów 15
Akademia Pomorska w Słupsku ul. K. Arciszewskiego 22B
bromir1@poczta.fm*

Rok 2016 był niesamowitym rokiem w historii klasy rocznik 1998 mat–fiz–inf. ILO w Słupsku. Zaczęło się od sukcesu w półfinale międzynarodowego konkursu TMF. Szkolna drużyna została zakwalifikowana do półfinału, który odbył się w siedzibie PAN w Warszawie, gdzie zajęła trzecie miejsce. Pełni zapału uczniowie przystąpili do kolejnego konkursu – pierwszej edycji europejskiego konkursu CanSAT. Po sprostaniu wymaganiom drużyna 13OZ wzięła udział w zawodach finałowych. Ostatecznie 13OZ zajęło czwarte miejsce w finale ogólnopolskim. W międzyczasie pojawiło się kolejne wyzwanie. Fablab przy CNK w Warszawie ogłosił konkurs na wykonanie pełni wymiarowego planetarium. Pomysł bardzo się spodobał uczniom. Warunki narzucone przez CNK wymagały wykonanie i przetestowanie planetarium w niespełna trzy tygodnie. Pełni zapału uczniowie zaplanowali i zbudowali planetarium w tydzień. Dużym wyzwaniem była mobilność planetarium. Grupie udało się zaprojektować kopułę, którą można zbudować w około 1,5 godziny, co daje czas od rozpoczęcia budowy do uruchomienia projekcji około 2 godziny. Tak przygotowane planetarium sprostało oczekiwaniom CNK i grupa została zaproszona do udziału w międzynarodowej konferencji zreszającej planetaria z całego świata IPS Revolve! w czerwcu 2016 roku. Szkolne planetarium odwiedziło bardzo wielu uczestników z całego świata i wywołało duże poruszenie i zainteresowanie. Wizyta w naszym planetarium pracowników Uniwersytetu w Stanford zaowocowała zaproszeniem naszej grupy do USA na konferencję naukową. Podstawowym problemem z jakim się spotkaliśmy było zebranie odpowiedniej ilości środków finansowych na pokrycie kosztów przelotu i pobytu. Uczniowie założyli kampanię crowdfundingową na jednym z portali i rozpoczęli zbieranie pieniędzy. Część potrzebnej kwoty udało się zebrać dzięki wpłatom 191 osób i instytucji, które uwierzyły, że warto wspierać taki projekt. W trakcie trwania kampanii zbierania pieniędzy uczniowie „w międzyczasie” 16-17 września 2016 roku wzięli udział w festiwalu „Nauki przyrodnicze na scenie 7” – polskiej edycji europejskiej sieci Science of Stage. 2 października wylecieliśmy do USA. Głównym celem pobytu było przeprowadzenie przez uczniów warsztatów dla edukatorów i nauczycieli z terenu USA na międzynarodowej konferencji FabLEARN na Uniwersytecie Stanford. Warsztaty cieszyły się ogromną popularnością. Uczniowie dostali propozycję wzięcia udziału w naukowej sesji plakatowej, w której prezentowali, w jaki sposób rozwiązywali problemy techniczne przy budowie planetarium. Podsumowując w roku 2016 uczniowie jednej klasy wzięli udział w ogólnopolskim finale dwóch międzynarodowych konkursów, uczestniczyli czynnie w konferencji europejskiej oraz w dwóch konferencjach o zasięgu światowym.

Popularyzacja nauki przez studentów Instytutu Fizyki Akademii Pomorskiej w Słupsku

Anna Kamińska, Agnieszka Włodarkiewicz, Marta Szynszecka

Akademia Pomorska w Słupsku, Instytut Fizyki, ul. Arciszewskiego 22b, 76-200 Słupsk

Instytut Fizyki Akademii Pomorskiej w Słupsku wychodząc do społeczności regionu (i nie tylko) prowadzi szereg działań popularyzatorskich, w których chętnie biorą udział także studenci. Fizyki możemy uczyć każdego – od przedszkolaka po seniora. Wykorzystujemy do tego inicjatywy społeczne służące upowszechnianiu wiedzy we wszystkich grupach wiekowych – imprezy cykliczne jak Bałtycki Festiwal Nauki, pikniki naukowe, spotkania z nauką. Pracownicy IF wraz ze studentami biorą czynny udział w Nocy Muzeów – organizowanej przez władze samorządowe w Słupsku. Impreza cieszy się dużym zainteresowaniem wśród mieszkańców.

Instytut Fizyki współorganizował "Ferie z fizyką" - pokazy z zajęciami praktycznymi odbywały się na terenie Centrum Handlowego JANTAR w Słupsku i były skierowane zarówno dla dzieci jak i dorosłych. Celem imprezy było zachęcenie rodzin do wspólnego eksperymentowania.

Pracownicy i Studenci Instytutu Fizyki zorganizowali cykliczne zajęcia praktyczno - pokazowe z fizyki skierowane do dzieci w wieku przedszkolnym. Spotkania są prowadzone przez wykładowców akademickich. Przy współpracy Pracowników Instytutu Fizyki AP został opracowany program z edukacji poznawczej dedykowany do całej społeczności przedszkolnej (nauczycieli, dzieci i ich rodziców): "Mali badacze z Przedszkola Miejskiego nr 19 Słupskiego Chłopczyka". Zajęcia odbywały się co miesiąc na terenie przedszkola.

To tylko kilka propozycji z licznych inicjatyw Instytutu Fizyki AP, w których studenci chętnie się angażują i dobrze się bawią wraz z uczestnikami imprez.

**Badania DFT protonowych klasterów wody****Tomasz Wróblewski , Anna Kamińska***Akademia Pomorska w Słupsku, Instytut Fizyki, ul. Arciszewskiego 22b, 76-200 Słupsk*

Badania protonowych klasterów wody prowadzone są w wielu laboratoriach (zob. [1-2] dla referencji). Jednakże wartości eksperymentalne takich wielkości, jak energie dysocjacji lub entalpie tworzenia klasterów charakteryzują się dużym rozrzutem. W otrzymaniu dokładnych wartości energetycznych mogą być pomocne metody obliczeniowe chemii kwantowej, jednakże jest ich tak wiele, że pewnym problemem może być wybór odpowiedniej metody. Dotyczy to szczególnie metod DFT.

W pracy tej przedstawiono wyniki obliczeń entalpii reakcji tworzenia klasterów $H+(H_2O)_n-1 + H_2O \rightarrow H+(H_2O)_n$ z $n=1-4$ dla 10 różnych funkcjonałów w bazie funkcyjnej 6-311G++(3df,3pd) (Tab. 1). Wyniki porównane zostały z wartościami eksperymentalnymi [3] oraz z obliczeniami dokładną metodą CBS Q.

Tabela 1. Entalpie tworzenia protonowych klasterów wody oraz współczynniki determinacji R^2 .

Metoda	ΔH_f^0 (kcal/mol)				R^2
	n=1	n=2	n=3	n=4	
BVP86	163.84	37.55	21.65	16.92	0.99861
B3LYP	163.79	36.20	21.10	17.18	0.99923
B3PW91	165.83	36.26	20.78	16.63	0.99914
MPW1PW1	165.92	36.80	21.40	17.29	0.99915
PBEPBE	163.22	38.15	22.24	17.63	0.99856
PBE1PBE	165.38	37.33	21.87	17.58	0.99903
HCTH	165.70	35.25	19.71	16.05	0.99928
THCTH	166.50	37.32	21.49	17.12	0.99893
TPSSTPSS	164.89	37.37	21.55	17.40	0.99891
CBS-Q	164.03	32.97	20.51	17.20	0.99995
Exp	165.0	32.0	20.0	17.3	

Jako kryterium zgodności obliczonych i eksperymentalnych wartości przyjęto wielkość współczynnika determinacji R^2 . Najlepszą zgodność otrzymano dla metody CBS-Q. Bardzo dobre wyniki obliczeń uzyskane zostały również dla funkcjonałów HCTH ($R^2= 0.99928$) i B3LYP ($R^2= 0.99923$).

[1] T. Wroblewski, , Int. J. Mass Spectr., 97 (2001) 207.

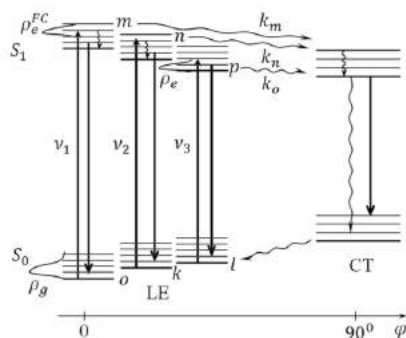
[2] T. Wroblewski, , Rad. Phys. Chem., 68 (2003) 318.

[3] NIST Standard Reference Database Number 69, <http://webbook.nist.gov/chemistry>

Spectral broadening and REEE in liquid and viscous solutions of DMABN

Vladimir I. Tomin¹, Joseph M. Dubrovkin², Agnieszka Włodarkiewicz¹¹ Institute of Physics, Pomeranian University, Slupsk 76-200, Poland² Computer Department, The Western Galilee College, 2421 Acre, Israel

Effect of intensity redistribution of two fluorescence bands of N,N'-Dimethylaminobenzonitrile in polar solutions of the different viscosity was studied using selective UV irradiation over the red edge of the main absorption band. The effect being depends on temperature and viscosity, indicated eloquently strong inhomogeneous spectral broadening appearing at the red edge excitation. The conformational broadening exists for electronic transitions in the range of the local excited short wavelength band with weak change of electric dipole moments of the solutes. It was found that the spectral conformational broadening may exist independently on the orientational broadening which is due to the change of solute electric dipole moments in polar media and of thermal environmental fluctuations. When different conformers are excited into upper singlet levels, there is no fast dissipation of excitation energy over different conformational sublevels compared to the charge transfer reaction rates. In this case fluorescence and the charge transfer reaction occur from Franck-Condon sublevels with different rates.



Energy levels of DMABN molecule taking into account conformational states in the LE manifold. Three conformational sublevels *o*, *k* and *l* in the ground electronic state correspond to different twist angles of (ME)₂ group with respect to the benzonitrile moiety. Franck-Condon conformational levels for these states are denoted by *m*, *n* and *p*, respectively. CT state is in essence conformation with twist angle $\varphi = 90^\circ$.

[1] V. I. Tomin, J. M. Dubrovkin, A. Włodarkiewicz, *Journal of Luminescence* **190**, 344 (2017).

[2] V. I. Tomin, A. Włodarkiewicz, *Optics and Spectroscopy* **115**, 85 (2013).

Warsztaty Naukowe Lato z Helem

Zbigniew Trybuła, Małgorzata Trybuła

*Institut Fizyki Molekularnej PAN,
ul. M. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań
Zakład Fizyki Niskich Temperatur w Odolanowie*

Zakład Fizyki Niskich Temperatur w Odolanowie Instytutu Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu jest jedyną placówką Polskiej Akademii Nauk na terenie Powiatu Ostrowskiego. Od 40 lat prowadzimy działalność naukową wykorzystując ciekły hel, który jest najzimniejszą cieczą na Ziemi 4,2K (-269°C). Oprócz głównej naszej działalności naukowej, zajmujemy się również popularyzacją fizyki.

W 2017 roku, już po raz trzydziesty trzeci zorganizowaliśmy *Warsztaty Naukowe Lato z Helem*, na które przyjeżdżają studenci i uczniowie z całej Polski, ucząc się poprzez wykłady i ćwiczenia fascynującej fizyki. Pomysłodawcą *Warsztatów Naukowych Lato z Helem* był prof. dr hab. Jan Stankowski. W 1985 roku Tomasz Stankowski i prof. dr hab. Antoni Wójcik, dziekan Wydziału Fizyki UAM, w tamtym czasie studenci Wydziału Fizyki Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu, zgodzili się by obóz Koła Naukowego Fizyków zorganizować w Odolanowie jako pierwsze *Warsztaty Naukowe Lato z Helem*.

Młodzi ludzie podczas *Warsztatów* mają okazję słuchać wykładów wygłaszanych przez najwybitniejszych fizyków przyjeżdżających do Odolanowa z całej Polski, którym chcemy podziękować, że zawsze przyjmowali z entuzjazmem nasze zaproszenie. Młodzi adepci fizyki, podzieleni na grupy, samodzielnie wykonują eksperymenty. Po ich opracowaniu przedstawiają je na swoich seminariach na zakończenie *Warsztatów*, które wysłuchuje, specjalnie przyjeżdżając do Odolanowa, prof. dr hab. Ryszard Naskręcki - prorektor Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu.

Przez okres 33 lat do Odolanowa przyjechało 137 wykładowców, którzy wygłosili 314 wykładów dla 652 uczniów i studentów z całej Polski. Uczestnikami *Warsztatów Naukowych Lato z Helem* na początku byli studenci Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza i Politechniki Poznańskiej. Od 1994 roku przyjeżdżają także uczniowie z Krajowego Funduszu na Rzecz Dzieci. To sprawiło, że mamy najzdolniejszą młodzież z całej Polski. Obecnie nasi uczniowie i studenci są już magistrami, doktorami, a nawet profesorami.

Bardzo się cieszymy, że fizyka tak ich zafascynowała, że związali z nią całe swoje życie.

W 2009 roku *Warsztaty Naukowe Lato z Helem* zostały rozszerzone na całoroczną pracę z młodzieżą. Wspólnie z nauczycielami i uczniami Gimnazjum im. Jana Pawła II w Odolanowie powołaliśmy do życia Koło Naukowe, które razem z naszym Zakładem Fizyki Niskich Temperatur zorganizowało dziewięć zupełnie niepowtarzalnych *Wystaw Interaktywnych*, które pozwoliły uczniom ze szkół powiatu ostrowskiego zobaczyć jak interesująca jest fizyka, chemia, biologia, czy inne dziedziny wiedzy.

Organizacja *Warsztatów* jest możliwa dzięki wsparciu sponsorów: PGNiG S.A. Oddział w Odolanowie, GAZ-SYSTEM S.A. Oddział w Poznaniu, Komitet Fizyki PAN w Warszawie, Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Krajowy Fundusz na rzecz Dzieci, EURO-HEL i wielu innych, którym składamy serdeczne podziękowania.



Warsztaty Naukowe Lato z Helem 2007

Wystawy Interaktywne

Małgorzata Trybuła, Zbigniew Trybuła

*Instytut Fizyki Molekularnej PAN,
ul. M. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań
Zakład Fizyki Niskich Temperatur w Odolanowie*

W 2009 roku wspólnie z nauczycielami i uczniami Gimnazjum im. Jana Pawła II w Odolanowie powołaliśmy do życia Koło Naukowe, które razem z naszym Zakładem Fizyki Niskich Temperatur zorganizowało dziewięć zupełnie niepowtarzalnych *Wystaw Interaktywnych*, które pozwoliły uczniom ze szkół powiatu ostrowskiego zobaczyć jak interesująca jest fizyka, chemia, czy inne dziedziny wiedzy. Wystawy te są imprezą towarzyszącą Warsztatom Naukowym Lato z Helem.

Zdajemy sobie sprawę, że zdobywanie wiedzy powinno być zmotywowane tym, aby coraz lepiej zrozumieć otaczający nas świat. Najlepiej rozumiemy, gdy możemy poznawane zjawiska przedstawić poprzez doświadczenia, które sami robimy. Właśnie kreatywność młodych ludzi wykorzystaliśmy przygotowując dziewięć wystaw:

- 2009 „*Fascynujący świat fizyki*”,
- 2010 „*Chronisz, oszczędzasz, wygrywasz*”,
- 2011 „*Odkrycia zmieniające naszą rzeczywistość*”,
- 2012 „*Cudze chwalicie swego nie znacie...*”,
- 2013 „*Węgiel i jego tajemnice*”,
- 2014 „*Nauka w kuchni*”,
- 2015 „*Tajemnice człowieka*”,
- 2016 „*Niezastąpiona woda*”,
- 2017 „*Czy wszystko da się zmierzyć?*”.

W każdym roku w projekcie uczestniczy młodzież - osiemdziesięcioro uczniów Gimnazjum Jana Pawła II w Odolanowie i Gimnazjum ze Świecy ze swoimi nauczycielami oraz pracownicy Zakładu Fizyki Niskich Temperatur w Odolanowie Instytutu Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu. Wystawę zwiedza co roku ponad 1000 osób od przedszkolaka, przez uczniów podstawówki przez gimnazjalistów po mieszkańców z Powiatu Ostrowskiego.

Tegoroczny temat „*Czy wszystko da się zmierzyć?*” poruszył młode umysły uczniów. Dziewiętnaście tematów zostało wybranych w wielu dyscyplinach: od fizyki, chemii, biologii, matematyki, geografii, historii, informatyki po język angielski. Grupy z fizyki pokazywały jak mierzyć prędkość światła za pomocą wafelków czekoladowych w mikrofalówce, jak z gwoździa można zrobić elektromagnes, i jak to jest z tym polem magnetycznym wokół przewodnika, w którym płynie prąd. Po angielsku można było dowiedzieć się o miarach w krajach anglojęzycznych.



Młodzi zwiedzający wystawę „*Czy wszystko da się zmierzyć?*” - maj 2017.



Młodzież przygotowująca wystawę „*Nauka w kuchni*” 2014.

Kształcenie przyszłych nauczycieli fizyki – wczoraj i dziś

Małgorzata Wysocka-Kunisz

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Fizyki

Minęło pięć lat od czasu wprowadzenia nowych standardów kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela [1]. Wprowadzone w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 17 stycznia 2012 roku przepisy wprowadziły chaos w systemie przygotowania przyszłych nauczycieli, pogłębiły wśród studentów niechęć do wyboru specjalizacji nauczycielskiej na studiach i spowodowały zastój w przygotowaniu przyszłych nauczycieli fizyki.

W latach 2004–2012 uczelnie już na poziomie licencjatu obligatoryjnie przygotowywały do nauczania dwóch przedmiotów w gimnazjum. Na poziomie studiów drugiego stopnia studenci uzyskiwali uprawnienia do nauczania fizyki w szkole ponadgimnazjalnej. W myśl obowiązujących od 2012 roku standardów na poziomie licencjatu można przygotowywać tylko nauczyciela uczącego w szkole podstawowej. Przygotowanie nauczyciela fizyki może odbywać się więc dopiero w trakcie studiów drugiego stopnia, dając uprawnienia do pracy we wszystkich typach i rodzajach szkół.

Od września 2017 roku ma zmienić się struktura i organizacja szkół w Polsce, ale ustawodawcy wciąż nie wprowadzili nowych przepisów dotyczących przygotowywania przyszłych nauczycieli.

Zdaniem wielu ekspertów kształcenie przyszłych nauczycieli jest jednym z najsłabszych ogniw edukacji w Polsce [2]. Uczelnie przygotowują za mało nauczycieli, a w niektórych ośrodkach z programów kształcenia w ogóle usunięto specjalizacje nauczycielskie. Z drugiej strony rośnie zapotrzebowanie na dobrze przygotowanych, kreatywnych nauczycieli, którzy posiadają umiejętność samodzielnego myślenia, uczenia się i doskonalenia oraz potrafią analogiczne umiejętności przekazać swoim uczniom w dynamicznie zmieniającej się rzeczywistości [3].

W komunikacie przedstawione zostaną szczegółowo zmiany, które nastąpiły, oraz propozycje dotyczące przygotowania przyszłych nauczycieli fizyki.

[1] Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 17 stycznia 2012 roku w sprawie standardów kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela, MNiSzW, Warszawa 2012

[2] *Raport o stanie edukacji. Społeczeństwo w drodze do wiedzy*, Instytut Badań Edukacyjnych, Warszawa 2011

[3] Małgorzata Wysocka-Kunisz, *Przygotowanie nauczycieli fizyki a nowe standardy kształcenia*, w: A. Krajna, L. Ryk, K. Sujak-Lesz (red.), *Problemy dydaktyki fizyki*, Oficyna Wydawnicza ATUT Wrocławskie Wydawnictwo Oświatowe, Czeszów-Wrocław 2013, s. 185-194



Monte Carlo simulation and analysis of photon beam characteristics for a new medical accelerator constructed in NCBJ

S. Allen, A. Wasilewski, A. Wysocka-Rabin

Narodowe Centrum Badań Jądrowych, ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock

Monte Carlo simulations are widely known to be the most accurate method of modelling the complex physics involved in the transport of electrons and photons through matter. EGSnrc / BEAMnrc is the foremost Monte Carlo software able to provide the details of the beam characteristics that are necessary for accelerator design, and is widely used throughout our work.

The aim of this work was to investigate the photon beam characteristics of NCBJ's new medical accelerator. We aimed to find the relationship between the varying input electron energies incident on the target, and the percentage depth dose of the photon beam used for medical treatment. The beam shaping system of the accelerator was modelled in EGSnrc / BEAMnrc in several stages. Each stage ends in a scoring plane, producing a phase-space file containing data relating to the energy, position, direction and charge for every particle crossing the plane.

Stage 1 simulated transport through the target, target housing and primary collimator. Stage 2 simulated the ionisation chamber, flattening filter and jaws.

These calculations were performed for several electron beams, some monoenergetic and some with a spectrum of energies close to 6, 7 and 8 MeV. The spectra were received from beam dynamics calculations for the accelerating structure of the linac.

Depth dose calculations were performed using DOSXYZnrc, in a water phantom with voxel size 1 cm in the x and y direction, and 0.1 cm for 30cm in the z direction. Simulations were performed for different flattening filters, with beam field sizes of 5 x 5cm, 10 x 10cm and 20 x 20cm. Dose distribution profiles for these fields were calculated using DOSXYZnrc, in a water phantom with voxel sizes 0.2 cm in the x and y direction, and 1 cm in the z direction.

The results of our calculations will be used in the optimisation of the accelerating structure.



Działalność edukacyjna w NCBJ

Martyna Gąsowska

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Niniejsze wystąpienie poświęcone będzie zaprezentowaniu działalności dydaktycznej Działu Edukacji i Szkoleń Narodowego Centrum Badań Jądrowych, obejmującej rocznie około 7 000 uczniów szkół ponadpodstawowych, studentów uczelni wyższych oraz innych zainteresowanych grup społecznych i zawodowych. Przedstawione zostaną stosowane metody edukacji, w tym funkcjonowanie unikatowego Laboratorium Fizyki Atomowej i Jądrowej, a także wnioski wynikające z wieloletniej działalności działu.

Rekomendacja PTF na temat metod analizy wyników doświadczeń w nauczaniu szkolnym

Włodzimierz Natorf¹, Andrzej Zięba², Jan Grabski³, Andrzej Majhofer⁴,
Tadeusz M. Molenda⁵, Jan Mostowski⁶

¹ *IX Liceum Ogólnokształcące im. Klementyny Hoffmanowej,
ul. Hoża 88, 00-682 Warszawa, nauczyciel emerytowany*

² *Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza,
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

³ *Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, ul. Koszykowa 75, 02-660 Warszawa*

⁴ *Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. L. Pasteura 5, 02-093 Warszawa*

⁵ *Wydział Matematyczno-Fizyczny, Uniwersytet Szczeciński,
ul. Wielkopolska 15, 70 - 451 Szczecin*

⁶ *Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa*

Przedstawiony zostanie projekt rekomendacji PTF dotyczącej sposobu wprowadzania pojęcia niepewności pomiaru do praktyki nauczania szkolnego. Uwzględniamy możliwości percepcyjne uczniów podczas kolejnych etapów nauczania i proponujemy zakres metod analizy szkolnych doświadczeń możliwy do wprowadzenia na każdym z tych etapów. Rekomendacja skierowana jest do nauczycieli fizyki szkół wszystkich szczebli, autorów i recenzentów podręczników oraz innych osób mających wpływ na nauczanie fizyki w polskich szkołach.

W rekomendacji proponowane jest ujednoclenie stosowanych do tej pory różnych metod wyznaczania i różnych form zapisu niepewności pomiaru.

Zawarte w „Rekomendacji” zapisy uwzględniają zalecenia opracowane przez międzynarodowe gremia (konwencja GUM z 1995 r), stosowane obecnie w praktyce współczesnych nauk doświadczalnych i w technice.

Violation Kasha rule in properties of DMABN dual fluorescence

W.I. Tomin, A. Włodarkiewicz

Akademia Pomorska w Słupsku

Strong redistribution of the intensities between two fluorescence bands of *N,N'*-Dimethylaminobenzonitrile (DMABN) in acetonitrile under selective excitation by UV light with different photon energies was discovered and studied. Fluorescence of solution in all cases exhibits two broad bands, short wavelength near 350 nm belonging to the local excited (LE) states and longer at 470 nm ascribed to the charge transfer (CT) states of DMABN. The 350 nm band localization depends weakly on excitation, shifting to the blue side with a growth of quanta of excitation energy, on contrary the 470 nm band is practically the same for all excitation wavelengths in the range 220-290 nm. Remarkably, that at the same time permanent drop of relative intensities LE/CT band is registered with excitation shift to the red side of spectrum and that is strong, especially at reduced temperature 274K, from 0.82 to 0.23, at a change of excitation in the range $220 \div 280$ nm. The obtained data allow to suggest that competition between spontaneous emission in the LE band and the CT reaction depends on the excited singlet state and an excess of vibrational energy.

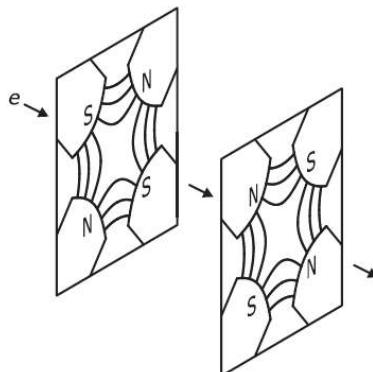
Independent support of our explanation were obtained applying to experimental spectra the Kennard –Stepanov (K-S) relation. This relation gives us instrument for revealing breaks of vibrational equilibrium over sublevels in the excited singlet states of organic molecules. Temperatures calculated with the K-S relation are 328, 586, 878, and 898 K for excitation by wavelengths 310, 290, 260 and 220 nm, respectively. In neutral hexane where CT reaction is absent, we have emission from fully relaxed vibrational manifold with effective temperature ~ 300 K. These results indicate that only in acetonitrile, fast CT reaction depletes the first singlet state and in emission of the LE band we have essential contribution from nonrelaxed vibrational sublevels. This finding is not consistent with the Kasha-Vavilov's rule.

Laserowe ogniskowanie wiązki elektronowej

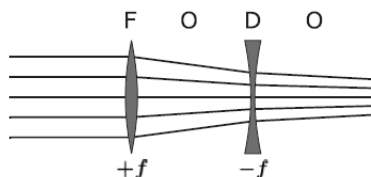
Andrzej Szczepkowicz

Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski

W konwencjonalnych akceleratorach do ogniskowania wiązki cząstek stosuje się naprzemiennie ułożone kwadrupolowe pola magnetyczne (alternating gradient focusing):



Jest to szczególny przypadek metody ogniskowania FODO [1]:



Obecnie w wielu ośrodkach naukowych trwają prace nad nową generacją akceleratorów, w których do przyspieszania cząstek byłoby używane nie pole mikrofalowe, ale światło [2]. Pozwoliłoby to radykalnie zmniejszyć rozmiary urządzenia [3]. Jak w takim akceleratorze ogniskować wiązkę? Stosowanie magnesów nie wydaje się tutaj praktycznym rozwiązaniem. Czy można stworzyć konfiguracje FODO ze światła laserowego? Odpowiedź wydaje się twierdząca. . .

[1] K. Wille, *The physics of particle accelerators* (Oxford University Press, 2000).

[2] R.J. England, et al., Dielectric laser accelerators, *Rev. Mod. Phys.* **86**, 1337 (2014).

[3] <https://www6.slac.stanford.edu/news/2015-11-19-accelerator-on-a-chip-grant>

Pomiary parametrów promieniowania czynnego cyrkadialnie – wymagania dotyczące przyrządów pomiarowych

Piotr Jakubowski*, Irena Fryc

Politechnika Białostocka

* *piotr.jakubowski@gmail.com*

Współcześnie w instalacjach oświetleniowych popularnie stosowane są energooszczędne źródła światła, które odznaczają się znaczącą emisją promieniowania w zakresie światła niebieskiego (od około 380 do około 600nm). Promieniowanie to pełni istotną rolę w regulacji naturalnego zegara biologicznego i odpowiada za synchronizację tzw. cyklu okołodobowego (cyrkadialnego). W związku z czym, w celu pełnego scharakteryzowania parametrów świetlnych tych instalacji, oprócz wielkości fotometrycznych i kolorymetrycznych, należy wyznaczać też wielkości charakteryzujące oddziaływanie cyrkadialne.

Na potrzebę metrologii promieniowania czynnego cyrkadialnie zwraca uwagę Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa CIE w opracowanym w 2016 roku dokumencie „Research Strategy”. Wyznaczanie tego dodatkowego parametru jest również rekomendowane w dokumencie CIE TN003-2015. W dokumencie tym zaleca się badanie emitowanego przez źródła światła promieniowania elektromagnetycznego w zakresie ok. (400÷600) nm tj. czynnego cyrkadialnie, z uwzględnieniem skuteczności widmowej melanopsyny. Ponadto, światowe wiodące ośrodki naukowe zajmujące się techniką świetlną (między innymi Lighting Research Center na Politechnice w Rensselaer USA, Helsinki University of Technology Centre for Metrology oraz Accreditation Metrology Research Institute) również zajmują się tym zagadnieniem badawczym. Badanie w instalacjach oświetleniowych parametrów promieniowania czynnego cyrkadialnie jest też obiektem zainteresowań stowarzyszenia Human Centric Lighting Society oraz światowych producentów sprzętu oświetleniowego (np. Philips, Osram). W Niemczech to zagadnienie techniki świetlnej, jest umiejscowione w dokumentach: DIN SPEC 5031-100 oraz DIN SPEC 67600:2013. Powstały tam też grupy robocze, których działalność polega na pracach zmierzających do umieszczenia w europejskich normach, zapisów dotyczących projektowania i eksploatacji instalacji oświetleniowych z uwzględnieniem wymagań odnośnie wartości charakteryzujących promieniowanie czynne cyrkadialnie. Pomimo ogromnej wagi tego zagadnienia, współczesna metrologia promieniowania optycznego nie oferuje przenośnych przyrządów, które umożliwiają precyzyjne prowadzenie pomiarów parametrów tego promieniowania w środowisku pracy instalacji oświetleniowych.

Wystąpienie będzie dotyczyło zagadnień związanych z miernictwem promieniowania w zakresie czynnym cyrkadialnie. Omówione zostaną znane współcześnie metody pomiaru promieniowania optycznego oraz możliwości zaadoptowania ich do stosowania w miernictwie wielkości cyrkadialnych. Zostaną wskazane wymogi, jakie będą musiały spełniać w przyszłości głowice pomiarowe mierników, aby wynik pomiaru był obarwczony możliwie najmniejszym błędem.

The measurements of circadian radiation - challenges and possibilities

Piotr Jakubowski¹, Irena Fryc²

¹*Polski Komitet Oświetleniowy SEP*

²*Białystok University of Technology, Electrical Engineering Faculty*

High efficiency light sources such as LEDs, fluorescent tubes and HID lamps become very popular in lighting applications today. Comparing to traditional incandescent bulbs, those new lamps have significant emission of electromagnetic radiation in between (380÷600) nm. Radiation in this range is responsible for synchronisation of natural biological clock of human being (so called: circadian cycle) [1,2,3]. Today, lighting regulations are related only to photometrical quantities [4] (based on V_λ human eye sensitivity). But, it might be not enough for full characterisation of light as circadian active radiation can influence human body [5].

International Commission on Illumination CIE pay special attention on this topic. In 2016 it published goals for R&D for next years. Study on circadian radiation is a very important part of this document. Moreover – CIE recommends to measure this radiation also in CIE TN003-2015 [6]. According to this document melanopic sensitivity curve should be considered as starting point all further measurements. There are also other studies on this topic in well known institutes and universities, such as: LRC at Rensselaer Polytechnic USA, Helsinki University of Technology CMAMRI. Circadian radiation is also a very important for most well-known lighting manufacturers. It is also worth to mention about Human Centric Lighting Society – international organization which is lobbying for healthy lighting. In Germany, some first recommendation about circadian radiation are placed in documents: DIN SPEC 5031-100 and DIN SPEC 67600:2013. There are also special working groups to lobby for implementation circadian parameters in mandatory regulations.

As much as topic of circadian radiation is very important and hot today – there are no commercially available measurement devices. There are few kinds of experimental instruments developed for general evaluation but their accuracy might be not satisfied. Accurate measurement of circadian radiation require detailed consideration of all components on optical path (such as cosine correction element, light filters and optical detector). The paper will cover three basic methods of optical radiation measurement and possibilities of their adaptation for circadian measurements. Main sources of measurement errors will be discussed as well as ways of improvement.

The research S/WE/4/2013 was financed by Poland Ministry of Science and Higher Education research funds.

- [1] Brainard, G.C. et.al.: *J. of Neuroscience* **21** (2001)
- [2] Thapan, K.: *J. of Physiology* **535** (2001)
- [3] Mark S. Rea, *Light – much more than vision*, Light Research Center (source: https://www.researchgate.net/publication/228592120_Light-much_more_than_vision)
- [4] EN 12464-1: 2012
- [5] Adamczak-Ratajczak A.: *Rytmu okołodobowe melatoniny i kortyzolu w wybranych chorobach neurologicznych*, PhD thesis, UM Poznan, 2014
- [6] CIE TN003:2015. Report on the First International Workshop on Circadian and neurophysiological Photometry
- [7] Bierman A. Terence R. Klein, Rea M.S.: *Measurement Science and Technology* **16** 2005, 2292-2299.

Badanie wpływu jakości korekcji kątowej luksomierza na niedokładność przeprowadzanych pomiarów natężenia oświetlenia

Przemysław Tabaka¹, Irena Fryc²

¹Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki

²Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny

Przeprowadzanie pomiarów wielkości świetlnych stało się nieodzowną praktyką w różnych dziedzinach życia. Konieczność wykonywania tego rodzaju pomiarów wynika między innymi z regulacji prawnych dotyczących np. wymagań oświetleniowych w poszczególnych miejscach aktywności człowieka. Na terenie Polski, rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [1] zobowiązuje pracodawców do przeprowadzania pomiarów i oceny parametrów jakości oświetlenia w środowisku pracy. Zaleca się, aby parametry używanych przy pomiarach luksomierzy, odpowiadały wymaganiom zawartym w publikacji CIE 69–1987 [2] oraz w normie PN 83/E–04040 [3] oraz w normie ISO/CIE 19476:2014 [4].

W związku z tym, przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów, należy zwracać uwagę na parametry techniczne używanych luksomierzy. Norma ISO/CIE 19476:2014 [4], wskazuje na 18 wielkości charakteryzujących jakość danego luksomierza. Istotnym jest fakt, aby miernik charakteryzował się czułością widmową taką jak standardowy obserwator kolorymetryczny $V(\lambda)$, w związku z czym w skład luksomierza wchodzić musi filtr korekcji widmowej detektora. Ponadto wartość wskazań luksomierza ma się zmieniać zgodnie z funkcją kosinusa kąta padania promieniowania świetlnego na płaszczyznę pomiarową jego głowicy fotometrycznej pod innym kątem niż normalny – czyli musi on być wyposażony w element korekcji kątowej.

Obecnie elementem najczęściej stosowanym do korekcji kątowej luksomierzy jest rozpraszacz. Nie zapewnia on jednak wiernego z funkcją kosinus odwzorowania wskazań tego miernika. Jest to źródłem błędu pomiarowego luksomierza określanego jako f_2 [4]. Błąd ten, dla danego luksomierza, może przyjmować wartości ujemne lub dodatnie, w zależności od kierunku padania promieniowania na powierzchnię pomiarową jego głowicy fotometrycznej. W efekcie przekłada się to na dokładność wykonywanych pomiarów natężenia oświetlenia [5,6].

W artykule, dla siedmiu różnych handlowo dostępnych luksomierzy, przeanalizowano wpływ jakości ich korekcji kątowej na błąd pomiaru natężenia oświetlenia pochodzącego kolejno od dziesięciu lamp o, typowych według klasyfikacji BZ, różniących się między sobą krzywymi światłości.

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/WE/4/2013 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.

[1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. 1997 nr 129 poz. 844)

[2] Publikacja CIE 69-1987 Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters

[3] PN 83/E–04040 Pomiary fotometryczne i radiometryczne - Pomiar natężenia oświetlenia

[4] ISO/CIE 19476:2014 Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters

[5] Fryc I.: Korekcja widmowa i przestrzenna fotometrów, Rozprawy Naukowe Nr 71, Politechnika Białostocka, Białystok 2000

[6] Banaszak A., Tabaka P., Wtorkiewicz J.: Prace Instytutu Elektrotechniki, Zeszyt 268, 2015

Impact of Spectral Features of Typical Indoor Contemporary Light Sources on Their Color Rendering Properties Described by CIE CRI and IES TM-30-15 Color Rendering Indices

J.Kowalska¹, I. Fryc²

¹ *Electrical Engineering Faculty, Warsaw University of Technology, Koszykowa 75, 00-662 Warsaw, Poland*

² *Electrical Engineering Faculty, Białystok University of Technology, Wiejska 45 d, 15-351 Białystok, Poland*

Contemporary we are witnessing the lighting revolutions where fluorescent and incandescent lamps are replaced by LEDs. There is very important to achieve by this replacement the same quality of lighting in given application. The color quality of light sources can be described by nearest color temperature CCT, chromaticity coordinates x, y and color rendering index CRI. The values of CCT and x, y are describing light source color. The CRI is describing the visual color quality of objects lighted by given light source under consideration. In the case of LEDs light sources, is well known that evaluating the color quality of lighting by CRI could be inadequate and misaligned [1-3]. Introduced in the 1960s, by the International Lighting Commission CIE metric CRI [4] is still obligatory. Nowadays were under development so many lighting metrics for describing color rendering of light sources. The North American Illuminating Engineering Society (IES) in 2015 recommended the use of the TM-30-15 method in the United States, which is based on the introduction of two color rendering benchmarks - the color fidelity index, which is equivalent to CRI described by CIE 13.3-1995 and the color gamut index, i.e. the index referred to as Gamut Area Index [5]. The new measure meets the recommendations of the CIE in technical report CIE: 177:2007 "Color rendering of White LED Light Sources" and can be applied to all types of light sources [6]. The new color rendering index TM-30-15 introduces more color samples, and a more homogeneous color space (CAM02-UCS) eliminates many of the errors highlighted in the CIE CRI system and present results in vector diagram gives a lot more information about the color appearance of the illuminated items than was available at CIE CRI. Despite many improvements, it is important to remember that both CIE CRI and TM-30-15 are comparative methods for which the source of light is the pattern.

This article aims at presenting the IES and CIE metrics and comparing their performance on the example of spectral distributions of typical indoor light sources. We examine the difference between the newly developed IES TM-30-15 color indices and some of the most common previously established by CIE 13.3-1995 CRI color rendering index for typical indoor contemporary light sources.

- [1] K. Houser, M. Mossman, K. Smet, L. Whitehead, "Tutorial: Color Rendering and Its Applications in Lighting", *Leukos*, 12(2016)
- [2] A. Žukauskas, M.S. Shur, "Handbook of Advanced Lighting Technology", Springer International Publishing, Switzerland (2016)
- [3] K. Smet, L. Whitehead, J. Schanda, MR. Luo, "Toward a replacement of the CIE color rendering index for white light sources", *Leukos*, vol.12, (2016)
- [4] CIE 13.3-1995 "Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources"
- [5] A. David, P.T. Fini, K. Houser, Y. Ohno, M.P. Royer, K.A.G. Smet, M. Wei, L. Whitehead, "Development of the IES method for evaluating the color rendition of light sources", *Optics Express*, vol.23, no.12, (2015)
- [6] CIE 177:2007 "Colour Rendering of White LED Light Sources"

Nowoczesne metody obrazowania z użyciem promieniowania elektromagnetycznego z zakresu skrajnego nadfioletu i miękkiego promieniowania rentgenowskiego ze źródeł kompaktowych

P. Wachulak^{1*}, A. Torrisi¹, M. Ayele¹, A. Bartnik¹, J. Czwartos¹, Ł. Węgrzyński¹, T. Fok¹, T. Parkman², Š. Vondrová², J. Turňová², M. Marconi³, H. Fiedorowicz¹

¹ *Instytut Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, Polska*

² *Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, 272 01 Kladno, Czech Republic*

³ *Colorado State University, 1320 Campus Delivery, Fort Collins, CO 80523, USA*

*wachulak@gmail.com

W prezentacji przedstawiono nowoczesne metody obrazowania z użyciem promieniowania z zakresu skrajnego nadfioletu (EUV) i miękkiego promieniowania rentgenowskiego (SXR), emitowanych z kompaktowych źródeł laserowo-plazmowych i wyładowczych. Do tych metod można zaliczyć holografię Gabora [1] i Fouriera [2], obrazowanie dyfrakcyjne [3], mikroskopię rentgenowską [4,5], czy też mikroskopię kontaktową [6]. Metody te pozwalają na uzyskanie rozdzielczości przestrzennej kilkukrotnie lepszej niż mikroskopia klasyczna z użyciem promieniowania z zakresu widzialnego. Dodatkowo, oddziaływanie promieniowania z zakresów EUV i SXR z materią jest odmienne, niż promieniowania z zakresu widzialnego, elektronów, neutronów, protonów i innych nośników informacji, a zatem pozwala na otrzymanie komplementarnej, nowej informacji o badanych próbkach. Mikroskopia tego typu, realizowana jest z użyciem źródeł synchrotronowych, jednakże użycie w eksperymentach źródeł kompaktowych pozwala na szersze stosowanie tych metod w badaniach eksperymentalnych i komercjalizację układów obrazujących, w porównaniu do źródeł synchrotronowych. Pomimo faktu, iż nie mogą one konkurować z mikroskopią elektronową pod względem rozdzielczości przestrzennej i mają porównywalną rozdzielczość ze STED, to jednak te metody nie wymagają pokrywania próbek warstwą przewodzącą w celu odprowadzenia ładunków, jak to ma miejsce w obrazowaniu SEM, ani nie wymagają stosowania markerów fluorescencyjnych, ani wybarwienia próbek, jak w przypadku STED. Oferują za to naturalny kontrast absorpcyjny w próbkach biologicznych ("okno wodne", długość fali 2.3-4.4nm) lub w bardzo cienkich warstwach (promieniowanie EUV). W prezentacji przedstawiono niektóre metody obrazowania w zakresach EUV i SXR, oraz przedstawiono przykłady niektórych aplikacji tych metod.

[1] P. W. Wachulak, et al., J. Opt. Soc. Am. B, 25, 11, 1811 (2008).

[2] E. Malm, et al., Optics Express 21,8,9959 (2013)

[3] R.L. Sandberg, C. Song, P.W. Wachulak, et al, PNAS, 105, (1), 24-27, (2008)

[4] P. W. Wachulak, et al., Applied Physics B 123:25, 1-5 (2017)

[5] P. Wachulak, A. Torrisi et al., Microscopy and Microanalysis 21, 5, 1214-1223 (2015)

[6] M.G. Ayele et al., Acta Physica Polonica 129, 2, 237-240 (2016),

Modelowanie kolizyjnych hiper/polaryzowalności w układach H₂-H; rozszerzone podejście analityczne jako uzupełnienie metod *ab initio* chemii kwantowej

W. Gład, T. Bancewicz, A. Haskopoulos, G. Maroulis

Wydział Fizyki Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

W prezentowanej pracy zastanawiamy się nad możliwością stworzenia modelowego opisu tzw. kolizyjnie indukowanych (generowanych przez oddziaływania) własności układów molekularnych, hiper/polaryzowalności, poprzez kompilacje numerycznych, tzw. *ab initio*, metod ich obliczania z teoretycznym i analitycznym sposobem wyznaczania. Szczególną uwagę poświęcono tzw. kompleksom van der Waalasa zbudowanym z liniowej cząsteczki wodoru, H₂, i składnika o symetrii sferycznej, atomowego; w tej roli rozważamy wodór jednoatomowy. Przedstawione zostaną wyniki obliczeń *ab initio* kartezyjskich tensorów polaryzowalności oraz ich transformacje do formy składowych sferycznych. Wartości te będą następnie skonfrontowane z analitycznie otrzymanymi odpowiednikami w celu zmodyfikowania tych ostatnich poprzez uwzględnienie wkładów pochodzących od oddziaływań wymiennych oraz od kilku dodatkowych konfiguracji geometrycznych.



Spectroscopic studies of inclusion complexation between benzoic acid derivatives and α and γ cyclodextrin nanocavities

Karolina Baranowska*, Marek Józefowicz

*Institute of Experimental Physics, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics,
University of Gdańsk, Wita Stwosza 57, Gdańsk 80-308, Poland*

**karolina.baranowska@phdstud.ug.edu.pl*

The influence of α - and γ -cyclodextrins on the spectral characteristics of methyl o-methoxy p-methylaminobenzoate (I) and methyl o-hydroxy p-methylaminobenzoate (II) has been studied using steady-state and time-resolved spectroscopic techniques. The stoichiometries and equilibrium constants of the fluorophore - cyclodextrin inclusion complexes have been determined using steady-state fluorescence measurements. Nonlinear least-squares regression analysis indicates that both 1:1 and 1:2 inclusion complexes were formed between studied compounds and α - and γ -cyclodextrins. Additionally, we have studied the spectroscopic properties of the investigated dyes in binary mixture (THF-H₂O), where one of components is capable to form hydrogen bonds with the solute molecules. Non-linear solvatochromic shifts of the absorption and fluorescence bands are observed for both fluorophores. This non-linearity has been explained in terms of the preferential solvation of the solute molecule.

Dyfrakcyjne kształtowanie światła modulatorami fazowymi

Michał Makowski, Adam Kowalczyk, Izabela Ducin, Marcin Bieda, Jarosław Suszek, Jan Bolek, Joanna Starobrat, Paula Wilczyńska, Paula Kochońska, Maciej Sypek, Andrzej Kołodziejczyk

Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Możliwości kształtowania pól świetlnych przy pomocy klasycznej optyki refrakcyjnej szybko wyczerpują się w przypadku niekonwencjonalnych układów obrazujących. Powodem są trudności w fabrykacji asymetrycznych elementów optycznych i związane z tym koszty. Zastosowanie optyki dyfrakcyjnej, pomimo ograniczenia do światła quasi-monochromatycznego, znacznie zwiększa możliwości uzyskiwania funkcjonalności optycznej skrojonej pod konkretne zastosowanie. Współczesne przestrzenne modulatory światła wykorzystują warstwy ciekłokrystaliczne na podłożu krzemowym w celu uzyskania dynamicznej, sterowanej komputerowo i czysto fazowej modulacji koherentnych wiązek światła. Znacznie ograniczona absorpcja światła otwiera możliwości praktycznie bezstratnego wyświetlania złożonych pól natężeniowych lub zespolonych.

W niniejszej pracy przedstawimy najnowsze osiągnięcia w kształtowaniu pól świetlnych do nietypowych zastosowań, wykorzystujące najnowocześniejsze modulatory SLM z ultra-gęstą siatką pikseli o rozmiarach $3,74\mu\text{m}$. Uzyskiwane w praktyce kąty ugięcia dyfrakcyjnego w pierwszym rzędzie wynoszące powyżej 5 stopni umożliwiają projekcję barwnych obrazów płaskich o rozmiarach wystarczających do zastosowań w przenośnej elektronice użytkowej. Zaprezentujemy wyniki prac nad demonstratorem najmniejszej w świecie projekcyjnej głowicy holograficznej zdolnej do wyświetlania w czasie rzeczywistym obrazów barwnych bez użycia soczewek i z wydajnością przewyższającą rozwiązania konwencjonalne [1,2]. Zademonstrujemy zaobserwowaną eksperymentalnie zwiększoną głębię ostrości uzyskaną w przypadku nowych nie-iteracyjnych algorytmów obliczania hologramów komputerowych [3].

Generowane komputerowo hologramy, w odróżnieniu od systemów obrazujących z soczewkami, mogą być z powodzeniem wyświetlane na kolektywnych macierzach modulatorów fazowych na zasadzie apertury syntetycznej. Dzięki temu można znacznie zwiększyć rozdzielczość obrazów uzyskiwanych w modzie projekcji lub w trybie wyświetlacza przyocznego, nawet poza zakresy uzyskiwane w bardzo drogich obiektach projekcyjnych. W szczególności zademonstrujemy otrzymane eksperymentalnie dwukrotne zawężenie plamki rozmycia PSF, które może znaleźć praktyczne zastosowanie m.in. w pułapkowaniu optycznym oraz w projektorach kinowych wysokich mocy.

Omówimy najnowsze sposoby obejścia ograniczeń modulatorów z periodyczną siatką pikseli dzięki metodzie apodyzacji pikselowej oraz zademonstrujemy możliwości zwiększenia kątów dyfrakcji poprzez zmniejszanie efektywnego rozmiaru piksela przy padaniu wiązki pod dużym kątem.

Wymienione powyżej wyniki stanowią swojego rodzaju przegląd najnowszych osiągnięć w dyfrakcyjnym formowaniu frontów falowych, z naciskiem na ich potencjalne zastosowania praktyczne.

[1] M. Makowski, Opt. Express **21**, 29205-29216 (2013).

[2] M. Makowski, I. Ducin, K. Kakarenko, J. Suszek, A. Kowalczyk, Phot. Lett. Poland **8**, 26-28 (2016).

[3] M. Makowski, T. Shimobaba, T. Ito, Chin. Opt. Lett. **14**, 120901-1-5 (2016).

Krzemionkowe światłowody mikrostrukturalne do generacji superkontinuum w reżimie dyspersji normalnej w bliskiej podczerwieni

Karol Tarnowski,¹ Tadeusz Martynkien,¹ Paweł Mergo,² Krzysztof Poturaj,²
Bertrand Kibler³

¹ *Katedra Optyki i Fotoniki, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wroclawska*

² *Pracownia Technologii Światłowodów, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej*

³ *Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne,
UMR6303 CNRS—Université Bourgogne Franche-Comté, 21078 Dijon, Francja*

Historia źródeł superkontinuum (SC) sięga roku 1970, kiedy Alfano i Shapiro zaobserwowali widmo pokrywające zakres 400-700 nm oświetlając próbkę szkła borokrzemowego laserem pikosekundowym o długości fali 530 nm [1]. Lin i Stolen zademonstrowali generacja superkontinuum o szerokości 180 nm w światłowodzie krzemionkowym w 1976 r. [2]. Poszerzenie widma było ograniczone dużą różnicą między długością fali o zerowej dyspersji (ZDW - zero dispersion wavelength) a długościami fali dostępnych źródeł laserowych. Przełom nastąpił wraz z wytworzeniem włókien mikrostrukturalnych. Ranka et al. pokazali szerokie superkontinuum pokrywające zakres 390-1600 nm dzięki przesunięciu zera dyspersji do zakresu widzialnego [3].

Pompowanie światłowodów o dyspersji anomalnej impulsami femtosekundowymi prowadzi do generacji szerokiego widma superkontinuum (SC) [4, 5]. Jednocześnie, generowane widmo propaguje się w wielu impulsach, a ponadto nie ma płaskiego rozkładu spektralnego. Heidt et al. pokazali, że superkontinuum generowane w zakresie dyspersji normalnej (ANDi – all-normal dispersion) propaguje się w pojedynczym impulsie, jest płaskie i charakteryzuje się wysoką koherencją [6-8]. Widmo o takich właściwościach może być wykorzystane w ultraszybkiej spektroskopii. Zakresem spektralnym szczególnie ważnym w zastosowaniach spektroskopowych jest średnia podczerwień, ze względu na lokalizację linii absorpcyjnych licznych związków chemicznych.

Widma superkontinuum generowane w światłowodach krzemionkowych o dyspersji normalnej sięgały początkowo w zakres fal długich do co najwyżej 1.5 μm [7], zatem nie osiągały granicy wyznaczonej przez długofalową krawędź absorpcji szkła krzemionkowego.

Zaprezentowany zostanie rozwój mikrostrukturalnych światłowodów krzemionkowych do generacji superkontinuum i ostatnie osiągnięcia w tej dziedzinie w tym generacja SC w reżimie dyspersji normalnej sięgającego ponad 2.2 μm [9, 10]. Ponadto przedstawione będą wyniki prac dotyczących dwójłomnych światłowodów krzemionkowych o dyspersji normalnej i generacji spolaryzowanego superkontinuum.

[1] R. R. Alfano and S. L. Shapiro, *Phys. Rev. Lett.* **24**, 584 (1970).

[2] C. Lin and R. H. Stolen, *Appl. Phys. Lett.* **28**(4): 216 (1976).

[3] J. K. Ranka, R. S. Windeler, and A. J. Stentz, *Opt. Lett.* **25**(1): 25 (2000).

[4] G. P. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics*, 5th. ed., (Academic Press, Boston, 2013).

[5] J. M. Dudley, G. Genty, and S. Coen, *Rev. Mod. Phys.* **78**, 1135 (2006).

[6] A. M. Heidt, *J. Opt. Soc. Am. B* **27**, 550 (2010).

[7] A. M. Heidt, A. Hartung, G. W. Bosman, P. Krok, E. G. Rohwer, H. Schwoerer, and H. Bartelt, *Opt. Express* **19**, 3775 (2011).

[8] A. Hartung, A. M. Heidt, and H. Bartelt, *Opt. Express* **19**, 7742 (2011).

[9] K. Tarnowski, and W. Urbanczyk, *IEEE Photon. J.* **8**(1), 7100311 (2016).

[10] K. Tarnowski, T. Martynkien, P. Mergo, K. Poturaj, G. Soboń and W. Urbańczyk, *Opt. Express* **24**(26): 30523 (2016).

Skaningowy mikroskop na wirach optycznych

Agnieszka Popiołek-Masajada, Jan Masajada

*Katedra Optyki i Fotoniki, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wroclawska*

Idea wykorzystania nieciągłości fazowych i/lub polaryzacyjnych ma już ponad 25 lat. Pierwsze prace na tym polu zostały opublikowane przez V. Tychynskiego [1,2]. Mimo fiaska projektu mikroskopu Tychynskiego wielu specjalistów wierzy w potencjał tkwiący w nieciągłościach fazowych, w szczególności w tzw. wirach optycznych [3]. W późnych latach dziewięćdziesiątych i na początku bieżącego stulecia wiry optyczne znalazły zastosowania w obrazowaniu. Szczególnie należy tu wspomnieć mikroskop STED (nagroda Nobla z Chemii za rok 2014), gdzie wiązka z wirem optycznym stanowi tzw. depletion beam. Innym przykładem obrazowania jest zaawansowany obecnie projekt koronografu na wirach optycznych [4], czy zastosowania wirów w interferometrii [5,6]. Ponadto pojawiają się nowe pomysły na zastosowanie wirów optycznych, szczególnie w obrazowaniu mikroskopowym.

W prezentacji przedstawiony zostanie autorski projekt mikroskopu na wirach optycznych, w układzie interferencyjnym [7-9], który nazywany jest „Optical Vortex Scanning Microscope” - OVSM. Omówiony zostanie schemat jego konstrukcji oraz zasada działania. Przedstawione zostaną najciekawsze wyniki analizy teoretycznej oraz pierwsze procedury odtwarzania obrazów z zarejestrowanych interferogramów. Przedstawione zostaną uzyskane przykładowe obrazy. Omówiona będzie kwestia nadrozdzielczości, i potencjalnych zastosowań OVSM.

- [1] V. P. Tychinsky, I. N. Maslov, V. L. Pankov, and D. V. Ublinsky, *Opt. Comm.* **74**, 37-40 (1989).
- [2] V. P. Tychinsky and C. H. Velzel, “Super-resolution in Microscopy,” in *Current trends in optics*, (Academic Press, 1994), chap. 18.
- [3] M. Soskin and M. V. Vasnetsov, *Prog. Opt.* **42**, 219–276 (2001).
- [4] G. A. Jr. Swartzlander, *J. Opt. A*, **11**, 094022 (2001).
- [5] J. Masajada, A. Popiołek-Masajada, D. Wieliczka, *Opt. Commun.*, **207** (2002) 85-93.
- [6] S. Fürhapter, A. Jesacher, S. Bernet, and M. Ritsch-Marte, *Opt. Express* **13**, 689–694 (2005).
- [7] I. Augustyniak, A. Popiołek-Masajada, J. Masajada, and S. Drobczyński, *Appl. Opt.* **51**, C117-C124 (2012)
- [8] Ł. Plociniczak, A. Popiołek-Masajada, M. Szatkowski, and D. Wojnowski, *Opt. Las. Technol.* **81**, 127-136 (2016)
- [9] Ł. Plociniczak, A. Popiołek-Masajada, J. Masajada, and M. Szatkowski, *Appl. Opt.* **55**, B20-B27 (2016).

Dwulaserowa holograficzna pęseta optyczna jako narzędzie do pomiaru lepkości cieczy

Weronika Lamperska, Jan Masajada, Sławomir Drobczyński

*Katedra Optyki i Fotoniki, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska*

Pęseta optyczna (szcypce optyczne, ang. optical tweezers) jest narzędziem wykorzystującym efekt pułapkowania optycznego w celu manipulacji obiektami w mikroskali. Standardowy układ pęsety holograficznej składa się z lasera, przestrzennego modulatora światła (SLM – Spatial Light Modulator) i obiektywu mikroskopowego o wysokiej aperturze numerycznej. Na matrycy SLM wyświetlane są komputerowo generowane hologramy, przy pomocy których można kształtować geometrię wiązki oraz sterować jej położeniem w płaszczyźnie próbki.

W niniejszej pracy prezentujemy skonstruowaną przez nas pęsetę dwulaserową. Główny laser Nd:YAG (1064nm, 4W) został podłączony do generatora sygnału okresowego, który pełni rolę elektronicznej migawki, tj. okresowo włącza i wyłącza wiązkę pułapkującą, nadając laserowi charakter pseudoimpulsowy. Drugim źródłem jest dioda laserowa (980nm, 0,5W) pracująca w trybie ciągłym. Tworzy ona wiązkę pomocniczną, ponieważ jej moc jest wielokrotnie mniejsza od mocy pierwszego lasera. W płaszczyźnie preparatu tworzone są dwie pułapki, silna-pulsująca i słaba-ciągła. Umieszczona między nimi polistyrenowa kulka ($\varnothing 4,5\mu\text{m}$) zostaje wprawiona w oscylacje o częstotliwości równej częstotliwości „mrugania” silniejszej wiązki. Otaczający kulkę ośrodek wywiera na nią opór, jednocześnie wpływając na jej trajektorię. Kamera CMOS rejestruje ruch kulki i pozwala wyznaczyć jej położenie z dużą dokładnością. Trajektorja cząstki dostarcza informacji o lepkości cieczy, w której porusza się kulka. Ponadto, proponowana technika ma również zastosowanie w pomiarze sztywności pułapek o małej mocy, co obecnie stanowi wyzwanie dla niektórych powszechnie stosowanych metod, m.in. metody analizy gęstości widmowej czy metody autokorelacji [1-2].

[1] M. Sarshar, W.T. Wong, B. Anvari, J. Biomed. Opt. 19, 115001 (2004).

[2] A. Horst, N. Forde, Opt. Express 18, 7670–77 (2010).

Siatki Bragga we włóknach polimerowych

Gabriela Statkiewicz-Barabach

*Katedra Optyki i Fotoniki, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wroclawska*

W pracy przedstawiono dynamikę zapisu siatek Bragga w polimerowym włóknie mikrostrukturalnym wykonanym z czystego PMMA i w polimerowym włóknie typu step-index z rdzeniem wykonanym z kopolimeru PMMA/PS. Siatki Bragga zapisano metodą maski fazowej przy pomocy lasera He-Cd emitującego wiązkę UV o długości fali 325 nm. We włóknie z rdzeniem wykonanym z PMMA/PS, na podstawie zmiany wysokości pików Bragga w widmie odbiciowym i jego szerokości połówkowej w trakcie zapisu, zidentyfikowano trzy fazy wzrostu siatek, nazwane odpowiednio siatki typu I, mieszane i typu II. We włóknie mikrostrukturalnym wykonanym z czystego PMMA nie zaobserwowano znaczącej zmiany szerokości pików w trakcie zapisu siatek. Pokazano, że długoterminowa stabilność czasowa wytworzonych siatek istotnie zależy od typu siatki. Ponadto zaprezentowano możliwość zapisu siatek Bragga wyższych rzędów w polimerowych włóknach przy użyciu standardowej maski fazowej. Występowanie innych rzędów dyfrakcyjnych, poza +1 i -1 w widmie maski fazowej przekłada się na złożony rozkład pola modu za maską fazową i oprócz podstawowego pola prążkowego o okresie równym połowie okresu samej maski, widoczne są pola prążkowe o innej periodyczności. W rezultacie w widmie odbiciowym siatki widoczne są, poza podstawową długością fali Bragga, również siatki wyższych rzędów.

Wewnątrzświatłowodowe interferometry w polimerowych włóknach optycznych do zastosowań pomiarowych

Dominik Kowal¹, Gabriela Statkiewicz-Barabach¹, Miguel F. S. Ferreira²,
Paweł Mergo³, Orlando Frazão², Waclaw Urbańczyk¹

¹Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże
Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

²INESC TEC and Department of Physics and Astronomy, Faculty of Sciences of University of
Porto, Rua do Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugalia

³Pracownia Technologii Światłowodów, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Pl. M. Curie-
Skłodowskiej 5, 20-031 Lublin

Właściwości mechaniczne światłowodów polimerowych, takie jak giętkość i elastyczność, czynią z nich interesujące narzędzie do wykorzystania w czujnikach światłowodowych. Prezentacja dotyczy wytwarzania interferometrów we włóknach polimerowych poprzez wprowadzanie punktowych deformacji, a także wykorzystując działanie siatek Bragga i siatek długookresowych. Tak wytworzone struktury scharakteryzowano pod kątem odpowiedzi na działanie różnych wielkości fizycznych.

Przedstawione zostanie widmo wnęki Fabry-Perot uformowanej pomiędzy siatką Bragga i obciążoną końcówką światłowodu wykonanego z PMMA (polimetakrylan metylu) i PS (polistyren). Wnęka posłużyła do zmierzenia współczynnika załamania roztworów gliceryny w wodzie z rozdzielczością 10^{-3} RIU i czułością $1,94$ RIU⁻¹. Innym rodzajem testowanych struktur były dwupunktowe interferometry międzymodowe, które poddano rozciąganiu i ciśnieniu hydrostatycznemu. Podjęto także próby wytworzenia interferometrów Macha-Zehndera opartych o działanie dwóch kaskadowo połączonych siatek długookresowych. W ramach prezentacji pokazane zostaną pierwsze widma struktur tego typu wytworzonych w światłowodach polimerowych.

Zastosowanie modulatora SLM do generacji niesymetrycznych pułapek optycznych

Edyta Bobrowska, Sławomir Drobczyński

*Katedra Optyki i Fotoniki, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

Pionierem szczypiec optycznych jest Arthur Ashkin, który zauważył możliwość manipulacji mikrocząsteczkami za pomocą sił elektromagnetycznych pochodzących z silnie zogniskowanej wiązki laserowej. Głównym zastosowaniem pesety optycznej jest precyzyjny transport, badanie właściwości mechanicznych mikroskopijnych obiektów lub środowiska, w którym się znajdują [1].

Kontrolowana rotacje mikro-obiektów można przeprowadzić za pomocą szczypiec optycznych o eliptycznym profilu wiązki generowanej za pomocą soczewki cylindrycznej [2]. Technika komputerowo generowanych hologramów (CGH) wyświetlanych na przestrzennym fazowym modulatorze światła (SLM) pozwala na dowolne kształtowanie wiązki laserowej. Holograficzna struktura astygmatycznej soczewki Fresnela umożliwia otrzymanie szczypiec optycznych z eliptycznym profilem wiązki (line tweezers). Zmiana kątowej orientacji struktury implikuje zmianę nachylenia głównej osi elipsy plamki laserowej.

Prezentowana metoda generowania eliptycznych pułapek optycznych znajdzie zastosowanie w kontrolowanym orientowaniu mikroskopowych obiektów biologicznych. Może ułatwić to badania interakcji pomiędzy specyficznymi obszarami tych obiektów.

- [1] A. Ashkin, J.M. Dziedzic, J.E. Bjorkholm and S. Chu, “Observation of a single-beam gradient force optical trap for dielectric particles”, *Opt. Lett.* **11**, 288 (1986)
- [2] R.Dasgupta, S. K. Mohanty, P. K. Gupta, “Controlled rotation of biological microscopic objects using optical line tweezers”, *Biotech. Lett.* **25**, 1625 (2003)

Badanie i numeryczna analiza indywidualnej kierunkowości ruchów oczu podczas obserwacji nieruchomego oraz ruchomego punktu

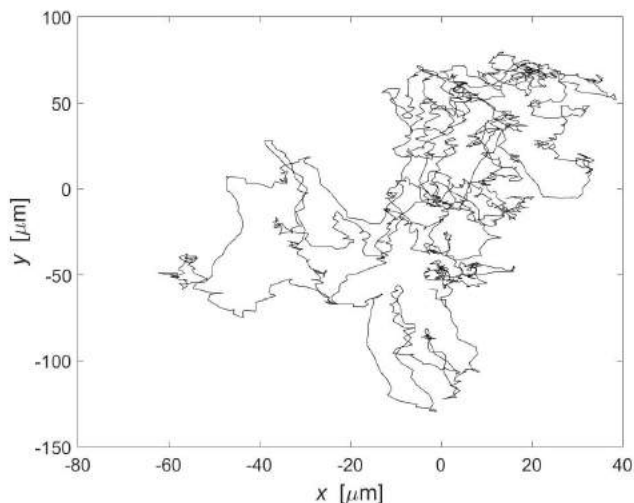
Marta A. Szmigiel, Urszula Getek, Henryk Kasprzak

Katedra Optyki i Fotoniki, Politechnika Wroclawska

Głównym celem niniejszych badań jest analiza fiksacyjnych ruchów oka podczas obserwacji punktu fiksacji nieruchomego oraz poruszającego się po okręgu.

Powiększone obrazy źrenicy oka zostały zarejestrowane przy pomocy szybkiej kamery o częstotliwości 200 klatek na sekundę. Oko pozostawało otwarte przez czas do 13,5 sekundy po mrugnieniu, pozwalając na rejestrację 2700 zdjęć źrenicy. Osoba badana obserwowała punkt nieruchomy lub poruszający się po okręgu ze stałą prędkością. W tej części eksperymentu zmieniał się promień koła oraz prędkość poruszania się punktu fiksacji.

Na podstawie analizy obrazu wyznaczono krawędź źrenicy, a następnie dla każdej klatki wyznaczono środek źrenicy oka. Kolejne położenia środka źrenicy charakteryzowały trajektorię ruchu oka podczas fiksacji (Rys. 1). Wyznaczono parametry określające zmianę położenia źrenicy na kolejnych klatkach sekwencji. W badaniach z ruchomym punktem fiksacji określono także położenie tego obserwowanego punktu i porównano je z położeniem oka.



Rys. 1 Trajektoria położenia środka źrenicy oka podczas fiksacji na nieruchomy punkt

Analiza parametrów źrenicy oka pozwala na śledzenie i opisywanie drobnych ruchów fiksacyjnych oka z dużą dokładnością.

Badania warstw epitaksjalnych tlenku cynku domieszkowanego antymonem

**K. M. Paradowska¹, E. Przeździecka², E. Zielony¹, A. Wierzbicka², M. Stachowicz²,
R. Jakiela², W. Lisowski³, A. Reszka², E. Płaczek-Popko¹, A. Kozanecki²**

¹ *Katedra Technologii Kwantowych, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspianskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska*

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

³ *Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk, ul. Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa,,
Polska*

Tlenek cynku jest półprzewodnikiem o szerokiej, prostej przerwie wzbronionej 3.3 eV (w 300 K) oraz wysokiej energii wiązania ekscytonu (60 meV w temperaturze pokojowej), co pozwala z powodzeniem stosować ten materiał w urządzeniach optoelektronicznych dedykowanych na zakres niebieski-UV. Jest to naturalny półprzewodnik typu n, co idzie w parze z problemami z domieszkowaniem go na typ p, wynikającymi z natywnych defektów oraz niskiej rozpuszczalności domieszek akceptorowych w tym materiale. Wśród propozycji na domieszki typu p dla tego materiału znajdują się m.in. pierwiastki grupy V, takie jak azot, arsen czy antymon.

W tej pracy prezentujemy wyniki kompleksowych badań warstw epitaksjalnych ZnO domieszkowanego antymonem. Warstwy wzrastane były metodą MBE z różną koncentracją domieszek antymonowych, na szafirowym podłożu. Badania obejmowały spektroskopię ramanowską, fotoluminescencję, rentgenografię strukturalną (XRD), spektrometrię mas jonów wtórnych (SIMS) i rentgenowską spektrometrię fotoelektronów (XPS). W pomiarach XRD zaobserwowano zwiększenie szerokości połówkowej pików 00.2 i 20.1 wraz ze wzrostem koncentracji antymonu. Jednocześnie badania XPS wykazały, że energia wiązania piku Sb3d się zmienia, co sugeruje zmianę położenia atomów antymonu w sieci ZnO. W widmach Ramana, oprócz modów szafiru i tlenku cynku, widoczne są dodatkowe mody dla 512 i 533 cm⁻¹, związane z obecnością domieszki antymonowej.



Quantum approach to modelling of plasmon photovoltaic effect

Katarzyna Kluczyk¹, Christin David², Zofia Krzemińska¹, Witold A. Jacak¹

¹*Department of Quantum Technologies, Faculty of Fundamental Problems of Technology, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław*
²*Department of Photonic Engineering, DTU, Denmark*

One of the crucial parameters affecting the solar cell efficiency is the absorption rate of the solar spectrum impinging on their surface. Metallic nano-particles (MNPs) were showed to improve this process – especially in a thin-film solar cells as the plasmon supported absorbing layer is of a few micrometer thickness – and ever since are of interest in various studies

Till today, three main mechanisms explaining the absorption enhancement in presence of MNPs were proposed: 1) the effective scattering of incident solar light on MNPs causing increase of the optical path length inside active layer and local enhancement of the electric field; 2) near field coupling between plasmon and semiconductor; 3) the direct generation of electron-hole pairs in the semiconductor.

While the observed scattering and field enhancement effects can be described with classical electrodynamic theory for most applications, the coupling between plasmons excited inside metallic nano-structures and semiconductor states in the solar cell can be only captured within quantum mechanics.

Within this paper we took the challenge to develop fast and reliable method for calculation of device optical properties while taking quantum effects into account. The idea was to modify the dielectric function of semiconductor substrate and MNP in such way to include the coupling between excited plasmons and semiconductor states. In the previous work we have applied the Fermi Golden Rule to calculate the probability of photon absorption with presence of spherical MNPs and compare it to the absorption without the MNPs [1]. Here we incorporate those formulas into numerical calculations within Finite Element Method (COMSOL). The first results suggests that the efficiency of energy transfer via near field coupling is much more effective than the absorption increase due to scattering on MNP. Interestingly even the parasitic absorption, due to ohmic loss inside MNPs seems to be insignificant after taking this coupling into consideration.

In the paper we present the absorption efficiency enhancement rates, due to MNPs, calculated including: near field coupling, only scattering effects and compare them with experimental findings.

- [1] W. A. Jacak, E. Popko, A. Henrykowski, E. Zielony, K. Gwóźdź, G. Luka, R. Pietruszka, B. Witkowski, L. Wachnicki, M. Godlewski, L-B. Chang and M-J. Jeng, *Solar Energy Materials & Solar Cells* **147**, 1-16 (2016).

Ordering of octupolar molecules for nonlinear optics applications: searching for a robust scenario

Michał Jarema¹, Antoni C. Mituś¹, Joseph Zyss²

¹*Department of Theoretical Physics, Wrocław University of Science and Technology, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50–370 Wrocław, Poland*

²*Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire, Institut d'Alembert, Ecole Normale Supérieure de Cachan, Avenue du Président Wilson 61, 94235–Cachan, France*

We evaluate various approaches for effective electric field poling of interacting octupolar molecules[1], depicted in Fig. 1ab. A two-dimensional lattice model, that includes important features of poling, is studied using the complementary approaches of analytical methods in statistical mechanics and Monte Carlo simulations. Quantum chemistry is used to check some parameters and assumptions of the model. We also compare the experimentally accessible nonlinear-optical properties resulting from each scenario.

The inhomogeneous poling field is imparted by a system of point charges of adequate symmetry, see Fig. 1c. The possibility of practical construction of the octupoling cell is discussed by taking into account electric breakdown, mechanical strength, heat dissipation etc. Because a very weak degree of acentric order is sufficient for nonlinear detection, and very strong electric fields are applicable without electric breakdown in certain polymeric systems, the revised poling criteria are improved by four orders of magnitude w.r.t. the earlier paper[2], leading to required temperature of a few Kelvins.

We discuss another scenario: dipoling of octupolar molecules bearing small dipole. We strictly develop the possibility of obtaining octupolar order by strong homogeneous field poling at Nitrogen temperature, although the octupolar order was previously predicted to vanish in this case[3] using high temperature approximation.

Finally, the electrostatic intermolecular interactions are considered, see Fig. 2, in hope for a decisive increase of required temperature. A lattice system of 1000 interacting octupoles that can take any 3D orientation is considered. It is shown to stay in a plane and perfectly ordered up to 80 K. Moreover, if the molecules are forced to stay in a plane (for example on a substrate) the effective temperature can approach room temperatures.

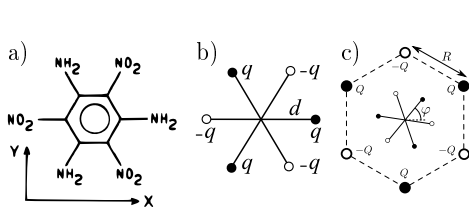


Figure 1: (a) The prototype of a small octupolar molecule. (b) The model six-arm octupole. (c) The model octupole in a poling cell of size $R \approx 60$ nm consisting of point charges $\pm Q$.

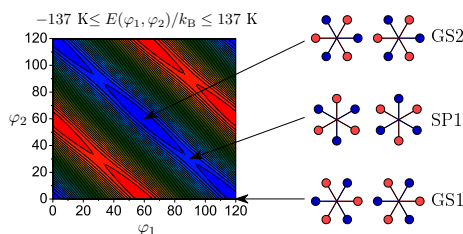


Figure 2: Potential energy surface $E(\varphi_1, \varphi_2)$ for a pair of electrostatically interacting octupoles at fixed distance $l = 5d$ between their centers.

[1] J. Zyss, *Nonl. Opt. Quant. Opt.* **43**, 97 (2012).

[2] A. C. Mituś, G. Pawlik, J. Zyss, *J. Chem. Phys.* **135**, 024110 (2011).

[3] S. Brasselet, J. Zyss, *J. Opt. Soc. Am. B* **15**, 257 (1998).

Wytwarzanie polimerowych mikro- i nanostruktur planarnych

K. Komorowska¹, K. Rola¹, P. Karasiński²

¹ Wrocławskie Centrum Badań EIT+, Wrocław

² Politechnika Śląska, Katedra Optoelektroniki, Gliwice

W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie nowymi metodami nano- i mikrostrukturyzacji polimerów, ze względu na zwiększającą się popularność zastosowań materiałów polimerowych lub bazujących na materiałach polimerowych, w fotonice [1],[2]. Szczególnym zainteresowaniem cieszą się polimerowe czujniki i bioczujniki zwłaszcza w tanich jednorazowych układach POCT – point-of-care. Przemysł fotoniczny wymaga nie tylko tanich materiałów ale także tanich i wydajnych technologii wytwarzania komponentów. Szeroko rozumiane materiały polimerowe to platforma materiałowa, która może zawierać zarówno komponenty pasywne jak i aktywne, ze względu na szeroką gamę dodatkowych funkcji, które można dodać do materiału. Poprzez modyfikacje, mieszanie i domieszkowanie polimery nie tracą cech polimeru, a jednocześnie zyskują nowe funkcjonalności.

W przedstawionej pracy prezentujemy wytwarzanie struktur polimerowych w procesach standardowych opartych na litografii i/lub trawieniu, w procesach opartych na imprints (do wytwarzania czujników optycznych zastosowane do materiałów wytwarzanych także metodą sol-żel) oraz wytwarzanie elementów za pomocą nowej metody wytwarzania nano- i mikrostruktur opartej na polimeryzacji cieczy jonowych pod wpływem wiązki elektronowej i jonowej [3]. Niska prężność par cieczy jonowych umożliwia zastosowanie metod próżniowych i umieszczenie warstwy cieczy w komorze mikroskopu elektronowego z wiązką jonową. Materiał ten nie potrzebuje dodatkowego rozpuszczalnika w celu uzyskania cienkiej warstwy, co może być istotne w wielu procesach technologicznych. Wysoka rozdzielczość mikroskopu elektronowego, i sam rozmiar wiązki umożliwia wytwarzanie struktur o rozmiarach nanometrycznych. Sama ciecz lub mieszanina polimeryzacyjna osiąga nową funkcjonalność, taką jak zmiana współczynnika załamania lub emisja światła poprzez domieszkowanie nanokryształami lub luminoforami.

[1] L.Wang at al., Opt. Com., **298**, 95 (2013).

[2] V. Seena at al., Polymer MEMS Sensors, in Advanced Biomaterials and Biodevices (eds A. Tiwari and A. N. Nordin), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA (2014)

[3] S.Kuwabata at al., Sci. Rep, 4, 3722 (2014)

Monolityczne podfalowe siatki dyfrakcyjne o wysokim kontraście współczynnika załamania jako zwierciadła w półprzewodnikowych azotkowych laserach VCSEL

Robert P. Sarzala, Rafał Ledzion, Łukasz Piskorski, Magdalena Marciniak, Marcin Gębski, Tomasz Czyszanowski

Instytut Fizyki, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 219, Łódź, Polska

Współczesne półprzewodnikowe źródła światła wytwarzane w oparciu o materiały azotkowe emitują promieniowanie elektromagnetyczne o długościach fali z zakresu od ok. 370 nm do 500 nm, zatem od bliskiego nadfioletu, poprzez promieniowanie fioletowe i niebieskie, do zielono-niebieskiego. Urządzenia te znalazły lub mogą znaleźć liczne zastosowania, m. in. w optycznym zapisie i odczycie informacji (Blue-Ray), fotolitografii, druku laserowym, wyświetlaczach, skanerach oraz do komunikacji w sieciach opartych o światłowody plastikowe, komunikacji podwodnej i komunikacji w świetle widzialnym w wolnej przestrzeni. Dotychczas zostały opracowane i wdrożone do produkcji diody LED oraz lasery o emisji krawędziowej EEL (od ang. Edge Emitting Laser) emitujące promieniowanie ultrafioletowe, niebieskie oraz w ostatnim czasie także promieniowanie zielone.

Wyzwaniem dla naukowców pozostaje skonstruowanie niebieskich laserów o emisji powierzchniowej z pionową wnęką rezonansową VCSEL (od ang. Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser), o własnościach pozwalających na ich komercjalizację. Ze względu na swoje liczne zalety, mogłyby one nie tylko zastąpić dotychczas stosowane diody LED i lasery EEL w części dotychczasowych urządzeń ale także zostać użyte w wielu nowych zastosowaniach. Jednymi z głównych przeszkód w wytworzeniu azotkowych laserów VCSEL jest (i) trudność uzyskania ich półprzewodnikowej struktury monolitycznej obejmującej obszar czynny, rezonator i zwierciadła oraz (ii) trudność z uzyskaniem jednorodnego efektywnego wstrzykiwania prądu do obszaru czynnego lasera. Rozwiązaniem powyższych problemów może być zastosowanie jako zwierciadeł monolitycznych podfalowych siatek dyfrakcyjnych o wysokim kontraście współczynnika załamania światła MHCG [1-3] (od ang. Monolithic High refractive index Contrast Grating), które dodatkowo można by było częściowo metalizować, umożliwiając tym samym bezpośrednie wstrzykiwanie prądu do obszaru czynnego. Wstępne obliczenia pokazują, że można w takiej konstrukcji osiągnąć równomierną gęstość prądu wstrzykiwanego do obszaru czynnego na poziomie 5.5 kA/cm^2 nawet w przypadku apertur obszaru czynnego $40\text{-}50 \text{ }\mu\text{m}$ przy wzroście temperatury we wnętrzu przyrządu poniżej 360 K.

Praca częściowo finansowana z projektu NCN nr UMO-2014/13/B/ST7/00633.

[1] M.C.Y. Huang et al., *Nat. Photonics* **1**(2), 119 (2007).

[2] M. Gębski et al., *Opt. Express* **23**(9), 11674 (2015).

[3] T. Czyszanowski et al., *Scientific Reports* **7**, 40348 (2017).

Projekt głowicy z fotodetektorami termicznymi do monitorowania rozkładu gęstości mocy laserów dużej mocy

B. Jeżewski, S. Chojnowski, M. Nowakowski, J. Wojas

Instytut Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego

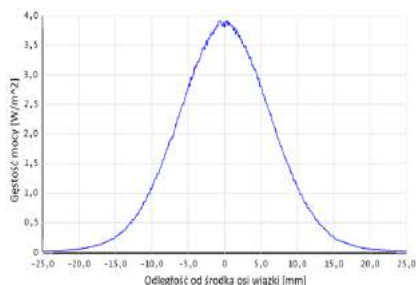
Rozwój techniki laserowej oraz dziedzin, w których wykorzystuje się promieniowanie laserowe np. medycyna, spektroskopia, inżynieria materiałowa, obronność, wymagają doskonalenia istniejących i opracowania nowych przyrządów oraz metod do pomiaru i kontroli parametrów i charakterystyk promieniowania laserowego [1,2]. W pracy przedstawiano układ do monitorowania rozkładu gęstości mocy wiązek laserowych o mocy do 10kW. Ważnym elementem systemu jest głowica pomiarowa składająca się z dwóch ekranów oraz układu cyfrowych fotodetektorów termicznych (rys. 1).



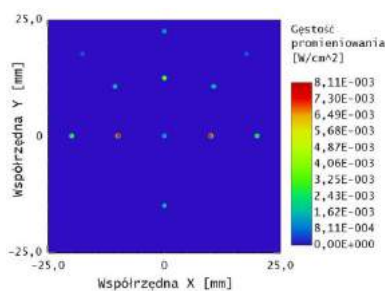
Rys.1. Projekt układu do monitorowania rozkładu wiązki laserów dużej mocy.

Pierwszy ekran z wydrążonymi otworami o średnicy 1 mm wyposażonymi w filtry absorpcyjne np. ze szkła KG3 jest elementem absorbującym promieniowanie. Drugi ekran eliminuje odbicia pasożytnicze od filtrów oraz formuje wiązkę osłabionego promieniowania na powierzchniach fotodetektorów. Symulacje układu przeprowadzono w oprogramowaniu Zemax OpticStudio 16.5 Professional Edition.

a)



b)



Rys.2. Rozkład gęstości mocy wiązki laserowej 10kW za zwierciadłem dichroicznym (a) oraz na powierzchniach fotodetektorów (b).

Praca realizowana w Laboratorium Detekcji Sygnałów Optycznych IOE WAT na potrzeby projektu pt. „Laserowe Systemy Broni Skierowanej Energii, Laserowe Systemy Broni Nieśmiertelności”. Umowa DOB-1-6/1/PS/2014.

[1] K. Kiczyński, J. Owsik, M. Suproniuk, Biuletyn WAT, Vol LX, nr 1, Warszawa, ISSN 1234-5865, (2011).

[2] J. Owsik, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, ISBN 978-83-61486-03-9, (2008).

Analiza wpływu wybranych zjawisk atmosferycznych na parametry laserowych łączy otwartej przestrzeni

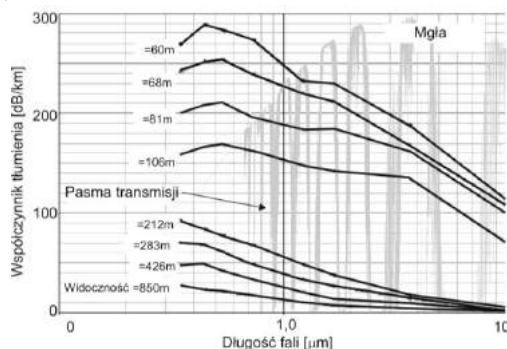
M. Nowakowski¹⁾, J. Mikołajczyk¹⁾, Z. Bielecki¹⁾, T. Stacewicz²⁾, J. Wojtas¹⁾,
D. Szabra¹⁾, B. Rutecka¹⁾

¹⁾ Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Optoelektroniki ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

²⁾ Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

Laserowe łąca otwartej przestrzeni (ang. Free Space Optics - FSO) stanowią istotny kierunek rozwoju łączności bezprzewodowej. Obecnie dostępne są komercyjne urządzenia FSO oferowane przez takie firmy wykorzystujące promieniowanie o długości fali około 0,8 μm i 1,5 μm (tzw. I i II okna transmisyjne atmosfery). Systemy te są w pełni duplexowe, tzn. strumienie danych nadawanych i odbieranych są transmitowane jednocześnie w obu kierunkach. Osiąga się przepływności 10 Gb/s. Układy FSO są głównie wykorzystywane w komercyjnych systemach między stacjonarnymi węzłami jako "połączenie ostatniej mili" w sieciach miejskich.

Ciągły rozwój technologii optoelektronicznych umożliwił opracowanie przyrządów, które w znacznym stopniu poszerzyły właściwości łączności bezprzewodowej. Na podstawie przeprowadzonych analiz i badań wstępnych zdefiniowano właściwości toru optycznego pracującego w zakresie promieniowania 8-12 μm (LWIR), w których zastosowano kwantowe lasery kaskadowe opracowane w Instytucie Technologii elektronowej PAN oraz moduły detekcyjne firmy Vigo System S.A. Uwzględniono w nich m.in. parametry konstrukcji samego nadajnika i odbiornika promieniowania optycznego, jak również wpływ zjawisk atmosferycznych – rys. 1.



Rys. 1. Widmowa charakterystyka współczynnika tłumienia atmosfery dla różnych wartości widoczności

Wyniki prac wskazały ogromny potencjał aplikacyjny opracowanego toru LWIR w porównaniu z obecnie dostępnymi urządzeniami FSO. Przedstawiono również koncepcję hybrydowego łąca optyczno-radiowego RF/FSO jako technologii, która w znacznym stopniu może zwiększyć nie tylko dostępność kanału transmisyjnego, ale również jego bezpieczeństwo

Podziękowanie

Prezentowane wyniki osiągnięto w ramach projektu LasBITer (DOB-BIO8/01/01/2016) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Modelowanie dynamiki zjawisk termoelektrycznych w lotniczych systemach przeciwpożarowych

Andrzej Szelmanowski, Mariusz Zieja, Justyna Tomaszewska, Krzysztof Głyda

*Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, ul. Księcia Bolesława 6, 01-494 Warszawa
Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, ul. Dywizjonu 303 m. 35, 08-521 Dęblin*

W referacie przedstawiono wybrane wyniki prac realizowanych w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych w zakresie badań instalacji przeciwpożarowej SSP-FK stosowanej na wielu typach wojskowych statków powietrznych eksploatowanych w Siłach Zbrojnych RP. Wykazano, że liczne przypadki samoczynnego zadziałania lotniczego systemu przeciwpożarowego SSP-FK (włącznie z uruchomieniem zaworów i butli gaśniczych) świadczą o tym, że jest on nie do końca jeszcze poznany w aspekcie technicznym, a ze względu na pełnioną rolę na statku powietrznym jest elementem podstawowym do zapewnienia bezpieczeństwa lotu [1]. Rozwiązanie problemów z fałszywą sygnalizacją pożaru przez system SSP-FK jest zagadnieniem ważnym dla bezpiecznej eksploatacji samolotów i śmigłowców wojskowych, gdyż jest on systemem prewencyjnym (ostrzegającym załogę o możliwości wystąpienia pożaru) i ratowniczym (mającym ugasić pożar) w każdej fazie lotu. System SSP-FK jest eksploatowany na wielu typach wojskowych statków powietrznych (m.in. na śmigłowcach z rodziny W-3/3W/3WA/3PL i Mi/8/14/17/24 oraz samolotach An-28 i Tu-154M). Dla przykładu, w skład systemu wykrywania pożaru śmigłowca Mi-8 wchodzi 12 grup czujników DPS umieszczonych w 4 kontrolowanych przedziałach oraz 2 elektroniczne bloki wykonawcze SSP-FK-BI. Głównym elementem generującym sygnał pożaru i sterującym pracą instalacji przeciwpożarowej jest blok wykonawczy SSP-FK-BI zawierający 6 płytek elektronicznych zwanych płytkami wzmacniaczy. Na podstawie analizy działania systemu przeciwpożarowego SSP-FK oraz badań wykonanych na pokładzie śmigłowca Mi-8, jako możliwe przyczyny jego samoczynnego zadziałania przyjęto generację napięcia w czujnikach DPS na skutek gwałtownych zmian temperatury otoczenia [2]. Dla określania warunków fałszywego sygnalizowania pożaru opracowano modele symulacyjne działania bloków wykonawczych SSP-FK [3]. Badania modeli symulacyjnych wykonano w pakietach obliczeniowych Matlab-Simulink i Circuit-Maker. W celu weryfikacji powyższych hipotez opracowano odpowiednie modele wybranych obwodów elektrycznych oraz wykonano odpowiednie symulacje komputerowe, a ich wyniki zweryfikowano w warunkach laboratoryjnych. Wyniki tych prac zostały wykorzystane do diagnostyki instalacji SSP-FK w trakcie badania rzeczywistych przypadków fałszywego zadziałania tych urządzeń.

[1] A. Szelmanowski, A. Pazur, K. Głyda, Badania diagnostyczne lotniczych systemów przeciwpożarowych w aspekcie ich fałszywego zadziałania, Problemy badań i eksploatacji techniki lotniczej, Tom 10, ISBN 978-83-61021-85-8, str. 87-104 (2016).

[2] A. Szelmanowski, J. Borowski, K. Głyda, Possibilities concerning diagnosis of the SSP-FK aircraft fire suppression system in terms of determination of reasons for false fire alarms, Journal of KONBiN, Vol. 3 (31), ISSN 1895-8281, str. 53-61 (2014).

[3] A. Szelmanowski, M. Zieja, K. Głyda, T. Tokarski, Research method of dynamic capability of an actualing block of the SSP-FK aircraft fire suppression system in false alarm aspect, Journal of KONES, Vol. 23, No 3, ISSN 1231-4005, str. 525-531 (2016).

Spektroskopia mikrofalowa centrów barwnych NV⁻ w diamencie

Krystian Sycz¹, Mariusz Mrózek¹, Andrzej Kruk², Wojciech Gawlik¹

¹ Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków

² Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania, Sucharskiego 2, 35-225 Rzeszów

Ujemnie naładowane centra barwne azot-wakancja (NV⁻) to punktowe defekty w sieci krystalicznej diamentu, składające się z atomu azotu i sąsiadującej z nim wakancji w sieci. Dzięki niezerowemu spinowi ($S=1$) centra te mogą zostać optycznie napompowane (spolaryzowane spinowo) i następnie badane metodami spektroskopii mikrofalowej. Właściwość ta sprawia, że znajdują one zastosowania w wielu dziedzinach, w tym w pomiarach ciśnienia, temperatury, wartości i kierunku pól magnetycznych i elektrycznych oraz przy badaniach MRJ w nanoskali [1-4]. Nanodiamenty z centrami barwnymi są biologicznie obojętne i fotostabilne, a ich funkcjonalizacja jest relatywnie prosta. Z tego powodu wykorzystywane są jako znaczniki fluorescencyjne i sensory przydatne w badaniach materiałów biologicznych [5-7].

Prezentujemy wyniki naszych prac nad nieliniową spektroskopią mikrofalową w centrach barwnych azot-wakancja w diamencie [8-9]. W szczególności skupiamy się na tzw. *wypalaniu dziur*, czyli przypadku, gdy dwa pola mikrofalowe (nasycające i próbkujące) są dostrojone do przejść między podpoziomami zeemanowskimi $m_s = 0 \leftrightarrow m_s = \pm 1$ w stanie podstawowym 3A_2 [10]. Widma obserwowane w funkcji częstości pola próbkującego zawierają złożone wąskie struktury o charakterze rezonansowych krzywych Lorentza, występujących na częstotliwości pola nasycającego. Szerokości i amplitudy tych rezonansów zależą od czasów życia poziomów uczestniczących w tych przejściach. Identyfikujemy je jako koherentne oscylacje populacji (*Coherent Population Oscillations - CPO*) indukowane dwoma polami mikrofalowymi. Oscylacje te możemy również obserwować w czasie rzeczywistym. Pomiar wykazuje dobrą zgodność z przewidywaniami naszego modelu teoretycznego i mogą być wykorzystane do badania mechanizmów relaksacji centrów NV⁻.

[1] H. J. Mamin, et al. Rugar D. Science. 2013;339:557.

[2] F. Dolde, et al. J. Nat Phys. 2011;7:459.

[3] J.M. Taylor, et al. Nat Phys. 2008;4:810.

[4] G.Kucsko, et al. Nature. 2013;500:54.

[5] V. Vijayanthimala, H-C. Chang, Nanomedicine. 2009;4:47.

[6] C-C. Fu, H-Y. Lee, Proc Natl Acad Sci USA. 2007;104:727.

[7] C-Y. Cheng et al. Appl Phys Lett. 2007;90:163903.

[8] P. Kehayias, M. Mrózek, et al. Phys. Rev. B **89**, 245202 (2014)

[9] M. Mrózek, J. Młynarczyk, D. S. Rudnicki, and W. Gawlik App. Phys. Lett. **107**, 013505 (2015)

[10] M. Mrózek, M. Wojciechowski, et al. Phys. Rev. B **94**, 035204 (2016)

Mikroskop OCM z wydłużonym ogniskiem do trójwymiarowego obrazowania mózgów małych zwierząt

Szymon Tamborski¹, Hubert Doleżyczek², Monika Malinowska², Grzegorz Wilczyński²,
Maciej Wojtkowski^{1,3}, Maciej Szkulmowski¹

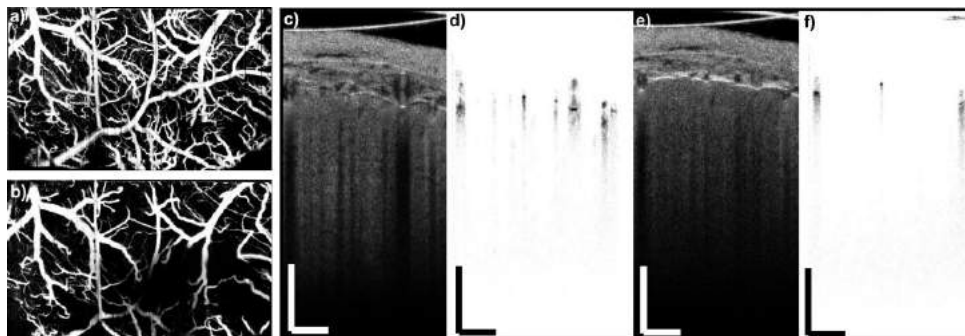
¹ Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń

² Instytut Biologii Doświadczalnej PAN, ul. Pasteura 3, 02-093 Warszawa

³ Instytut Chemii Fizycznej PAN, ul. Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa

Optyczna mikroskopia koherencyjna (ang. Optical Coherence Microscopy, OCT) to metoda obrazowania będąca szybką alternatywą dla mikroskopii konfokalnej. Umożliwia ona rejestrację linii obrazu w głąb obiektu na drodze jednokrotnej akwizycji bez konieczności skanowania w tym kierunku. Wykorzystywana w tym celu jest cecha niskiej spójności czasowej używanego szerokopasmowego światła na drodze bramkowania koherencyjnego. Jednakże wykorzystanie w pełni zalet tego rozwiązania ograniczone jest limitem dyfrakcyjnym na zakres obrazowania, który jest rzędu głębokości ogniska układu optycznego.

Rozwiązanie tego problemu zaproponowano poprzez użycie wiązki Bessela [1]. Dzięki temu przy zastosowaniu obiektywu o aperturze numerycznej 0.3 otrzymano rozdzielczość poniżej $2.2 \mu\text{m}$ na odcinku $800 \mu\text{m}$. Parametry te były wystarczające na potrzeby obrazowania mózgów myszy i umożliwiły rozpoznanie detali struktury kory mózgowej na poziomie ciał pojedynczych neuronów oraz utworzenie szczegółowych map naczyń krwionośnych [2]. Układ pomiarowy wykorzystano do badań strukturalnych i czynnościowych zmian w mózgu na skutek udaru indukowanego na drodze fototrombozy. Akwizycja sekwencji trójwymiarowych obrazów objętego udarem fragmentu mózgu była możliwa z rozdzielczością czasową rzędu kilkunastu sekund. Opracowane narzędzie pomiarowe jest użyteczne w zakresie badań mechanizmu powstawania udaru oraz monitoringu odpowiedzi mózgu na podjętą terapię.



Rys. 1. a) mapa naczyń krwionośnych z kontrastem przepływowym przed udarem b) po wywołaniu udaru; c) wybrany przekrój z zestawu danych 3D przedstawiający strukturę mózgu przed udarem; d) odpowiadający mu przekrój mapy przepływowej; e) i f) przedstawiają odpowiednio obrazy mózgu objętego udarem. Rozmiary a) i b): $2.85 \text{ mm} \times 1.65 \text{ mm}$, znacznik w c)-f): $200 \mu\text{m}$.

[1] R. A. Leitgeb et al., Optics. Letters 31, 2450-2452 (2006).

[2] S. Tamborski et al., Biomedical Optics Express 7(11) 4400-4414 (2016)

Badanie wpływu ostrości obrazu na wyniki rozkładu luminancji diod elektroluminescencyjnych

Dariusz Czyżewski

*Politechnika Warszawska
Instytut Elektroenergetyki*

W ofercie producentów źródeł światła pojawiają się różnorodne konstrukcje diod elektroluminescencyjnych. W procesie projektowania opraw oświetleniowych konieczna jest znajomość rozkładu luminancji na powierzchni źródła światła. Badania rozkładu luminancji są dość złożonymi badaniami fotometrycznymi. Bardzo niewiele publikacji poświęcona jest sposobowi przeprowadzania tego typu pomiarów. Główne prace badawcze skupione są na zagadnieniach termicznych [1,2]

W trakcie badań własnych skupiono się na określeniu rozkładu luminancji na powierzchni LED [3] z wykorzystaniem matrycowego miernika luminancji [4]. Wyniki badań wykazały niejednorodny rozkład luminancji na powierzchni diody. Fakt ten wpływa na sposób konstruowania układów optycznych dla tego typu źródeł światła.

Na obecnym poziomie badań własnych zdecydowano się zaprezentować jeden z aspektów badania rozkładów luminancji na powierzchni LED, a mianowicie wpływ ostrzenia obrazu na powierzchni LED na wyniki pomiarów.

W trakcie wykonywanych pomiarów okazało się że sposób, w jaki ustawiono ostrość na powierzchni mierzonej, wpływał na wynik pomiaru rozkładu luminancji i wartość maksymalnej luminancji. W dalszej części przedstawiono 4 sposoby ustawiania ostrości obrazu i wpływ na wyniki pomiarów:

- Metoda 1 – Ostrość na podstawie podziałki umieszczonej na obiektywie przez producenta;
- Metoda 2 – Ostrość na powierzchni wyłączonej diody;
- Metoda 3 – Ostrość na powierzchni włączonej diody, na podstawie obrazu całego mierzonego obiektu;
- Metoda 4 – Ostrość na powierzchni włączonej diody, na podstawie obrazu dużego powiększenia fragmentu diody.

Zbadano cztery metody ostrzenia obrazu. Przedstawiono możliwe rozbieżności w wynikach pomiarów stosując każdą z metod. Największe uchyby pomiarowe generowała pierwsza i trzecia metoda pomiarowa. Stosunkowo dokładne wyniki pomiarów uzyskiwano w drugiej metodzie pomiarowej, przy ostrzeniu obrazu na powierzchni wyłączonej LED.

Zdecydowanie najdokładniejsze wyniki pomiarów zapewniała czwarta metoda pomiarowa. Przy czym również w tej metodzie potrzebne jest doświadczenie, gdyż osoba mniej zaawansowana może nie dostrzec różnicy w ostrości dużych powiększeń fragmentu badanej diody. Dlatego w tego typu badaniach posiadanie dokładnego sprzętu pomiarowego jest niewystarczające. Ważne jest także doświadczenie praktyczne osoby wykonującej pomiary.

[1] Minseok Ha, Samuel Graham, „Development of a thermal resistance model for chip-on-board packaging of high power LED arrays”, *Microelectronics Reliability* 52 (2012) 836–844.

[2] N. Vakrilov, A. Andonova, N. Kafadarova, „Study of High Power COB LED Modules with Respect to Topology of Chips”, 38th Int. Spring Seminar on Electronics Technology, 2015 IEEE, 108-113.

[3] W. Żagan W.: Scalone przetworniki obrazu - nowa era w fotometrii; *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 9 bis 2006.

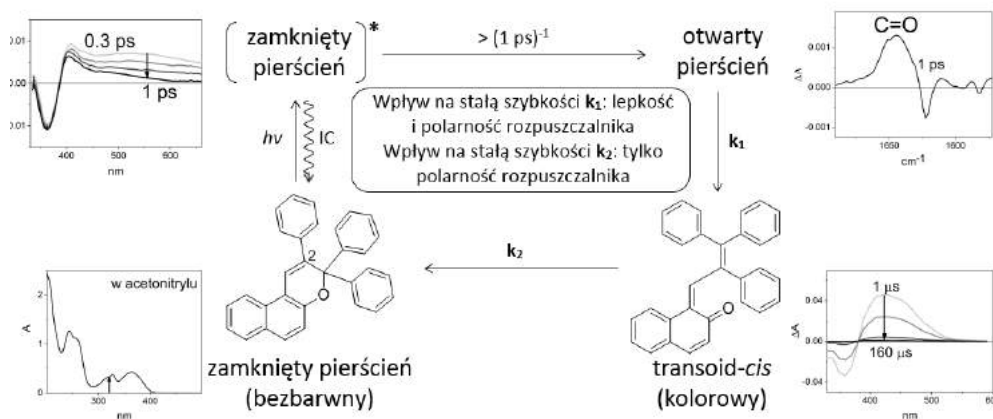
[4] D. Czyżewski: „Luminance distribution of LED luminous surface”, *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, nr 10, 2010.

Badanie fotochromizmu w 3*H*-naftopiranych metodami czasowo-rozdzielczej spektroskopii optycznej

S. Brazevic

Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University in Poznan
Umultowska 85, 61-614 Poznań
sabina.brazevic@amu.edu.pl

Reakcja fotochromowa 3*H*-naftopiranów została zbadana przy zastosowaniu czasowo-rozdzielczej spektroskopii optycznej w zakresie UV-vis i średniej podczerwieni [1]. Głównym celem było wyznaczenie mechanizmu reakcji, jak i stałych szybkości powstawania i zaniku formy kolorowej. Akt absorpcji fotonu UV przez cząsteczkę powoduje wzbudzenie jej do stanu singletowego S_1 o krótkim czasie życia ($\tau_{S_1}=300$ fs). Bezpromienisty proces konwersji wewnętrznej IC ($S_1 \rightarrow S_0$) przebiega ze stosunkowo niską wydajnością kwantową (0.3). Alternatywnym kanałem dezaktywacji stanu wzbudzonego jest rozerwanie wiązania węgiel-tlen, co prowadzi do otwarcia pierścienia z wydajnością kwantową równą 0.7. Powstaje otwarta forma pierścienia, która na drodze relaksacji strukturalnej ze stałą szybkości (setki ps) $^{-1}$ tworzy kolorową formę transoid-*cis* z maksimum pasma absorpcji przy 430 nm. W dłuższej skali czasowej (mikrosekundy) następuje szybka reakcja powrotna zamknięcia pierścienia (rys. 1), co skutkuje zanikiem koloru próbki. Opis mechanizmu reakcji i charakterystycznych stałych czasowych jest ważny dla fotochemii, ale także dla nowych zastosowań wymagających szybkich reakcji fotochromowych [2, 3].



Rys. 1 Mechanizm reakcji fotochromowej dla pochodnej 3*H*-naftopiranu z fenylem w pozycji „2”.

Kinetyka reakcji silnie zależy od właściwości rozpuszczalników, takich jak polarność, lepkość i zdolność do oddziaływań specyficznych. Lepki rozpuszczalnik zmniejsza stałą szybkości powstawania form barwnych, natomiast odwrotny efekt spowodowany jest zastosowaniem rozpuszczalnika z wysoką polarnością. Polarny rozpuszczalnik stabilizuje polarne formy transoid-*cis* i spowalnia reakcję zamknięcia pierścienia. Efekt ten jest jeszcze silniejszy w alkoholach na skutek tworzenia wiązań wodorowych z formą transoid-*cis*.

[1] S. Brazevic, M. Sliwa, J. Abe, Y. Kobayashi, G. Burdzinski, J. Phys. Chem. Lett. **8** 909 (2017).

[2] K. Mutoh, Y. Kobayashi, J. Abe, Dyes Pigm. **137** 307 (2017).

[3] K. Arai, Y. Kobayashi, J. Abe, J. Chem. Commun. **51** 3057 (2015).

Precyzyjna spektroskopia molekularnego tlenu z wykorzystaniem dwuwiązkowego spektrometru strat we wnęce ze stabilizacją częstotliwości

Michał Słowiński, Katarzyna Bielska, Szymon Wójtewicz,
Jolanta Domysławska, Piotr Morzyński, Agata Cygan,
Roman Ciuryło, Daniel Lisak

*Institut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet
Mikołaja Kopernika, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń*

Pasma absorpcyjne O_2 mają kluczowe znaczenie dla satelitarnego monitoringu atmosfery ziemskiej jak i stanu roślin. Ponadto mogą być wykorzystywane w badaniach planet poza układem słonecznym oraz w poszukiwaniach życia poza Ziemią. Najczęściej wykorzystywane jest pasmo A w okolicach 762 nm ze względu na dostępność danych laboratoryjnych. Jednak ze względu na długość drogi optycznej w zastosowaniach satelitarnych korzystne jest również użycie słabszych linii O_2 takich jak te należące do pasma B. To właśnie linie pasma B, położone w zakresie widmowym około 689 nm, są przedmiotem naszych badań.

Uzyskanie w laboratorium precyzyjnych danych spektroskopowych dla słabych linii widmowych jest nie trywialnym zadaniem i wymaga użycia odpowiednich technik doświadczalnych takich jak spektroskopia strat we wnęce (ang. Cavity Ring-Down Spectroscopy - CRDS). Technika ta charakteryzuje się wysoką czułością i jest uznawana za technikę doskonałą do badania słabych linii widmowych czy identyfikowania śladowych ilości gazów [1]. Spektrometry strat we wnęce są także uznawane za niemalże idealne narzędzia do pozyskiwania danych referencyjnych dla systemów monitoringu atmosfery ziemskiej [2].

Przedstawiony zostanie dwuwiązkowy spektrometr strat we wnęce ze stabilizacją częstotliwości. Wykorzystano w nim technikę Pounda-Drevera-Halla do dowiązania lasera próbującego do rezonansu wnęki optycznej (analogiczny układ został opisany w [3]). Otrzymane widma charakteryzują się stosunkiem sygnału do szumu dochodzącym do 30000, co pozwoliło m.in. na wyznaczenie położenia badanych linii z niepewnością znacznie poniżej 100 kHz.

[1] A. Cygan, D. Lisak i in., Phys. Rev. A **85**, 022508 (2012).

[2] D. A. Long, D. K. Havey i in., QJRT **111**, 2021 (2010).

[3] A. Cygan, P. Wcisłowski i in., Opt. Express **23**, 14472 (2015).

Szkło faz nieuporządkowanych, termodynamiczne i dynamiczne zmiany własności globularnych i pręto-podobnych układów molekularnych

Ewa Juszyńska-Gałązka, Wojciech Zając, Maria Massalska-Arodź

Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków

Zaprezentowane zostaną wyniki badań wybranych związków z obszaru materii miękkiej metodami komplementarnymi. Szkło faz nieuporządkowanych, tj. niewykazujących porządku dalekiego zasięgu, posiada charakterystyczne sygnatury takie jak: skok pojemności cieplnej, relaksacja entalpii, występowanie piku bozonowego, entalpia resztkowa odpowiadająca nieporządkowi w rozłożeniu przestrzennym molekuł, obecność spękań na teksturach pod mikroskopem polaryzacyjnym, poszerzenie pasm absorpcyjnych i pików dyfrakcyjnych, naddatek gęstości stanów wibracyjnych, zarówno podczas witrifikacji jak również podczas jego mięknięcia. Istotną rolę w tworzeniu faz szklistych odgrywa wiązanie wodorowe, a spektroskopia absorpcyjna i dielektryczna pokazują, że realizowane mogą być różnorodne klastry molekularne o naturze liniowej bądź cyklicznej trimerów czy tetrametrów. W układzie metastabilnym po mięknięciu szkła fazy plastycznej bądź mezofaz ciekłokrystalicznych, w trakcie ogrzewania możemy zaobserwować na skutek „zimnej krystalizacji” (rekrytalizacji) fazę krystaliczną o daleko- i krótko-zasięgowym uporządkowaniu molekuł. Proces ten odbywa się dwustopniowo poprzez etapy zarodkowania i wzrostu krystalitów nowej fazy. Ponadto, porównane zostaną własności fizykochemiczne *glass-formerów* posiadających w swej budowie molekularnej różne podstawniki grup funkcyjnych. Steryczne cechy budowy molekuł, rodzin, izomerów mają wpływ zarówno na własności jak i możliwości aplikacyjne. Badania własności szkieł faz nieuporządkowanych jak i rekrytalizacji mają duże znaczenie m.in. dla farmakologii ze względu podobieństwo budowy chemicznej wielu farmaceutyków do budowy alkoholi czy ciekłych kryształów.

Samoorganizacja cząsteczek substancji pochodzenia naturalnego i ich pochodnych – badania metodami rozpraszania neutronów i komplementarnymi

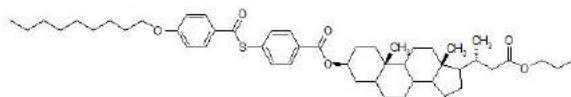
W. Zając¹, A. Rudzki², M. Ossowska-Chruściel², E. Juszyńska-Gałazka¹, Yu. Gorshkova³

¹*Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków*

²*Instytut Chemii UPH, Siedlce*

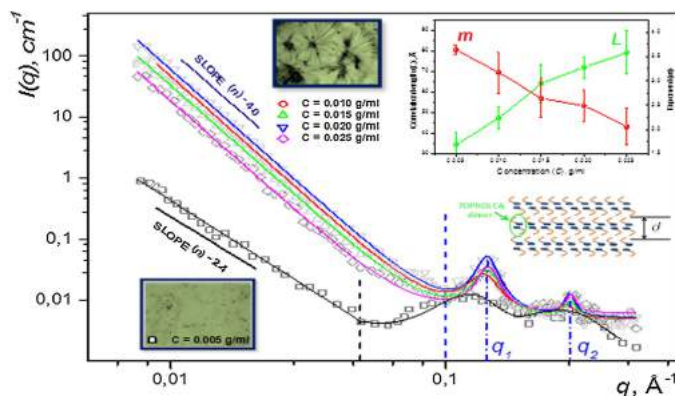
³*Laboratorium Fizyki Neutronowej ZIBJ, Dubna*

Niektóre substancje pochodzenia naturalnego, w tym cholesterol czy kwas litocholowy (LCA) należący do tzw. wtórnych kwasów żółciowych, cechuje łatwość samoorganizacji molekuł. Dotyczy to zwłaszcza wielu ich pochodnych, gdzie obserwuje się powstawanie struktur ciekłokrystalicznych, np. termotropowych (znane pochodne cholesterolu) bądź liotropowych (LCA). Mechanizmy samoorganizacji można niekiedy tłumaczyć własnościami amfifilowymi cząsteczek, a niekiedy ich morfologią, np. w pochodnej LCA o akronimie 9OSBLCAC3 (rys. 1). Niniejszy komunikat poświęcony jest głównie komplementarnym badaniom pochodnych LCA: LCAC3 i 9OSBLCAC3 w aspekcie własności strukturalnych i termodynamicznych.



Rysunek 1: Schemat budowy cząsteczki 9OSBLCAC3.

Ten ostatni związek żeluje w niektórych rozpuszczalnikach organicznych, a jego zachowanie w tym środowisku w funkcji temperatury i stężenia było przedmiotem badania metodą niskokątowego rozpraszania neutronów (SANS). Przykładowy wynik eksperymentów SANS jednej z pochodnych kwasu litocholowego [1] wraz z poglądową ilustracją zjawisk samoorganizacji przedstawia rysunek 2.



Rysunek 2: Wynik eksperymentu SANS dla związku 7OPhOLCA [1].

[1] M. Ordon, Yu. Gorshkova, M.D. Ossowska-Chruściel, *Thermochim. Acta* **643**, 1–12 (2016).

Nadprzewodniki konwencjonalne i wysokotemperaturowe: poszukiwania nadprzewodnictwa w temperaturze pokojowej

Artur P. Durajski

*Instituto Fizyki, Politechnika Częstochowska, al. Armii Krajowej 19, 42-200
Częstochowa, Polska*

Materiał, który byłby w stanie przewodzić prąd elektryczny z absolutnie zerową rezystancją w temperaturze pokojowej jest niczym *Święty Graal* od ponad 100 lat poszukiwany przez naukowców. Jego odkrycie niewątpliwie mogłoby doprowadzić do rewolucji w elektronice, energetyce, transporcie oraz wielu innych dziedzinach naszego życia. Szczególnie obiecującym nadprzewodnikiem, skupiającym na sobie ogromne zainteresowanie środowisk naukowych, jest siarkowodór. Badania teoretyczne potwierdzone pomiarami eksperymentalnymi pokazują, że w układzie H_3S tworzy się wysokociśnieniowy stan nadprzewodzący o temperaturze krytycznej wynoszącej aż 203 K [1, 2]. Dodatkowo należy podkreślić fakt, że zaobserwowano silny efekt izotopowy, co wyraźnie sugeruje elektronowo-fononowy mechanizm parowania. Z fizycznego punktu widzenia uzyskany rezultat oznacza, że znaleziono konwencjonalny nadprzewodnik o najwyższej, jak dotąd, znanej wartości temperatury krytycznej. W świetle powyższych faktów eksperymentalnych naturalnym kierunkiem moich badań było poszerzenie wiedzy na temat stanu nadprzewodzącego w układach typu H_3S . Teoretyczna analiza właściwości termodynamicznych badanych materiałów bazowała na formalizmie równań Eliashberga, stanowiącym uogólnienie teorii Bardeena-Coopera-Schrieffera na układy charakteryzujące się silnym sprzężeniem elektron-fonon [3, 4, 5].

Stan nadprzewodzący o wysokiej wartości temperatury krytycznej obserwowany jest również w związkach tlenków miedzi (miedzianach) po raz pierwszy odkrytych w roku 1986 przez Bednorza i Müllera. Przy użyciu hamiltonianu Fröhlich'a rozszerzonego o dodatkową stałą sprzężenia dla oddziaływania elektron-elektron-fonon [6] dokonałem opisu domieszkowanych dziurami nadprzewodników o symetrii typu *d-wave*, dla których powyżej temperatury krytycznej występuje pseudoszczelina. W szczególności skupiłem się na odtworzeniu eksperymentalnych wyników uzyskiwanych w ramach metody ARPES [7, 8] oraz na wyprowadzeniu pełnych równań Eliashberga w oparciu o założony operator statystyczny [9].

- [1] A. Drozdov, M. I. Erements, I. A. Troyan, V. Ksenofontov, S. I. Shylin, *Nature* **525**, 73 (2015).
- [2] M. Einaga, M. Sakata, T. Ishikawa, *et al.*, *Nat. Phys.* **12**, 835-838 (2016).
- [3] A.P. Durajski, R. Szcześniak, L. Pietronero, *Ann. Phys. (Berlin)* **528**, 358-364 (2016).
- [4] A.P. Durajski, *Sci. Rep.* **6**, 38570 (2016).
- [5] A.P. Durajski, R. Szcześniak, Y. Li, *Physica C* **515**, 1 (2015).
- [6] R. Szcześniak, *PloSONE* **7**, e31873 (2012).
- [7] R. Szcześniak, A.P. Durajski, *Supercond. Sci. Technol.* **27**, 125004 (2014).
- [8] A.P. Durajski, *Front. Phys.* **11**, 117408 (2016).
- [9] R. Szcześniak, A.P. Durajski, A.M. Duda, *Ann. Phys (Berlin)* **529**, 1600254 (2017).

Faza kwantowego metalu w ultracienkich warstwach niobu

Marta Z. Cieplak, Iryna Zaytseva, Aleksander Abaloszew

Instytut Fizyki PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

W cienkich, dwuwymiarowych (2D) warstwach nadprzewodzących zmniejszanie grubości warstw lub przyłożenie zewnętrznego pola magnetycznego prowadzi do przejścia nadprzewodnik-izolator (PNI), które jest jednym z przykładów kwantowego przejścia fazowego. Obserwacje PNI w wielu materiałach dają się w zasadzie wytłumaczyć teoretycznym modelem bozonowym przejścia, choć niektóre własności nie są z nim zgodne [1]. Istnieje też jednak pewna klasa materiałów, w których oprócz fazy nadprzewodnika i izolatora obserwuje się w granicy bardzo niskich temperatur pośrednią fazę metaliczną, tzw. fazę kwantowego metalu; ostatnio zaobserwowano ją w monokrystalicznych warstwach NbSe₂ [2]. Natura tej fazy jest ciągle przedmiotem badań i dyskusji [3].

W tej prezentacji omówione będą badania PNI dla ultracienkich warstw niobu (Nb), dotychczas nieopisane w literaturze. Warstwy Nb, o grubości d w zakresie od 1,1 nm do 20 nm, osadzono metodą rozpylania katodowego pomiędzy dwiema ochronnymi warstwami krzemu (Si) o stałej grubości 10 nm. Badania pokazały, że wraz ze zmniejszaniem d struktura warstw zmienia się od polikrystalicznej do amorficznej, zaś współczynnik Halla zmienia znak z dodatniego na ujemny, najprawdopodobniej na skutek zwiększonego rozpraszania nośników na międzypowierzchni Nb/Si [4]. Wraz ze zmniejszaniem d maleje temperatura krytyczna przejścia do stanu nadprzewodzącego, zaś oraz drugie pole krytyczne H_{c2} najpierw nieco rośnie, a następnie maleje. Zależność H_{c2} od temperatury wskazuje, że dla cienkich warstw rośnie udział spinowego efektu paramagnetycznego w niszczeniu nadprzewodnictwa.

Badania PNI przeprowadzono w szerokim zakresie temperatur (mK do pokojowej), i w prostopadłym polu magnetycznym do 9 T. We wszystkich warstwach występuje PNI wymuszone polem magnetycznym, przy czym w najcieńszych warstwach i w najniższych temperaturach pojawia się nasycenie oporu do skończonych wartości, mniejszych od oporu w stanie normalnym, co wskazuje na obecność kwantowego stanu metalicznego. W stanie tym opór zależy potęgowo od pola magnetycznego, zaś wykładniki tej zależności pozostają w ścisłym związku z energią termicznej aktywacji wirów, obserwowaną w wyższych temperaturach. Własności te wydają się być zgodne z modelem tzw. metalu Bosego, zaproponowanego do opisu kwantowego metalu [5].

Warstwy osadzane były we współpracy z L. Y. Zhu i C. L. Chien (The Johns Hopkins University). Badania współfinansowane były z następujących projektów badawczych: NCN 2011/01/B/ST3/00462 oraz NCN 2014/15/B/ST3/03889; część pomiarów wykonano w laboratorium współfinansowanym z projektu ERDF, NanoFun POIG.02.02.00-00-025/09.

[1] V. F. Gantmakher and V. T. Dolgoplov, Phys.-Usp. **53**, 1 (2010).

[2] A.W. Tsen *et al.*, Nature Phys. **12**, 208 (2016).

[3] P.W. Phillips, Nature Phys. **12**, 206 (2016).

[4] I. Zaytseva *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 060505(R) (2014); I.N. Demchenko *et al.*, Appl. Surf. Sci. **399**, 32 (2017).

[5] D. Das and S. Doniach, Phys. Rev. B **64**, 134511 (2001).



Quincke rotation of particle laden drops

Khobaib Khobaib , Alexander Mikkelsen , Zbigniew Rozynek

Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Umultowska 85, 61-614 Poznań, Poland

The physics of leaky-dielectric particle-free droplets are well developed with theories and models for droplet rheology and dynamics, like electrohydrodynamic flows [1-3] and the “Quincke rotation” phenomenon [4, 5]. The main mechanism behind Quincke rotation is the instability of the droplet dipole, which is aligned opposite to the electric field direction. Above a critical electric field strength, the droplet dipole is displaced and the resulting torque induces physical rotation on the droplet.

Here we report the results of Quincke rotation of particle laden silicone oil droplets. The experimental investigations were based on the following scientific hypotheses: (i) because the particle laden droplets can be considered as a two phase system, i.e. bulk liquid has different properties than a particle shell, the critical strength of electric field needed for Quincke rotation and deformation of such Pickering droplet can be different than that of a pure droplet; (ii) deformations of a Pickering droplet at higher strengths of electric fields may influence the nature of Quincke rotation, i.e. can be different than that described for rotation of a sphere (the Quincke theory does not account for deformations); (iii) frequency of Quincke rotation depends on dielectric properties of particles comprising the particle laden droplet.

- [1] G. Taylor, Proc. R. Soc. Lond. A **291**, 159 (1966).
- [2] D. A. Saville, Ann. Rev. Fluid Mech. **29**, 27 (1997).
- [3] P. F. Salipante, P. M. Vlahovska, Phys.Fluids, **22**, 11 (2011).
- [4] G. Quincke, Ann. Phys. Chem. **295**, 417 (1896).
- [5] P. F. Salipante, P. M. Vlahovska, arXiv:1301.5382, (2013).

Propulsion of particle laden droplets in electric fields

Alexander Mikkelsen and Zbigniew Rozynek

Adam Mickiewicz University, Faculty of Physics, Umultowska 85, 61-614 Poznań, Poland

Propelling nano- and microrobots have potential to perform multiple tasks and are highly desirable in fields such as biology, medicine, environmental science and material science. This includes the use for targeted drug delivery, cargo transport, conducting operations in cells, driving nanomachines, removing toxic materials from water or human bodies, or actively controlling material behavior [1-3]. Here we demonstrate propulsion methods of particle laden droplets suspended in fluids that are based on electrostatic and electrohydrodynamic effects.

Particle laden droplets are usually covered by nano- and micrometer sized particles that are energetically trapped at the droplet interface. When suspended in a weakly conductive liquid, the dynamics of such droplets, for instance particle structuring, droplet deformation and rotation, can be controlled by an external electric field [4-6]. The applied electric field exerts electric stress on the surface particles and the droplet, and electrohydrodynamic flows inside and around the droplet can be induced. We show that these effects can be utilized to break time-invariance symmetry and propel particle covered droplets.

- [1] J. Elgeti, R.G. Winkler, and G. Gompper, *Rep. Prog. Phys.*, **78**, 056601 (2015)
- [2] S. J. Ebbens and J.R. Howse, *Soft Matter*, **6**, 726 (2010)
- [3] Z. Rozynek and A. Józefczak, *Eur. Phys. J. Special Topics*, **225**, 741 (2016)
- [4] A. Mikkelsen et al., *Materials*, **10**, 436 (2017)
- [5] P. Dommersnes et al., *Nat. Commun.*, **4**, 2066 (2013)
- [6] P. Dommersnes, A. Mikkelsen and J.O. Fossum, *Eur. Phys. J. Special Topics*, **225**, 699 (2016)

Mechanical properties of patchy Pickering drops

Zbigniew Rozynek, Alexander Mikkelsen, Khobaib Khobaib

Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Umultowska 85, 61-614 Poznań, Poland

Fluid drops coated with particles, so-called Pickering drops, play an important role in emulsion and capsule applications. In this context, knowledge of mechanical properties and stability of Pickering drops are essential. We previously shown that electric field-generated stresses can be utilized to measure complex rheological properties of particle laden droplets [1]. Those drops were covered with particles of one kind. We recently discovered a simple route for fabricating Janus and patchy capsules with shells composed of particles of different kinds (they differ by electrical conductivity or dielectric properties) [2]. Due to the heterogeneity of the shell of patchy colloidal capsules [3], the mechanism of adsorption of compressive anisotropic stresses and strains (induced by external electric fields) and such patchy colloidal capsules can be different from that of homogenous colloidal capsules studied previously. The electric field-induced deformation and relaxation of colloidal capsules depends on particle packing, that will be also demonstrated here. In our previous work we show that packing of particles on drop surfaces can be controlled by electric field-induced particle shaking [4]. Finally, we show that the mechanical properties and rheology of particle laden drops depend strongly on intrinsic physical properties of particles, that also dictate particle arrangement on the drop surface [5].

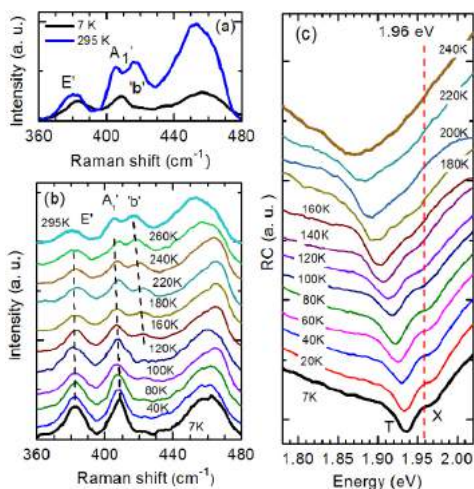
- [1] A. Mikkelsen et al., *Materials* **10**(4), 436 (2017).
- [2] Z. Rozynek, A. Mikkelsen, P. Dommersnes, J.O. Fossum, *Nat. Commun.* **5**, 3945 (2014).
- [3] Z. Rozynek, J. Józefczak, *Eur. Phys. J. Special Topics* **225**, 743 (2016).
- [4] Z. Rozynek, P. Dommersnes, A. Mikkelsen, L. Michels, J.O. Fossum, *Eur. Phys. J. Special Topics* **225**, 1859–1867 (2014).
- [5] A. Mikkelsen et al., *Materials* **10**(4), 329 (2017).

Badania optyczne dyspersyjnego modu 'b' w 1L- MoS₂

J. Kutrowska-Girzycka¹, J. Jadcak¹, E. Zdanowicz¹, A. Wójs², L. Bryja¹

¹ Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska

² Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska



Rys. 1. Widma rozpraszania Ramana oraz kontrastu odbicia (RC) 1L-MoS₂: Porównanie widma Ramana zmierzonego w temperaturze T=7 K oraz 295 K w próżni (a), zależność widma Ramana (b) oraz RC (c) od temperatury.

7 K) nie obserwuje się modu 'b'. Wraz ze wzrostem temperatury powyżej T=100 K mod ten pojawia się w widmie Ramana i przy dalszym wzroście temperatury zwiększa się jego intensywność, a zmniejsza częstość (Rys. 1b).

W celu wyjaśnienia natury obserwowanego modu 'b' przeprowadzono komplementarne badania kontrastu odbicia w funkcji temperatury. W widmie RC zmierzonym w niskiej temperaturze obserwuje się dwa rezonanse, związane z neutralnym ekscytonem (X) oraz naładowanym trionem (T). Ze wzrostem temperatury ich energie maleją, zaś szerokości połówkowe rosną. Zaobserwowano, że mod 'b' pojawia się w widmie Ramana, gdy energia ekscytonu (X) jest mniejsza od energii kwantów lasera pobudzającego, co zachodzi dla temperatur T > 100 K. Efekt ten pokazuje, że mod 'b' jest obserwowany w monowarstwach przy silnym sprzężeniu ekscyton-fonon.

W pracy przeprowadzono pomiary widm rozpraszania Ramana oraz kontrastu odbicia (RC) w szerokim zakresie temperatur (7 – 295 K) dla pojedynczych warstw MoS₂ otrzymanych metodą mechanicznej eksfoliacji na podłożu SiO₂/Si. W celu zbadania własności tzw. dyspersyjnego modu 'b' oraz wyjaśnienia jego pochodzenia badania przeprowadzono przy pobudzeniu rezonansowym (E=1.96 eV).

W rezonansowym widmie rozpraszania Ramana 1L-MoS₂ zmierzonym w temperaturze T=295 K obserwuje się mody ramanowskie pierwszego rzędu związane z drganiami E' oraz A₁' o częstościach odpowiednio 386 cm⁻¹ oraz 404 cm⁻¹. W widmie obserwuje się również dyspersyjny mod 'b' o częstości 420 cm⁻¹ oraz mod 2LA(M) (Rys. 1a). W przeciwieństwie do widm monokryształów, w widmie rozpraszania Ramana pojedynczej warstwy zarejestrowanym w niskiej temperaturze (T =

Przewidywania ilościowe oparte na teorii funkcjonału gęstości (DFT) w inżynierii struktury pasmowej

Paweł Scharoch, Maciej P. Polak, Robert Kudrawiec

Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wrocławska,
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Obliczenia *ab initio* oparte na teorii funkcjonału gęstości (*ang. Density Functional Theory, DFT*) stanowią nieocenione narzędzie badawcze dzięki zdolności ilościowego przewidywania różnych właściwości fizycznych układów. Mimo, że są to obliczenia dużej skali, wymagające komputerów dużej mocy i dużych zasobów obliczeniowych, w tym pamięci (dziesiątków gigabajtów RAM) i długich czasów pracy CPU (sięgających nawet dziesiątków lat), to dzięki nowoczesnej technice komputerowej, np. zrównoległaniu obliczeń, w stosunkowo krótkim czasie i niewielkim kosztem można uzyskiwać wiarygodne charakterystyki ilościowe parametrów fizycznych hipotetycznych materiałów, pod kątem ich potencjalnych zastosowań, wskazując kierunki rozwoju technologii i badań doświadczalnych.

Na przestrzeni ostatnich kilku lat, przy ścisłej współpracy z grupą fizyki doświadczalnej na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki, Politechniki Wrocławskiej (Laboratorium Optycznej Spektroskopii Nanostruktur), wykonano szereg badań obliczeniowych metodami *ab initio*. Wyniki zastosowanych metod najpierw konfrontowane były z uzyskiwanymi w lokalnym laboratorium i/lub znanymi z literatury wynikami eksperymentalnymi. Po sprawdzeniu w ten sposób wiarygodności (najczęściej pozytywnie), te same metody stosowano do predykcji właściwości układów wcześniej niezbadanych w rzeczywistości. Badania koncentrowały się przede wszystkim wokół struktur elektronowych różnych układów półprzewodnikowych (*Ge(1-x)Snx*, *AlN_xP(1-x)*, stopy *Ga-V-Bi* i *In-V-Bi*, *MoS₂*, *MoSe₂*, *WS₂*, *WSe₂*), w tym znaczące z punktu widzenia zastosowań odległości energetyczne w strukturach pasmowych (przerwa skośna, prosta (optyczna), rozszczepienie spin-orbita, bezwzględne położenia pasm względem próżni, tzw. offsety), a także ich zależności od składu w układach mieszanych, ciśnienia i naprężeń. Badano też inne charakterystyki, jak stałe elastyczne czy właściwości strukturalne. Uzyskano wiele satysfakcjonujących wyników, które opisano m.in. w publikacjach [1-9]. W prezentacji znajdują się najważniejsze i najciekawsze wyniki obliczeń, w porównaniu z eksperymentem, oraz najciekawsze przewidywane właściwości materiałów hipotetycznych.

- [1] M.P. Polak, P. Scharoch, R. Kudrawiec, *J. Phys. D.* (2017), doi:
- [2] J. Kopaczek, M.P. Polak, P. Scharoch, K. Wu, et al., *J. Appl. Phys.* 119(23) (2016).
- [3] F. Dybała, M.P. Polak, J. Kopaczek, P. Scharoch, K. Wu, et al., *Sci Rep* 6 (2016).
- [4] T. Woźniak T, P. Scharoch, M.J. Winiarski., *Acta Phys Pol A* 129(1):A56-A58 (2016).
- [5] M.P. Polak, M.J. Winiarski, K. Wittek, P. Scharoch P., *Adv Mater Sci Eng* 2016 (2016).
- [6] M.P. Polak, P. Scharoch P, R. Kudrawiec, *Semicond Sci Technol* 30(9) (2015).
- [7] J. Kopaczek, R. Kudrawiec, M.P. Polak, P. Scharoch, M. Birkett, T.D. Veal, et al., *Appl. Phys. Lett.* 105(22) (2014).
- [8] M.P. Polak, P. Scharoch, R. Kudrawiec, J. Kopaczek, M.J. Winiarski, W.M. Linhart, et al., *J Phys D* 47(35) (2014).
- [9] R. Kudrawiec, J. Kopaczek, M.P. Polak, P. Scharoch, M. Gładysiewicz, K. Misiewicz, et al., *J Appl Phys* 116(23) (2014).

Badania ab initio właściwości dynamicznych struktur warstwowych na bazie dichalkogenków metali przejściowych

Tomasz Woźniak¹, Paweł Scharoch¹, Joanna Jadczyk², Arkadiusz Wójs¹

¹ *Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

² *Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

W ostatnich latach dichalkogenki metali przejściowych (TMDC) budzą niegasnące zainteresowanie badaczy ze względu na nadzwyczajne właściwości elektroniczne i optyczne [1, 2]. Ich kwazi-dwuwymiarowy charakter powoduje anizotropię właściwości fizycznych, które to wiodą do licznych zastosowań technologicznych. Ponadto mieszane krysztaly warstwowe pozwalają m.in. na ciągłą zmianę przerwy optycznej, dzięki czemu stopy TMDC są potencjalnymi kandydatami do zastowań w nowoczesnych urządzeniach elektronicznych i optoelektronicznych. Stąd wynika potrzeba badań eksperymentalnych oraz analizy teoretycznej tych materiałów.

Przedstawione zostaną wyniki obliczeń charakterystyk dynamicznych litych krysztalów i monowarstw atomowych związków MoS_2 i MoSe_2 , a także krysztalów mieszanych $\text{MoS}_x\text{Se}_{2-x}$ w ramach teorii funkcjonału gęstości (DFT). Obliczenia dla krysztalów mieszanych w funkcji składu x przeprowadzono w ramach metody superkomórkowej. Wyznaczone dyspersje i gęstości stanów fononowych są w dobrej zgodności ze zmierzonymi widmami Ramana [3]. Poprzez analizę rzutowanej na atomy gęstości stanów fononowych w punkcie Gamma wyjaśniono ewolucję położenia modów ramanowskich. Dodatkowo, została rozwinięta metoda odwijania superkomórkowych stanów fononowych [4]. Pozwala ona na uproszczenie skomplikowanych dyspersji fononowych w superkomórkach i bezpośrednio porównanie z wynikami pomiarów.

[1] Q.H. Wang, K. Kalantar-Zadeh, A. Kis, J.N. Coleman, M.S. Strano, *Nat. Nanotechnol.* **7**, 11 (2012).

[2] D. Jariwala, V.K. Sangwan, L.J. Lauhon, T.J. Marks, M.C. Tobin, *ACS Nano* **8**, 2 (2014).

[3] J. Jadczyk, D.O. Dumcenco, Y.S. Huang, Y.C. Lin, K. Suenaga, P.H. Wu, H.P. Hsu, K.K. Tiong, *J. Appl. Phys.* **116**, 193505 (2014).

[4] F. Zheng, P. Zhang, *Comput. Mater. Sci.* **125**, 218 (2016).



Band nesting, massive Dirac Fermions and valley Lande and Zeeman effects in transition metal dichalcogenides

M. Bieniek^{1,3}, L. Szulakowska¹, P. Potasz^{1,3}, I. Ozfidan^{1,4}, M. Korkusiński^{1,2}
and P. Hawrylak¹

¹*Department of Physics, University of Ottawa, 598 King Edward, Ottawa, Canada*

²*Security and Disruptive Technologies, Emerging Technologies Division, NRC, 1200
Montreal Road, Ottawa, Canada*

³*Department of Theoretical Physics, Faculty of Fundamental Problems of Technology,
Wrocław University of Technology, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, Wrocław, Poland*

⁴*D-Wave Systems, 3033 Beta Avenue, Burnaby, British Columbia, Canada*

We describe here the electronic properties of 2D transition metal dichalcogenide crystals using ab-initio and tight binding methods. We discuss the origin of band nesting resulting from Q points in the Brillouin zone [1] and derive the two band effective massive Dirac Fermion model. The model allows us to introduce the magnetic field, obtain Landau levels and describe Zeeman and Lande effects in the two nonequivalent valleys.

Our approach builds on previous theoretical works as well as our new ab-initio results allowing us to develop the simplest tight binding model which captures the physics of TMDCs and allows the application of magnetic field. The wave function is constructed out of orbitals localized on metal atoms and sulfur dimers. Guided by ab-initio calculations, we choose basis consisting of symmetric d orbitals with quantum numbers $l = 2$ and $m_d = \pm 2, 0$ and dimer p orbitals with $l = 1$ and $m_p = \pm 1, 0$. We derive explicit form of the metal nearest neighbor sulfur dimer tunneling matrix elements at $+K$, $-K$ and Γ points and include next nearest neighbor metal-metal atom tunneling perturbatively. The matrix elements of the effective 6*6 tunneling Hamiltonian are fitted to band structure calculated using first-principles methods. The origin of the Q point minima in the conduction band paired with K point minima are traced to the interaction of different metal orbitals at K and Γ points. The calculated joint density of states shows maxima corresponding to transitions into the Q point minima. For energies and wavevectors close to the K points we derive an effective two band massive Dirac Fermion model. We calculate the Landau levels and show the existence of valley Zeeman and valley Lande effect in agreement with recently measured valley Zeeman factors in MoS₂ [2]. We next discuss the role of Coulomb interactions on the optical transitions in TMDCs.

[1] Kadantsev, E. S., Hawrylak, P., *Solid State Communications* **152**, 909 (2012).

[2] Stier, A. V., McCreary, K. M., Jonker, B. T., Kono, J., Crooker, S. A., *Nature Comm.* **7**, 10643 (2016)

Wielomiany Macdonalda i stany podstawowe uławkowego kwantowego efektu Halla

Bartosz Kuśmierz i Arkadiusz Wójs

*Politechnika Wroclawska, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Katedra Fizyki Teoretycznej*

Wielomiany Macdonalda[1], to rodzina ortogonalnych funkcji symetrycznych wielu zmiennych (w naturalnym dla pierścienia funkcji symetrycznych iloczynnie skalarnym). Te wielomiany w naturalny sposób występują w kombinatoryce i kombinatoryce algebraicznej. Zostały wprowadzone w 1987 przez Iana G. Macdonalda i uogólniają wiele funkcji symetrycznych znanych z klasycznej teorii funkcji symetrycznych. Wliczają się w to elementarne funkcje symetryczne, wielomiany Schura, Halla–Littlewooda oraz wielomiany Jacka. Z punktu widzenia fizyki ciała stałego, te ostatnie są szczególnie interesujące, gdyż mają one związek z uławkowym kwantowym efektem Halla (FQHE). Jak zostało pokazane [2-6] część z bozonowych stanów FQHE charakteryzuje się wielomianową częścią funkcji falowej wyrażaną poprzez odpowiedni wielomian Jacka. Co więcej ich fermionowe odpowiedniki mogą zostać otrzymane po pomnożeniu danej funkcji przez antysymetryczny wyznacznik Vandermondea. Takie stany nazywamy *stanami Jacka*. Do stanów Jacka wliczamy między innymi stany Laughlina, Moore-Reada, Gafnian czy seria stanów parafermion.

Przedmiotem tego plakatu będą możliwe zastosowania wielomianów Macdonalda w FQHE. Zostanie sprawdzone, czy niezwykle właściwości wielomianów Jacka, użyteczne w fizyce układów elektronowych są zachowane w przypadku, gdy rozważy się ich naturalne uogólnienia (wielomiany Jacka są brzegowymi przypadkami wielomianów Macdonalda). W szczególności, będziemy analizowali współczynniki wielomianów Macdonalda w bazie jednomianów symetrycznych, które są standardową bazą dla FQHE na płaszczyźnie.

- [1] I. G. Macdonald, *Symmetric Functions and Hall Polynomials*, 2nd ed. (Oxf. Univ. Press, 1997).
- [2] B. A. Bernevig and F. D. M. Haldane, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 246802 (2008).
- [3] B. A. Bernevig and F. D. M. Haldane, *Phys. Rev. Lett.* **102**, 066802 (2009).
- [4] A. Bernevig and N. Regnault, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 206801 (2009).
- [5] M. Milovanović, Th. Jolicoeur, I. Vidanović, *Phys. Rev. B* **80**, 155324 (2009).
- [6] B. A. Bernevig and F. D. M. Haldane, *Phys. Rev. B* **77**, 184502 (2008).

Wigner Crystallization in Chern Insulators with flat bands

B. Jaworowski¹, P. Potasz¹, P. Kaczmarkiewicz¹, M. Kupczynski¹,
A. Wójs¹ and A.D. Guclu²

¹ *Department of Theoretical Physics,*

Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poland

² *Department of Physics, Izmir Institute of Technology, Izmir, Turkey*

Wigner crystallization of spinless particles on flat bands with nontrivial (Chern insulators) and trivial topology is investigated. Recent theoretical works on Fractional Chern Insulators (FCI) have shown rich variety of strongly correlated phases for different filling factors on flat Chern insulator energy bands [1,2]. They were found to be stable for relatively high densities (filling factor $> 1/7$) and short-range interactions. In this work we study a transition between high and low density limits of flat bands filled by spinless particles, interacting via long-range Coulomb potential. We perform exact diagonalization for partially filled energy bands obtained on checkerboard, kagome and honeycomb lattices. An arrangement of Wigner particles in a lattice is observed after crossing critical low density limit. Creation of a periodic structure is confirmed by calculation of angular Fourier transform, proving square or hexagonal lattice formations.

[1] N. Regnault and B. A. Bernevig, Phys. Rev. X 1, 021014 (2011).

[2] E. J. Bergholtz and Z. Liu, Int. J. Mod. Phys. B 27,1330017 (2013).



Badanie splątania kwantowego w dwuwymiarowym izolatorze topologicznym $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ (111)

M. Brzezińska, M. Bieniek, P. Potasz, A. Wójs

*Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika
Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370, Polska*

W ostatnim czasie miary splątania kwantowego znalazły zastosowanie w charakteryzacji topologicznych faz materii. Badanie nielokalnych korelacji pozwala na wyznaczenie niezmiennika topologicznego zarówno w układach oddziałujących, jak i swobodnych cząstek. Dla modeli fermionowych bez oddziaływań, zredukowaną macierz gęstości można wyznaczyć z dwupunktowej macierzy korelacji zdefiniowanej jako wartość oczekiwana operatorów jednocząstkowych w stanie podstawowym [1]. Zbiór wartości własnych macierzy korelacji umożliwia numeryczne obliczenia entropii splątania i widma splątania będącego dekompozycją Schmidta funkcji falowej stanu czystego [2, 3].

Celem pracy jest zbadanie topologicznych własności cienkich warstw bizmutu domieszkowanego antymonem w płaszczyźnie krystalograficznej (111). Warstwy te wykazują kwantowy spinowy efekt Halla z racji zachowania symetrii względem odwrócenia czasu oraz silnego sprzężenia typu spin-orbita. Struktura pasmowa została wyznaczona w ramach modelu ciasnego wiązania uwzględniającego orbitale sp^3 [4, 5]. Analiza widma splątania została przeprowadzona dla różnego składu $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ oraz w zależności od przyłożonego prostopadle zewnętrznego pola elektrycznego. Zachowanie bądź złamanie symetrii inwersji podczas topologicznego przejścia fazowego prowadzi do jakościowo innego zachowania entropii splątania.

[1] I. Peschel, J. Phys. A: Math. Gen. **36**, L205 (2003).

[2] H. Li, F. D. M. Haldane, Phys. Rev. Lett. **101**, 010504 (2008).

[3] A. Alexandradinata, T. L. Hughes, B. A. Bernevig, Phys. Rev. B **84**, 195103 (2011).

[4] Y. Liu, R. E. Allen, Phys. Rev. B **52**, 1566 (1995).

[5] S. Murakami, Phys. Rev. Lett. **97**, 236805 (2006).



Two-band Fractional Chern Insulators approaching the thin-torus limit

Błażej Jaworowski, Paweł Potasz, Piotr Kaczmarkiewicz, Arkadiusz Wójs

*Department of Theoretical Physics, Wrocław University of Science and Technology,
Wrocław, Poland*

Fractional Chern Insulators (FCIs) [1, 2, 3] are lattice counterparts of Fractional Quantum Hall states. Theoretical and numerical works predict their existence in fractionally filled, topologically nontrivial energy bands of 2D crystals with nearly-flat dispersion. An intuitive way of understanding of Fractional Quantum Hall Effect can be gained from so-called Tao-Thouless (or thin-torus) limit [4], in which FQHE states on a torus transform continuously into charge density wave (CDW) states when one of its circumferences tends to zero and the system becomes one-dimensional. There are several works who attempt to use this approach in FCI [5, 6, 7]. Although topological order is impossible in strictly 1D systems, it was found that the thin-torus CDW states reproduce some properties of FCI states, including quasi-degeneracy and spectral flow (while others, e.g. momentum counting in entanglement spectrum, are not present).

In this work, we study the behavior of fractionally filled topological flat bands approaching the 1D limit. We calculate the properties of narrow quasi-1D ribbons of width $N_y = 1; 2; 3$ using exact-diagonalization and Density Matrix Renormalization Group methods. FCI states are identified by analysis of ground state degeneracy, spectral flow and momentum counting in quasihole spectrum and entanglement spectrum. The edge properties of finite systems are studied. Finally, the connection between strictly 1D CDW and quasi-1D FCI-like states is analyzed by considering coupled 1D chain and varying the coupling strength.

- [1] T. Neupert, L. Santos, C. Chamon, C. Mudry, Phys. Rev. Lett. 106, 236804 (2011).
- [2] D. Sheng, Z.-C. Gu, K. Sun, L. Sheng, Nat. Commun. 2, 389 (2011).
- [3] N. Regnault, B. A. Bernevig, Phys. Rev. X 1, 021014 (2011).
- [4] E.J. Bergholtz, A. Karlhede, Phys. Rev. B 77, 155308 (2008).
- [5] B. A. Bernevig, N. Regnault, arXiv:1204.5682 (2012).
- [6] H. Guo, S.-Q. Shen, S. Feng, Phys. Rev. B 86, 085124 (2012).
- [7] J. C. Budich, E. Ardonne, Phys. Rev. B 88, 035139 (2013).

Dokładność równania masy efektywnej w nanostrukturach

Adam Mielnik-Pyszczorski, Krzysztof Gawarecki, and Paweł Machnikowski

*Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wroclawska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

W niniejszej prezentacji powracamy do wyprowadzenia efektywnego hamiltonianu stanów pasma przewodnictwa w kropce kwantowej wychodząc z 8-pasmowego modelu $\mathbf{k} \cdot \mathbf{p}$. W celu uzyskania 2-pasmowego hamiltonianu masy efektywnej, który jakościowo poprawnie odtworzy wyniki metody 8-pasmowej, przeprowadzamy rygorystyczne odprężanie podpasm pasma walencyjnego. Aby sprawdzić możliwość do uzyskania dokładności przybliżenia masy efektywnej, wykonujemy symulacje stanów elektronowych w pojedynczej oraz podwójnej samorosnącej kropce kwantowej.

W pierwszym kroku odtwarzamy widmo energetyczne układu. Ponieważ w wielu przypadkach interesujące są stan podstawowy (typu s) oraz wzbudzony (typu p), to porównujemy ich różnicę energii ΔE_{s-p} , uzyskaną w różnych wersjach przybliżenia masy efektywnej, z wynikami metody 8-pasmowej. Analizujemy także wartość czynnika Landégo, odpowiedzialnego za zachowanie spinu w zewnętrznym polu magnetycznym. Kolejnym problemem, do którego się odnosimy jest efekt mieszania stanów spinowych wynikający z niejednorodności struktury. Badamy zmieszanie dwóch przeciwnych orientacji wyznaczając szerokość anticrossingu dla tunelowania z obrotem spinu w układzie podwójnej kropki kwantowej.

Modelowanie rzeczywistych nanostruktur oparte o obliczenia numeryczne jest ważnym narzędziem fizyki półprzewodników. Badana tutaj metoda $\mathbf{k} \cdot \mathbf{p}$ przysłużyła się do udanego modelowania dynamiki nośników, wpływu odkształceń, odpowiedzi na zewnętrzne pole magnetyczne, itd. [1]. Jednakże modele wielopasmowe wymagają znacznej mocy obliczeniowej do symulowania dużych układów. Szczególnie problematyczne są obliczenia dla sprzężonych nanostruktur o różnej wymiarowości (typu studnia-kropka [2]), ponieważ konieczne jest połączenie dużego pudła obliczeniowego z gęstą siecią dyskretyzacji. Pewnym uproszczeniem, podczas rozważań dotyczących stanów elektronowych, jest przybliżenie hamiltonianu układu modelem jedno- lub dwupasmowym. Pomimo oczywistych przybliżeń i ograniczeń, wydajność numeryczna zwiększa ich wartość. Ponadto, modele te umożliwiają wprowadzenie wielkości efektywnych (takich jak masa efektywna), które stwarzają analogie do dobrze znanych efektów kwantowo-mechanicznych oraz pozostawiają analizowane zagadnienia fizyczne bardziej transparentnymi.

Nasze wyniki pokazują, że odpowiednio skonstruowane, spójne wewnętrznie równanie masy efektywnej z poprawkami nieparabolicznymi umożliwia ilościowy opis spektrum energetycznego, włączając w to rozszczepienie Zeemana. Z drugiej jednak strony, demonstrujemy ograniczenia przybliżenia masy efektywnej w modelowaniu bardziej wyrafinowanych efektów, jak domieszka spinu przeciwnego wywołana niejednorodnością układu i łamaniem symetrii. Wierzymy, że nasze wyniki rzucają pewne nowe światło na wieloletnie zagadnienie, szczególnie w kontekście bieżących problemów w numerycznym modelowaniu nanostruktur.

- [1] P.-L. Ardel, K. Gawarecki, K. Müller, A. A. Waeber, A. Bechtold, K. Oberhofer, J. J. Daniels, F. Klotz, M. Bichler, T. Kuhn, H. H. Krenner, P. Machnikowski, and J. J. Finley, *Phys. Rev. Lett.* **116**, 077401 (2016).
- [2] A. Mielnik-Pyszczorski, K. Gawarecki, P. Machnikowski, *Phys. Rev. B* **91**, 195421 (2015).

Dekoherencja spinu dziury w sprzężonych kropkach kwantowych

Mateusz Krzykowski¹, Michał Gawęlczyk^{1,2}, Krzysztof Gawarecki¹, Paweł Machnikowski¹

¹Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska

²Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska

W tej pracy analizujemy dekoherencję spinu dziury w procesie tunelowania pomiędzy sprzężonymi kropkami kwantowymi w zewnętrznym polu magnetycznym. Opisywana dekoherencja jest spowodowana niedopasowaniem efektywnych g -czynników w kropkach kwantowych i jest obecna pomimo braku bezpośredniego sprzężenia spinu z otoczeniem w postaci rezerwuaru fononowego. Jest to przykład dekoherencji typu „welcherweg” [1], w którym rezerwuar fononowy efektywnie dokonuje „pomiaru” spinu w procesie tunelowania.

W poprzedniej pracy [2] przeprowadzono badanie dekoherencji spinu elektronu zgodnie z wcześniej opisanym zjawiskiem. Udało się zaproponować model przewidujący dekoherencję spinu w zależności od parametrów kropek kwantowych oraz pokazano możliwość kontroli tej dekoherencji za pomocą zewnętrznego pola elektrycznego i magnetycznego.

W przypadku spinu dziury możliwy jest dodatkowy mechanizm kontroli dekoherencji poprzez odchylenie przyłożonego pola magnetycznego. Jest to spowodowane anizotropowością g -czynnika dziury w kropkach kwantowych. W zależności od kąta przyłożenia pola magnetycznego efektywne g -czynniki zmieniają się i może dojść do sytuacji, w której są one równe w obu kropkach kwantowych. Prowadzi to do zniwelowania rozważanego kanału dekoherencji.

W tej pracy przedstawiamy wyniki otrzymane dwiema metodami. Pierwsza, dla modelu w przybliżeniu Focka-Darwina [3], wykorzystuje proste funkcje falowe oraz sprzężenie dziury z rezerwuarem fononowym jedynie poprzez potencjał deformacyjny. Druga to wstępne, realistyczne obliczenia otrzymane za pomocą 8-pasmowego modelu $\mathbf{k} \cdot \mathbf{p}$ [4], w którym to modelu sprzężenie następuje również poprzez efekt piezoelektryczny. Dynamika dziury w obu modelach jest opisywana przez równanie fundamentalne w postaci Redfielda w formalizmie macierzy gęstości. Dokonałiśmy analizy anizotropii spinu dziury oraz dekoherencji tego spinu w zależności od kąta przyłożenia pola magnetycznego.

[1] K. Roszak, P. Machnikowski, Phys. Lett. A **351**, 251 (2006).

[2] M. Gawęlczyk, M. Krzykowski, K. Gawarecki, P. Machnikowski, artykuł w przygotowaniu.

[3] M. Krzykowski, M. Gawęlczyk, P. Machnikowski, Acta Phys. Pol. A **130**, 1165–1168 (2016).

[4] K. Gawarecki, P. Machnikowski, Phys. Rev. B **85**, 041305(R) (2012).

Struktura subtelna stanów w kropce kwantowej InGaAs/GaAs

K. Gawarecki, P. Machnikowski

*Department of Theoretical Physics, Faculty of Fundamental Problems of Technology,
Wrocław University of Science and Technology,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland*

Prezentacja poświęcona jest teoretycznemu modelowaniu struktury subtelnej stanów elektronowych i dziurowych w pojedynczej samorosnącej kropce kwantowej InGaAs na podłożu z GaAs. Zaprezentowane zostaną obliczenia energii stanów jednocząstkowych w funkcji pola magnetycznego. Wyniki uzyskane zostały przy wykorzystaniu 14 pasmowej metody k.p. Przedmiotem analizy jest wpływ efektu spinowo-orbitalnego (Rashby) na charakter stanów nośników. Pokażemy, że wyniki uzyskane z modelu czternapasmowego mogą być odtworzone (poprzez dopasowanie parametrów empirycznych) z bardzo dobrą dokładnością za pomocą modelu Focka-Darwina, jeżeli asymetria układu i efekty spinowo-orbitalne są uwzględnione. Przeprowadziliśmy także porównanie wartości g-czynnika nośników obliczonych w ramach różnych modeli wielopasmowych (6, 8 i 14 kp). Pokażemy, że modele 8 i 14 kp dają zbliżone wartości g-czynników.

Używany przez nas model opiera się na kombinacji kilku metod. Pole odkształceń wynikające z niedopasowania sieciowego materiału kropki (InGaAs) i podłoża (GaAs) obliczone zostało za pomocą przybliżenia ośrodka ciągłego [1]. Pole piezoelektryczne zostało uwzględnione do drugiego rzędu w polaryzacji włącznie [2]. Stany nośników obliczone zostały korzystając z 8 i 14 pasmowej metody k.p przy zachowaniu właściwej kolejności operatorów [3,4]. Pole magnetyczne uwzględnione jest przez podstawienie Peierlsa przy zachowaniu niezmienniczości cechowania [5]. Rozpatujemy zarówno kropki o jednorodnym jak i gradientowym rozkładzie materiału (InAs).

- [1] C. Pryor, J. Kim, L. W. Wang, A. J. Williamson, and A. Zunger, *J. Appl. Phys.* 83, 2548 (1998)
- [2] G. Bester, X. Wu, D. Vanderbilt, and A. Zunger, *Phys. Rev. Lett.* 96, 187602 (2006)
- [3] B. A. Foreman, *Phys. Rev. B* 56, R12748 (1997)
- [4] T. Eissfeller, Ph.D. thesis, Technical University of Munich, 2012
- [5] T. Andlauer, R. Morschl, and P. Vogl, *Phys. Rev. B* 78, 075317 (2008)

Kontrolowane defazowanie spinu tunelującego elektronu

M. Gawelczyk^{1,2}, M. Krzykowski², K. Gawarecki², P. Machnikowski²

¹*Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

²*Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

Prezentujemy teoretyczne przewidywanie kanału defazowania spinu w procesie zachowania spinu tunelowania elektronu w polu magnetycznym [1]. Defazowanie to zachodzi mimo braku oddziaływania spinu z otoczeniem, a wynika z rozróżnialności fononów emitowanych w trakcie tunelowania elektronów o różnych orientacjach spinu. Rozpoznając analogię do eksperymentów z podwójną szczeliną – rezerwuarem fononowy „sprawdza” jaki spin tuneluje – wnosimy, że stopień defazowania zależy od przekroczenia paczek falowych emitowanych fononów i proponujemy metody jego kontroli w zakresie wielu rzędów wielkości.

Układy kwantowe, mogące znajdować się w superpozycji stanów, mają szansę posłużyć do realizacji niedostępnych klasycznie protokołów obliczeniowych. Koherencja, stanowiąca właściwość czysto kwantową, jest istotnym obiektem badań podstawowych, a jej utrata w procesie czystego defazowania, tj. utraty informacji kwantowej wskutek wyprowadzenia jej do otoczenia bez naruszenia klasycznych cech stanu, jest zjawiskiem kluczowym dla zrozumienia pomiaru i granicy klasycznej w mechanice kwantowej.

Procesy defazowania są też istotne praktycznie w informatyce kwantowej czy spintronice, gdzie dąży się do koherentnej kontroli stanu układu. Zarówno utrzymanie koherencji jak i kontrola stanu są obecnie osiągalne, np. w przypadku spinów nośników w kropkach kwantowych [2]. Działania te muszą być jednak poprzedzone przygotowaniem układu w żądanym stanie, co wciąż jest obiektem badań. Jedną z propozycji jest optyczne wytwarzanie par elektron-dziura w jednej nanostrukturze, w warunkach sprzyjających tunelowaniu jednego z nośników do drugiej (dysocjacja ekscytonu), po czym otrzymuje się rozdzielone i długo żyjące nośniki o dobrze określonych spinach [3]. Proces ten powinien być wysoce koherentny dzięki tunelowaniu zwykle o rzędy wielkości szybszemu od niewydajnych procesów obrotu spinu w kropkach kwantowych. Jeśli jednak tunelowanie zależy w jakiś sposób od stanu spinowego, może dojść do defazowania spinu mimo braku jego oddziaływania z otoczeniem [4]. Możliwość występowania tego typu zjawiska w tunelowaniu między kropkami kwantowymi w polu magnetycznym wykryliśmy niedawno [5], używając prostego modelu.

W tej pracy przedstawiamy szczegółową i realistyczną symulację defazowania spinu tunelującego elektronu w typowym układzie sprzężonych kropek kwantowych, przeprowadzoną z użyciem wielopasmowej metody $\mathbf{k} \cdot \mathbf{p}$ i równania głównego w postaci Redfielda. Łącząc obliczenia numeryczne z analitycznym wyprowadzeniem stopnia defazowania z teorii emisji spontanicznej Wignera-Weisskopfa, dowodzimy, że omawiany kanał defazowania dominuje w badanym układzie i podajemy metody jego kontroli za pomocą odpowiednich parametrów nanostruktur, jak również poprzez przyłożenie zewnętrznych pól.

- [1] M. Gawelczyk, M. Krzykowski, K. Gawarecki, and P. Machnikowski, arXiv:1707.06155 (2017).
- [2] M. Kugler, K. Korzekwa, P. Machnikowski, C. Gradl, S. Furthmeier, M. Griesbeck, M. Hirmer, D. Schuh, W. Wegscheider, T. Kuhn, C. Schüller, and T. Korn, Phys. Rev. B **84**, 085327 (2011).
- [3] A. J. Ramsay, S. J. Boyle, R. S. Kolodka, J. B. B. Oliveira, J. Skiba-Szymanska, H. Y. Liu, M. Hopkinson, A. M. Fox, and M. S. Skolnick, Phys. Rev. Lett. **100**, 197401 (2008).
- [4] K. Roszak, A. Grodecka, P. Machnikowski, and T. Kuhn, Phys. Rev. B **71**, 195333 (2005).
- [5] M. Krzykowski, M. Gawelczyk, and P. Machnikowski, Acta Phys. Pol. A **130**, 1165 (2016).

Badania anizotropii polaryzacyjnej emisji ekscytonowej w zakresie drugiego okna telekomunikacyjnego

P. Mrowiński¹, C. Schneider², S. Höfling^{2,3}, G. Sęk¹

¹ *Laboratorium Optycznej Spektroskopii Nanostruktur, Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska*

² *Technische Physik & W. C. Röntgen-Center for Complex Material Systems, Universität Würzburg, Deutschland*

³ *School of Physics and Astronomy, University of St. Andrews, United Kingdom*

Emiter kwantowy działający w zakresie podczerwieni telekomunikacyjnej jest ważnym elementem w realizacji kwantowych obliczeń z wykorzystaniem elementów optyki liniowej [Knull], gdzie dobrze zdefiniowany stan polaryzacji emitowanych fotonów pełni rolę informacji kwantowej. Zdefiniowany stan polaryzacji fotonu można uzyskać wykorzystując przejścia optyczne pomiędzy kompleksami ekscytonowymi związanymi w epitaksjalnych nanostrukturach. W emisji ekscytonowej typowo obserwuje się dwa przejścia spolaryzowane liniowo ortogonalnie względem siebie, a intensywność tych przejść jest równa dla struktur o symetrii bliskiej symetrii cylindrycznej. Anizotropię polaryzacji emisji ekscytonowej, czyli względną przewagę emisji o danej polaryzacji, można uzyskać poprzez zaprojektowanie mikrostruktury, która wpływa na prawdopodobieństwo emisji spontanicznej w wyniku oddziaływania światła i materii.

Badania fotoluminescencji pojedynczych epitaksjalnych nanostruktur InAs w asymetrycznych mikrostrukturach wykazują możliwość uzyskanie wysokiego stopnia anizotropii polaryzacji liniowej (SAPL) ekscytonu na poziomie $(I_x - I_y)/(I_x + I_y) = 0.9$. Wyniki doświadczalne zostały potwierdzone z wykorzystaniem obliczeń numerycznych metodą FDTD [1]. Wysoka zgodność modelu pozwoliła na zaproponowanie geometrii mikrostruktur, która pozwala na uzyskanie SAPL powyżej 0.95, co gwarantuje wysoką wydajność liniowo spolaryzowanej emisji jednofotonowej w zakresie drugiego okna telekomunikacyjnego.

[1] P. Mrowiński et al J. Appl. Phys. **120**, 074303 (2016),

Podziękowania: Zrealizowano dzięki funduszom z Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu Preludium 9 nr 2015/17/N/ST7/03858

Spektroskopia wzbudzeniowa pojedynczych kropek kwantowych emitujących w zakresie spektralnym bliskiej podczerwieni

Paweł Podemski¹, Aleksander Maryński¹, Anna Musiał¹, Jan Misiewicz¹, Artem Bercha², Witold A. Trzeciakowski², Nicole Srocka³, Tobias Heuser³, David Quandt³, André Strittmatter³, Sven Rodt³, Stephan Reitzenstein³, Grzegorz Sęk¹

¹Laboratorium Optycznej Spektroskopii Nanostruktur, Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wrocław, Polska

²Instytut Wysokich Ciśnień PAN, Warszawa, Polska

³Instytut Fizyki Ciała Stałego, Uniwersytet Techniczny w Berlinie, Berlin, Niemcy

Obecna wiedza na temat struktury energetycznej kropek kwantowych oraz mechanizmów transferu energii (zwłaszcza na poziomie pojedynczych nanostruktur), dostępna doświadczalnie za pomocą spektroskopii wzbudzeniowej, ograniczona jest głównie do nanostruktur o długości fali emisji poniżej 1 μm . Związane jest to między innymi z brakiem wydajnych przestrajalnych źródeł pobudzających dla dłuższych fal. W zakresie spektralnym bliskiej podczerwieni na szczególną uwagę zasługują tak zwane okna telekomunikacyjne 1,3 μm oraz 1,5 μm , które odpowiadają najbardziej pożądanym długościom fal urządzeń optoelektronicznych oraz światłowodowej transmisji danych.

W prezentowanych badaniach spektroskopia wzbudzeniowa została zastosowana do określenia właściwości optycznych pojedynczych kropek kwantowych $\text{In}_{0,75}\text{Ga}_{0,25}\text{As}/\text{GaAs}$, emitujących w zakresie spektralnym okna telekomunikacyjnego 1,3 μm . Samorosnące kropki kwantowe zostały wytworzone metodą epitaksji z fazy gazowej przy wykorzystaniu związków metaloorganicznych (MOCVD). Warstwa kropek kwantowych została dodatkowo przykryta cienką warstwą materiału $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}$ redukującego naprężenia, która pozwoliła na otrzymanie emisji z kropek przy 1,3 μm . Badana struktura zawiera dodatkowo zwierciadło Bragga poniżej warstwy kropek kwantowych oraz wytrawioną powyżej soczewkę z GaAs, co pozwala na badanie pojedynczych kropek kwantowych dzięki zwiększonej wydajności ekstrakcji promieniowania ze struktury oraz uzyskanej rozdzielczości przestrzennej. W eksperymencie wykorzystany został układ do pomiarów fotoluminescencji z dużą rozdzielczością przestrzenną (rzędu 1 μm) i detekcją za pomocą monochromatora o długości ogniskowej 550 mm sprzężonego z wielokanałowym detektorem InGaAs. Układ eksperymentalny został dostosowany do przestrajalnego źródła laserowego, pobudzającego badane kropki kwantowe. Źródłem tym była laserowa dioda półprzewodnikowa z zewnętrzną wnęką rezonansową w konfiguracji Littmana. Przeprowadzone badania skupiają się na stanach wzbudzonych pojedynczych kropek kwantowych. Dzięki spektroskopii wzbudzeniowej, wyznaczone zostały wartości energii stanu wzbudzonego (70-80 meV powyżej stanu podstawowego) oraz ich zależność od energii emisji danej nanostruktury. Uzyskana relacja pozwoliła wywnioskować, że w badanych kropkach kwantowych wraz z rozmiarem zmienia się zawartość indu, co wpływa na ich strukturę elektronową, w szczególności na zależność położenia energetycznego stanu wzbudzonego od energii emisji ze stanu podstawowego kropki.

Autorzy dziękują za wsparcie finansowe Narodowemu Centrum Nauki w ramach projektu nr 2014/15/D/ST3/00813, jak również w ramach projektu FI-SEQUR finansowanemu przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego Unii Europejskiej w ramach programu promowania badań, innowacji i technologii (Pro FIT) oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (grant nr 2/POLBER-2/2016).



Coupled singlet–triplet superconducting state in a non–centrosymmetric system

Grzegorz Harań

*Katedra Technologii Kwantowych, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wroclawska*

We present a weak–coupling study of the onset of the mixed singlet–triplet superconductivity which emerges from the uncoupled singlet and triplet states due to the antisymmetric spin–orbit coupling. We establish the general constraints concerning the symmetry of the singlet and triplet counterparts as well as the range of the spin–orbit coupling energy which allow for a development of the mixed singlet–triplet state [1].

We find that the coupled singlet–triplet state can be formed exclusively by the singlet state belonging to the identity representation of the system symmetry point group and the triplet state determined by the vector order parameter which is not orthogonal to the spin–orbit coupling vector.

The computations are performed for the square lattice nearest neighbor tight–binding system with the Rashba spin–orbit coupling and for the mixed singlet–triplet state emerging from the s–wave and p–wave states. We show that the phase transition to the mixed singlet–triplet state is limited to very low rates of the spin–orbit coupling for nearly degenerate singlet and triplet states and extends to a wide range of magnitude of the spin–orbit coupling energy for the singlet and triplet components whose critical temperatures significantly differ.

[1] D. Grzybowska and G. Harań, *Eur. Phys. J. B* **90**, 47 (2017).

Ciekle kryształy i nanocząstki – nowe materiały dla nanotechnologii

Stanisław A. Różański

*Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Staszica w Pile
ul. Podchorążych 10, 64-920 Pila, Polska*

Zastosowanie nanocząstek o określonej geometrii, rozmiarach i własnościach powierzchni może być kluczowym elementem w przygotowaniu nowych materiałów nanostrukturalnych. Ciekle kryształy znalazły już szerokie zastosowanie jako podstawowe materiały służące do budowy wyświetlaczy ciekłokrystalicznych. Należy podkreślić, że celem najnowszych badań ciekłych kryształów jest dążenie do modyfikacji ich własności metodami fizycznymi bez potrzeby syntezy nowych materiałów [1]. Szczególnie interesujące wydają się być koloidalne ciekłe kryształy, gdzie w fazie ciekłokrystalicznej, pełniącej rolę anizotropowego gospodarza, rozproszone są nanocząstki, kropelki czy pęcherzyki materiału pełniące rolę gościa [2]. Rozproszone w ciekłym kryształcie nanocząstki zaburzają lokalny parametr porządku, co w dużej skali może powodować specyficzne porządkowanie nanocząstek gościa oraz prowadzić do powstania nowych interesujących struktur o potencjalnym zastosowaniu technologicznym [3].

Przykładowo nanocząstki mogą formować periodyczną sieć dając materiał kompozytowy, który może być zastosowany w fotonice. Dodanie niewielkiej ilości nanocząstek do nematycznego ciekłego kryształu (NCK) powoduje malenie napięcia i czasu przełączania wyświetlaczy ciekłokrystalicznych. Domieszkowanie NCK nanocząstkami ferroelektrycznymi przyczynia się do zwiększenia ich anizotropii dielektrycznej i optycznej. Natomiast domieszkowanie ferroelektrycznych ciekłych kryształów nanocząstkami metali lub krzemionki powoduje zwiększenie ich polaryzacji spontanicznej i przenikalności elektrycznej [4].

[1] Ch. Blanca, D. Coursault, E. Lacazec, *Liq. Cryst. Rev.* **1**, 83 (2013).

[2] S. A. Różański., *Dynamics of molecular and collective relaxation processes in confined liquid crystals*, Chapter 8 in "Dielectric properties of liquid crystals", Z. Galewski and L. Sobczyk, Eds., Research Signpost, 2008, pp. 183-216.

[3] *Liquid crystals with nano and microparticles*, J. P. F. Lagerwall and G. Scalia, Eds., World Scientific 2016.

[4] M. V. Gorkunov, G. A. Shandryuk, A. M. Shatalova, I. Yu. Kutergina, A. S. Merekalov, Y. V. Kudryavtsev, R. V. Talrozev, M. A. Osipov, *Soft Matter* **9**, 3578 (2013).

Układ okresowy pierwiastków dla faz skondensowanych

Andrzej Zięba

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

Wyjaśnienie genezy układu Mendelejewa jest jednym z najważniejszych osiągnięć mechaniki kwantowej. Powtarzanie się podobnych własności fizycznych i chemicznych pierwiastków wynika z zapełniania kolejnych podpowłok atomu. Tutaj przedstawiona zostanie analiza okresowości przejawiającej się w strukturze elektronowej i własnościach fizycznych pierwiastków występujących nie w formie pojedynczych atomów, lecz z atomami zestalonymi w ciało stałe. Analiza wykorzystuje opublikowane rezultaty obliczeń struktury elektronowej, zwykle typu *ab initio*, będące numeryczną implementacją teorii pasmowej. Układ okresowy dla faz skondensowanych różni się nieco od klasycznego układu Mendelejewa, opartego o właściwości chemiczne pierwiastków. Klasyfikuje metale na proste, przejściowe, półmetale, oraz metale ziem rzadkich i aktynowców. Kolumna miedziowców (Cu, Ag i Au) należy do kategorii metali prostych (a nie przejściowych). Właściwości struktury elektronowej berylu Be i magnezu Mg wskazują, w zgodzie z właściwościami fizycznymi, że metale te winny znajdować się w kolumnie 2B, razem z Zn, Cd i Hg.

Analiza własności elektronowych, strukturalnych oraz optycznych systemów hybrydowych na bazie wanadanu bizmutu aktywowanych barwnikami organicznymi

Karolina Ordon^{1,2}, Małgorzata Makowska-Janusik¹, Abdel Hadi Kassiba²

¹ *Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, 42-200 Częstochowa, Polska*

² *Université du Maine, IMMM, 72085 Le Mans, Francja*

Fotokataliza jest szybko rozwijającą się dziedziną nauki. W przyszłości powierzchnie samoczyszczące, takie jak szyby okienne czy fasady budynków, gdzie zastosowanie znalazło zjawisko fotokatalizy, będą dostępne w każdym gospodarstwie domowym. Z drugiej strony współczesna cywilizacja boryka się z problemem odpowiedniej ilości, a niekiedy również brakiem dostępu do wody pitnej. W związku z tym, poszukuje się nowych, bardziej wydajnych sposobów na oczyszczanie wody ze szkodliwych dla organizmu substancji organicznych. Odpowiedzią na to mogą okazać się systemy na bazie materiałów półprzewodnikowych takich jak ZnO, BiVO₄ czy TiO₂ [1]. Materiały te pozwalają na wykorzystanie promieniowania elektromagnetycznego do rozkładu zanieczyszczeń, nie tylko z wody, ale także z powietrza [2]. Dotychczasowe badania w zakresie fotokatalizy skupiają się głównie na poszukiwaniu nowych materiałów absorbujących promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie światła widzialnego, co pozwoli w sposób bardziej efektywny wykorzystać jedno z naturalnych źródeł energii jakim jest Słońce.

Prezentowane badania skupiają się na syntezie, badaniach strukturalnych, elektronowych oraz optycznych hybrydowych systemów cienkich warstw porowatego BiVO₄ aktywowanego barwnikami organicznymi. Przeprowadzono analizę wpływu sensybilizatorów na własności fotokatalityczne uzyskanych materiałów hybrydowych. Porównanie wyników badań teoretycznych z danymi eksperymentalnymi pozwoliło na szerszą analizę problemu przepływu ładunku elektronowego pomiędzy molekułami organicznymi a cienką warstwą BiVO₄, co w konsekwencji wpłynęło na poprawę własności fotokatalitycznych badanych układów.

[1] F. Han, V. S. R. Kambala, M. Srinivasan, D. Rajarathnam, R. Naidu, *Applied Catalysis A* 359, **1**, 25 (2009).

[2] M. Xie, X. Fu, L. Jing, P. Luan, Y. Feng, H. F. Long-Lived, *Adv. Energy Mater.* **2**, 1300995 (2014).

Elektronowe i optyczne własności azynowych pochodnych tetratriafulwalenów do zastosowań nieliniowoptycznych

L. Mydłova¹, A. Ayadi², A. El-Ghyoury², B. Sahaoui², M. Makowska-Janusik¹

¹ Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, Polska

² Laboratoire MOLTECH Anjou, Université d'Angers, IFR Sciences, UMR 6200, CNRS, Bat. K, Bd. Lavoisier, 49045 Angers Cedex, Francja

Nieliniowoptyczne materiały organiczne ze względu na ich szerokie możliwości zastosowań cieszą się dużym zainteresowaniem naukowców. Łatwa oraz niedroga produkcja jest wielką zaletą tych materiałów. Odgrywają one ważną rolę w fotonowych i optoelektronicznych elementach nowoczesnej informatyki oraz holograficznej technologii obrazowania [1]. Molekuły nieliniowoptyczne zazwyczaj posiadają w swojej budowie grupę elektro-donorową i akceptorową, które są połączone systemem wiązań π -sprężonych. Donorem może być np. grupa tetratriafulwalenowa (TTF) [2].

Prezentowana praca dotyczy analizy własności elektronowych oraz optycznych czterech azynowych pochodnych TTF na drodze badań eksperymentalnych, jak również obliczeń kwantowo-chemicznych. Własności elektronowe liczone metodą teorii funkcjonałów gęstości (DFT) z wykorzystaniem programu GAMESS, natomiast parametry nieliniowoptyczne otrzymano używając programu Gaussian wraz z zależną od czasu metodą DFT. Użyto funkcjonałów B3LYP oraz LC-BLYP, przy czym ten drugi okazał się bardziej korzystny do symulacji liniowych własności optycznych badanych molekuł. Stwierdzono to na podstawie porównania danych teoretycznych z eksperymentalnymi widmami absorpcji UV-vis. Obliczenia prowadzono dla izolowanych cząsteczek w próżni, a także uwzględniono działanie wybranych rozpuszczalników na własności elektronowe ligandów. Symulowane parametry optyczne molekuł, jak również wielkości ich momentów dipolowych pozwalają sądzić, że badane ligandy są obiecującym materiałem nieliniowoptycznym. Użyte rozpuszczalniki nie mają wielkiego wpływu na własności elektronowe badanych chromoforów. Obliczenia energii całkowitej wykazały istnienie dwóch izomerów każdej molekuły.

[1] T. T. Tran, H. Yu, J. M. Rondinelli, K. R. Poeppelmeier, P. S. Halasyamani, Chem. Mater. 28, 5238 (2016).

[2] J. Wu, H. Xiao, L. Qiu, Z. Zhen, X. Liu, S. Bo, RSC Adv. 4, 49737 (2014).



Badanie stopni na powierzchni 4H-SiC{0001} przy pomocy DFT

E. Wachowicz^{1,2}, T. Ossowski¹, A. Kiejna¹

¹ Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław, Polska

² Interdyscyplinarne Centrum Matematycznego i Komputerowego Modelowania, Uniwersytet Warszawski, Warszawa, Polska

Wzrost heksagonalnych kryształów politypów 4H-SiC i 6H-SiC zachodzi wzdłuż kierunku $\langle 0001 \rangle$. Powierzchnia kryształu składa się z tarasów powierzchni {0001} oddzielonych stopniami atomowymi o wysokości połowy lub całej komórki elementarnej. Przedstawiamy badania przeprowadzone w oparciu o teorię funkcjonału gęstości (DFT – density functional theory) struktury atomowej i morfologii stopni atomowych powstałych w kierunkach [10-10] i [11-20] na zakończonej krzemem powierzchni 4H-SiC{0001} i zakończonej węglem powierzchni 4H-SiC{000-1}. Na tej drugiej, struktura atomowa i elektronowa powierzchni zmodyfikowana jest jedynie na samym stopniu, podczas gdy struktura tarasu prawie nie różni się od struktury czystej, stechiometrycznej powierzchni. W przeciwieństwie do tego, na terminacji krzemowej, niezależnie od rodzaju stopnia i szerokości tarasu, powierzchnia pomiędzy stopniami jest znacznie pofałdowana. Obliczona energia stopnia pokazała, że spośród rozważanych przypadków, najłatwiej powstaje stopień [11-20] na powierzchni zakończonej krzemem z atomem C na krawędzi.

[1] E. Wachowicza, T. Ossowski, A. Kiejna, Appl. Surf. Sci. **420** (2017) 129.

Bor - najbardziej wielopostaciowym materiałem dotychczas poznany

Nevill Gonzalez Szwacki

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

Pomimo olbrzymiego wysiłku podejmowanego przez eksperymentatorów i teoretyków aby zrozumieć strukturę i właściwości odmian alotropowych boru, ten element pozostaje jednym z najmniej zbadanych pierwiastków układu okresowego, nie tylko w postaci objętościowej, ale także w formach molekularnych i dwuwymiarowych. Duża różnorodność sieci atomowych tworzonych przez atomy boru sprawia, że bor jest niezwykle wszechstronnym materiałem pod względem właściwości fizycznych i chemicznych, a zatem, o dużej liczbie potencjalnych zastosowań. Kompleksowa i żmudna praca przy identyfikacji struktury różnych odmian alotropowych boru nie może się odbyć bez symulacji komputerowych. Najlepszym tego przykładem jest, poprzedzona symulacjami komputerowymi, synteza trzech dwuwymiarowych postaci boru [1].

W tej prezentacji przedstawiony zostanie zwięzły, a zarazem pełny, przegląd obecnej wiedzy na temat różnych form przyjmowanych przez bor. Przegląd ten zaczniemy od objętościowego boru i jego sześciu potwierdzonych odmian, z około 20 zaproponowanych, z których wszystkie składają się z różnie ułożonych klastrów dwudziestościanu foremnego (ikosaedru B_{12}), połączonych bezpośrednio lub za pośrednictwem dodatkowych atomów. Dalszy przegląd dotyczy będzie dwuwymiarowych form boru, który może również przyjąć różne struktury o wspólnej nazwie *borofeny*. Historia nie mogłaby być kompletna bez uwzględnienia cząsteczkowych form boru – fullerenów i nanoklastrów – oraz ich postaci jednowymiarowych takich jak nanorurki i nanodruty. Ta ostatnia grupa struktur jest najmniej poznana i wydaje się być największym wyzwaniem dla badaczy. Pod koniec omówimy także możliwe kierunki badań w tej tematyce oraz obecne i przyszłe wykorzystanie odmian alotropowych boru [2].

[1] A. J. Mannix *et al.*, Science **350**, 1513 (2015).

[2] N. Gonzalez Szwacki, Sci. Rep. **7**, 4082 (2017).

Obrazowanie i modelowanie organicznych układów molekularnych

Wojciech Kamiński

*Institut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski,
plac Maksa Borna 9, 50-204 Wrocław*

Elektronika molekularna stanowi atrakcyjną alternatywę wobec obecnie stosowanych urządzeń elektronicznych, umożliwiając w szczególności kolejny postęp w ich miniaturyzacji. Wzrost zainteresowania zastosowaniem molekuł organicznych jako podstawowych elementów elektronicznych — takich jak przełączniki, diody, elementy pamięci czy tranzystory — rodzi potrzebę pełnego zrozumienia podstawowych procesów zachodzących w układach molekularnych.

W referacie zostaną zaprezentowane zastosowania skaningowej mikroskopii tunelowej (STM) oraz mikroskopii sił atomowych (AFM) do obrazowania i charakteryzacji molekuł organicznych zaadsorbowanych na powierzchniach metali i półprzewodników. W szczególności przedstawiona zostanie procedura wykorzystująca jednoczesne obrazowanie metodami STM i AFM, która pozwala na jednoznaczne rozróżnienie zaadsorbowanych molekuł od defektów powierzchniowych [1,2]. Metoda ta pozwala nie tylko na samą identyfikację molekuł, ale również na precyzyjne określenie ich konfiguracji oraz miejsca adsorpcji. Poprawność zaproponowanej techniki pomiarów została potwierdzona teoretycznie: uzyskano dobrą zgodność wynikami obliczeń *ab initio*.

Coraz powszechniej eksperymentom z układami molekularnymi towarzyszą komplementarne badania teoretyczne obejmujące obliczenia z pierwszych zasad w ramach teorii funkcjonału gęstości (DFT). Pozwalają one nie tylko określić związek pomiędzy optymalną konfiguracją atomową a strukturą elektronową układów molekularnych, ale również umożliwiają modelowanie dynamicznych procesów zachodzących w tych układach. W końcowej części wykładu przedstawione będą przykłady badań wyjaśniających powstawanie superstruktur metalo-organicznych (CuPc–Ag) na powierzchni Ag(100) [3] oraz mechanizmy translacyjno-rotacyjnej dyfuzji molekuł organicznych CoPc na powierzchni Ag(100) [4].

[1] Z. Majzik, W. Kamiński, A.J. Weymouth et al., *J. Phys. Chem. C* **115**, 21791 (2011).

[2] Z. Majzik, B. Drevniok, W. Kamiński et al., *ACS Nano* **7**, 2686 (2013).

[3] G. Antczak, W. Kamiński, K. Morgenstern, *J. Phys. Chem. C* **119**, 1442 (2015).

[4] G. Antczak, W. Kamiński, A. Sabik et al., *J. Am. Chem. Soc.* **137**, 14920 (2015).

Właściwości strukturalne ftalocyjanin na powierzchni Ag(100): badania STM i LEED

A. Sabik, P. Mazur, F. Golek, G. Antczak

Instytut Fizyki Doświadczalnej, Wydział Fizyki i Astronomii, Uniwersytet Wrocławski

Metal-ftalocyjaniny (MPc) to związki kompleksowe, które wyróżniają się dużą stabilnością temperaturową i chemiczną. Cząsteczki mogą być warstwami aktywnymi w organicznych ogniwach słonecznych czy organicznych tranzystorach polowych. Ponadto MPc pełnią rolę układów modelowych w badaniach doświadczalnych i teoretycznych.

Przy pomocy skaningowego mikroskopu tunelowego (STM) i dyfrakcji elektronów niskiej energii (LEED) scharakteryzowaliśmy właściwości strukturalne warstw ftalocyjaniny kobaltu (CoPc), fluorowanej ftalocyjaniny miedzi ($F_{16}CuPc$) oraz warstw bimolekularnych (złożonych z CoPc i $F_{16}CuPc$) na powierzchni Ag(100). Dla stopnia pokrycia bliskiego 1 ML badane układy tworzą dalekozasięgowe uporządkowane struktury widoczne w obrazach LEED i STM. Geometria obserwowanych struktur w przypadku warstw złożonych z jednego rodzaju cząsteczek zależy od składu chemicznego MPc. Również sposób obrazowania się w STM zależy od rodzaju molekuly. Efekt ten został wykorzystany do identyfikacji cząsteczek w obrazach STM i pozwolił na określenie wzajemnego ułożenia MPc w warstwach bimolekularnych.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki, Polska w ramach projektu nr 2015/19/N/ST3/01044.

The effect of symmetry of a molecule electronic density on the dipole moment of unit cell and hole conductivity of thin polycrystalline films of anthrone and anthraquinone

S. Kania, B. Kościelniak-Mucha, P. Słoma, K. Wojciechowski

Politechnika Łódzka Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki, Łódź

Our research is related to thin films of two compounds, i.e. anthrone and anthraquinone built on the basis of anthracene skeleton, with the molecular weight. for anthrone MW=194,228 g/mol and for anthraquinone MW=208,212 g/mol. Both mentioned above compounds crystallize in the nearly identical crystal lattices [1], monoclinic system with point group C_{2h}^5 and space group (P2₁/a) with bimolecular unit of the dimensions (at 20°C): $a_0 = (15,83 \pm 0.04) \text{ \AA}$, $b_0 = (3,97 \pm 0.01) \text{ \AA}$, $c_0 = (7,89 \pm 0.01) \text{ \AA}$, $\beta = 102,5^\circ$ for anthraquinone], and $a_0 = (15,80 \pm 0.03) \text{ \AA}$, $b_0 = (3,998 \pm 0.005) \text{ \AA}$, $c_0 = (7,860 \pm 0.016) \text{ \AA}$, $\beta = 101^\circ 40' \pm 10'$, $Z=2$ for anthrone. The main difference, essential for our studies, is the fact that the anthraquinone molecules being centrosymmetric possess small dipole moment in solution, near zero opposite to the non-centrosymmetric anthrone molecules which are characterised by large dipole moment of 3,5 D.

We have conducted two step theoretical calculations with use the convenient method used for calculating excited states TD-DFT – an extension of density functional theory (DFT). Such TD-DFT external time-dependent potentials can be considered as a weak perturbation. Using this method, the dynamic process such as transition between two eigenstates can be described. TD-DFT enables extraction of the information about excitation energies, frequency-dependent response properties and photo absorption spectra of the studied molecule. In the first stage we have used quantum-mechanical calculations for determination the electronic structure and properties of a single molecule for both compounds in the manner described in our previous paper [2]. In the second stage we have calculated the electronic structure and properties of a single crystal unit cell for both studied compounds. The results obtained in the second stage allowed us to describe intramolecular and intermolecular electron interactions for molecules situated in the equilibrium positions determined by a symmetry of the crystal unit cell and value of the dipole moment of the single molecule and the single unit cell. Based on these calculations we have tried to made an analysis useful for evaluation the experimental values of the drift mobility for both studied compounds.

Above mentioned molecular calculations allowed us to determine the dipole moment in the crystal unit cell for both considered compounds. For anthraquinone calculated dipole moment in [x,y,z] axis system has components [-0.48, -1.03, -1.70], and the value of the length of this vector is 2.04 Debye. For anthrone despite the "statistical" decomposition of molecules which is observed in the crystallographic measurements (if we take into account the direction and the sense of the C-O bond) calculations showed the presence of a significant dipole moment. This dipole moment is in relation to the axes [x, y, z] with the value of components [17.51, 3.56, -0.70] which gives a value of 17.88 Debye for the length of this vector. The value of the dipole moment in the crystalline phase for the anthrone is thus 8.8 times higher than that of anthraquinone. This is almost exactly the same numerical value which can be calculated as the higher mobility of holes in the layers of anthrone in relation to the lower mobility of holes in the layers of anthraquinone.

[1] H.D. Flack, 1970. I. Phil. Trans. A, 266, 561(1970).

[2] S. Kania, B. Kościelniak-Mucha, J. Kuliński P. Słoma, Sci. Bull. Techn. Univ. Lodz, Physics, 36, 13 (2015).

O potrzebie doskonalenia efektywnych metod wzrostu kryształów w fizyce fazy skondensowanej i (bio)materiałowej, na przykładach

A. Gadomski , J. Siódmiak

Instytut Matematyki i Fizyki, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

O potrzebie wykorzystywania - do badań podstawowych w zakresie (bio)fazy skondensowanej - kryształów o bardzo wysokiej jakości świadczy dobitnie następująca sentencja, wypowiedziana przez Laureata Nagrody Nobla z dziedziny fizyki, Klaua Von Klitzinga (za odkrycie kwantowego efektu Halla, 1985 r.). Oto jej postać w wolnym tłumaczeniu: „Z mojego doświadczenia wynikało, że dostęp do dobrych monokryształów stanowi najbardziej istotny krok poprzedzający doskonałej jakości badania w fizyce materii skondensowanej oraz że o wiele więcej wsparcia i uwagi należy poświęcać tym, co hodują kryształy” [1].

Podczas, gdy potrzeba ta wydaje się oczywista w badaniach podstawowych i stosowanych w zakresie fizyki półprzewodników, materiałów optycznych, metamateriałów, itp., gdzie doskonałej jakości materiały są najczęściej otrzymywane metodą Czochralskiego [2,3], to jednak sytuacja wydaje się mniej oczywista, gdy mamy do czynienia z otrzymywaniem, np. wysokiej jakości kryształów białkowych, należących do grupy tzw. kryształów niekosselowych, por. [3] i ref. tamże.

Proponowana prezentacja ma na celu wzmocnienie oraz rozszerzenie argumentacji Von Klitzinga [1] i rozciągnięcie jej na obszar metodologii otrzymywania kryształów typu koloidalnego oraz białkowych, z uwzględnieniem zarówno metod laboratoryjnych ich produkcji, jak również metod teoretyczno-komputerowych, służących do predykcji podstawowych właściwości otrzymywanych kryształów/próbek biomateriałowych [4].

[1] K. Von Klitzing, *Annu. Rev. Condens. Matter Phys.* **8**, 13 (2017).

[2] D. Pawlak i in., *Adv. Funct. Mater.* **20**, 1116 (2010).

[3] A. Gadomski, *Europhys. News* **42/5**, 22 (2011).

[4] A. Gadomski, *Front. Physics* **2**, 36 (2014); doi: 10.3389/fphy.2014.00036.

Theoretical study of disorder effects on electronic properties in $\text{Li}_x(\text{Co-Ni-Mn})\text{O}_2$ battery system

M. Rybski¹, J. Tobola¹, S. Kaprzyk¹, J. Molenda²

AGH University of Science and Technology Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland

¹Faculty of Physics and Applied Computer Science,

²Faculty of Energy and Fuels,

e-mail: rybski@fis.agh.edu.pl

Operation of Li-ion batteries is based on lithium intercalation into transition metals based oxides (or sulfides). This is always a process involving both ion and electron transfer, as follows $x\text{Li}^+ + xe^- + \text{M}_a\text{X}_b \longleftrightarrow \text{Li}_x\text{M}_a\text{X}_b$ (M-transition metal, X-O,S). The change of the electromotive force of the $\text{Li}/\text{Li}^+/\text{Li}_x\text{MO}_2$ battery cell corresponds to the variation of chemical potential of electrons and lithium ions in the cathode material. Since the variation of chemical potential of lithium ions is of the order of $k_B T$ (c.a 25 meV at room temperature) and is much smaller than the change in chemical potential of electrons (being of the order of bandwidth) it is possible to investigate the performance of cathode materials on the basis of its electronic properties. Quite recently, the step-like vs. continuous-like character of the discharge curve have been interpreted in terms of close correlations between electronic structure and electrochemical properties in selected Na- and Li-ion cathode materials, respectively [1, 2, 3].

In this work, the results of electronic structure calculations of $\text{Li}_x(\text{Co-Ni-Mn})\text{O}_2$ battery system are presented. Especially, the influence of chemical disorders, such as vacancy defects on Li and O sites, as well as Co/Ni/Mn alloying, on electronic density of states has been studied. Electronic structure calculations were performed with the use of the Korringa-Kohn-Rostoker method combined with the coherent potential approximation (KKR-CPA) [4, 5], which belonged to the well-established first principles technique allowing to account for chemical disorder effects in self-consistent way. The obtained results show that the Fermi level is strongly shifted not only due to Li deintercalation as well as the Co/Mn/Ni disorder, but also some extra electronic states appear inside the energy gap when accounting for the KKR-CPA computations, the O vacancy defects.

- [1] J. Molenda, D. Baster, M. Molenda, K. Swierczek, J.Tobola, Phys. Chem. Chem. Phys. **16**, 14845 (2014).
- [2] A. Milewska, K. Swierczek, J. Tobola, F. Boudoire, Y.Hu, D.K. Bora, B.S. Mun, A. Braun, J. Molenda, Sol. St. Ionics, **263**, 110 (2014).
- [3] J. Molenda, A. Milewska, W. Zajac, M.Rybski J.Tobola - to be submitted
- [4] A. Bansil, S. Kaprzyk, P. E. Mijnaerends, J. Tobola, Condens. Matter Mater. Phys. **60**, 13396 (1999)
- [5] T. Stopa, S. Kaprzyk, J. Tobola, Phys. Condens.Matter, **16**, 4921 (2004).

Nadprzewodnictwo w d-elektronowych związkach międzymetalicznych o stechiometrii 1:2:2

A.P. Pikul, G. Chajewski, K. Domieracki, K. Ciesielski, A. Hackemer, T. Romanova,
P. Wiśniewski, R. Gorzelniak, M. Samsel-Czekala, D. Kaczorowski

*Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego
Polskiej Akademii Nauk, ul. Okólna 2, 50-422 Wrocław*

Trójskładnikowe międzymetaliczne związki f-elektronowe o stechiometrii 1:2:2 są jednymi z najintensywniej badanych układów w fizyce ciała stałego. Zawdzięczają to przede wszystkim swoim niezwykłym właściwościom fizycznym obserwowanym w niskich temperaturach: od dalekozasięgowego uporządkowania magnetycznego o złożonej strukturze, poprzez kwantową krytyczność i niekonwencjonalne nadprzewodnictwo, aż po zachowania ciężkofermionowe. O wiele mniej uwagi poświęcono jak dotąd ich izostrukturnym, d-elektronowym odpowiednikom (tj. zawierającym jony z pustą lub pełną powłoką f, a za to posiadającym zdelokalizowane elektrony d), które zwykle były wykorzystywane jako niemagnetyczne odnośniki do układów f-elektronowych.

Zainteresowanie d-elektronowymi związkami 1:2:2 gwałtownie wzrosło po odkryciu niekonwencjonalnych nadprzewodników żelazowo-arsenowych o tej właśnie stechiometrii. A całkiem niedawno uwaga środowiska naukowego zwróciła się ku związkowi YFe_2Ge_2 , który początkowo był opisany w literaturze jako paramagnetyk Pauliego pokazujący nieoczekiwany wzrost elektronowego współczynnika ciepła właściwego aż do wartości $100 \text{ mJK}^{-2}\text{mol}^{-1}$ w najniższych temperaturach [1]. Dalsze szczegółowe badania wykazały, że związek ten wykazuje odchylenia od właściwości charakterystycznych dla cieczy Fermiego, co prawdopodobnie jest spowodowane bliskością kwantowego punktu krytycznego [2]. Co ciekawe, YFe_2Ge_2 przechodzi również w stan nadprzewodzący w temperaturze krytycznej wynoszącej około 1.8 K [2-4].

Zachęcenie tymi odkryciami podjęliśmy się ponownego, systematycznego zbadania związków krzemu i germanu o stechiometrii 1:2:2 opartych na itrze, torze, lantanie, lutece i skandzie, które wcześniej były opisane w literaturze bardzo powierzchownie. Nasze badania uzupełniliśmy w pełni relatywistycznymi obliczeniami struktury elektronowej wykonanymi metodą FPLO (ang. *full-potential local-orbital*). Podczas niniejszej konferencji przedstawiamy obecny stan naszych poszukiwań niekonwencjonalnego nadprzewodnictwa w tych związkach. W szczególności potwierdzamy, że większość tych związków posiada strukturę tetragonalną typu ThCr_2Si_2 (w grupie symetrii $I4/mmm$) i w kosekwencji trójwymiarową powierzchnię Fermiego, podczas gdy kilka z nich posiada blisko spokrewnioną strukturę typu CaBe_2Ge_2 (w grupie symetrii $P4/nmm$) i liczne kwazidwuwymiarowe płyty powierzchni Fermiego. Co najważniejsze, nadprzewodnictwo w tych związkach wydaje się być BCS-owskie i nie jest ograniczone do związków o drugim typie struktury, co stoi w jawnej sprzeczności z wcześniejszą hipotezą sformułowaną dla niektórych związków 1:2:2 opartych na itrze, lantanie i torze [5].

Niniejsze badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu nr. 2014/13/B/ST3/04544.

- [1] M. A. Avila, S. L. Bud'ko, P. C. Canfield, J. Magn. Mater. **270**, 51 (2004).
- [2] Y. Zou i in., Phys. Status Solidi RRL **8**, 928 (2014).
- [3] H. Kim i in., Phil. Mag. **95**, 804 (2015).
- [4] J. Chen i in., Phys. Rev. Lett. **116**, 127001 (2016).
- [5] R. N. Shelton, H. F. Braun, E. Musick, Solid State Commun. **52**, 797 (1984).

Badania przejść fazowych w 1T-TaS₂

E.M. Łacińska¹, I. Lutyk², Z. Klusek², R. Stępniewski, A. Wymolek¹

¹ Faculty of Physics, University of Warsaw, Pasteura 5, 02-093 Warsaw, Poland

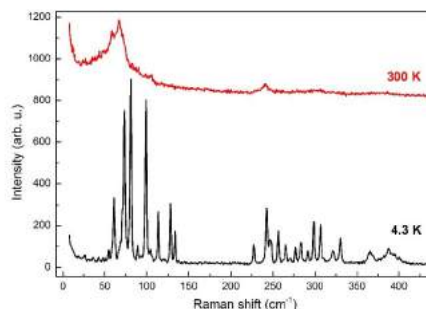
² Faculty of Physics, University of Łódź, Pomorska 149/153, 90-236 Łódź, Poland

Dichalkogenki metali przejściowych (TMDs) należą aktualnie do bardzo intensywnie badanych dwuwymiarowych materiałów warstwowych. Do rodziny tej należy dwusiarczek tantalu (TaS₂). Materiał ten charakteryzuje się czterema sukcesywnymi przejściami fazowymi pierwszego rodzaju związanymi z falami gęstości ładunku (CDW) oraz relatywnie wysoką wartością sprzężenia spin-orbita. Jednym z pomysłów wykorzystania TaS₂ jest wytworzenie układów hybrydowych TaS₂/grafen, w szczególności otrzymanie struktury hybrydowej z silnym sprzężeniem spin-orbita wyindukowanym w grafenie. Poznanie właściwości samego TaS₂, zarówno w formie objętościowej jak też pojedynczych jego warstw jest w tym kontekście bardzo ważne.

W niniejszym komunikacie przedstawiamy wstępne wyniki badań ramanowskich i pomiarów przewodnictwa elektrycznego próbek objętościowego 1T-TaS₂. Badania ramanowskie zostały przeprowadzone w szerokim zakresie spektralnym od 8 do 800 cm⁻¹ dla temperatur w zakresie 4.3-300K, równocześnie z pomiarami przewodnictwa elektrycznego próbek 1T-TaS₂. Jak pokazano na Rys. 1. widma ramanowskie objętościowego 1T-TaS₂ zmierzone w temperaturze 4.3 K oraz temperaturze pokojowej bardzo się od siebie różnią. Wynika to z przejścia fazowego metal-izolator występującego w temperaturze około 200 K.

Niezwykle bogata struktura widoczna w widmie zmierzonym w niskiej temperaturze jest związana z przejściem fazowym metal-izolator, któremu towarzyszą zmiany rozmiarów przestrzennych komórki elementarnej, a co za tym idzie zmiany rozmiarów strefy Brillouina 1T-TaS₂ i stowarzyszone z tym „foldowanie” modów fononowych. Zaobserwowane zmiany w widmie ramanowskim dobrze korelują się z obrazami uzyskanymi z wykorzystaniem mikroskopii sił atomowych.

Jednoczesnych pomiary ramanowskie i pomiary przewodnictwa elektrycznego badanych próbek wykazały istnienie histerezy związanej z przejściem metal-izolator. Okazało się jednak, że temperatury przejścia uzyskane z analizy widm ramanowskich i pomiarów przewodnictwa różnią się od siebie. Dostarcza to nowych, interesujących informacji na temat mechanizmu przejść fazowych w 1T-TaS₂.



Rys. 1. Widma ramanowskie objętościowego 1T-TaS₂, uzyskane w temperaturze pokojowej oraz temperaturze .

Bibliografia

[1] Oliver R. Albertini et al., Phys. Rev. B 93, 214109 (2016)

Praca częściowo dofinansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu 2015/19/B/ST3/03142.

Correlation Potentials and Electron Densities from Correlated DFT, WFT and OEP Methods - what we can learn from them?

Szymon Śmiga, Ireneusz Grabowski

*Institute of Physics, Nicolaus Copernicus University,
Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń, Poland
ig@fizyka.umk.pl*

Direct comparison of the Kohn-Sham correlation potentials, electron densities and correlation energies, generated from few variants of correlated Optimized Effective Potential Method (OEP), standard Density Functional Theory (DFT) and from ab initio Wave Function Theory Methods (WFT), has been employed for analyzing the impact of the correlation effects on those quantities. These methods have been applied to a few atomic and molecular systems. The correlation potentials, energies and densities generated from correlated OEP - OEP2-sc [1] and from WFT methods - Coupled Cluster and Second-Order Many Body Perturbation Theory show very similar and systematic behaviour, reconfirming the correctness of the ab initio DFT (OEP2) methods [2,3,4].

In a contrast it has been demonstrated that the standard VWN5 and LYP correlation functionals do not represent any substantial correlation effects on the KS-correlation potentials [3,4,5] and electron density [5], whereas these effects are well represented by the orbital dependent OEP correlation functionals. In the same time for the local, generalized-gradient, and hybrid functionals it has been found that the dynamic correlation effects are to a large extent accounted for by densities resulting from exchange-only calculations. Additional calculations with self-interaction corrected exchange potentials indicate that this finding cannot be explained as an artifact caused by the self-interaction error or non dynamic correlation effect.

The usefulness of such kind of analysis in a context of development new exchange correlation functionals in DFT will be also discussed. [6,7].

This work was supported by the Polish National Science Center under Grant No. DEC-2013/11/B/ST4/00771 and DEC-2016/21/D/ST4/00903.

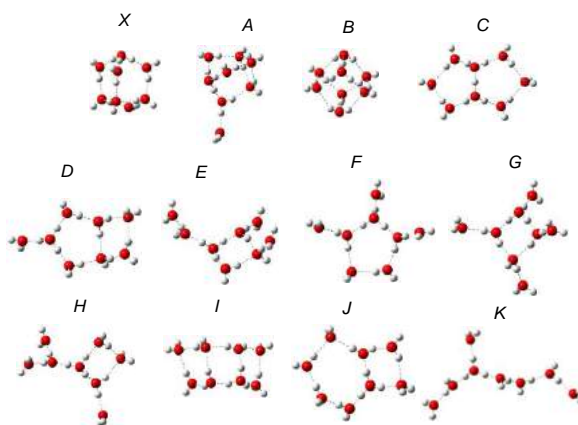
- [1] R. J. Bartlett, I. Grabowski, S. Hirata, S. Ivanov J. Chem. Phys. 122, 034104 (2005)
- [2] I. Grabowski, V. Lotrich, R.J. Bartlett J. Chem. Phys. 127, 154111 (2007)
- [3] I. Grabowski, A. Teale, Sz. Śmiga, R.J. Bartlett J. Chem. Phys. 135, 114111-1 (2011) [4] I. Grabowski, V. Lotrich, S. Hirata, Mol. Phys. 108, 21, (2010)
- [5] K. Jankowski, K. Nowakowski, I. Grabowski, J. Wasilewski J. Chem. Phys. 130, 164102 (2009)
- [6] I. Grabowski, E. Fabiano, F. Della Sala, Phys. Rev. B 87, 075103 (2013).
- [7] I. Grabowski, E. Fabiano, S. Śmiga, A. Buksztel, Andrew M. Teale, F. Della Sala, J. Chem. Phys. 141, 024113 (2014)

Eksperymentalne i teoretyczne badania protonowych klastery wody

Tomasz Wróblewski

Instytut Fizyki, Akademia Pomorska w Słupsku, ul. Arciszewskiego 22A, 76-200 Słupsk

Protonowe klastery wody odgrywają dużą rolę w fizyce i chemii górnych warstw atmosfery, chemii roztworów oraz różnego typu procesach biologicznych [1,2]. W niniejszej pracy wyznaczono entalpie tworzenia klastery wody na podstawie zależności liczebności zjonizowanych klastery wody od zredukowanego pola elektrycznego za pomocą kombinacji komory dryfu jonów i kwadrupolowego spektrometru masowego. Przeprowadzono również obliczenia własności energetycznych i widm w podczerwieni różnych konfiguracji geometrycznych jonów $H^+(H_2O)_n$ z $n=1-8$ z użyciem metod chemii kwantowej B3LYP/aug-cc-PVDZ oraz CBS-Q.



Rys. 1. Struktury geometryczne jonu $H^+(H_2O)_8$

Na rys. 1 przedstawiono przykładowe struktury geometryczne klastery dla $n=8$ (X oznacza strukturę o najniższej energii). Z porównania wartości eksperymentalnych i obliczeń teoretycznych entalpii reakcji klasteryzacji jonów $H^+(H_2O)_n$ można wyciągnąć wniosek, że badane doświadczalnie klastery nie zawsze odpowiadają strukturom o najniższych energiach. Dotyczy to klastery z $n \geq 5$. Ponadto, szczegółowa analiza widm wibracyjnych klastery sugeruje, że podczas tworzenia się zjonizowanych aglomeratów wody mogą powstawać jednocześnie różne konfiguracje geometryczne o tej samej liczbie cząstek wody.

[1] S. Karthikeyan, M. Park, I. Shin, and K.S. Kim, *J. Phys. Chem. A* **112**, 10120 (2008).

[2] J.-Ch. Jiang, Y.-S. Wang, H.-Ch. Chang, S.H. Lin, Y.Y. Lee, G.Niedner-Schatteburg, H.-Ch.Chang, *J.Am.Chem.Soc.* **122**, 1398 (2000).

Modyfikacja właściwości fizykochemicznych pokryć polimerowych do kontroli oddziaływań z białkami i komórkami

Joanna Raczowska¹, Szymon Prauzner-Bechcicki², Yuriy Stetsyshyn³

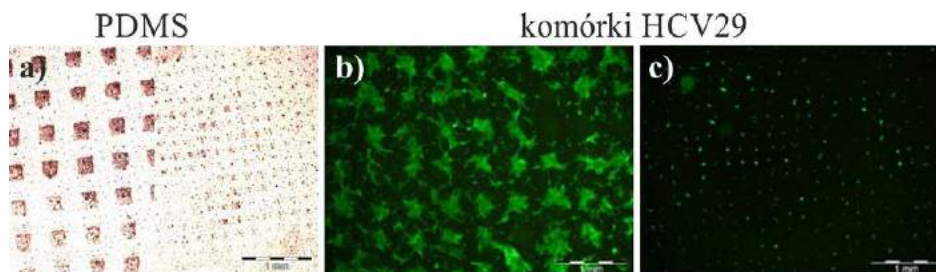
¹ Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, ul. Łojasiewicza 11, 30-428 Kraków

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

³ Politechnika Lwowska, ul. Bandery 12, Lwów

W ostatnich latach jednym z głównych kierunków rozwoju nauk z pogranicza biologii, medycyny i inżynierii materiałowej jest poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań pozwalających na wykorzystanie pokryć polimerowych o kontrolowanych właściwościach fizykochemicznych do zastosowań biomedycznych np. w nowych metodach diagnostycznych i terapeutycznych, w systemach do kontrolowanego uwalniania leków a także w medycynie regeneracyjnej. O możliwościach aplikacyjnych podłoża decyduje jego zdolność do oddziaływania z materiałem biologicznym, determinowana przez właściwości powierzchni, takie jak skład chemiczny, zwilżalność, topografia czy elastyczność.

Celem pracy było wykorzystanie kontroli właściwości fizykochemicznych podłoża do uzyskania kontrolowanych oddziaływań pokryć polimerowych z białkami i komórkami. Prowadzone badania dotyczyły wpływu elastyczności podłoża na zachowanie komórek nowotworowych o różnym stopniu zaawansowania [1-2] oraz tworzenia i kompleksowej charakterystyki termoprzełączalnych inteligentnych pokryć polimerowych [3-4]. Obejmowały szereg etapów, poczynając od zaprojektowania i wytworzenie podłoży o zadanych właściwościach, poprzez kompleksową charakterystykę ich właściwości fizykochemicznych aż do testów biokompatybilności, prowadzonych zarówno dla białek, jak i dla komórek.



Rysunek. Wzory elastyczności na podłożu z polidimetylosiloksanu (PDMS, a) i ich odwzorowanie przez komórki nowotworowe pęcherza moczowego (HCV29, b, c)

Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr UMO-2013/09/D/ST5/03859 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

[1] J. Raczowska, S. Prauzner-Bechcicki, J. Lukes, J. Sepitka, A. Bernasik, K. Awiuk, C. Paluszkiwicz, J. Pabijan, M. Lekka, A. Budkowski, *Applied Surface Science* **389**, 247 (2016).

[2] J. Raczowska, K. Awiuk, S. Prauzner-Bechcicki, J. Pabijan, J. Zemła, A. Budkowski, M. Lekka, *European Polymer Journal*, w druku (2017).

[3] J. Raczowska, M. Ohar, Y. Stetsyshyn, J. Zemła, K. Awiuk, J. Rysz, K. Fornal, A. Bernasik, H. Ohar, S. Fedorova, O. Shtapenko, S. Polovkovich, V. Novikov, A. Budkowski, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **118**, 270 (2014).

[4] Y. Stetsyshyn, J. Raczowska, O. Lishchynskyi, A. Bernasik, A. Kostruba, K. Harhay, H. Ohar, M. Marzec, A. Budkowski, *ACS Applied Materials & Interfaces*, w druku (2017).

Niezależne sprawdzenie obliczeń systemu planowania leczenia

E. Dąbrowska^{1,2}, A. Zawadzka¹, B. Brzozowska², A. Walewska¹, P. Kukulowicz¹

¹ Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii-Instytut
im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie

² Zakład Fizyki Biomedycznej, Uniwersytet Warszawski

Zgodnie z Dyrektywą Rady 97/43/Euratom z dnia 30 czerwca 1997 r. w sprawie ochrony zdrowia osób fizycznych przed niebezpieczeństwem wynikającym z promieniowania jonizującego związanego z badaniami medycznymi, istnieje wymóg sprawdzenia obliczeń rozkładu dawki niezależnym narzędziem. Nawiązując do Raportu AAPM Task Group 114, procedura niezależnego sprawdzenia obliczeń system planowania leczenia może być przeprowadzona między innymi z wykorzystaniem drugiego systemu planowania leczenia. Celem niniejszej pracy było porównanie i wyznaczenie różnic w obliczeniach rozkładu dawki dla dwóch komercyjnie dostępnych systemów planowania leczenia: Eclipse (Varian) i Oncentra MasterPlan (Nucletron).

W ramach niniejszej pracy zostały wykorzystane plany leczenia przygotowane techniką 3D-CRT (Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy). Analiza i ocena różnic w obliczeniach dwóch systemów planowania leczenia została wykonana dla 160 i 130 pacjentów, leczonych wiązkami promieniowania fotonowego o energii nominalnej 6 MeV i 15 MeV. Analizowane w niniejszej pracy plany leczenia zostały przygotowane w systemie planowania leczenia Eclipse (Analytical Anisotropic Algorithm, version 10). Następnie do system planowania leczenia Oncentra MasterPlan (Collapsed Cone Convolution, version 3.3) zostały wyeksportowane pliki DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), na podstawie których obliczono rozkład dawki z zadaną liczbą jednostek monitorowych. Porównanie obliczeń systemów planowania leczenia zostało wykonane na podstawie dawki średniej w obszarze PTV (Planning Target Volume) oraz dawki w izocentrum. Analiza statystyczna została przeprowadzona z wykorzystaniem testu Wilcoxon dla par obserwacji. Ponadto obliczenia systemów planowania leczenia zostały porównane z pomiarami dozymetrycznymi, wykonanymi w niejednorodnym fantomie.

Na podstawie przeprowadzonej analizy zaobserwowano istotną statystycznie ($p < 0.001$), systematyczną różnicę w obliczeniach systemów planowania leczenia, zarówno dla dawki średniej w PTV, jak i dawki w izocentrum. Zauważono, że dawki obliczone w systemie Oncentra MasterPlan są zawsze niższe w stosunku do dawek obliczonych w systemie Eclipse. Średnia różnica w obliczeniach systemów dawki średniej w PTV wynosi $1.4\% \pm 1.0\%$ dla promieniowania fotonowego o energii nominalnej 6 MeV oraz $2.5\% \pm 0.6\%$ dla promieniowania fotonowego o energii nominalnej 15 MV. Średnia różnica w obliczeniach systemów dawki w izocentrum wynosi $1.2\% \pm 3.5\%$ oraz $2.4\% \pm 2.7\%$, odpowiednio dla promieniowania fotonowego o energii nominalnej 6 MeV i 15 MeV. W większości przypadków duże różnice w obliczeniach systemów są spowodowane obecnością przestrzeni powietrznych i kości. Znaczący wpływ niejednorodności na rozkład dawki został potwierdzony przez pomiary dozymetryczne.

Oszacowane różnice w obliczeniach dawki w większości przypadków nie przekraczają 3%, rekomendowanych przez Knöös (2006 Phys. Med. Biol., 51: 5785–5807). Na podstawie niniejszej pracy została wdrożona procedura niezależnego sprawdzenia obliczeń systemu planowania leczenia Eclipse z wykorzystaniem drugiego systemu planowania leczenia.

Testy optymalizacji wielokryterialnej (MCO) dostępnej w systemie planowania leczenia RayStation oraz porównanie jej wyników z wynikami osoby planującej

A. Zawadzka¹, D. Kopec¹, P. Kukulowicz¹

¹ Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii-Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, W.K. Roentgena 5, 02-781 Warszawa

Cel: Celem pracy było wykonanie testów optymalizacji wielokryterialnej (MCO) dostępnej w systemie planowania leczenia radioterapii RayStation oraz porównanie jej wyników z wynikami osoby planującej, w celu sprawdzenia czy MCO umożliwia zmniejszenie dawki średniej w płucach [1].

Materiały i Metody: Do testów wykorzystano system planowania leczenia RayStation (RaySearch Laboratories, v5.0.2.35) z opcją optymalizacji wielokryterialnej (MCO). W optymalizacji można interaktywnie eksplorować zadane cele, jednakże nie ma możliwości polepszenia jednego celu bez pogorszenia innego. Dla grupy 7 pacjentów z niedrobnokomórkowym rakiem płuca w III stopniu zaawansowania, wygenerowano po cztery plany MCO, każdy w oparciu o front pareto powstały z innej liczby planów bazowych (14, 30, 40 i 50). Każdy plan MCO dla obszaru tarczowego PTV miał spełniać kryteria Raportu ICRU 83. Sprawdzone, czy liczba planów bazowych ma istotnie statystyczny wpływ na jakość uzyskanego planu MCO. Następnie przygotowano dwa plany MCO, w oparciu o front pareto uzyskany z 14 i 50 planów bazowych, których celem było minimalizowanie dawki średniej w płucach (MLD) przy zachowaniu kryterium $D_{95} > 90\%$ dla obszaru tarczowego (PTV). Plany te porównano z planami przygotowanymi przez osobę planującą. Porównano następujące parametry planu: rozkład dawki w PTV (D_{98} , D_{95} , D_2 , TCP), MLD, parametry objętościowe dla płuc: V_5 i V_{20} , dawkę średnią w przełyku (MED) oraz maksymalną dawkę w rdzeniu z marginesem. Istotność statystyczną badano testem Wilcoxon dla par obserwacji ($p < 0.05$).

Wyniki: Plany MCO wygenerowane dla frontu pareto opartego o 14 planach bazowych były w 45.2% wszystkich analizowanych parametrów lepsze w stosunku do pozostałych planów MCO. Różnice te nie były istotne statystycznie. Dla planów MCO, w których minimalizowano MLD, 50 planów bazowych umożliwiło uzyskanie średnio o $1,5 \text{ Gy} \pm 2,15 \text{ Gy}$ niższą MLD w stosunku do 14 planów bazowych. Różnica nie była istotna statystycznie. MLD uzyskana w planach MCO była porównywalna z wynikami uzyskanymi przez osobę planującą (średnia różnica: $-0,5 \text{ Gy} \pm 3,2 \text{ Gy}$) przy uzyskaniu gorszego objęcia PTV (średnia różnica dla $D_{95\%}$: $4,5 \% \pm 1,05 \%$, bez wpływu na TCP). W planach MCO w 6 przypadkach uzyskano lepsze wyniki dla MED, średnio o $5,53 \text{ Gy} \pm 4,52 \text{ Gy}$.

Wnioski: Liczba planów bazowych nie ma istotnego wpływu na jakość przygotowanego planu leczenia MCO. Doświadczona osoba planująca uzyskała wyniki porównywalne dla MLD, lepsze dla PTV ale istotnie statystycznie gorsze dla przełyku.

[1] S. C. Kamran, B. S. Mueller, Radiotherapy and Oncology **118**, 515 (2016).

Termodynamika transportu ligandów biologicznych w tunelach białkowych

Jakub Rydzewski, Wiesław Nowak

Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet M. Kopernika w Toruniu, 87-100 Toruń, ul Grudziądzka 5

Metabolizm komórkowy związany jest z procesami transportowymi cząsteczek podlegających przemianom biochemicznym. Znaczna część przemian dokonuje się we wnętrzu enzymów. Miejsca aktywne enzymów są zwykle zlokalizowane we wnętrzach białek i dostępne jedynie na drodze dyfuzji poprzez specyficzne tunele. Architektura tych tuneli może determinować kinetykę katalizy biologicznej, jej poznanie i zrozumienie jest ważnym zadaniem biofizyki teoretycznej [1]. Jedną z metod szybkiego badania zjawisk transportowych w białkach są komputerowe symulacje dynamiki molekularnej (MD) [2]. W prezentacji zostaną przedstawione niedawno opracowane wydajne algorytmy memetyczne oparte na sterowanej MD [3], wzmocnionym próbkowaniu przestrzeni konformacyjnej (LES) [2], klasyfikacji wyznaczonych ścieżek dyfuzji liganda [4], ułatwiające redukcję przestrzeni konformacyjnej i opis procesu przy pomocy małej liczby zmiennych konfiguracyjnych. Wzdłuż tak wyznaczonych ścieżek można obliczyć metodą metadynamiki profile energii swobodnej i poznać tym samym termodynamiczne preferencje w procesach transportowych. Nasze ogólne podejście metodologiczne [1] będzie ilustrowane wynikami symulacji dwóch układów białkowych: cytochromu P450cam [5] oraz acetylocholino [6]. Obliczenia przyniosły ilościowy opis termodynamiczny ważnych fizjologicznie enzymów. Dane te można w niektórych przypadkach konfrontować z wynikami pomiarów spektroskopowych.

Podziękowania: JR dziękuje za wsparcie z projektów NCN (granty 2015/19/N/ST3/02171 oraz 2016/20/T/ST3/00488) i grantów UMK (2406-F, 2539-F). W badaniach była wykorzystana Infrastruktura Interdyscyplinarnego Centrum Nowoczesnych Technologii UMK.

- [1] J. Rydzewski, W. Nowak, *Physics of Life Reviews* **xx**, yyy (2017).
- [2] W. Nowak, w "Handbook of Computational Chemistry", 2nd ed. J. Leszczyński, Springer (2017).
- [3] J. Rydzewski, W. Nowak, *J. Chem. Phys.* **143**, 09B617_1 (2015).
- [4] J. Rydzewski, W. Nowak, *J. Chem. Theory Comp.* **12**, 2110 (2016)
- [5] J. Rydzewski, W. Nowak, (2017) wysłane do Sci. Rep.
- [6] J. Rydzewski, W. Nowak, H. Grubmueller, w przygotowaniu

Zmiany czasowej zdolności rozdzielczej oka po wysiłku fizycznym w centralnym oraz peryferyjnym polu widzenia u młodych ludzi mierzonej za pomocą krytycznej częstotliwości fuzji (CFF)

Karina Maciejewska^{1,2}, Kinga Cembala^{1,2}, Andrzej Frelak^{1,2}, Zofia Drzazga^{1,2}

¹ Uniwersytet Śląski w Katowicach, Zakład Fizyki Medycznej, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice

² Śląskie Międzyuczelniane Centrum Edukacji i Badań Interdyscyplinarnych, ul. 75 Pułku Piechoty 1, 41-500 Chorzów

Dotychczasowe badania naukowe wskazują na pozytywny wpływ aktywności fizycznej na proces widzenia oraz zdolności poznawcze ludzkiego mózgu [1, 2]. Celem badań była ocena, czy krótki wysiłek fizyczny wpływa na czasową zdolność rozdzielczą ludzkiego oka, wyznaczoną za pomocą krytycznej częstotliwości fuzji (ang. critical flicker fusion frequency), która jest jednym ze składowych procesów widzenia. Parametr ten oznacza minimalną częstotliwość migotania światła, które przestaje być postrzegane przez oko jako światło ciągłe i zaczyna być dostrzegalne jego migotanie [3].

Eksperyment przeprowadzono na 34 oczach 17 ochotników w wieku 20-28 lat. Eksperyment przebiegał w trzech fazach u każdego wolontariusza: w pierwszej fazie wykonano badanie CFF dla każdego oka osobno, w drugiej nastąpił kilkuminutowy trening fizyczny, a w trzeciej wykonano powtórnie badanie CFF dla każdego oka. Pomiary zostały wykonane również w grupie kontrolnej, która składała się z 14 oczu 7 ochotników. W tej grupie wykonano pomiary CFF dwukrotnie, w takich samych przedziałach czasu, jak w grupie badawczej, ale bez wysiłku fizycznego. Badania CFF były przeprowadzone z użyciem medycznego perymetru komputerowego PTS910 (Bogdani). Przeprowadzono analizę statystyczną w celu zbadania zmian w wartościach CFF przed i po wysiłku, jak również różnic między polem centralnym a peryferyjnym. Dodatkowo, przeprowadzono analizę z uwzględnieniem płci.

Wartości krytycznej częstotliwości fuzji w badanej grupie ochotników wzrosły po wysiłku z istotnością statystyczną, dla wszystkich badanych obszarów: decentracji 10⁰, pola centralnego oraz pola peryferyjnego. Wartości CFF w polu peryferyjnym były niższe niż w polu centralnym przed wysiłkiem, a po wysiłku wartości te zmierzały do wyrównania. Różnice wartości CFF między kobietami a mężczyznami (wyższe u mężczyzn) zwiększyły się po wysiłku i stały się istotne statystycznie.

Nasze badania wykazały wpływ krótkotrwałego wysiłku o średniej intensywności na wzrost wartości krytycznej częstotliwości fuzji oka u zdrowych, młodych osób. Zaobserwowano różnice w wartościach CFF między polami widzenia, a także między kobietami a mężczyznami.

- [1] T. Bullock, B. Giesbrecht, Acute exercise and aerobic fitness influence selective attention during visual search. *Front Psychol* **5**, 1290 (2014).
- [2] Y.K. Chang, J.D. Labban, J.I. Gapin, J.L. Etnier, The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain Res* **1453**, 87 (2012).
- [3] M. Maier, T. Groneberg, H. Specht, C.P. Lohmann, Critical flicker-fusion frequency in age-related macular degeneration. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* **248**, 409 (2010).

Redukcja dawki w sercu przy użyciu systemu RPM w technikach napromieniania piersi na głębokim wdechu, na akceleratorze liniowym True Beam

Marzena Janiszewska, Maciej Raczkowski

Zakład Fizyki Medycznej Dolnośląskie Centrum Onkologii we Wrocławiu

Celem pracy jest prezentacja nowatorskiej techniki napromieniania na głębokim wdechu, wraz z monitoringiem zgodności ułożenia i odtwarzalności na aparacie, pacjentek z lewostronnym rakiem piersi. Prezentacja redukcji dawek w narządach krytycznych: sercu i płucach, w porównaniu do tradycyjnych technik radioterapii.

Analizie poddano chore z lewostronnym rakiem piersi. U każdej pacjentki wykonano 2 tomografie lokalizacyjne. Pierwszą na swobodnym oddechu oraz drugą na głębokim wdechu kontrolowanym za pomocą RPM. Zebrana w trakcie TK lokalizacyjnego faza oddechowa służyła jako faza referencyjna w trakcie realizacji napromieniania na aparacie terapeutycznym. Na każdej tomografii okonturowano narządy krytyczne: serce, oba płuca oraz lewą tętnicę wieńcową. PTV z TK lokalizacyjnej na głębokim wdechu skopiowano na KT na swobodnym oddechu po wykonaniu fuzji obu TK wg ściany klatki piersiowej po stronie lewej. Plan leczenia i rozkład dawki wykonano na obu tomografiach w celu porównania redukcji dawki w sercu i płucach. Porównano dawkę średnią oraz V20Gy w płucach, V25Gy, dawkę obejmującą 10cm³ serca, oraz średnią dawkę w lewej tętnicy wieńcowej. W trakcie napromieniania przed każdą ekspozycją wykonywano 2 sparowane zdjęcia kV: 0 i 90 na głębokim wdechu służące do weryfikacji i korekcy ustawienia izocentrum oraz 2 zdjęcia MV w trakcie ekspozycji z otwartych pól tangencjalnych. Odtwarzalność ruchów oddechowych badano za pomocą pomiarów pomiędzy mostkiem a kręgosłupem na bocznych polach kV w płaszczyźnie izocentrum oraz za pomocą odległości CLD w polach MV. Na podstawie przesunięć pól set-up on-line oraz analizy obrazowania off-line oszacowano średni błąd ułożenia oraz dokładność wyznaczenia izocentrum na aparacie terapeutycznym.

Wyniki przedstawiono w postaci jakościowej i ilościowej prezentacji rozkładów dawek, oraz zdjęć kontrynk kV. Porównując dawkę średnią, oraz V20Gy w płucach wykazano nieznaczną redukcję ich wartości dla planów na głębokim wdechu, w porównaniu do planów na swobodnym oddechu. Napromienianie na wdechu pozwoliło na istotną statystycznie redukcję średniej dawki w sercu, oraz redukcję dawki średniej w LCA średnio. Wyznaczono średni błąd ułożenia mierzony przesunięciami stołu potrzebnymi do korekcy izocentrum względem struktur anatomicznych (mostek i ściana klatki piersiowej). Analiza obrazowania offline wykazała dużą dokładność i odtwarzalność ustawiania izocentrum na aparacie terapeutycznym ze średnim błędem standardowym Σ w płaszczyznach: ver 0,037; long 0,08; lat 0,034 cm i redukcją marginesów w płaszczyznach ver, long i lat odpowiednio do (0,2; 0,3 i 0,15)cm.

Napromienianie pacjentek na głębokim wdechu za pomocą RPM pozwala na znaczną redukcję dawki w sercu i lewej tętnicy wieńcowej, wraz z poprawną odtwarzalnością planu leczenia na aparacie terapeutycznym.

Wirtualna Akademia Astronomii w działaniu

Katarzyna Książek

*Uniwersytet Opolski, Instytut Fizyki, ul. Oleska 48, 45-055 Opole
kasiak@uni.opole.pl*

Wirtualna Akademia Astronomii powstała 2013 z inicjatywy konsorcjum Uniwersytetu Opolskiego i Opolskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk. Konsorcjum realizowało projekt „Internetowy Odkrywca Światów i Ty możesz zostać Kopernikiem” finansowany w ramach Ścieżek Kopernia ze środków na realizację projektu systemowego „Wsparcie systemu zarządzania badaniami naukowymi oraz ich wynikami” (Poddziałanie 1.1.3).

Realizacja projektu była sukcesem i postanowiono kontynuować rozpoczęte działania. Pracownicy Instytutu Fizyki Uniwersytetu Opolskiego w ramach działań popularyzatorskich zaspokajali potrzeby uczniów i nauczycieli Opolszczyzny. Wirtualna Akademia Astronomii zaczęła żyć życiem jednostki uniwersyteckiej, dla uczniów szkół podstawowych, gimnazjalnych i ponadgimnazjalny. W latach 2015-2016 Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w wspierało działania WAA w ramach działalności upowszechniającej naukę.

Wirtualna Akademia Astronomii ma swoją własną ścieżkę edukacyjną. Uczniowie wstępując do Akademii zaliczają kolejne roczniki, uczęszczając na zajęcia i biorąc udział w konkursach astronomicznych. System organizacyjny jest zbliżony do systemu bolońskiego (3 lata pierwszego stopnia 2 lata drugiego stopnia i 4 lata trzeciego stopnia). Co roku astronomowie otrzymują certyfikaty ukończenia roku WAA. Kończąc pierwszy stopień otrzymują dyplom i tytuł młodszego astronoma Wirtualnej Akademii Astronomii.

Prowadzone są zajęcia w formie wykładów, warsztatów, wyjazdów obserwacyjnych. Jednak największą atrakcją są Astronomiczne Obozy Naukowe WAA. Przeznaczone są dla uczniów najbardziej aktywnych, którzy wykonają pracę badawczą i prezentują ją na konkursach badawczych. Działalność podstawowa WAA może być organizowana bez wsparcia finansowego, jednak Astronomiczny Obóz Naukowy organizowany jest tylko przy wsparciu finansowym. Podczas obozów zawsze odwiedzane są atrakcyjne miejsca na mapie astronomicznej Polski. Pierwszy wyjazd naukowy realizowany był przez członków Fundacji Aleksandra Jabłońskiego i odbył się i na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, w Obserwatorium Astronomicznym w Piwnicach, w Astrobazie w Niedźwiadach. Drugi wyjazd organizowany był przez Koło Wychowanków Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego i odbył się w Niepołomicach i Krakowie. Trzeci obóz organizowała Wirtualna Akademia Astronomii i odbył się w Czardworku (Przysietnica k. Brzozowa) przy wsparciu Politechniki Rzeszowskiej i Obserwatorium Astronomicznego w Rzepienniku. Wspólna praca: nauczycieli szkolnych, animatorów, pracowników naukowych, studentów i wolontariuszy owocuje dobrą zabawą z uczniami szkół na wszystkich poziomach edukacyjnych. W cyklu najważniejszy jest nauczyciel, to jego potrzeby i pomysły stara się zrealizować zespołów WAA.

W najbliższych planach połączenie astronomii z lotnictwem i wyjazd studentów II Liceum Ogólnokształcącego w Opolu i Zespołu Szkół w Dobrzenu Wielkim na obóz naukowy: Kosmiczne emocje. Warsztaty astronomiczno-lotnicze realizowany w ramach Erasmus Plus.



Tutoring akademicki jako metoda pracy przynosząca korzyści nauczającym i uczącym

Iwona R. Mróz

Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski

Tutoring jako metoda pracy ze studentem jest wykorzystywany przez najlepsze uczelnie świata, np. uniwersytety w Oxfordzie i Cambridge. W niniejszym opracowaniu przeglądowym analizujemy tutoring pod kątem tworzenia możliwości rozwoju studenta i nauczyciela akademickiego, oraz wpływu, jaki metoda wywiera na jakość pracy całej uczelni [1]. Identyfikujemy elementy tutoringu w pracy wysoko ocenianych szkół działających w przeszłości na terenie Polski. Zastanawiamy się, w jakim zakresie tutoring może być pomocny we współczesnym nauczaniu fizyki na poziomie akademickim i przyglądamy się możliwościom wdrożenia metody w polskich uczelniach.

[1] Materiały na temat tutoringu znajdują się m.in. na stronie internetowej Collegium Wratislaviense: <http://cw.edu.pl/tutoring/>.

**Określenie składu pierwiastkowego haloizytu
metodą rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej
z dyspersją długości fali (WDXRF) i spektroskopii fotoelektronów (XPS)**

**Natalia Furmańczyk^{1*}, Dariusz Banaś^{1,2}, Ilona Stabrawa^{1,2},
Aldona Kubala-Kukuś^{1,2}, Urszula Majewska^{1,2}**

¹*Institut Fizyki, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach,
ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce*
²*Świętokrzyskie Centrum Onkologii, ul. Artwińskiego 3, 25-734 Kielce*

Minerały ilaste mają wiele zastosowań w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym i technologiach środowiskowych jako substancje czynne, pomocnicze i adsorbenty. Wykazują doskonałe właściwości takie, jak: obojętność chemiczna, dobra bio-kompatybilność, duża objętość porów i stabilność chemiczna. Celem badań była analiza pierwiastkowa i porównanie składu pierwiastkowego surowych i modyfikowanych próbek haloizytu. Zastosowano dwie metody spektrometrii rentgenowskiej: fluorescencję rentgenowską z dyspersją długości fali (WDXRF) oraz spektroskopię fotoelektronów w zakresie promieniowania rentgenowskiego (XPS). Zastosowanie tych wzajemnie uzupełniających się metod umożliwiło bardzo precyzyjne obserwowanie zmian w składzie próbek haloizytu wywołanych modyfikacjami chemicznymi, mającymi na celu sprawdzenie właściwości sorpcyjnych haloizytu [1]. Modyfikacja chemiczna polegała na domieszkowaniu próbek haloizytu tytanem, tlenkiem tytanu i tlenkiem żelaza. Analiza XPS pokazała, że większe koncentracje krzemu (Si) znajdują się na powierzchni haloizytu w porównaniu do koncentracji tego pierwiastka w całej objętości (analiza WDXRF) oraz że koncentracja glinu (Al) jest mniejsza na powierzchni (XPS) w porównaniu do całej objętości próbki (WDXRF). Takie wyniki analizy potwierdzają budowę oraz strukturę chemiczną nanorurek haloizytu.

Analizowany haloizyt (glinokrzemianowy minerał warstwowy) pochodził z kopalni odkrywkowej „Dunino” zlokalizowanej w Polsce w okolicach Legnicy.

* autor należy do Studenckich Kół Naukowych Fizyków: *KWANT* i *Neutrino* w Instytucie Fizyki UJK

[1] B. Szczepanik, P. Słomkiewicz, M. Garnuszek, K. Czech, D. Banaś, A. Kubala-Kukuś, I. Stabrawa, *J. Mol. Struct.* **1084**, 16 (2015).

Określenie składu pierwiastkowego surowicy krwi osób z rakiem żołądka metodą rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej z całkowitym odbiciem wiązki padającej TXRF

**Regina Stachura^{1*}, Dariusz Banaś^{1,2}, Iłona Stabrawa^{1,2},
Aldona Kubala-Kukuś^{1,2}, Urszula Majewska^{1,2}, Jolanta Wudarczyk-Moćko^{1,2}**

¹*Institut Fizyki, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach,
ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce*

²*Świętokrzyskie Centrum Onkologii, ul. Artwińskiego 3, 25-734 Kielce*

Pierwiastki odgrywają istotną rolę w licznych procesach fizjologicznych, więc w konsekwencji wpływają na życie i zdrowie człowieka. Nadmiar lub niedobór określonego pierwiastka może zakłócić poprawne funkcjonowanie ludzkiego organizmu, co może doprowadzić do wielu zaburzeń. Określenie stężeń pierwiastków, zarówno makroelementów, jak i mikroelementów w tkankach czy płynach ustrojowych człowieka może być pomocne w stawianiu diagnozy i kontroli procesu leczenia i powinno stać się rutynową praktyką [1]. Metodą, za pomocą której można przeprowadzić takie analizy jest rentgenowska analiza fluorescencyjna z całkowitym odbiciem wiązki padającej (TXRF). Technika ta pozwala określić kilkanaście pierwiastków w szerokim zakresie koncentracji (od kilkunastu ng/g do %) w czasie jednego pomiaru.

Celem prezentowanej pracy było określenie koncentracji 10 pierwiastków (P, S, K, Ca, Cl, Fe, Cu, Zn, Se, Br) w surowicy krwi pacjentów chorujących na raka żołądka. Krew, z której wykonano analizowaną surowicę, pobrano od 34 pacjentów: 23 mężczyzn i 11 kobiet, leczonych w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym im. Mikołaja Kopernika w Łodzi. Część eksperymentalna badania została przeprowadzona w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach.

Analizę pierwiastkową wykonano metodą TXRF z wykorzystaniem spektrometru S2 Picofox (Bruker). Zarejestrowane widma promieniowania charakterystycznego pozwalają na analizę jakościową (jaki pierwiastki występują w próbce) i ilościową (koncentracja pierwiastków) badanej surowicy. W pracy opisano podstawy fizyczne zastosowanej metody, układ eksperymentalny, preparatykę próbek, przedstawiono zarejestrowane widma promieniowania charakterystycznego i omówiono uzyskane wyniki.

* autor należy do Studenckich Kół Naukowych Fizyków: *KWANT* i *Neutrino* w Instytucie Fizyki UJK

- [1] U. Majewska, P. Łyżwa, K. Łyżwa, D. Banaś, A. Kubala-Kukuś, J. Wudarczyk-Moćko, I. Stabrawa, J. Braziewicz, M. Pajek, G. Antczak, B. Borkowska, S. Góźdź, *Spectrochim. Acta B* **122**, 56 (2016).

Dlaczego trudno porównać wpływ niskich dawek promieniowania X i neutronowego na surowice krwi ludzkiej

A. Kielboń^{1,2}, A. Michnik^{1,2}, K. Polaczek – Grelik^{1,2}, K. Duch^{1,2}, E. Sadowska-Krepa³

¹ Uniwersytet Śląski w Katowicach, Zakład Fizyki Medycznej,
Instytut Fizyki im. A. Chelkowskiego, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice

² Śląskie Centrum Edukacji i Badań Interdyscyplinarnych,
ul. 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów

³ Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, Wydział Fizjologii
i Nauk Medycznych, ul. Mikołowska 72a, 40-065 Katowice

Promienioczułość tkanek i narządów najczęściej postrzegana jest przez pryzmat komórkowych mechanizmów naprawczych, natlenowania, zdolności do odbudowy populacji komórek i ich redystrybucji w cyklu komórkowym. Procesy te, ponieważ leżą u podstaw prawidłowego funkcjonowania tkanek, są najczęstszym wyznacznikiem wpływu promieniowania na struktury biologiczne. Zmiana stabilności związków chemicznych i/lub ich struktury w wyniku napromieniowania, w tym ujęciu są zagadnieniem drugorzędnym, aczkolwiek fundamentalnym i potencjalnie istotnym w kontekście przeciwnowotworowej terapii celowanej molekularnie (molecularly targeted therapy).

Celem badań przeprowadzonych metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) było porównanie wpływu określonej dawki (5Gy) promieniowania X i neutronowego na wodne roztwory surowicy krwi ludzkiej.

Próbki surowicy zostały pozyskane z krwi pobranej od zdrowych, młodych mężczyzn. Pomiary kalorymetryczne wykonano za pomocą mikrokalorymetru VP-DSC (MicroCal.) w zakresie temperatur 20 – 100°C z szybkością grzania 60°C/godz, przy ciśnieniu około 1,9 atm. Źródłem neutronów o średniej energii 2,35 MeV był radioizotop Californ-252, którego aktywność w czasie eksperymentu wynosiła ~58 MBq. Podczas ekspozycji na promieniowanie neutronowe roztwory surowicy przebywały w temperaturze 21°C – 23°C. Czas ekspozycji, zależnie od aktywności źródła, wynosił od 24 do 26 godzin. Dawkę promieniowania X dostarczano z dwóch naprzeciwległych pól, wiązką 6 MV akceleratora medycznego, w oparciu o dedykowany „plan leczenia”. Czas napromieniania dla każdego pola wynosił ~1,5 min. Temperatura w bunkrze terapeutycznym wynosiła ~23°C, a w sterowni 20°C. Napromieniowywanym próbkom zawsze towarzyszyły odpowiednie próbki kontrolne, przebywające (poza samą ekspozycją) w takich samych warunkach. Pomiary DSC wykonano dla roztworów wyjściowych, zaraz po zakończeniu napromieniania, a następnie co tydzień dla próbek przechowywanych w temperaturze około 4°C przez 2-3 tygodnie, w celu obserwacji zmian w czasie.

Bezpośredni wpływ dawki 5Gy dostarczonej przy użyciu fotonów i neutronów jest słabo widoczny na krzywych DSC roztworów surowic. Zmiany uwidaczniają się dopiero podczas procesu starzenia badanych surowic, gdzie zaobserwowano przyspieszony proces starzenia się próbek napromienionych w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Trudności pojawiające się przy próbie porównania efektów takiej samej dawki obydwu rodzajów promieniowania związane są zarówno z odmienną naturą promieniowania X i neutronowego (podstawową wielkością, która je różnicuje jest LET – *Linear Energy Transfer*) jak i czynnikami eksperymentalnymi. Ze względu na około pięciokrotnie mniejszy LET fotonów w porównaniu z neutronami, ich spodziewany wpływ powinien być mniejszy niż neutronów przy tej samej dawce. Biorąc pod uwagę znacząco dłuższy czas ekspozycji roztworów na promieniowanie neutronowe niż w przypadku wykorzystania promieniowania X, niemożliwa jest obserwacja procesów starzenia się roztworów surowic na tym samym etapie.



Kierunek biosyntezy białka jako czynnik ułatwiający wybór jednego stereoizomeru aminokwasów tworzących naturalne cząsteczki białkowe

Iwona R. Mróz

Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Wrocławski

Kierunek biosyntezy białka może wpływać na stabilność i skrętność niewielkich fragmentów cząsteczki białka [1]. Czynnikiem, który prawdopodobnie warunkuje wpływ kierunku biosyntezy na skrętność powstających struktur przestrzennych jest położenie aminokwasów obdarzonych ładunkiem w strukturze łańcucha białkowego [1]. Istotną wydaje się także konformacja łańcucha głównego syntetyzowanego białka, która może nie być losowa [2].

Przyjęcie założenia, że konformacja syntetyzowanej molekuly białkowej jest, przynajmniej w pewnym stopniu, określona prowadzi do wniosku, że kierunek syntezy cząsteczki od N-końca, zgodny z kierunkiem naturalnej biosyntezy, może w większym stopniu sprzyjać dołączaniu do łańcucha jednego stereoizomeru aminokwasów niż kierunek syntezy od C-końca [3].

[1] I. Mróz, Z. Latajka, J. theor. Biol. **189**, 151 (1997).

[2] V.I. Lim, A.S. Spirin, J. Mol. Biol. **188**, 565 (1986).

[3] I. Mróz, w: Current Topics in Quantum Biology, (red. K. Michalak, H. Nawrocka-Bogusz), s. 95-103 (2014).

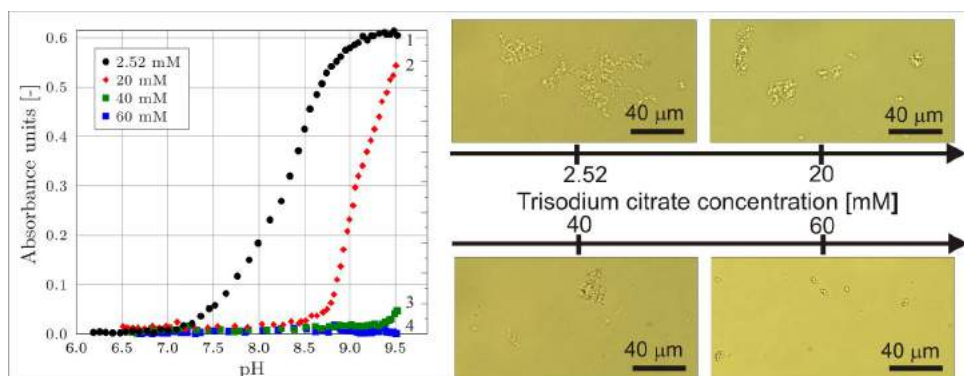
Cytrynian trisodowy przeciw infekcyjnym kamieniom moczowym i mechanizm jego działania

Jolanta Prywer

*Instytut Fizyki, Politechnika Łódzka,
ul. Wólczańska 219, 90-924 Łódź*

Kamienie infekcyjne stanowią do 30% wszystkich kamieni moczowych. Powstają one w wyniku zakażenia dróg moczowych drobnoustrojami, które produkują ureazę. Ureaza to enzym, który ma główny udział w procesie krystalizacji komponentów infekcyjnych kamieni moczowych. Ureaza rozkłada moczyn, fizjologicznie obecny w moczu, do końcowych produktów: ditlenku węgla, CO_2 , i amoniaku, NH_3 . Kaskada dalszych reakcji powoduje wzrost pH moczu i przesylenie moczu odpowiednimi jonami, które łącząc się z sobą tworzą dwa główne komponenty infekcyjnych kamieni moczowych: struwit i węglan apatytu. Komponenty te następnie agregują z sobą i z drobnoustrojami tworząc tzw. infekcyjny kamień moczowy.

Przedmiotem prezentowanej pracy są wyniki badań [1] pozwalające stwierdzić, że cytrynian trisodowy, który występuje fizjologicznie w moczu zdrowego człowieka powoduje opóźnienie procesów powstawania węglanu apatytu w sztucznym moczu. Dodatkowo, ilość powstającego węglanu apatytu w miarę rosnącego stężenia cytrynianu trisodowego ulega zmniejszeniu. Dla stężenia równego 60 mM powstawanie węglanu apatytu jest całkowicie zahamowane w sztucznym moczu. Mechanizm opóźniania procesów krystalizacyjnych jest związany z tworzeniem się kompleksów chemicznych pomiędzy cząsteczkami cytrynianu i wolnymi jonami wapnia. Tworzenie się tych kompleksów prowadzi do redukcji ilości wolnych jonów wapnia, które potencjalnie mogłyby uczestniczyć w procesie tworzenia się węglanu apatytu. Ponadto potwierdzono, że cytrynian trisodowy hamuje również powstawanie struwitu [2]. Mechanizm tego hamowania związany jest z tworzeniem się chemicznych kompleksów pomiędzy cytrynianem a jonami magnezu, co uniemożliwia krystalizację struwitu.



Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji Nr DEC-2013/11/B/ST3/03871.

[1] J. Prywer, M. Olszynski, E. Mielniczek-Brzóska, J. Solid State Chem. **231**, 80 (2015).

[2] J. Prywer, E. Mielniczek-Brzóska, M. Olszynski, J. Crystal Growth **418**, **92** (2015).

Algorytmy redukcji artefaktów ruchowych w obrazowaniu naczyń krwionośnych z wykorzystaniem tomografii optycznej OCT

E. Pijewska, M. Szkulmowski

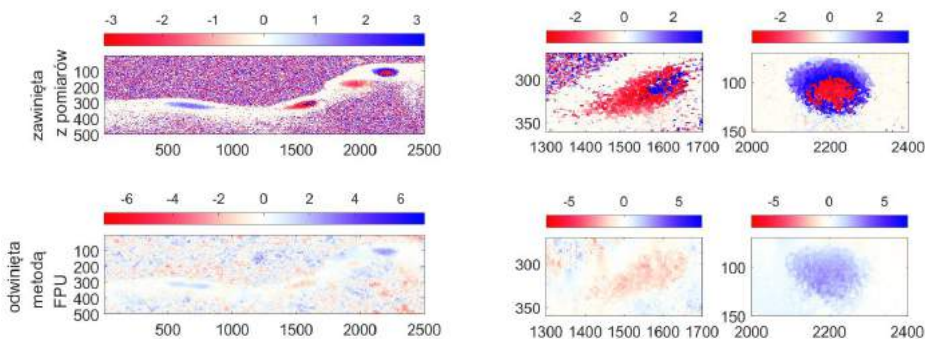
Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń

Tomografia optyczna OCT (ang. Optical Coherence Tomography) jest techniką nieinwazyjnego obrazowania żywych komórek i tkanek. Dopplerowskie OCT pozwala uzyskać informację o przepływie krwi w żywych tkankach, korzystając z różnicy faz sygnałów pochodzących z przekrojów wykonanych w tym samym miejscu obiektu, w danych odstępach czasu. Jednym z ograniczeń metody jest nieoznaczoność różnicy fazy, ograniczonej do zakresu 2π , co powoduje „zawinięcie” mierzonej różnicy faz dla prędkości przekraczającej graniczną wartość.

W niniejszej pracy zaprezentowano metody analizy danych OCT, które umożliwiają redukcję tego typu artefaktów w obrazowaniu naczyń krwionośnych oka ludzkiego. W ramach projektu zaimplementowano szereg algorytmów, m.in. standardowe metody jednowymiarowe, Itoha [1] oraz FPU [2] (wykorzystujący zależność operatorów Laplace’a od transformaty Fouriera). Standardowe metody jednowymiarowe zadziałały poprawnie na zasymulowanych danych, jednak okazały się niewystarczające do poprawnego wyznaczenia różnic faz sygnałów z OCT.

FPU jest algorytmem dwuwymiarowym, łatwym w implementacji, a jednocześnie dobrze sprawdza się w usuwaniu artefaktów występujących na mapach przepływowych wykonanych metodą dopplerowskiego OCT (przykładowy rezultat został przedstawiony na Rys. 1). Dzięki swoim zaletom wydaje się być konkurencyjny do obecnie wykorzystywanych, skomplikowanych rozwiązań. Odpowiednio zmodyfikowany, może zyskać zastosowanie w diagnostyce naczyń krwionośnych oka.

Badania realizowane w ramach programu TEAM TECH Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (grant TEAM TECH/2016-2/13).



Rysunek 1. Tomogram dopplerowski OCT z siatkówki oka ludzkiego. (górny rząd) tomogramy dopplerowskie przed korektą fazy, widoczne skoki sygnału 2π . (dolny rząd) tomogramy dopplerowskie po zastosowaniu algorytmu FPU. Skoki fazy zostały usunięte i zgodnie z oczekiwaniami, otrzymano ciągły obraz prędkości przepływu wewnątrz naczynia krwionośnego

[1] G. Domínguez-Guzmán, J. Castillo-Mixcóatl, G. Beltrán-Pérez, S. Muñoz-Aguirre, Seventh Symp. Opt. Ind. 7, 7499, (2009).

[2] M. a Schofield, Y. Zhu, Opt. Lett. 14, 28, (2003).

Detekcja danych OCT za pomocą dwuwymiarowego spektrometru

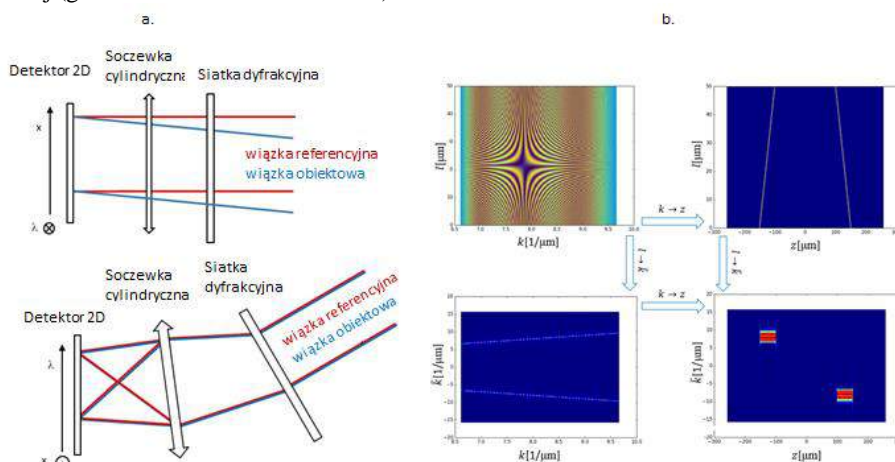
Krystian Wróbel, Szymon Tamborski, Maciej Szkulmowski

Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń

Detekcja danych z tomografii optycznej OCT (ang. Optical Coherence Tomography) z wykorzystaniem spektrometru rejestrującego widmowe prążki interferencyjne jednocześnie w przestrzeni liczb falowych oraz różnicy dróg optycznych jest stosunkowo nowym pomysłem. Istotą koncepcji jest to, że wiązka światła powracającego z obiektu interferuje z wiązką światła powracającego z ramienia referencyjnego w taki sposób, że na każdym wierszu detektora różnica dróg optycznych pomiędzy nimi jest różna. Otrzymuje się to wprowadzając odpowiednio dobrany kąt pomiędzy wiązkami (Rys. 1(a)). Analiza danych otrzymanych z takiego systemu pozwala na uzyskanie informacji o widmie światła rozproszonego w funkcji głębokości w obiekcie, a co za tym idzie o przestrzennym rozkładzie własności spektroskopowych obiektów. Jedną z podstawowych własności tej konfiguracji jest to, że umożliwia ona pomiar tych własności w niejednorodnych ośrodkach dynamicznych, takich jak krew w naczyniach krwionośnych. Jest to możliwe, gdyż informacja o własnościach spektroskopowych, zawarta jest w przestrzeni odwrotnej do różnicy dróg optycznych, w funkcji której sygnał mierzony jest natychmiastowo, bez opóźnienia w czasie.

Zbudowano układ pomiarowy tomografu OCT z dwuwymiarowym spektrometrem, zaimplementowano system automatycznego ustawiania wiązek obiektowej i referencyjnej względem detektora oraz zaprezentowano procedurę analizy sygnału. Pokazano na gruncie teoretycznym, że sygnał taki niesie informację o właściwościach spektroskopowych warstw badanej struktury. Przewidywania teoretyczne zostały następnie potwierdzone eksperymentalnie.

Badania realizowane w ramach programu TEAM TECH Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (grant TEAM TECH/2016-2/13).



Rysunek 1. a. Dwuwymiarowy spektrometr do zastosowań w OCT. Rzut z góry i z od boku. **b.** Natężeniowe wykresy sygnału rejestrowanego przez spektrometr z a. (panel lewy górny) oraz sygnał na kolejnych etapach przekształceń z użyciem transformacji Fouriera. l – różnica dróg optycznych, k , \tilde{k} – liczba falowa, z – głębokość.

Obrazowanie komórek jajowych ssaków za pomocą tomografii optycznej OCT

Maciej Szkulmowski¹, Anna Ajduk², Karol Karnowski¹, Paweł Wieloch³, Szymon Tamborski¹, Krzysztof Krawiec³

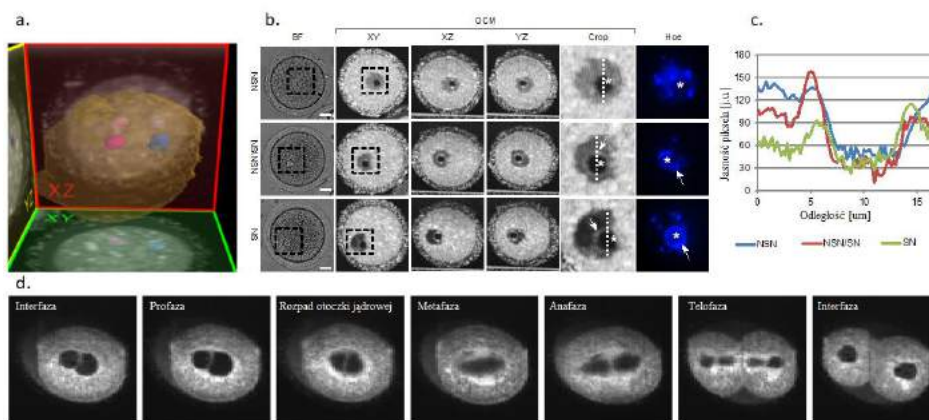
¹Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń

²Zakład Embriologii, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, Miecznikowa 1, 02-096, Warszawa

³Instytut Informatyki, Politechnika Poznańska, Piotrowo 2, 60-965, Poznań

Metody obrazowania żywych komórek wykorzystujące tradycyjne techniki obrazowania, jak mikroskopia fluorescencyjna lub mikroskopia konfokalna, dostarczają ogromne ilości informacji, które pozwalają na coraz lepsze rozumienie procesów biologicznych zachodzących w pojedynczych komórkach. Metody te mają jednak ograniczenia związane z koniecznością stosowania barwników fluorescencyjnych oraz faktem, że uzyskiwane obrazy są dwuwymiarowe, co uniemożliwia jednocześnie szybką i nieinwazyjną obserwację struktur komórkowych w trzech wymiarach przestrzennych.

Zaprezentowany układ obrazujący [1] oparty o mikroskopową tomografię optyczną OCM (ang. Optical Coherence Microscopy) umożliwia ominięcie tych problemów. Pozwala on na uzyskanie trójwymiarowych obrazów pojedynczych komórek jajowych i zarodków ssaków z mikrometrową rozdzielczością przestrzenną na różnych etapach rozwoju (Rys. 1). Układ umożliwia również pozyskiwanie wielogodzinnych sekwencji trójwymiarowych obrazów komórek, co pozwala na obrazowanie procesów dynamicznych zachodzących w komórkach np. w trakcie podziału komórkowego. Wysoka czułość układu i idący za tym wysoki stosunek sygnału do szumu pozwalają na ilościowe pomiary struktur komórkowych (np. trajektorii przedjądźry i jąder komórkowych lub stopień kondensacji chromatyiny w jądrze komórkowym).



Rysunek 1. Trójwymiarowe obrazowanie komórek jajowych myszy. **a.** Trójwymiarowy rendering zygoty myszy. Widoczne dwa przedjądźra. **b.** Partenogenetyczna komórka jajowa na różnych stadiach rozwoju. Różny stopień kondensacji chromatyiny widoczny jako różnice natężenia sygnału z wnętrza jądra i porównanie z obrazem fluorescencyjnym (Crop – Hoe). **c.** Natężenie sygnału wzdłuż przerywanej linii z obrazu **b.** **d.** Kolejne stadia w trakcie pierwszego podziału komórkowego.

[1] K. Karnowski, A. Ajduk, B. Wieloch, S. Tamborski, K. Krawiec, M. Wojtkowski, M. Szkulmowski, *Sci. Rep.* **7**, 4165 (2017).

Układ do badań psychofizycznych widzenia dwufotonowego

Agnieszka Zielińska^{1,2}, Katarzyna Komar^{1,2}, Maciej Wojtkowski^{1,2,3}, Maciej Szkulmowski¹

¹Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń

²Bałtycki Instytut Technologiczny, ul. Zwycięstwa 96/98, 81-451 Gdynia

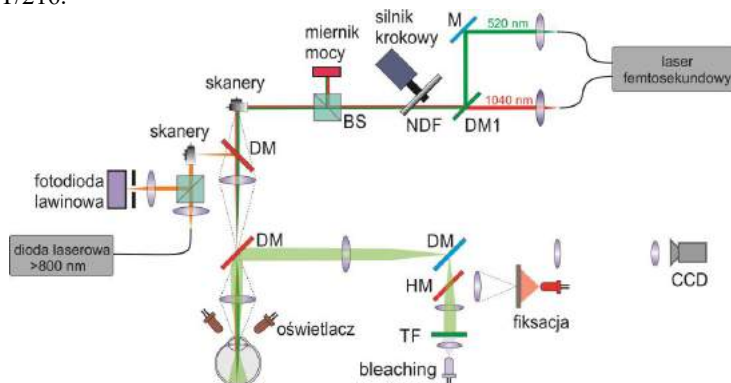
³Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk, ul. Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa

Proces widzenia u człowieka zaczyna się od absorpcji światła w fotoreceptorach położonych w wewnętrznych warstwach siatkówki oka. Zakres długości fal promieniowania widzialnego określa się na 400-720 nm. W Zespole Optycznego Obrazowania Biomedycznego UMK zaobserwowano, że impulsowe wiązki światła laserowego z zakresu bliskiej podczerwieni (900-1200 nm) mogą być również postrzegane przez oko ludzkie w kolorach odpowiadających w przybliżeniu połowie długości fali podczerwonej. Dalsze badania tego zjawiska pozwoliły postawić tezę, że zachodzi ono dzięki dwufotonowej absorpcji w fotoreceptorach [1]. Celem badań prowadzonych obecnie jest scharakteryzowanie zjawiska widzenia dwufotonowego oraz określenie czym różni się ono od typowego, opartego na absorpcji jednofotonowej.

W niniejszym zgłoszeniu przedstawiony zostanie dedykowany układ laboratoryjny (Rys. 1) wykorzystywany do przeprowadzania badań psychofizycznych (ostrości widzenia, progów czułości, adaptacji do ciemności) dla widzenia dwufotonowego oraz normalnego. W badaniach tych oko ludzkie pobudzane jest skanującą wiązką laserową widzialną (520 nm) lub podczerwoną (1040 nm). Pozycja źrenicy i jej rozmiar kontrolowane są za pomocą kamery CCD, a położenie pobudzanego obszaru siatkówki monitorowane za pomocą skaningowego oftalmoskopu laserowego, który stanowi jeden z modułów funkcjonalnych układu.

Poprzez generowanie odpowiednich sygnałów sterujących na skanery kontrolujące pozycję wiązki pobudzającej na oku, układ może pobudzać siatkówkę w różnych miejscach (do ok. 15° stopni od plamki żółtej) oraz różnymi optotypami, w zależności od wybranego typu badania. Do badań ostrości widzenia stosowana jest litera E o przypadkowej orientacji, a progi czułości badane są za pomocą okręgów o różnych średnicach. Zakres badanej czułości na bodziec podczerwony to 0-33 dB, a na bodziec widzialny: 0-31 dB.

Przedstawione badania zostały sfinansowane z grantów: NCN 2016/23/B/ST2/00752 oraz 3/DOT/216.



Rysunek 1. Układ laboratoryjny do przeprowadzania badań psychofizycznych.

[1] G. Palczewska, F. Vinberg, P. Stremplewski, M. P. Bircher, D. Salom, K. Komar, J. Zhang, M. Cascella, M. Wojtkowski, V. J. Kefalov, and K. Palczewski, PNAS 111, E5445-5454 (2014)

Dawka lokalna i jej rola w biologicznej odpowiedzi linii komórkowych ssaków *in vitro*

Urszula Kaźmierczak^{1,2}, Dariusz Banaś^{3,4}, Janusz Braziewicz^{3,4},
Joanna Czub³, Marian Jaskóła⁵, Andrzej Korman⁵, Marcin Kruszewski^{6,7},
Anna Lankoff^{6,8}, Halina Lisowska⁸, Aneta Malinowska⁵,
Tomasz Sępkowski⁶, Zygmunt Szepliński¹, Maria Wojewódzka⁶

¹ Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

² Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

³ Instytut Fizyki, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce

⁴ Świętokrzyskie Centrum Onkologii, Kielce

⁵ Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Otwock

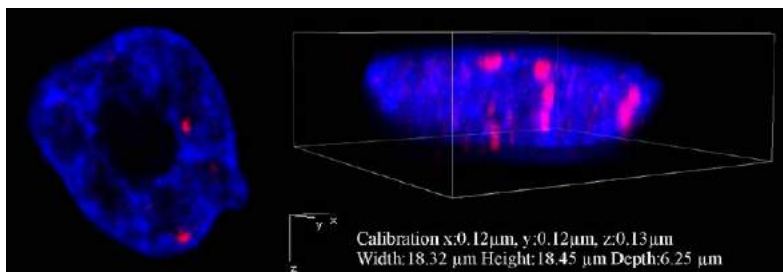
⁶ Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

⁷ Instytut Medycyny Wsi, Lublin

⁸ Instytut Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce

Niniejsze badania poświęcono analizie dwóch zagadnień: dawki lokalnej wiązki jonów węgla, uzyskiwanej podczas badań radiobiologicznych prowadzonych w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego oraz jej roli w biologicznej odpowiedzi komórek ssaków *in vitro*.

W celu sprawdzenia jednorodności napromieniania próbek biologicznych oraz analizy deponowanej dawki lokalnej, przeprowadzono badania z wykorzystaniem metod fizycznych, w tym dielektrycznych detektorów śladowych typu PM-355, jak również biologicznego testu γ -H2AX, umożliwiającego wizualizację dwuniciowych pęknięć DNA za pośrednictwem ognisk naprawczych, powstałych w jądrze komórkowym po napromienieniu komórki. Przykładowe zdjęcie ognisk naprawczych obserwowanych w teście γ -H2AX przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Obserwowane w teście γ -H2AX jądro komórki CHO-K1, które uwidoczniło zarówno w rzucie z góry jak i w przekroju poprzecznym. Komórkę napromieniono jonami węgla o energii 70 MeV. Po prawej stronie rysunku widać układ ognisk rozciągających się w głąb jądra komórkowego, odzwierciedlający trajektorie trzech oddziałujących jonów węgla.

W niniejszych badaniach analizowano również popromienny efekt sąsiedztwa (ang. bystander effect) w komórkach CHO-K1. W tym celu zbadano odpowiedź biologiczną nienapromienionych komórek, które były hodowane z komórkami napromienionymi wiązką jonów ^{12}C lub promieniowaniem X. Do analizy wykorzystano dwa komplementarne testy radiobiologiczne: test mikrojądrowy oraz test klonogeny. Uzyskane wyniki wykazały brak efektu sąsiedztwa w badanym układzie eksperymentalnym.

Polaryzacja ^3He i jej zastosowanie do obrazowania medycznego.

Bartosz Głowacz¹, Tadeusz Pałasz¹, Mateusz Suchanek², Zbigniew Olejniczak^{1,3},
Guilhem Colier⁴, Tomasz Dohnalik¹

¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Kraków

² Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja, Zakład Fizyki, Kraków

³ Polska Akademia Nauk, Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków

⁴ Faculty of Medicine, Dentistry & Health University of Sheffield, United Kingdom

Prowadzone przez nas badania nad metodą optycznej polaryzacji ^3He w silnych polach magnetycznych wykazały możliwość uzyskania wysokiej wartości polaryzacji jądrowej techniką Metastability Exchange Optical Pumping (MEOP) dla ciśnień gazu rzędu 100 mbar. W oparciu o uzyskane wyniki zbudowaliśmy polaryzator ^3He , pracujący w polu magnetycznym 1.5 T szpitalnego tomografu MRI. Otrzymany, wysoko spolaryzowany ^3He posłużył do pierwszego w Polsce obrazowania płuc ludzkich in vivo metodą magnetycznego rezonansu. Obecnie prowadzone są prace nad optymalizacją parametrów obrazowania z użyciem spolaryzowanego ^3He jak i pogłębieniem diagnostyki płuc tą metodą o informację ilościową z użyciem tzw. wentylatora, tj. urządzenia do precyzyjnej kontroli i pomiaru parametrów procesu oddychania pacjenta.

[1] M. Abboud et al., Europhysics Letters **68** (4), 480 (2004).

[2] A. Nikiel et al., The European Physical Journal - Special Topics **144**, 255 (2007).

[3] A. Nikiel-Osuchowska, et al., The European Physical Journal D **67** (9), 1 (2013).

[4] T. Dohnalik et al. The European Physical Journal – Applied Physics **54** (2), 20802 (2011).

[5] G. Collier et al., Journal of Applied Physics **113** (20), 204905 (2013).

[6] G. Collier, PhD thesis, Krakow (2011).



Hiperpolaryzacja ^{129}Xe metodą SEOP dla obrazowania płuc magnetycznym rezonansem.

**Tadeusz Pałasz¹, Lutosława Mikowska¹, Bartosz Głowacz¹, Zbigniew Olejniczak^{1,3},
Mateusz Suchanek², Tomasz Dohnalik¹**

¹ *Uniwersytet Jagielloński, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Kraków*

² *Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja, Zakład Fizyki, Kraków*

³ *Polska Akademia Nauk, Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków*

Obrazowanie płuc metodą magnetycznego rezonansu z użyciem spolaryzowanych optycznie gazów szlachetnych ^3He lub ^{129}Xe jest bardzo obiecującą metodą dokładnej diagnostyki układu oddechowego. Dotychczas używaliśmy do tego celu spolaryzowanego ^3He . Ze względu na panujące w ostatnich latach trudności w zakupie tego izotopu helu, zbudowaliśmy polaryzator ^{129}Xe , działający w oparciu o metodę Spin Exchange Optical Pumping (SEOP). W prezentacji przedstawiono szczegóły konstrukcji polaryzatora, jego parametrów pracy i uzyskanych wyników w odniesieniu do wartości polaryzacji i objętości spolaryzowanego ^{129}Xe . Zaprezentowano także pierwsze uzyskane obrazy MRI fantomu (strzykawka wypełniona spolaryzowanym ^{129}Xe).

Grafenowe kropki kwantowe jako biosensory

**Przemysław Siejak¹, Mikołaj Kościński^{1,2}, Dorota Flak², Kosma Szutkowski^{2,3},
Krzysztof Polewski¹**

¹ *Katedra Fizyki i Biofizyki, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań*

² *Centrum NanoBioMedyczne UAM, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań*

³ *Zakład Fizyki Makromolekularnej, Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań*

Dowodzono, że nieorganiczne nanocząstki i kropki kwantowe mogą zostać z powodzeniem wykorzystane do identyfikacji i oznaczania stężenia wielu potencjalnie rakotwórczych substancji, zarówno w środowisku naturalnym, jak i w układach biologicznych, w przemyśle kosmetycznym, a także w produkcji i kontroli żywności [1,2]. Jednym z potencjalnie niebezpiecznych czynników występującym m.in. w żywności jest akrylamid. Powstaje on głównie w procesie termicznego przetwarzania produktów zawierających skrobię. Ponadto występuje również w kawie, dymie papierosowym, itp. [3]. Obecnie poszukuje się układów organicznych, w tym opartych na grafenowych kropkach kwantowych, umożliwiających skonstruowanie biosensorów o wysokiej czułości [4].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań wpływu obecności cząstek akrylamidu w postaci monomerycznej na właściwości spektralne nowosyntetyzowanych grafenowych kropek kwantowych sfunkcjonalizowanych grupami karboksylowymi (-COOH) w układach wodnych. Wpływ ten oceniono w oparciu o metody spektroskopowe (spektroskopię absorpcyjną i fluorescencyjną) oraz rejestrację czasów zaniku emisji fluorescencji. Możliwość bezpośredniego wiązania cząstek akrylamidu z grupami karboksylowymi oceniono w oparciu o badanie molekularnej dyfuzji grafenowych kropek kwantowych i ich układów z akrylamidem w środowiskach wodnych, metodami spektroskopii MRJ.

Na podstawie uzyskanych wyników, ustalono iż niemożliwe jest spontaniczne wiązanie akrylamidu do grup funkcyjnych kropek kwantowych, jednak jego obecność prowadzi do wygaszania fluorescencji kropek, a także do modyfikacji czasów zaniku emisji fluorescencji. Charakter obserwowanych zmian prowadzi do wniosku, iż efekty te są najprawdopodobniej związane z dynamicznym wygaszaniem fluorescencji, a wygaszczaczem są cząstki akrylamidu.

Przedstawione wyniki badań są kolejnym krokiem mającym na celu stworzenie prostych i efektywnych sensorów obecności akrylamidu, zarówno w środowisku wodnym, jak i w żywności.

[1] J. Gonzalez-Salamo, B. Socas-Rodriguez, J. Hernandez-Borges, M.A. Rodriguez-Delgado, *Trends in Analytical Chemistry* 85, 203 (2016).

[2] Q. Hu, X. Xu, Z. Li, Y. Zhang, J. Wang, Y. Fu, Y. Li, *Biosensors and Bioelectronics* 54, 64 (2016).

[3] Q. Hu, X. Xu, Y. Fu, Y. Li, *Food Control* 56, 135 (2015)

[4] W. Na, Q. Liu, B. Sui, T. Hu, X. Su, *Talanta* 161, 469 (2016)

Zastosowanie profilometru optycznego do badań biofizycznych

Marcin Drabik¹, Michał Arabski², Kazimierz Dworecki¹, Jacek Semaniak¹,
Sławomir Wąsik¹, Jerzy Żuk³

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

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

³ Instytut Fizyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie,
Plac Marii Skłodowskiej-Curie 1, 20-031 Lublin

Pofilometria optyczna (interferometria w paśmie światła widzialnego) jest techniką bezkontaktową. Służy m. in. do oceny chropowatości powierzchni, oraz zmian powierzchniowych będących skutkiem, np. korozji. Za jej pomocą dokonywać można oceny skutków niektórych zabiegów konserwatorskich, np. oczyszczania laserowego. Zaprezentowane badania dotyczą zastosowań profilometrii w badaniach biofizycznych.

Celem badań jest scharakteryzowanie powierzchni membran polimerowych poddanych modyfikacji implantacji jonowej, biofilmów bakteryjnych i okrzemkowych. Do badań użyto profilometr Zeta-20 firmy Zeta Instruments. Zeta-20™ jest w pełni zintegrowanym profilometrem optycznym. Zapewnia zaawansowane funkcje obrazu 3D i metrologiczne. Opatentowana technologia Zeta w Z-Dot umożliwia szybki pomiar powierzchni PSS, ogniw słonecznych, układów „lab on a chip” i innych skomplikowanych układów. Ponieważ jest to technika bezkontaktowa, profilometr Zeta-20 zapewnia niezrównaną wydajność. Technologia obrazowania 3D Zeta (Z-Dot) łączy potężne algorytmy obliczeniowe z innowacyjną optyką, aby zapewnić rewelacyjne rezultaty, nawet na najtrudniejszych powierzchniach. Profilometry optyczne Zeta integrują pięć potężnych technologii metrologicznych w jednym urządzeniu:

- Zdot pozwala na obrazowanie 3D w technice True Color,
- ZIC obrazowanie kontrastu Nomarskiego,
- ZSI interferometr zapewnia krytyczne rozdzielczości (Å) w osi Z,
- ZX5 hybrydowy interferometr optyczny,
- ZFT zintegrowany pomiar grubości warstw (od 30 nm).

Dzięki opatentowanej technologii ZDot™, profilometr optyczny Zeta-20 jest w stanie analizować powierzchnie wszystkich typów: gładkie oraz chropowate, o bardzo niskim i bardzo wysokim współczynniku odbicia, przezroczyste i nieprzezroczyste.

Badania sfinansowano z grantu UJK BS 612414.

Analiza warstw biomolekuł ureaza-IgG metodą TIRE

Kazimierz Dworecki¹, Ewa Tomal², Iwona Konieczna², Marcin Drabik¹,
Sławomir Wąsik¹, Jacek Semaniak¹

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

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

Adsorpcja biomolekuł na powierzchni ciała stałego (np. złota, krzemu) lub na warstwie biomolekuł (np. ureazy) stanowi przedmiot wielu badań w medycynie, biotechnologii i biofizyce. Proces ten ma istotne znaczenie w poznaniu charakteru oddziaływań biomolekuł.

W niniejszej pracy prezentujemy wyniki badań warstw biomolekuł stanowiących efekt oddziaływań syntetycznego peptydu mimetyku konserwatywnego fragmentu ureaz bakteryjnych (SU) z przeciwciałami (PC) (immunoglobuliną G-IgG) otrzymaną z surowicy osób chorych na reumatoidalne zapalenie stawów a także otrzymaną z surowicy dawców krwi [1]. Ureaza jest powszechnym antygenem bakteryjnym. Działanie jej prowadzi do rozkładu mocznika powodując alkalizację kwasowego środowiska organizmu umożliwiając rozwój pewnych bakterii.

Badania warstw biomolekuł SU-PC prowadzono przy zastosowaniu techniki elipsometrii spektroskopowej w połączeniu z powierzchniowym rezonansem plazmonowym jako nieinwazyjnej optycznej metody badań (TIRE) [2,3]. Metoda ta umożliwia wyznaczenie: grubości, współczynnika refrakcji i gęstość powierzchniowej warstwy biomolekuł. Molekuły SU umiejscowione zostały na powierzchni złota o grubości 50nm pokrywającego płytkę ze szkła BK7. Otrzymaną w ten sposób płytkę z warstwą SU umieszczono w celi w której roztwór buforowy PC omywał powierzchnię warstwy molekuł SU z prędkością zapewniającą niezaburzoną immobilizację molekuł PC na warstwie SU. Proces immobilizacja molekuł PC na powierzchni warstwy molekuł SU odbywa się poprzez adsorpcyjne wiązanie tych molekuł. Dyfundujące do warstwy cząsteczki PC wiążą się z cząsteczkami SU stanowiących podłoże adsorpcyjne.

W prowadzonych badaniach mierzone były widma optyczne parametrów Ψ i Δ przy użyciu elipsometru SENTECH SE 800 w zakresie spektralnym 400-820 nm. Porównanie eksperymentalnych widm *psi i delta* z ich widmami teoretycznymi otrzymanymi na podstawie przyjętego modelu optycznego warstwy biomolekuł umożliwia precyzyjne wyznaczenie parametrów warstwy zaadsorbowanych molekuł PC. W prowadzonych badaniach stosowano wodne roztwory buforowe trzech różnych przeciwciał i o różnych stężeniach tj. PC1 - o stężeniach: 0.048 ng/μl i 0.097 ng/μl, PC2 - o stężeniach: 0.05 ng/μl i 0.10 ng/μl oraz PC3 - o stężeniach: 0.041 ng/μl i 0.082 ng/μl.

Analiza otrzymanych wyników badań warstw biomolekuł SU-PC wskazuje na zróżnicowaną siłę wiązania przeciwciał na podłożu syntetycznego peptydu. Praca finansowana z grantu UJK BS 612414.

[1] I. Konieczna, P. Żarnowiec, W. Kaca, Curr. Protein Pept. Sci. **13**, 789 (2012)

[2] H. Arwin, Thin Solid Films, **519**, 2589 (2011)

[3] J. Glenska-Olender, S. Sek, K. Dworecki, W. Kaca, Eur. Biophys. J., **44**, 301 (2015)

CABS-flex standalone application for fast simulations of flexibility of globular proteins

Tymoteusz Oleniecki^{1,3,4}, Maciej Paweł Ciemny^{1,2}, Mateusz Kurciński¹,
Maciej Błaszczyk¹, Andrzej Koliński¹, Sebastian Kmiecik¹

¹Biological and Chemical Research Centre, Faculty of Chemistry, University of Warsaw, Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warsaw, Poland

² Faculty of Physics, University of Warsaw, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Poland

³ College of Inter-Faculty Individual Studies in Mathematics and Natural Sciences, University of Warsaw, Banacha 2C, 02-097 Warszawa, Poland

⁴ Mossakowski Medical Research Centre Polish Academy of Sciences, Pawińskiego 5, 02-106 Warszawa, Poland

The conformational flexibility of protein structures is crucial for their functions. Simulations of protein flexibility remain computationally costly or intractable for most of protein systems using classical modeling tools. Here we present a new standalone version of our method – CABS-flex[1,2] method, so far available as a web server[1]. The method combines a highly efficient, coarse-grained approach with all-atom modeling methods. The CABS-flex predictions reflect the flexibility of an investigated protein and provide a picture complementary to the results obtained from molecular dynamics simulations[3] as well as NMR conformational ensembles[2]. The CABS-flex method was also successfully used for efficient simulations of protein flexibility in predictions of protein-peptide complexes[4,5] and protein aggregation properties[6]. The standalone CABS-flex application allows for customization of the simulation parameters, handling large-sized systems and provides a flexible framework for result analysis.

The standalone CABS-flex version is freely available at <http://biocomp.chem.uw.edu.pl/CABSflexApp/> and server version at <http://biocomp.chem.uw.edu.pl/CABSflex/>.

T. Oleniecki acknowledges financial support by the Faculty of Physics, University of Warsaw (BST-176600/BF).

[1] M. Jamroz, A. Kolinski, S. Kmiecik, *Nucleic Acids Res* **41**, W427-431 (2013).

[2] M. Jamroz, A. Kolinski, S. Kmiecik, *Bioinformatics* **30**, 2150-2154 (2014).

[3] M. Jamroz, M. Orozco, A. Kolinski, S. Kmiecik, *J Chem Theory Comput* **9**, 119-125 (2013).

[4] M.P. Ciemny, *et al.*, *Sci Rep* **6**, 37532 (2016).

[5] M.P. Ciemny, M. Kurcinski, K. Kozak, A. Koliński, S. Kmiecik, *Methods in Molecular Biology* Vol. 1561, 69-94 (2017).

[6] R. Zambrano, *et al.* *Nucleic Acids Res* **43**, W306-313 (2015).

CABS-dock standalone application for protein-peptide docking with large-scale flexibility of the protein receptor

Maciej Paweł Ciemny^{1,2}, Tymoteusz Oleniecki^{1,3,4}, Mateusz Kurciński¹, Maciej Błaszczyk¹, Paulina H. Marek^{1,5}, Andrzej Koliński¹, Sebastian Kmiecik¹

¹ Biological and Chemical Research Centre, Faculty of Chemistry, University of Warsaw, Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warsaw, Poland

² Faculty of Physics, University of Warsaw, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa, Poland

³ College of Inter-Faculty Individual Studies in Mathematics and Natural Sciences, University of Warsaw, Banacha 2C, 02-097 Warszawa, Poland

⁴ Mossakowski Medical Research Centre Polish Academy of Sciences, Pawińskiego 5, 02-106 Warszawa, Poland

⁵ Faculty of Chemistry, Warsaw University of Technology, Noakowskiego 3, 00-664 Warsaw, Poland

Protein-peptide interactions may involve large-scale conformational changes of a target protein which are challenging to study both experimentally or computationally[1]. Here we present a new standalone application based on CABS coarse-grained protein model for flexible protein-peptide docking – the CABS-dock[2-4], so far available as a web server[4]. The method performs a blind global search for a binding site combined with an on-the-fly folding of a fully flexible peptide, while the target protein backbone fluctuates around its input conformation (in the default mode). Additionally, users can extend the degree of conformational flexibility of a protein receptor (for chosen regions) and enable large-scale conformational changes. That was the case of the modeling of the MDM2/p53 complex, modeled using CABS-dock with full flexibility of the intrinsically disordered regions of significant length[1]. The obtained CABS-dock results for MDM2/p53 system matched well the experimental data and provided new insights into the possible role of unstructured receptor regions. The standalone CABS-dock application allows for customization of the simulation parameters, providing constraints for user selected protein-peptide contacts, handling large-sized systems and provides a flexible framework for result analysis. CABS-dock is available as a standalone application at <http://biocomp.chem.uw.edu.pl/CABSdockApp/> and as a web server at: <http://biocomp.chem.uw.edu.pl/CABSdock>.

Acknowledgements: MP Ciemny acknowledges financial support by Faculty of Physics, University of Warsaw (BST-176600/BF).

[1] M.P. Ciemny, A. Debinski, M. Paczkowska, A. Kolinski, M. Kurcinski, S. Kmiecik., *Sci Rep* **6**, 37532 (2016).

[2] M. Ciemny, M. Kurcinski, K. Kozak, A. Koliński, S. Kmiecik, *Methods in Mol Biol*; pp 69-94 (2017).

[3] M. Błaszczyk, M. Kurcinski, M. Kouza, L. Wieteska, A. Debinski, A. Kolinski, S. Kmiecik, *Methods*, **93**, 72-83 (2016)

[4] M. Kurcinski, M. Jamroz, M. Błaszczyk, A. Kolinski, S. Kmiecik, *NAR* **43**, W419-24 (2015).



Modelowanie odpowiedzi komórek na niskie dawki promieniowania jonizującego

J. Reszczyńska¹, L. Dobrzyński¹, K. Fornalski²

¹*Narodowe Centrum Badań Jądrowych, 05-400 Otwock, Polska*

²*PGE EJI, Warszawa, Polska*

Wrażliwość komórek na promieniowanie zależy od wielu indywidualnych czynników, niemniej jednak każdy organizm wykazuje podobny schemat odpowiedzi komórkowej. Promieniowanie jonizujące powoduje pęknięcia nici DNA, które w konsekwencji mogą prowadzić do śmierci komórki bądź utrwalania mutacji oraz transformacji komórki w komórkę nowotworową. Liczba uszkodzeń materiału genetycznego jest ściśle związana jest z dawką promieniowania deponowaną organizmie. Proces tworzenia komórek nowotworowych w czasie można opisać na wiele różnych sposobów. Jeden z nich wywodzi się z teorii zarodkowania i wzrostu, wprowadzając formę funkcji sigmoidalnej. W celu sformułowania ogólnego modelu transformacji napromieniowanych komórek, przedstawione zostały najważniejsze procesy oraz mechanizmy biologiczne, wpływające na odpowiedź na niskie dawki promieniowania, powstawanie aberracji chromosomowych, działanie naturalnych mechanizmów naprawczych oraz odpowiedź adaptacyjną, uwzględniając zarówno wielkość dawki oraz czas.

Modelowanie molekularne elementów struktury homotrimerycznej białka MMP-9

Łukasz Charzewski, Krystiana A. Krzyśko

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. L. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

Metaloproteinaza macierzy zewnątrzkomórkowej 9 (MMP-9) jest złożonym strukturalnie, wielodomenowym białkiem o właściwościach endoproteolitycznych zaliczanym do grupy żelatynaz. Aktywność enzymatyczna MMP-9 związana jest z licznymi procesami fizjologicznymi (jak np. uczenie się i zapamiętywanie informacji) oraz patologicznymi (np. ekscytotoksyczną śmiercią komórki nerwowej). Jest zbudowana ze wszystkich domen występujących w rodzinie MMP z wyjątkiem tych, które odpowiadają za kotwiczenie w błonie komórkowej i występują tylko w grupie metaloproteinaz błonowych. Charakterystycznym elementem wyróżniającym MMP-9 na tle homologów jest obecność długiego, 68-aminokwasowego, łącznika pomiędzy domenami katalityczną i hemopeksynową. Fragment ten, nazywany często domeną OG, pozostaje nieustrukturyzowany i pomimo silnej O-glikozylacji łańcuchów bocznych zapewnia znaczącą możliwość wzajemnego ruchu domen. Dodatkową elastyczność struktury zapewnia obecna jedynie w żelatynazach domena fibronektynowa. W związku z tak dużą swobodą konformacyjną struktura pełnej MMP-9 nie została rozwiązana metodami krystalograficznymi.

MMP-9 może być wydzielana z komórki w kilku różnych formach: monomerycznej, multimerycznej lub w postaci kompleksu z białkiem NGAL. Dwie ostatnie formy związane są z wytworzeniem międzycząsteczkowe mostka dwusiarczkowego. W 2015 r. Vandooren i wsp. [1] scharakteryzowali nieaktywowane formy multimeryczne MMP-9 jako homotrimery tworzące ściśle upakowany sześciokątny kształt z zagłębieniem pośrodku. Co ciekawe w populacji homotrimerów MMP-9 zaobserwowano dwie podgrupy różniące się rozmiarami. Dokładniejszej analizie poddany jest kompleks o mniejszych wymiarach. Kompleks ten stabilizowany jest przede wszystkim przez mostek dwusiarczkowy między Cys468 położoną w połowie długości domeny OG i Cys674 znajdującą się w strukturze domeny hemopeksynowej. Kształt oraz wymiary kompleksu wskazują na zaangażowanie domeny hemopeksynowej w utworzenie kontaktów z domeną katalityczną jednej podjednostki oraz domeną fibronektynową drugiej podjednostki kompleksu. Co ciekawe struktura homotrimeryczna wykazuje znacznie większą efektywność wiązania swojego podstawowego inhibitora - TIMP-1 - niż formy monomeryczne, co może mieć ważne konsekwencje fizjologiczne.

Podczas 44 ZFP przedstawiamy wyniki poszukiwania potencjalnych miejsc kontaktów pomiędzy domenami MMP-9 umożliwiającymi uformowanie homotrimerów utrzymujących zaobserwowany eksperymentalnie kształt, uzyskane za pomocą metod obliczeniowej biologii strukturalnej.

[1] J. Vandooren, B. Born, I. Solomonov, E. Zajac, R. Saldova, M. Senske, E. Ugarte-Berzal, E. Martens, P.E. Van den Steen, J. Van Damme, A. Garcia-Pardo, M. Froeyen, E. Deryugina, J.P. Quigley, S.K. Moestrup, P.M. Rudd, I. Sagi, G. Opendakker, *Biochem J.* Jan 15;465(2) (2015).

Podziękowania: Praca była finansowana z funduszy BST-176600/BF. Autorzy dziękują prof. B. Lesyngowi z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego za wskazówki dotyczące analizy wyników.

Zastosowanie technik symulacyjnych do modelowania struktur dimeru mitofuzyny 2 i jej patologicznych mutantów

Krystiana A. Krzyśko, Łukasz Charzewski

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. L. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

Mitofuzyna 2 (MFN2) jest białkiem zewnętrznej błony mitochondrialnej kodowanym w genomie jądrowym. Uczestniczy w procesach fuzji mitochondriów oraz ich oddziaływaniach z siateczką śródplazmatyczną. Zaburzenie równowagi fuzji i fragmentacji sieci mitochondrialnej zwiększa wrażliwość komórki na stres oksydacyjny. Prawdopodobnie MFN2 bierze też udział w regulacji transkrypcji genów kodujących białka łańcucha oddechowego. Zmiany stężenia MFN2 oraz mutacje modyfikujące sekwencję aminokwasową wykrywa się w niektórych przypadkach neuropatii obwodowej, cukrzycy i chorób serca.

W genie mitofuzyny 2 znanych jest niemal 60 mutacji. Większość z nich to mutacje punktowe zmiany sensu. Jednak znane są także mutacje typu delecja/insercja nukleotydów. Nas zainteresowały mutacje prowadzące do choroby Charcot-Marie-Tooth typu 2A (CMT2A). Najczęściej spotykaną mutacją wśród niespokrewnionych pacjentów z CMT2A jest mutacja 94 kodonu, w wyniku której reszta argininy ulega zamianie na resztę glutaminy lub tryptofanu. Mutacje te u pacjentów dają różne objawy kliniczne - R274W powoduje silniejsze osłabienie organizmu niż R274Q oraz dodatkowo wywołuje łagodne upośledzenie umysłowe [1]. Ta neuropatia obwodowa nie jest w pełni zrozumiała, a mechanizm molekularny pozostaje nieznany, niemniej eksperymenty z komórkami wydzielającymi MFN2 wykazały zwiększoną biogenezę mitochondriów i metabolizm energetyczny [2]. Dlatego zdecydowaliśmy się zbadać wpływ tej mutacji na strukturę białkową, a ponieważ aminokwas 274 zlokalizowany jest w domenie katalitycznej, może mieć wpływ na oddziaływanie z natywnym ligandem. W toku prac zainteresowaliśmy się również innymi mutacjami w okolicy miejsca aktywnego.

Korzystając z technik modelowania homologicznego na podstawie białka BDLF [3] oraz metod mechaniki i dynamiki molekularnej przygotowaliśmy pełny strukturalny model MFN2. Ponieważ MFN2 występuje powszechnie w postaci dimeru, dlatego przygotowaliśmy modele dimerów osadzonych w warstwie lipidowej. Ponadto tworzenie kompleksu MNF2-GTP wpływa na dimeryzację tego białka, dlatego określiliśmy najbardziej prawdopodobne konformacje GTP w kompleksie z MNF2 przy użyciu dokowania molekularnego. Tak otrzymane dimery kompleksów MNF2-GTP poddano symulacjom metodami dynamiki molekularnej. Podczas 44 ZFP przedstawione zostaną najnowsze wyniki tych badań.

[1] Kotruchow K., Kabzinska D. & Kochanski, A. *Acta Neurobiol. Exp. (Wars.)* **75**, 1-15 (2015).

[2] Kawalec, M., Boratyńska-Jasińska, A., Beręsewicz, M., Dymkowska, D., Zabłocki, K., Zabłocka, B., *PLoS. ONE*. Jul 31; **10** (7) (2015)

[3] Low, H.H. & Lowe, J., *Nature* **444**, 766-769 (2006).

Podziękowania: Praca była częściowo finansowana z funduszy BST-176600/BF i z grantu NCN NN402474640. Autorzy dziękują prof. B. Zabłockiej, M. Beręsewicz i A. Boratyńskiej-Jasińskiej z Instytutu Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. Mossakowskiego PAN za udostępnienie wyników ich badań eksperymentalnych.

Degradacja chlorofilu przez kadm w roślinach szpinaku - badania spektroskopowe

D. Rydziński^{1,2}, A Piotrowicz-Cieślak¹, H. Grajek²

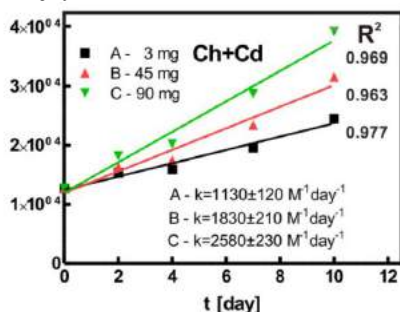
¹Katedra Fizjologii, Genetyki i Biotechnologii Roślin Wydział Biologii i Biotechnologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Michała Oczapowskiego 1A, 10-719 Olsztyn

²Katedra Fizyki i Biofizyki, Wydział Nauki o Żywności Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Oczapowskiego 4, 10-719 Olsztyn

Metale ciężkie, wśród nich kadm, są jednymi z częściej występujących zanieczyszczeń gleby. Pochodzą ze źródeł naturalnych, a także są uwalniane podczas przemysłowej i rolniczej działalności człowieka. Głównymi źródłami kadmu (Cd) jest stosowanie nawozów fosforowych oraz osadów ściekowych do nawożenia pól uprawnych. Niektóre nawozy fosforowe mogą zawierać do 300 mg Cd×kg⁻¹. Kadm może być pobierany z gleby przez rośliny. Wykazuje silną fitotoksyczność oraz jest potencjalnym zagrożeniem dla życia i zdrowia człowieka [1]. W Polsce najwyższe odnotowane stężenie Cd wynosiło 90,87 mg×kg⁻¹ gleby [2]. Celem pracy było zbadanie wpływu Cd na chlorofil (Chl) występujący w szpinaku oraz określenie mechanizmu jego degradacji.

Badano Chl ekstrahowany z liści szpinaku (*Spinacia oleracea* L.) odmiany Matador (badania *in vivo*). Dwudziestodniowe rośliny podlano roztworami zawierającymi kadm w dawkach: 3, 45 i 90 mg Cd × kg⁻¹ gleby. Chlorofil ekstrahowano z 300 mg liści 5 ml metanolu po 2, 4, 7 i 10 dniach od zastosowania Cd. Widma absorpcji mierzono na spektrofotometrze Cary 5000 UV-Vis-NIR (Varian), zaś widma fluorescencji używając Cary Eclipse Fluorescence Spectrophotometer (Varian). Badania przeprowadzono również *in vitro* – na czystym Chl a z firmy Sigma-Aldrich.

Pomiary absorpcji chlorofilu z liści szpinaku wykazały spadek zawartości chlorofilu w funkcji czasu oraz stężenia Cd w glebie. Stężenie chlorofilu po 10 dniach obniżyło się w roślinach o 50%, 60% i 68%, odpowiednio dla następujących dawek Cd: 3, 45 i 90 mg×kg⁻¹ gleby. Nastąpił spadek natężenia fluorescencji oraz przesunięcie maksimum widma fluorescencji o 5 nm: od 679 nm (dla chlorofilu z roślin kontrolnych) do 674 nm (dla dawki 90 mg×kg⁻¹ gleby). Zbadano również kinetykę reakcji degradacji Chl (Rys). Otrzymano stałe *k* szybkości degradacji Chl: *k*=1130 M⁻¹day⁻¹, *k*=1830 M⁻¹day⁻¹ i *k*=2580 M⁻¹day⁻¹ dla kolejnych dawek Cd.



Badania *in vitro* potwierdziły, że Cd wbudowuje się w cząsteczkę Chl w miejsce Mg. Kompleks kadmu z chlorofilem uwidacznia się poprzez powstawanie nowego pasma w widmach absorpcji (λ_{\max} = 656 nm) i fluorescencji (λ_{\max} = 668 nm).

Ponadto określono zawartość Cd w liściach, która po 10 dniach wzrostu szpinaku na glebie z najwyższą dawką wynosiła 12.28 mg×g⁻¹.

[1] A. Peña-Fernández i in. *Environ. Int.* **72**, 176 (2014).

[2] H. Terelak i in. *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski w 2005-2007*. Biblioteka monitoringu środowiska, ISBN 978-83-7217-319-5. (2008).



Information transfer by quantum dragons in brain microtubules?

Mariusz A. Pietruszka

University of Silesia, Faculty of Biology and Environment Protection, Katowice, Poland

The development of quantum annealing machines, also known as adiabatic quantum computers, with about 50 qubits would be a disruptive technology. Nowadays, Canadian D-Wave produces a quantum annealing machine with > 2000 qubits, where a qubit – by definition – is a quantum superposition of the 0 and 1 bit. In this perspective, usual questions addressed [1] include whether such technologies: Are adiabatic?, Are quantum? or even – Are a computer? However, similar questions can be posed concerning the function of our brain in the system of microtubules (MTs). Such nanodevices, like tubulin dimmer chains in MTs, have a quasi one-dimensional structure, as a long serpentine creatures of mythology and folklore – dragons. If a quantum dragon (QD) is present [2], it cannot be observed by electron transmission since the probability of transmission $T(E) = 1$, for all incoming electrons of energy E . Nonetheless, the problem of information transmission by QDs, in the context of the function of the human nervous system, can still be raised: a single-band tight-binding model for electron transmission by quantum dragons was proposed. The mapping was applied to a chain of tubulin dimmers present in the MTs of the human brain. We advocate that this complete transmission could have been achieved, as being the most efficient, in the course of evolution, even though alternative solutions – producing entangled states at finite temperatures, e.g., [3] – can also be imagined.

[1] M.A. Novotny (2017) “Adiabatic quantum computers in 2017: huge advance or all hype?”. Lecture held on April 6th, Institute of Physics, University of Silesia, Katowice, Poland

[2] M.A. Novotny (2014) Energy-independent total quantum transmission of electrons through nanodevices with correlated disorder. *Physical Review B* **90**, 165103

[3] D. Gruss, K. Velizhanin, M. Zwolak (2016) Landauer’s formula with finite-time relaxation: Kramers’ crossover in electronic transport *Sci. Rep.* **6**, 24514

Gluten: a fluid or a solid? Insights from coarse-grained molecular dynamics simulations

Lukasz Mioduszewski, Marek Cieplak

Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Poland

Gluten can be obtained by gently washing away soluble components from wheat flour (mostly starch and globular proteins). The remaining mass consists mainly of storage proteins (over 75% mass [1]), which do not seem to have one clearly defined tertiary structure [1], and can form covalently and non-covalently joined complexes in size of megadaltons [2]. This mechanochemical network of gluten proteins is responsible for viscoelastic properties of wheat dough, despite being less than 20% mass of that dough [3]. These properties imply both solid-like behavior (elastic response to deformation) and liquid-like viscous drag from irreversible deformations. These properties can be characterized by dynamic Young modulus $G^* = G' + G''$, which describes response to small-amplitude oscillating deformation: G' for the in-phase (elastic) part and G'' for the out-of-phase (viscous) part. The main goal of this poster is to present a model that can recreate this elastic response of gluten. Existing theories of gluten elasticity point out the crucial role of hydrogen and disulfide bonds between different gluten protein chains [3]. In every gluten protein over 30% of amino acids is glutamine, whose side chain can be both donor and acceptor of hydrogen bonds [3]. This led to the loops-and-trains model [1], which explains gluten elasticity by “loops” created by neighbor polymers: they stay together because of hydrogen bonding, but some bonds are broken (e.g. by water), leading to free space between the polymers (filled by water or other polymers). When polymers are stretched, the free space disappears, and hydrogen bonds reform (causing resistance to further strain). The resistance to stretching is also provided by disulfide bonds that hold some gluten proteins (called glutenins) together, forming a sort of polymer gel [3]. Gluten proteins which do not form inter-chain disulfide bonds (gliadins) are then responsible for the viscous properties of gluten [4]. These theories provide some predictions that can be incorporated into a simple coarse-grained model of gluten. In that model amino acids are represented as pseudoatoms, connected harmonically to form protein chains. Additional interactions include Lenard-Jones potential that mimics hydrogen bonding, and a dynamic potential for disulfide bonds that enables their rupture and reforming. Computer simulations cannot start from the native structure, because of the lack of it, so the chain conformations are generated randomly, and then evolve according to the simplified potential, forming large complexes. Fortunately, local details of structure are not thought to be very important in recreating rheological properties of many interacting polymers [2]. Preliminary results were obtained by periodically deforming the box containing gluten proteins and recording the response force. Amplitude of the force response seems to increase, indicating strain hardening, an effect observed in experiments [5].

- [1] P. Shewry, N. Halford, P. Belton and A. Tatham, “The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain.” *Phil. Trans. R. Soc. B: Biological Sciences*, 357(1418): 133-142 (2002).
- [2] H. Singh and F. MacRitchie, “Application of Polymer Science to Properties of Gluten.” *J. Cereal Sci.* 33(3): 231-243 (2001).
- [3] H. Wieser, “Chemistry of gluten proteins.” *Food Microbiol.* 24(2): 115-119 (2007).
- [4] R. Kieffer, “The role of gluten elasticity in the baking quality of Wheat.” in *The gluten proteins*, D. Lafiandra, S. Masci and R. D’Ovidio eds. (Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2004).
- [5] B. Dobraszczyk, and M. Morgenstern, “Rheology and the breadmaking process.” *J. Cereal Sci.* 38(3): 229-245 (2003).

Biofizyczne podstawy oddziaływań między białkami odpowiedzialnymi za wyciszanie ekspresji genów przez mikro-RNA

Maja K. Cieplak-Rotowska^{1,2}, Krzysztof Tarnowski³, Marc R. Fabian⁴, Nahum Sonenberg⁴, Michał Dadlez³, Anna Niedźwiecka¹

¹ Środowiskowe Laboratorium Fizyki Biologicznej, Instytut Fizyki PAN, 02-668 Warszawa

² Zakład Biofizyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, 02-089 Warszawa

³ Laboratorium Spektrometrii Mas, Instytut Biochemii i Biofizyki PAN, 02-106 Warszawa

⁴ McGill University, Montréal, Québec, Canada

W procesie wyciszania ekspresji genów przez miRNA, cząsteczki te wiążą się z białkiem Argonaute i naprowadzają je na cząsteczkę mRNA, która ma ulec wyciszeniu. Z białkiem Argonaute oddziałuje białko GW182, które z kolei wiąże się z kompleksem deadenylaz CCR4-NOT. Kompleks ten deadenyluje mRNA oraz może także blokować jego translację, co łącznie prowadzi do wyciszenia ekspresji danego genu. Z kolei w wyciszaniu mRNA zawierających sekwencje bogate w adeninę i urydynę, rolę miRNA wraz z Argonaute i GW182 pełni tristetraprolina - białko które odgrywa kluczową rolę w procesach odpowiedzi na stany zapalne. Oddziaływania pomiędzy składnikami tego skomplikowanego układu białek o wielkich masach cząsteczkowych są jeszcze stosunkowo słabo poznane. Wcześniejsze badania biologiczne pozwoliły na identyfikację miejsc wiążących CCR4-NOT w sekwencji domeny wyciszającej białka GW182. Jedno z nich ma kluczowy wpływ na deadenylację, a drugie - kluczowy wpływ na oddziaływanie z kompleksem CCR4-NOT za pośrednictwem jego centralnej podjednostki CNOT1 [1].

Dzięki badaniom biofizycznym zidentyfikowaliśmy miejsca oddziaływania GW182 na białku CNOT1(800-999), które, nieoczekiwanie, okazało się pokrywać z miejscem oddziaływania CNOT1(800-999) z tristetraproliną. Białka te konkurują o miejsce oddziaływania, wykorzystując ten sam motyw sekwencji, RLPX ϕ , w bardzo podobny, jednak nie identyczny sposób. Sekwencja ta prawdopodobnie działa jako tzw. krótki motyw liniowy (z ang. short linear motif, SLiM). Badania biofizyczne sugerują zatem, że te dwa szlaki kontroli nad ekspresją genów krzyżują się. Zbadano także dynamikę strukturalną białka CNOT1(800-999) oraz domeny wyciszającej białka GW182. Wykazano eksperymentalnie, że białko GW182 ma nieustrukturyzowany charakter, oprócz domeny wiążącej RNA (RRM), której struktura jest również bardzo dynamiczna. Natomiast białko CNOT1(800-999) charakteryzuje się strukturą ściśle upakowaną.

Przeprowadzone badania doprowadziły do odkrycia miejsc oddziaływania pomiędzy natywnie nieustrukturyzowaną domeną wyciszającą GW182, a helikalnym fragmentem białka CNOT1(800-999), przyczyniając się do zrozumienia molekularnych mechanizmów rozpoznawania w kompleksach białkowych odpowiedzialnych za regulację ekspresji genów w ważnych procesach komórkowych.

[1] M.R. Fabian, M.K. Cieplak, F. Frank, M. Morita, J. Green, T. Srikumar, B. Nagar, Yamamoto, B. Raught, T.F. Duchaine, N. Sonenberg, *Nat Struct Mol Biol.* **18**, 1211 (2011).

Wpływ beta-cyklodekstryny na zióg cholesterolowy - symulacje komputerowe

D. Makiela^{1,2}, K. Górný^{1,2}, I. Janus-Zygmunt^{1,2}, Z. Gburski^{1,2}

¹*Institut Fizyki, Uniwersytet Śląski, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, Polska*
²*Ślaskie Międzuczelniane Centrum Edukacji i Badań Interdyscyplinarnych, Uniwersytet Śląski, ul. 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów, Polska*

Cholesterol jest lipidem z grupy steroidów zaliczanym także do alkoholi. Pochodne cholesterolu występują w błonie każdej komórki zwierzęcej, działając na nią stabilizująco i decydując o wielu jej własnościach. Jest on także prekursorem licznych ważnych związków, takich jak kwasy żółciowe czy hormony steroidowe. Chociaż cholesterol jest niezbędny do funkcjonowania organizmu, jego nadmiar jest niezdrowy. Zaburzenia gospodarki lipidowej, których miara jest wzrost stężenia cholesterolu w surowicy krwi, są istotnym czynnikiem ryzyka wystąpienia miażdżycy i chorób układu sercowo-naczyniowego, takich jak choroba wieńcowa, zawał serca, udar mózgu i miażdżycza zarostowa kończyn dolnych. Mimo ciągłych postępów w zapobieganiu i leczeniu miażdżycy tętnic, choroby sercowo-naczyniowe nadal są główną przyczyną zgonów na całym świecie. Dlatego też poszukiwanie nowych metod usuwania ziógów cholesterolowych we wczesnej fazie choroby miażdżycowej, jest istotnym zagadnieniem medycyny molekularnej.

Celem naszych badań jest poznanie wpływu beta-cyklodekstryny i jej pochodnych na ziógi cholesterolowe zalegające na wewnętrznej powierzchni naczyń krwionośnych. Badania są prowadzone metoda dynamiki molekularnej (MD) w warunkach zbliżonych do fizjologicznych za pomocą pakietu oprogramowania do symulacji i wizualizacji NAMD i VMD. Symulacje komputerowe umożliwiają bezpośrednie zbadanie wzajemnego oddziaływania beta-cyklodekstryny i cholesterolu na poziomie molekularnym. Mają one dać odpowiedź na pytanie, czy wymienione cząsteczki są w stanie zwióznać molekuly cholesterolu tworzące zióg, doprowadzając do jego redukcji. Beta-cyklodekstryny są uważane za jedne z najbardziej obiecujących kandydatów na leki przeciwmiażdżycowe nowej generacji. Przedstawione symulacje mogą stanowić dobry punkt wyjścia dla poszukiwania nowych metod leczenia arteriosklerozy, poprzez działania w nanoskali, na poziomie molekularnym.

- [1] P. Raczyński, V. Raczyńska, K. Górný, Z. Gburski, Archives of Biochemistry and Biophysics, 2015, **580**, 22-30.
- [2] P. Raczyński, K. Górný, J. Samios, Z. Gburski, Journal of Physical Chemistry C, 2014, **118**, 51, 30115-30119.
- [3] Z. Gburski, K. Górný, P. Raczyński, Solid State Communications, 2010, **150**, 9-10, 415-418.
- [4] S. Zimmer, A. Grebe, S. S. Bakke, N. Bode, B. Halvorsen, T. Ulas, M. Skjelland, D. De Nardo, L. I. Labzin, A. Kerkšiek, C. Hempel, M. T. Heneka, V. Hawxhurst, M. L. Fitzgerald, J. Trebicka, I. Björkhem, J.-Å. Gustafsson, M. Westerterp, A. R. Tall, S. D. Wright, T. Espevik, J. L. Schultze, G. Nickenig, D. Lütjohann, E. Latz, Sci. Transl. Med. **8**, 333ra50 (2016).
- [5] Phillips, J. C.; Braun, R.; Wang, W.; Gumbart, J.; Tajkhorshid, E.; Villa, E.; Chipot, C.; Skeel, R. D.; Kale, L.; Schulten, K. J. Comput. Chem. 2005, **26**, 17811802.
- [6] Humphrey, W., Dalke, A. and Schulten, K., "VMD - Visual Molecular Dynamics", J. Molec. Graphics, 1996, vol. **14**, pp. 33-38.



Microstructures scaffolds for cell manipulation

Mikołaj Kościński^{1,2}, Jagoda Litowczenko², Alicja Warowicka², Barbara Maciejewska²,
Stefan Jurga², Krzysztof Polewski¹

¹ *Department of Physics and Biophysics, Poznań University of Life Sciences, PL-60637
Poznań, Wojska Polskiego 38/42, Poland*

² *NanoBioMedical Centre, Adam Mickiewicz University, Umultowska 85,
PL-61614 Poznań, Poland*

Tissue engineering is a new and intensively developing discipline of biomedical science. Manipulating an incorporated scaffold to direct cell behaviors play a key role in tissue engineering. Therefore, new types of scaffolds are examined towards supporting tissue growth and development. Cell growth and differentiation are critically dependent upon substrate topography, yet many aspects of the that mechanism are not understood.

In this study, we present self-design gold microstructures on oxidized silicon substrates capable of being use into the fundamental biology of cell-environment interactions in vitro. Topography and roughness of prepared microstructure were exanimated and characterized by using microscopic method. Scaffold *wetting parameters* were measured by a *tensiometer*. The gold microstructures were fabricated using a standard photolithography method. Width and gap size between gold patterns are in micrometric scale, where hight is in nanometric scale.

Band bending in contact between physiological salt solution and ZnO or Cu₂O semiconductor

M. Pławecki, E. Rówiński

Institute of Materials Science, University of Silesia, 75 Pułku Piechoty Street 1A, Chorzów, Poland

When a semiconductor comes into contact with a liquid (redox species), to maintain electrostatic equilibrium, there will be a charge transfer between the n-type or p-type semiconductor and liquid phase if formal redox energy level of redox species lies inside semiconductor band gap [1,2,3,4,5]. We have considered one dimensional particle energy bands for the nearly free particle model at a physiological salt solution/semiconductor interface. With the help of Schrodinger equation and Bloch's theorem, it is possible to formulate a general approach to derive both the band bending and direct band gap in the interface. The Bloch's theorem shows that translational symmetry in real space leads to translational symmetry in k-space. For simplicity the model was introduced to account for the effects of band bending at the interface. Band diagram of two occupied and unoccupied bands separated by the energy gap at the semiconductor (before contact) and the interface (after contact) is illustrated in Figure 1. The model produces the correct band bending structure of physiological salt solution/n-type ZnO semiconductor and physiological salt solution/p-type Cu₂O semiconductor interfaces.

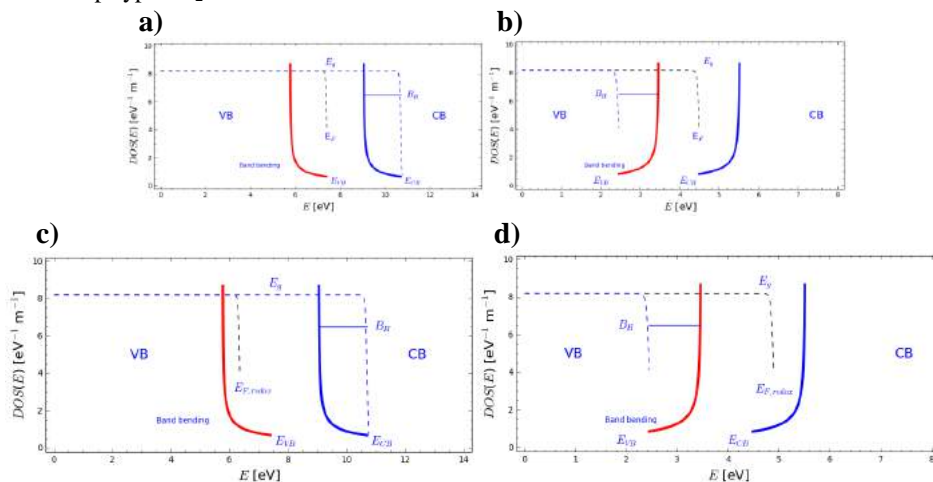


Figure. 1 The density of states in various types of materials: **a)** ZnO **b)** Cu₂O **c)** the 5 μ L physiological salt solution/ZnO semiconductor interface **d)** the 5 μ L physiological salt solution/Cu₂O semiconductor interface. DOS(E) denotes the density of states, and E_{VB} is the maximum energy of the valence band, E_{CB} is the characteristic energy of the conduction band and B_h is the energy barrier height. E_g is the energy gap, E_F is the Fermi level of semiconductors (before contact), $E_{F,redox}$ is the redox Fermi level of interfaces (after contact).

- [1] Z. Zhang, J. T. Yates, Chem. Rev. **112**, 5520 (2012).
- [2] A.J. Bard, A.J. Bocarsly, J. Am. Chem. Soc. **102**, 3671 (1980).
- [3] E. Rówiński, M. Pławecki, Acta Physica Polonica A **130/4**, 1141 (2016).
- [4] M. Pławecki, E. Rówiński, Ł. Mieszczak, Acta Physica Polonica A **130/4**, 1144 (2016).
- [5] M. Pławecki, B. Bzowski, A.T. Trycz, E. Rówiński, Xiv:1609.08361 [cond-mat.mtrl-sci]

Nieliniowa analiza sygnału elektromiografii powierzchniowej

Paulina Trybek¹, Michał Nowakowski², Łukasz Machura¹

¹ Zakład Metod Komputerowych Fizyki i Elektroniki, Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski

² Zakład Dydaktyki Medycznej, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński

Systemy fizjologiczne cechuje duża złożoność dynamiczna, która stanowi wyzwanie w dziedzinie badania sygnałów biologicznych. Standardowe podejście statystyczne, oparte na liniowych metodach analizy często przynosi jedynie ograniczoną wiedzę na temat ukrytego procesu. Coraz częściej zyskują na wartości metody nieliniowe, które uwzględniają wewnętrzną strukturę sygnału oraz przede wszystkim charakteryzują go na przestrzeni wielu skal czasowych. W skład takich metod wchodzi np. badanie entropii, mającej swoje początki w teorii informacji. W kontekście sygnału biomedycznego parametr entropii jest ściśle związany z pojęciem złożoności, rozumianej jako zdolności układu do adaptacji i jak najszybszej odpowiedzi w nieustannie zmieniającym się środowisku. Utrata takiej złożoności może nastąpić wraz z pojawieniem się stanu chorobowego. Ponieważ zwiększeniu złożoności sygnałów fizjologicznych zazwyczaj, choć warto także zaznaczyć, że nie zawsze towarzyszy wzrost ich entropii, może ona okazać się niezwykle wartościowym parametrem w identyfikacji stanu patologicznego lub ocenie stopnia zaawansowania choroby, co wykazano na przykład podczas analizy rytmu zatokowego[1].

Analizie poddano sygnały elektromiografii powierzchniowej (sEMG) uzyskane od osób cierpiących na nowotwór jelita grubego w różnych stadiach procesu leczenia obejmującego przede wszystkim terapię chirurgiczną i radiacyjną. Pozyskane dane obejmowały okres przed wykonaniem zabiegów chirurgicznych oraz kolejno miesiąc, około 6 miesięcy oraz rok po przeprowadzonej operacji. Dodatkowo analizowano także wpływ zastosowania terapii promieniowaniem jonizującym na zapis EMG.

Dla badanych serii czasowych wyznaczono parametr określany jako Sample Entropy (SampEn), którego wartość jest odporna na niski współczynnik sygnału do szumu, charakterystyczny dla zapisów elektromiograficznych.

Z uwagi na udowodnioną zależność wyznaczonych wartości od rozpatrywanej skali czasowej przeprowadzono także obliczenia z wykorzystaniem metody bazującej na analizie wieloskalowej, określanej jako Multiscale Entropy (MSE)[2].

Dla pełnej charakterystyki analizowanych danych otrzymane wyniki porównano z rezultatami uzyskanymi w oparciu o metodę Multifraktalnej Beztrendowej Analizy Fluktuacyjnej (MFDFA)[3].

[1] Costa, Madalena, Ary L. Goldberger, and C-K. Peng. "Multiscale entropy analysis of biological signals." *Physical review E* 71.2 (2005): 021906.

[2] Wu, Hsien-Tsai, et al. "Multiscale Entropy Analysis of Surface Electromyographic Signals from the Urethral Sphincter as a Prognostic Indicator for Surgical Candidates with Primary Bladder Neck Obstruction." *Entropy* 17.12 (2015): 8089-8098.

[3] Ihlen, Espen AF. "Introduction to multifractal detrended fluctuation analysis in Matlab." *Frontiers in physiology* 3 (2012).

Wyprowadzenie ogólnej postaci kinematyki z uniwersalnym układem odniesienia

Karol Szostek¹, Roman Szostek²

¹ Politechnika Rzeszowska, Katedra Termodynamiki i Mechaniki Płynów, Rzeszów

² Politechnika Rzeszowska, Katedra Metod Ilościowych, Rzeszów

W artykule wyprowadzona została cała klasa transformacji czasu i położenia. Transformacje te zostały wyprowadzone na podstawie analizy eksperymentu Michelsona-Morleya oraz jego udoskonalonej wersji, czyli eksperymentu Kennedygo-Thorndikea. Na podstawie każdej z tych transformacji można wyprowadzić inną kinematykę ciał. W ten sposób wykazaliśmy, że Szczególna Teoria Względności nie jest jedyną teorią wyjaśniającą wyniki eksperymentów ze światłem. Istnieje całe continuum teorii kinematyki ciał, które prawidłowo wyjaśniają eksperyment Michelsona-Morleya oraz inne eksperymenty, w których mierzona jest prędkość światła.

Na podstawie wyprowadzonych transformacji wyprowadzamy ogólny wzór na prędkość światła w próżni mierzoną w dowolnym inercjalnym układzie odniesienia. Wyjaśniamy dlaczego eksperymenty Michelsona-Morleya oraz Kennedygo-Thorndikea nie mogły wykryć eteru. Przedstawiamy i dyskutujemy trzy przykłady konkretnych transformacji. Na koniec wyjaśniamy zjawisko anizotropii mikrofalowego promieniowania tła przy pomocy przedstawionej teorii.

Wyprowadzoną w tej pracy teorię nazwaliśmy Szczególną Teorią Eteru - z dowolnym skróceniem poprzecznym [1]-[5].

- [1] Szostek Karol, Szostek Roman, *Szczególna Teoria Eteru* (język polski). Wydawnictwo Amelia, Rzeszów, Polska, 2015, ISBN 978-83-63359-77-5
Szostek Karol, Szostek Roman, *Special Theory of Ether* (język angielski). Publishing house AMELIA, Rzeszów, Poland, 2015, ISBN 978-83-63359-81-2
- [2] Szostek Karol, Szostek Roman, *The Geometric Derivation of the Transformation of Time and Position Coordinates in STE*. IOSR Journal of Applied Physics (IOSR-JAP), Volume 8, Issue 4, Version III, 2016, pp. 22-30, ISSN 2278-4861
- [3] Szostek Karol, Szostek Roman, *Выделенная в космологии система отсчета и возможная модификация преобразований Лоренца* (w języku rosyjskim: *Wyróżniony w kosmologii układ odniesienia i możliwa modyfikacja transformacji Lorentza*), Ученые Записки Физического Факультета МГУ (Notatki Naukowe Uniwersytetu Moskiewskiego Państwowego Wydziału Fizyki), № 2, 2017, 172102, ISSN 2307-9665
- [4] Szostek Karol, Szostek Roman, *Szczególna Teoria Eteru z dowolnym skróceniem poprzecznym*, viXra 2016, <http://www.vixra.org/abs/1609.0081>
- [5] Szostek Karol, Szostek Roman, *Wyprowadzenie ogólnej postaci kinematyki z uniwersalnym układem odniesienia* (język polski), viXra 2017, www.vixra.org/abs/1704.0104
Szostek Karol, Szostek Roman, *The Derivation of the General Form of Kinematics with the Universal Reference System* (język angielski), viXra 2017, www.vixra.org/abs/1704.0105

$E=mc^2$ jako składowa energii kinetycznej w prawie dla energii kinetycznej

Karol Szostek¹, Roman Szostek²

¹ Politechnika Rzeszowska, Katedra Termodynamiki i Mechaniki Płynów, Rzeszów

² Politechnika Rzeszowska, Katedra Metod Ilościowych, Rzeszów

W artykule wykazujemy, że na podstawie mechaniki relatywistycznej nie można wyprowadzić wzoru wyrażającego energię wewnętrzną materii. Wyprowadzenie zależności na energię wewnętrzną materii ($E=mc^2$) wymaga przyjęcia dodatkowego założenia na ten temat, które wykracza poza Szczególną Teorię Względności.

Pokazujemy dwa wyprowadzenia wzoru $E=mc^2$ na energię wewnętrzną materii i wykazujemy, że zawierają one błąd polegający na założeniu dowodzonej tezy. Pierwsze wyprowadzenie tej zależności pochodzi z pracy A. Einsteina [1]. Błąd tego wyprowadzenia został wykazany już w 1952 roku przez H. Ives w pracy [2]. Drugie wyprowadzenie zostało przytoczone przez A. Szymachę w pracy [8]. W pracy [3] wykazaliśmy, że to wyprowadzenie także jest błędne, a także, że zależność $E=mc^2$ nie wyraża energii wewnętrznej materii tylko składową energii kinetycznej w prawie dla energii kinetycznej, które pozwala przeliczyć energię kinetyczną z jednego układu inercjalnego do drugiego układu inercjalnego.

Do uzyskanych wyników na temat zależności $E=mc^2$ doprowadziły nas rozważania na temat Szczególnej Teorii Eteru [3]-[7].

- [1] Einstein Albert, *Czy bezwładność ciała zależy od zawartej w nim energii?* (artykuł wydrukowany w książce: *5 prac, które zmieniły oblicze fizyki - język polski*). Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Biblioteka Klasyków Nauki, Warszawa, 2008, ISBN 83-235-0126-2
Einstein Albert, *Does the Inertia of a Body Depend on Its Energy Content?* (artykuł wydrukowany w książce: *Einstein's Miraculous Year: Five Papers that Changed the Face of Physics - język angielski*). Princeton University Press, 2005, ISBN: 978-06-91122-28-1
Einstein Albert, *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?* (język niemiecki). Annalen der Physik 18, 639-641, 1905
- [2] Ives Herbert E., *Derivation of the Mass-Energy Relation* (w języku angielskim: *Wyprowadzenie relacji Masa-Energia*), Journal of the Optical Society of America, Vol. 42, No. 8, 540-543, 1952
- [3] Szostek Karol, Szostek Roman, *Szczególna Teoria Eteru* (język polski). Wydawnictwo Amelia, Rzeszów, Polska, 2015, ISBN 978-83-63359-77-5
Szostek Karol, Szostek Roman, *Special Theory of Ether* (język angielski). Publishing house AMELIA, Rzeszów, Poland, 2015, ISBN 978-83-63359-81-2
- [4] Szostek Karol, Szostek Roman, *The Geometric Derivation of the Transformation of Time and Position Coordinates in STE*. IOSR Journal of Applied Physics (IOSR-JAP), Volume 8, Issue 4, Version III, 2016, pp. 22-30, ISSN 2278-4861
- [5] Szostek Karol, Szostek Roman, *Выделенная в космологии система отсчета и возможная модификация преобразований Лоренца* (w języku rosyjskim: *Wyodróżniony w kosmologii układ odniesienia i możliwa modyfikacja transformacji Lorentza*), Ученые Записки Физического Факультета МГУ (Notatki Naukowe Uniwersytetu Moskiewskiego Państwowego Wydziału Fizyki), № 2, 2017, 172102, ISSN 2307-9665
- [6] Szostek Karol, Szostek Roman, *Szczególna Teoria Eteru z dowolnym skróceniem poprzecznym*, viXra 2016, <http://www.vixra.org/abs/1609.0081>
- [7] Szostek Karol, Szostek Roman, *Wyprowadzenie ogólnej postaci kinematyki z uniwersalnym układem odniesienia* (język polski), viXra 2017, www.vixra.org/abs/1704.0104
Szostek Karol, Szostek Roman, *The Derivation of the General Form of Kinematics with the Universal Reference System* (język angielski), viXra 2017, www.vixra.org/abs/1704.0105
- [8] Szymacha Andrzej, *Szczególna teoria względności*. Warszawa, Wydawnictwa "Alfa", Delta przedstawia nr 2, 1985, ISBN 83-7001-050-4

Image formation in strong gravitational field: proximity of a Schwarzschild black hole's horizon

K. Chajnowska, J. Masajada, A. Radosz

Wrocław University of Science and Technology

Communication between two observers is presented. Electromagnetic signal exchanged between source (A) and receiver (B) placed (co) radially, $r_A < r_B$ in gravitational field is described in terms of General Theory of Relativity. Properties of light makes it both easiest in use and richest tool in consideration of how the observer sees his surroundings. Light signal in terms of GTR are “null geodesics”, their emission and propagation (AB) through spacetime is investigated. Source and receiver are described as massive particles, one that emits the light in all directions, another collects the emission falling on established limited area, here tools of wave optics were indispensable built in the model for seeing the record. Wide variety of cases is observed. The passage from classical spacetime described in spherical coordinates to Schwarzschild curved spacetime is presented. Stronger gravitational field arises when placing observers closer to the source of curvature which is spherical Schwarzschild black hole.

Investigation of signal exchange between two observers is extended by their free fall. Passage from static observer to radially falling is realized by usage of tools of Special Theory of Relativity. Relation between static and radially falling observers is shown.

Ewolucja oraz powstawanie deformacji w łańcuchu izotopowym jąder itru

L.W. Iskra¹, B. Fornal¹, S. Leoni^{2,3}, G. Bocchi^{2,3}, A. Blanc⁴, S. Bottoni^{2,3},
N. Cieplicka-Oryńczak¹, M. Jentschel⁴, U. Köster⁴, C. Michelagnoli⁴, P. Mutti⁴,
T. Soldner⁴, G. de France, G.S. Simpson, C.A. Ur, W. Urban

¹ Instytut Fizyki Jądrowej, PAN, 31-342 Kraków, Polska

² Wydział Fizyki, Uniwersytet w Mediolanie, I-20133 Mediolan, Włochy

³ INFN sekcja w Mediolanie, 20133, Mediolan, Włochy

⁴ Instytut Laue-Langevin, 71 Avenue des Martyrs, 38042 Grenoble, Francja

W przypadku izotopów rubidu (Rb), strontu (Sr), itru (Y) cyrkonu (Zr) oraz niobu (Nb), o liczbach atomowych $Z = 37-41$, następuje nagle zmiana struktur jądrowych przy liczbie neutronów $N = 60$. Podczas gdy dla $N < 60$ jądra te przyjmują kształt sferyczny w stanie podstawowym to dla $N \geq 60$ wykazują znaczne deformacje. Zjawisko to jest uważane za jedną z najgwałtowniejszych zmian kształtów jądrowych w całej tablicy nuklidów [1]. Ważnym pytaniem jest to czy struktury zdeformowane mogą występować również w jądrach o $N < 60$, ale przy wyższych energiach zbudzenia i wartościach spinu? Obecność takich struktur manifestuje się poprzez istnienie pasm rotacyjnych w schemacie poziomów energetycznych danego jądra atomowego. Takie właśnie pasma zostały znalezione powyżej stanów izomerycznych w izotopach ⁹⁶Rb, ⁹⁶Sr, ⁹⁸Y, ⁹⁸⁻⁹⁹Zr (np. [2]) czyli dla liczby neutronów $N = 58$ oraz 59 , niemniej jednak nie ma żadnych informacji eksperymentalnych o obecności wzbudzeń kolektywnych dla lżejszych jąder. Poszukiwania takich struktur, na przykładzie łańcucha izotopowego jąder itru, jest przedmiotem opisywanych badań. Nowe informacje eksperymentalne dla ⁹⁶Y ($N=57$) oraz ⁹⁴Y ($N=55$) stanowią ważny wkład w badania na temat mechanizmu powstawania deformacji jądrowych jak i ich ewolucji przy zwiększającej się liczbie neutronów.

Izotopy itru 94 oraz 96 były produkowane w reakcji rozszczepienia tarcz ²³⁵U oraz ²⁴¹Pu, które były indukowane zderzeniami z zimnymi neutronami z reaktora zlokalizowanego w Instytucie Laue-Langevin. Promienie gamma były rejestrowane za pomocą spektrometru EXILL [3] złożonego z 46 detektorów germanowych o dużej czystości. W celu analizy danych zostały wykorzystane techniki koincydencji opóźnionych oraz krzyżowych [4].

Rezultatem przeprowadzonych pomiarów była identyfikacja ponad 50 nowych przejść gamma w izotopie ⁹⁶Y [5,6]. Ponadto został zaobserwowany nowy stan izomeryczny o czasie połowicznego rozpadu 201 ns i energii wzbudzenia 1655 keV. Powyżej izomeru widoczna jest struktura odpowiadająca początkowi pasma rotacyjnego. Dodatkowo, wykorzystując technikę korelacji kątowych wyznaczono wartości spinów i parzystości dla większości nowo zidentyfikowanych stanów. W przypadku izotopu ⁹⁴Y zaobserwowano 11 nowych przejść [7] ułożonych powyżej znanego wcześniej izomeru (5^+). Eksperymentalne rezultaty zostały również przedyskutowane w oparciu o teorię modelu powłokowego.

Obecność nowego stanu izomerycznego i prawdopodobne zbudowane na nim pasmo rotacyjne w jądrze ⁹⁶Y ($N = 57$) rzucają nowe światło na badania o mechanizmie powstawania deformacji w jądrach atomowych. Rezultaty sugerują, że struktury zdeformowane obecne są już dla liczny neutronów $N = 57$ i wraz z ich wzrostem stopniowo obniżają swoją lokalizację stając się strukturą dominującą i opartą na stanie podstawowym dla $N \geq 60$. Również wyniki dla ⁹⁴Y są w zgodzie z postawioną hipotezą gdzie sferyczne struktury zaobserwowane zostały tylko w niższych partiach energii wzbudzenia.

[1] E. Chieftetz, R.C. Jared, S.G. Thompson, J.B. Wilhelmy, Phys. Rev. Lett. 25 (1970) 38.

[2] W. Urban et al., Nucl. Phys A 689, 605 (2001).

[3] M. Jentschel et al., EXILL technical paper, JINST (subm. 2017).

[4] Ł. W. Iskra et al., Phys. Rev. C 89, 044324 (2014).

[5] Ł. W. Iskra et al., Europhys. Lett. 117, 12001 (2017).

[6] Ł. W. Iskra et al., Acta Phys. Pol. B 48, 581 (2017).

[7] Ł. W. Iskra et al., zgłoszone do publikacji

Struktura jądra ^{210}Bi badana w wychwycie zimnych neutronów - do czego to się może przydać?

N. Cieplicka-Oryńczak¹, S. Leoni², B. Fornal¹, S. Bottoni²,
M. Jentschel³, U. Köster³, P. Mutti³, T. Soldner³

¹*Institut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN, Kraków, Polska*

²*INFN Sezione di Milano oraz Università degli Studi di Milano, Mediolan, Włochy*

³*Institut Laue-Langevin, Grenoble, Francja*

Pomimo zgromadzenia obszernego materiału eksperymentalnego dotyczącego struktury jądra atomowego, nie udało się dotychczas opracować jednej pełnej teorii, która tłumaczyłaby wszystkie fakty doświadczalne. Jest to spowodowane skomplikowaną formą oddziaływania jądrowego w układzie złożonym z wielu silnie oddziałujących ze sobą nukleonów. Stąd konieczność używania uproszczonych modeli. Jednym z nich jest model powłokowy, wyjaśniający m.in. występowanie magicznych liczb nukleonów, dla których jądro jest szczególnie silnie związane ze względu na duże przerwy energetyczne powyżej tych liczb. Model ten pracuje dobrze dla jąder z okolic nuklidów podwójnie magicznych, położonych blisko ścieżki stabilności, natomiast w rejonach od niej oddalonych mogą powstawać nowe przerwy energetyczne, a dotychczasowe zniknąć. Sposobem na prześledzenie tych zmian jest systematyczne badanie wzbudzonych struktur jądrowych, do opisu których model powłokowy może być zastosowany.

Jądra z obszaru ^{208}Pb stanowią doskonale pole do testowania obliczeń modelu powłokowego ze względu na szerokie szczeliny energetyczne przy $Z=82$ oraz $N=126$. Podczas prezentowanych badań przeprowadzono identyfikację struktur wzbudzonych w jądrze ^{210}Bi , posiadającym jeden walencyjny proton i jeden walencyjny neutron względem zamkniętych powłok w ^{208}Pb . W celu dotarcia do nuklidu ^{210}Bi w Institut Laue-Langevin w Grenoble (Francja) przeprowadzony został eksperyment z wykorzystaniem reakcji wychwytu zimnych neutronów $^{209}\text{Bi}(n,\gamma)^{210}\text{Bi}$, z którego dane stanowią źródło informacji spektroskopowych na temat ^{210}Bi w zakresie niskich spinów i energii. Kwanty γ emitowane przez produkt reakcji, mierzone przy pomocy wielolicznikowego układu detektorów germanowych EXILL, były widoczne w widmach w postaci wyraźnych, ostrych pików. Koincydencyjna analiza kwantów γ pozwoliła na identyfikację poszczególnych przejść. Struktura ^{210}Bi została następnie porównana z obliczeniami modelu powłokowego.

Istotnym wynikiem badań było wyznaczenie multipolowości głównego przejścia do stanu podstawowego w ^{210}Bi , to jest linii o energii 320 keV. Rozpad produktu reakcji $^{209}\text{Bi}(n,\gamma)^{210}\text{Bi}$ może prowadzić do stanu podstawowego w ^{210}Bi ($T_{1/2} = 5$ dni), a następnie do ^{210}Po ($T_{1/2} = 138$ dni), lub do długożyciowego stanu izomerycznego ($T_{1/2} = 3 \times 10^6$ lat) rozpadającego się, tak jak ^{210}Po , przez emisję cząstek α . Przekroje czynne na produkcję tych dwóch stanów są przedmiotem zainteresowania ze względu na konieczność oszacowania ilości krótko- oraz długożyciowych odpadów radioaktywnych w przypadku zastosowania stopu ołów-bizmut w systemie chłodzenia reaktorów prędkich. Pomiar przekroju czynnego na produkcję stanu podstawowego przyczyniającego się do krótkożyciowej aktywności są obarczone znaczną niepewnością. Wynika to z faktu, że wartość ta zależy silnie od współczynnika zmieszania multipolowości M1/E2 linii 320 keV nie wyznaczonego dotychczas z odpowiednią dokładnością. Metodą zastosowaną w celu precyzyjnego wyznaczenia tej wartości była minimalizacja funkcji χ^2 wielu zmiennych skonstruowanej dla współczynników korelacji kątowych kilku par silnych przejść γ . Stwierdzono, że domieszka multipolowości E2 wynosi mniej niż 0.6% – pozwala to na znaczne zredukowanie niepewności wartości przekroju czynnego na produkcję stanu podstawowego w ^{210}Bi .

PARIS – nowoczesny układ detekcyjny do pomiarów energii kwantów gamma w szerokim zakresie energetycznym

B. Wasilewska¹, M. Ciemala¹, M. Kmiecik¹, A. Maj¹, M. Ziębliński¹, S. Brambilla²,
P. Bednarczyk¹, F. Camera^{2,3}, O. Dorvaux⁴, S. Kihel⁴, A. Krasznohorhay⁵,
I. Mazumdar⁶, P. Napiorkowski⁷, R. Schwengner⁸, M. Stanoui⁹ i inni w imieniu
współpracy międzynarodowej PARIS

¹ IFJ PAN Kraków, Polska

² INFN Mediolan, Włochy

³ Uniwersytet w Mediolanie, Włochy

⁴ IPHC Strasburg, Francja

⁵ ATOMKI Debreczyn, Węgry

⁶ TIFR Mumbai, Indie

⁷ ŚLCJ Warszawa, Polska

⁸ HZDR Drezno, Niemcy

⁹ IFIN-HH Bukareszt, Rumunia

Fizyka struktury jądra bada własności jąder atomowych pod względem przyjmowanych przez nie kształtów oraz dynamiki prowadzącej do ich zmian. Podstawowym sposobem badania sposobów funkcjonowania jądra atomowego jest wzbudzenie go (tj. dodawanie mu dodatkowej energii) a następnie pomiar jego deekscytacji. Zwykle jądro wyzbywa się nadmiarowej energii poprzez emisję nukleonów - protonów i neutronów, cząstek lekkich (np. cząstek alfa składającą się z dwóch protonów i neutronów) lub wypromieniowuje ją, wysyłając wysokoenergetyczne fotony – kwanty gamma. Odpowiednie przyrządy (detektory), otaczające miejsce reakcji, służą do rozróżnienia wyemitowanych cząstek i uzyskania informacji o ich energii. Na podstawie tych danych, poprzez porównanie z przewidywaniami teoretycznym, fizycy jądrowi są w stanie wnioskować o właściwościach badanego jądra atomowego.

Na wzrost naszej wiedzy o jądrze atomowym silnie wpływa rozwój technologiczny umożliwiający przeprowadzanie coraz bardziej skomplikowanych eksperymentów. Z jednej strony badane są jądra, których wytworzenie jeszcze 10 lat temu nie było możliwe, z drugiej układy detekcyjne dają coraz bardziej precyzyjną informację. Jednym z konstruowanych detektorów nowej generacji jest PARIS – układ służący do pomiaru kwantów gamma w szerokim zakresie energii. Zbudowany jest on z nowoczesnych kryształów o bardzo dobrych właściwościach wymaganych przez eksperymentatorów: wysokiej wydajności oraz precyzji informacji energetycznej i czasowej.

Na plakacie zaprezentowany zostanie układ PARIS, jego własności oraz w poglądowy sposób przedstawiony zostanie proces analizy danych. Pokazane zostaną również pierwsze wyniki eksperymentalne uzyskane za pomocą detektorów tego układu.

Badanie rozpadu gorących i szybko obracających się jąder atomowych

M. Ciemała, M. Kmiecik, A. Maj

Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk, Kraków
(We współpracy z Uniwersytetem w Mediolanie i LNL Legnaro, Włochy)

Badania własności jąder atomowych o dużych energiach i krętach stanowią istotny obszar prac naukowych w dziedzinie fizyki jądrowej. Szczególnie ważnym aspektem tych prac jest badanie procesów, poprzez które wzbudzone jądra dążą do obniżenia swojej energii. Należą do nich emisja cząstek lub kwantów gamma, oraz rozszczepienie jądra na dwa fragmenty, które mogą dalej się rozpadać (emitować cząstki lub rozszczepiać się). Poprzez pomiar emitowanych cząstek, kwantów gamma lub fragmentów rozczepienia, można wnioskować o własnościach jąder atomowych takich jak kształt, czas życia, temperatura, szybkość obrotu itp.

Plakat prezentował będzie niedawno opublikowane wyniki eksperymentu wykonanego na akceleratorze ciężkich jonów w LNL Legnaro (Włochy), uzyskane przez grupę badawczą z IFJ PAN Kraków, dotyczące rozpadu wysoko wzbudzonych jąder atomowych powstałych w wyniku reakcji fuzji-wyparowania. Pokazane zostaną podstawowe wielkości rejestrowane w eksperymentach rozpadu jąder złożonych (czyli jąder powstałych w fuzji) oraz przedstawiony cel ich pomiaru. Omówione zostaną między innymi wyniki dotyczące krotności i energii cząstek naładowanych oraz promieniowania gamma emitowanych przez gorące jądro, jak i produkty rozszczepienia. Szczególna uwaga zostanie poświęcona zagadnieniu pomiaru funkcji nasilenia Gigantycznego Rezonansu Dipolowego (GDR) uzyskanej poprzez analizę widma energetycznego promieniowania gamma emitowanego w trakcie rozpadu GDR. Kształt funkcji nasilenia GDR pozwala na uzyskanie informacji na temat deformacji (czyli kształtu) gorących i szybko obracających się jąder.



Echo terapii protonowej

Przemysław P. Sękowski, I. Skwira-Chalot, T. Matulewicz

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Terapia nowotworów z wykorzystaniem wiązki protonów lub ciężkich jonów jest bardzo obiecującą techniką ze względu na dużą skuteczność biologiczną oraz bardzo korzystny rozkład dawki. W myśl sentencji *quid pro quo* podczas kuracji wiązka hadronów nie tylko jonizuje ośrodek, ale również reaguje silnie z jądrami pierwiastków, z których jest on zbudowany. Powoduje to wytworzenie się swoistego echa przejścia wiązki, jakim jest promieniotwórczość wtórna.

Celem pracy jest zbadanie radioaktywności tkanek (podobnych do ludzkich) napromienionych wiązką protonów oraz oszacowanie jego wpływu na efekt terapeutyczny.

Pomiary czasów życia metoda szybkiego timingu $\beta\gamma\gamma(t)$

M. Piersa¹, A. Korgul¹ and H. Mach²

¹ Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

² Narodowe Centrum Badan Jądrowych

W przemianie populowane są stany wzbudzone jądra końcowego, które deekscytują do stanu podstawowego poprzez emisję promieniowania γ . Wyznaczenie energii emitowanego promieniowania nie wystarcza do opisu struktury badanego jądra. Konieczne jest wyznaczenie innych wielkości, które niosą informacje o multipolowościach i parzystościach rejestrowanych przejść. Jedną z tych wielkości jest czas życia stanów wzbudzonych.

Poważnym utrudnieniem w badaniach własności nuklidów dalekich od ścieżki stabilności jest jednoczesna emisja dużej liczby kwantów gamma. Pomiar czasu życia wymaga precyzyjnej selekcji interesującej nas kaskady przejść, co wymusza zastosowanie detektorów charakteryzujących się wysoką energetyczną zdolnością rozdzielczą. Z drugiej strony, potrzebne są detektory mające bardzo dobre własności czasowe.

Metoda szybkiego timingu $\beta\gamma\gamma(t)$ jest unikalną metodą badawczą, która polega na rejestracji zdarzeń odpowiadających potrójnym koincydencjom w różnych detektorach i na precyzyjnych kalibracjach czasowych [1]. Pomiar tą metodą pozwala na zmierzenie czasów życia rzędu piko- i nanosekund dla szeregu nisko leżących poziomów wzbudzonych neutrono-nadmiarowych jąder.

W niniejszej pracy przedstawiamy idee pomiaru czasu życia techniką szybkiego timingu $\beta\gamma\gamma(t)$. Prezentujemy także wyniki pomiarów przeprowadzonych na separatorze masowym OSIRIS w Studsvik, które pozwoliły na wyznaczenie czasów życia najniższych stanów wzbudzonych w ^{138}Xe .

[1] H. Mach et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 280, 49-72 (1989).



Rekonstrukcja pędu neutronu w badaniach systemów kilku nukleonowych w reakcji rozszczepienia deuteronu

B. Włoch, I. Ciepał, A. Kozela

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN, Kraków

Układy kilku nukleonowe są podstawowymi systemami służącymi do badania mechanizmów oddziaływania pomiędzy nukleonami. W przypadku układu dwóch nukleonów (2N), opracowane teorie oddziaływania nukleon-nukleon (NN), odtwarzają dane eksperymentalne z ogromną precyzją. Dodanie do układu kolejnego nukleonu znacząco komplikuje opis systemu gdyż oprócz oddziaływań NN pojawia się dodatkowa dynamika nazywana siłą trójnukleonową (3NF). Obecnie istnieje szereg modeli 3NF pozwalających przewidzieć konkretne zachowania bardziej złożonych systemów. Szczególnie przydatne w testowaniu tych modeli są najprostsze układy, złożone z trzech (3N) i czterech (4N) nukleonów. Poprzez pomiar różniczkowych przekrojów czynnych na rozszczepienie deuteronu w zderzeniach proton-deuteron i deuteron-deuteron, jesteśmy w stanie sięgnąć do obserwabli czułych na różne aspekty dynamiki tych systemów, takich jak siły trójnukleonowe [1]. Stąd do ich weryfikacji i dalszego rozwoju modeli teoretycznych potrzebne są systematyczne i precyzyjne dane doświadczalne.

Eksperymenty przeprowadzone w ośrodku KVI (Holandia) przy użyciu detektora BINA zgromadziły zestaw wysokiej precyzji danych z reakcji rozszczepienia deuteronu ${}^2\text{H}(d,dp)n$ przy energii 80 MeV/nukleon [2]. Detektor BINA został zaprojektowany do rejestracji naładowanych produktów reakcji, głównie protonów i deuteronów. Obecnie rozwijany jest szereg technik mających za zadanie dodatkowo bezpośrednią identyfikację neutronów. Używając metody pomiaru czasu przelotu oraz asymetrii sygnału ze scyntylatorów jesteśmy w stanie odzyskać pęd neutronów ze zgromadzonych danych. Dodatkowa informacja o reakcji pochodząca od zrekonstruowanych neutronów pozwoli nam sięgnąć do rejonów przestrzeni fazowej dotychczas niedostępnych z uwagi na akceptancję detektora. Ponadto znajomość pędu neutronu może pozwolić nam na porównanie przekrojów czynnych o tych samych warunkach kinematycznych, ale w różnych kanałach reakcji ${}^2\text{H}(d,dp)n$ i ${}^2\text{H}(d,dn)p$, co jak zostało zasugerowane [3], może pozwolić na bezpośrednie badanie efektów Kulombowskich.

W Prezentacji zostaną pokazane wstępne wyniki uzyskane dzięki zastosowaniu informacji otrzymanej poprzez rekonstrukcję pędu neutronu.

[1] H. Witała et al., Phys. Lett. **B634**, 374 (2006).

[2] G. Khatri et al., Acta Phys. Pol. **B47**, 441 (2016).

[3] C. R. Howell et al., Phys. Rev. **C48**, 2855 (1993).

Evidence of rotational behavior in ^{120}Te isotope

M. Saxena¹, P. Napiorkowski¹, R. Kumar², L. Próchniak¹, A. Stolarz¹, S. Dutt³,
M. Komorowska¹, K. Wrzosek-Lipska¹, M. Matejska-Minda¹, M. Palacz¹, J. Srebrny¹,
H.J. Wollersheim⁴ and the EAGLE collaboration

¹Heavy Ion Laboratory, University of Warsaw, Pasteura 5a, 02-093 Warsaw, Poland

²Inter-University Accelerator Centre, New Delhi 110067, India

³Department of Physics, Aligarh Muslim University, Aligarh 202002, India

⁴GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, D-64291 Darmstadt, Germany

In recent years the region in the vicinity of tin isotopes has been intensively investigated both from experimental and theoretical perspectives. In particular, the excitation energies and the reduced transition probabilities across the $Z=50$ chain has been examined in detail. The Te nuclei with 52 protons lies in the transitional region between the spherical nuclei at $Z = 50$ and deformed Xe and Ba nuclei. For the mid-shell $^{120,122,124}\text{Te}$ nuclei the partial level show the expected vibrational-like structure with equal energy spacing between the phonon states [1]. This observation is quite in contrast to the measured quadrupole moments Q_2^+ for the doubly even Te isotopes [2, 3]. These quadrupole moments can reach 60% of the one predicted by the symmetric rigid rotor.

In our recent Coulomb excitation experiment [4] at IUAC, New Delhi we used ^{58}Ni beam @ 175MeV to excite $^{120,122,124}\text{Te}$ isotopes. In these measurements the scattered particles were detected at forward angles. The $B(E2; 0^+ \rightarrow 2^+)$ value in ^{120}Te was re-measured with a much higher precision to allow a comparison with the predictions of the large scale shell model calculations (LSSM). Based on all experimental findings including the excitation of higher excited states for $^{120,122,124}\text{Te}$ one obtains the best agreement with an asymmetric rotor behavior. Calculations were performed using the Davydov-Filippov model which reproduce the reduced transition probabilities with $\beta=0.19$ and $\gamma\sim 27^\circ$. But, microscopic calculation (using the Skryme effective interaction) performed point towards a vibrational structure with a mean value of $\gamma\sim 30^\circ$. The most sensitive probe to characterize a nuclear excitation is via the measurement of quadrupole moments.

Therefore, to further investigate the second order effects (diagonal matrix elements) in ^{120}Te , an experiment was performed at Heavy Ion Laboratory, Warsaw, where particle detectors are in the backward direction enabling a more precise and sensitive measurement of the quadrupole moments. The measurement was carried out using a highly enriched ^{120}Te target and a ^{32}S beam @ 100 MeV from the U-200P cyclotron at HIL. A multi-step Coulomb excitation of ^{120}Te was observed up to 4^+ state in the g.s. band. Along with second 0^+ and second 2^+ states were also populated. The relative signs and magnitude of the transitional matrix elements between populated states were determined. The diagonal matrix element for the 2^+ state was determined and has significant value different from zero with a negative sign, which shows a rotational character of the collective structure of ^{120}Te . The results will be interpreted with the collective models of nuclear structure.

[1] <http://www.nndc.bnl.gov/ensdf>.

[2] A. Bockisch and A. M. Kleinfeld Nucl. Phys. A261 498-510 (1976).

[3] J. Barrette *et al.*, Phys. Rev. C 10, 3 (1974)

[4] M. Saxena *et al.*, Phys. Rev. C **90**, 024316 (2014).

Eksperymentalne badanie wybranych składników dynamiki oddziaływania jądrowego w reakcji rozszczepienia deuteronu

Wiktor Parol, Adam Kozela, Izabela Ciepał

*Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk,
PL-31342 Krakow, Poland*

Badanie układów kilku nukleonowych stanowi istotny wkład w testowanie modeli oddziaływania jądrowego. Obserwable obliczone przy użyciu formalizmu Faddeev'a przez porównanie ich z wynikami precyzyjnych pomiarów, pozwalają na ilościową weryfikację. Nowoczesne realistyczne potencjały nukleon-nukleon (NN) dobrze opisują układy dwóch nukleonów, jednakże wymagają uwzględnienia dodatkowego elementu dynamiki - siły trójnukleonowej (3NF) - by poprawnie przewidywać obserwable dla reakcji rozszczepienia deuter-proton. Współczesne obliczenia teoretyczne dla układów kilku nukleonów uwzględniają, nie tylko potencjały NN oraz 3NF, lecz także oddziaływanie Coulomba [1] oraz składnik relatywistyczny [2]. Wymienione elementy dynamiki wnoszą do wartości obserwabli niezależny przyczynek zmienny w przestrzeni fazowej reakcji rozszczepienia, co jest weryfikowane przez porównanie z danymi eksperymentalnymi. Przyczynek pochodzący od siły Coulomba może być badany w konfiguracjach o małych względnych kątach rozproszenia protonów [3], zaś relatywistyczny wymaga pomiarów reakcji rozszczepienia deuteronu dla wyższych energii [4], jednakże ograniczonych tylko progiem produkcji pionu.

Eksperymenty służące badaniu dynamiki oddziaływania jądrowego w oparciu o reakcję $^1\text{H}(d,pp)n$, prowadzono w KVI Groningen [5, 6] oraz FZ-Juelich [3, 4] przy użyciu wiązek deuteronów o energii od 80 MeV/A do 200 MeV/A. Przedstawione zostaną metody otrzymania znormalizowanych przekrojów czynnych na reakcję rozszczepienia deuteronu dla energii 80 MeV/A oraz powyżej 150 MeV/A, ze szczególnym uwzględnieniem wyrafinowanej metody identyfikacji cząstek, obliczenie wydajności systemu detekcyjnego na badany proces oraz normalizacji uzyskanej z kanału rozpraszania sprężystego.

[1] A. Deltuva A. C. Fonseca, and P. U. Sauer, Phys. Rev., C 73 057001 (2006).

[2] R. Skibiński, H. Witała and J. Golak, EPJ, A 30 369 (2006).

[3] I. Ciepał et al., Few-Body Syst., 56, 10 (2015).

[4] B. Klos et al., Few-Body Syst. 58 38 (2017).

[5] W. Parol et al., Acta Phys. Pol., B 45 527 (2014).

[6] W. Parol et al., Acta Phys. Pol. Supp., B 10 149 (2017).

Zobaczyć niewidzialne - egzotyczne przemiany jądrowe na zdjęciach z OTPC

**Ł. Janiak¹, N. Sokołowska¹, A.A. Bezbakh², A.A. Ciemny¹, H. Czyrkowski¹,
R. Dąbrowski¹, W. Dominik¹, A.S. Fomichev², M.S. Golovkov², A.V. Gorshkov²,
Z. Janas¹, G. Kamiński^{2,3}, A.G. Knyazyev², S.A. Krupko², C. Mazzocchi¹, M. Mentel²,
M. Pflutzner¹, P. Pluciński², M. Pomorski¹, R.S. Slepniev² and B. Zalewski^{2,4}**

¹ Faculty of Physics, University of Warsaw, 02-093 Warszawa, Poland

² Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Moscow Region, Russia

³ Institute of Nuclear Research PAN, 31-342 Kraków, Poland

⁴ Heavy Ion Laboratory, University of Warsaw, 02-093 Warszawa, Poland

Na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego zbudowaliśmy unikatowy instrument, który pozwala badać rzadkie przemiany bardzo egzotycznych nuklidów. Detektor OTPC (Optical Time Projection Chamber) to połączenie nowoczesnej komory gazowej z projekcją czasu oraz fotografii cyfrowej wysokiej jakości [1]. Dzięki takiej kombinacji możliwe jest uzyskanie informacji o emisji cząstek naładowanych z badanego jądra, jego czasie połowicznego zaniku, energii emitowanych cząstek oraz ich korelacjach kątowych.

Na plakacie zaprezentowane zostaną niedawno uzyskane wyniki na temat rozpadów bardzo neutrono-deficytowych nuklidów ^{27}S oraz ^{26}P . Pomiary przeprowadzone były na separatorze ACCULINNA w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej [2]. Dla ^{27}S po raz pierwszy zaobserwowano niskoenergetyczne widmo opóźnionych protonów po przemianie β^+ .

[1] M. Pomorski et al., Phys. Rev. C **90**, 014311 (2014).

[2] Ł. Janiak, N. Sokołowska et al., Phys. Rev. C **95**, 034315 (2017).

Wzbudzenie kulombowskie ze zmianą parzystości na przykładzie ^{45}Sc

M. Matejska-Minda¹, P.J. Napiorkowski¹, T. Abraham¹, P. Bednarczyk², A. Bezbakh³,
D. Doherty⁴, K. Hadyńska-Kłek⁵, J. Iwanicki¹, G. Kamiński³, M. Kisielniński¹, M. Komorowska¹,
M. Kowalczyk¹, R. Kumar⁶, A. Maj², T. Marchlewski¹, P. Matuszczak¹, V. Nanal⁷, A. Nannini⁸,
M. Palacz¹, L. Próchniak¹, M. Rocchini^{8,9}, M. Saxena¹, M. Siciliano^{5,10}, J. Srebrny¹, A. Stolarz¹,
J. Styczeń², B. Wasilewska², K. Wrzosek-Lipska¹, and M. Zielińska¹¹

¹ Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa

² Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków, ³ Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

⁴ Department of Physics, University of Surrey, Guildford, UK

⁵ INFN, Laboratori Nazionali di Legnaro, Legnaro, Italy

⁶ Inter University Accelerator Centre, New Delhi, India

⁷ TIFR, Mumbai, India, ⁸ INFN Sezione di Firenze, Firenze, Italy

⁹ Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Fisica e Astronomia, Firenze, Italy

¹⁰ Università degli Studi di Padova, Padova, Italy, ¹¹ IRFU/SPHn, CEA Saclay, Gif-sur-Yvette, France

Badania promieniowania elektromagnetycznego jąder pozwalają skonfrontować przewidywania modeli teoretycznych z wynikami eksperymentów. Dostarczają nam one informacji między innymi o położeniu poziomów energetycznych, o prawdopodobieństwie i charakterze przejść między nimi, wobec tego służą do badania różnorodnych aspektów struktury jądra.

Objektem naszych badań jest stabilny izotop skandu - ^{45}Sc . Jądro to leży na tablicy nuklidów w pobliżu podwójnie magicznego nuklidu ^{40}Ca . ^{45}Sc ma jeden proton i 4 neutrony powyżej zamkniętych powłok $Z=N=20$. Struktura tego jądra zbudowana na stanie podstawowym o spinie $7/2^-$ ma kształt bliski kształtowi sferycznemu. Jedynie 12.4 keV powyżej stanu podstawowego znajduje się długo żyjący stan izomeryczny (318 ms) o parzystości dodatniej i znacznej deformacji „prolate” (parametr wydłużenia $\beta_2 \sim 0.3$) [1]. Nasza uwaga skierowana jest w stronę pasma poziomów zbudowanego na wspomnianym stanie izomerycznym.

Wzbudzenie kulombowskie jest doskonałą metodą badania struktury jądrowej. Odpowiednio dobrana energia wiązki sprawia, że oddziaływanie pomiędzy zderzającymi się jądrami tarczy i wiązki jest czysto elektromagnetyczne. Proces wzbudzenia może być zatem opisany w sposób modelowo-niezależny, przy użyciu równań elektrodynamiki, bez wprowadzania założeń dotyczących sił jądrowych. Wyznaczone w ten sposób przejściowe i diagonalne elementy macierzowe przejść elektromagnetycznych pozwalają na wyliczenie rozmaitych danych spektroskopowych – czasów życia, stosunków rozgałęzień, współczynników zmieszania, prawdopodobieństw przejść, momentów kwadrupolowych. Znajomość pełnego zestawu elementów macierzowych pozwala także na określenie kształtu badanego jądra w każdym stanie niezależnie, tworząc tym samym rodzaj „mikroskopu jądrowego”. Wzbudzenia kulombowskie stanowią silny test istniejących modeli struktury jądra, gdyż w analizie uzyskiwanych tą metodą danych nie stosuje się założeń co do sił jądrowych.

W celu zbadania właściwości elektromagnetycznych nisko położonych stanów wzbudzonych w ^{45}Sc , w listopadzie ubiegłego roku w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego przeprowadziliśmy pomiar wzbudzenia kulombowskiego ^{45}Sc . Eksperyment odbył się z użyciem wiązki ^{32}S o energii 70 MeV dostarczonej z cyklotronu U-200P. Kwanty gamma emitowane ze wzbudzonych kulombowsko stanów ^{45}Sc rejestrowane były w układzie detektorów germanowych EAGLE. Zebrane dane analizowane są programem GOSIA [2] w celu określenia zestawu elementów macierzowych dla zaobserwowanych przejść elektromagnetycznych. Ponadto analiza skierowana jest na określenie prawdopodobieństwa wzbudzenia ze stanu podstawowego do pierwszego stanu wzbudzonego $B(E3, 7/2^- \rightarrow 3/2^+)$, jak dotąd znany jest jedynie górny limit [3]; zaś prawdopodobieństwo wzbudzenia do wyżej leżącego stanu w paśmie izomerycznym $B(E3, 7/2^- \rightarrow 5/2^+)$ jest nieznanne.

Podsumowując, ostatnio przeprowadzony pomiar wzbudzenia kulombowskiego ^{45}Sc zostanie szczegółowo opisany oraz zaprezentowane zostaną wstępne wyniki analizy zebranych danych.

„Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych w ramach finansowania stażu po uzyskaniu stopnia naukowego doktora na podstawie decyzji numer DEC-2014/12/S/ST2/00483”. This project has received funding from the European Union’s Horizon 2020 ENSAR2 research and innovation programme under grant agreement no 654002.

[1] M. Avgoulea et al., J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **38**, (2011) 025104.

[2] T. Czornyka, et al., Bull. Amer. Phys. Soc. **28**, (1983) 745, <http://slcj.uw.edu.pl/en/gosia-code/>.

[3] A.E. Blaugrund, R.E. Holland and F.J. Lynch, Phys. Rev. Vol. **159**, no. 4, (1967) 926.

Produkcja radioizotopów medycznych przy użyciu wiązek cząstek alfa, protonów i deuteronów w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego

K. Szkliniarz¹, M. Sitarz^{2,3}, J. Jastrzębski², A. Bilewicz⁴, J. Choiński², K. Kapinos^{2,3},
M. Kisieleński⁵, A. Majkowska⁴, A. Stolarz², A. Trzcńska², R. Walczak⁴, B. Wąs⁶,
J. Wojtkowska⁵, W. Zipper¹

¹ Zakład Fizyki Jądrowej i Jej Zastosowań, Uniwersytet Śląski, Katowice

² Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

³ Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

⁴ Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

⁵ Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku, Otwock

⁶ Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk, Kraków

Zainteresowanie radioizotopami, wykorzystywanymi w medycynie nuklearnej do terapii oraz diagnostyki znacząco wzrosło w ostatnim czasie. Obecnie poszukuje się nowych radioizotopów charakteryzujących się odpowiednimi własnościami oraz uzupełniających alternatywnych metod produkcji, pozwalających zastąpić metody reaktorowe. Jedną z takich dróg jest produkcja radioizotopów z wykorzystaniem wiązek akceleratorów (cyklotronów) medycznych. Badania warunków produkcji radioizotopów medycznych prowadzone są w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego we współpracy z innymi ośrodkami naukowymi. Głównym celem badań jest określenie wydajności produkcji tych radioizotopów oraz ich czystości radioizotopowej. Produkowane radioizotopy są następnie stosowane do badań syntezy radiofarmaceutyków w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie.

Radioizotopy produkowano w reakcjach jądrowych, naświetlając materiały (tarcze) w różnej postaci chemicznej (elementarnej lub w postaci związków) z użyciem wiązek: protonów, deuteronów albo cząstek alfa. Wiązki pochodziły z cyklotronów GE PETtrace i U200-P zainstalowanych w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego oraz cyklotronu C30 zainstalowanym w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku. W ramach tych badań produkowano: ²¹¹At wykorzystywany w Celowanej Terapii Cząstkami Alfa; radioizotopy skandu (^{43,44,47}Sc, generator *in vivo* ^{44m}Sc/^{44g}Sc) wykorzystywane do diagnostyki oraz terapii medycznej (Theranostic), generator ⁷²Se/⁷²As wykorzystywany do diagnostyki (badania PET); ^{99m}Tc, który jest najczęściej stosowanym izotopem w medycynie nuklearnej (badania SPECT), a jego dostępność jest obecnie ograniczona ze względu na reaktorowy kryzys produkcji ⁹⁹Mo do generatorów ⁹⁹Mo/^{99m}Tc (Tabela 1.).

Nasze wyniki wskazują, że cyklotronowa produkcja wymienionych izotopów pozwala osiągnąć aktywności użyteczne klinicznie, a zastosowane tarcze nadają się do niezbędnej obróbki chemicznej.

Jak powstały pierwiastki cięższe od żelaza? – badanie procesu nukleosyntezy w gwiazdach na przykładzie reakcji $^{70}\text{Ge}(n,\gamma)$

Aleksandra Gawlik

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki

Badanie przekrojów czynnych na reakcje (n, γ) , czyli wychwytu radiacyjnego neutronów pozwala na uzyskanie ważnej wiedzy o procesach powstawania pierwiastków chemicznych cięższych od żelaza. Neutrony potrzebne do zainicjowania reakcji powstają w różnych etapach ewolucji gwiazd. W wyniku wychwytu neutronu zwiększa się liczba neutronów w jądrze, w ten sposób powstają w większości przypadków jądra beta promieniotwórcze. W wyniku rozpadu beta powstaje jądro kolejnego w pierwiastka w Tabeli Nuklidów. Izotop ^{70}Ge jest szczególnym jądrem wśród stabilnych izotopów germanu, gdyż może powstawać jedynie w tak zwanym procesie *s* nukleosyntezy.

Pomiary reakcji $^{70}\text{Ge}(n,\gamma)$ zostały przeprowadzone przy *Urządzeniu n_TOF* w CERN, gdzie spektrometrię neutronów prowadzi się metodą czasu przelotu. Duża czasowa rozdzielczość spektrometru neutronów pozwoli na określenie parametrów rezonansów neutronowych do energii 200 keV, a wyznaczony uśredniony przekrój czynny w zakresie energii neutronów odpowiadającej gwiazdym temperaturom, na uzyskanie istotnej wiedzy o mechanizmie procesu *s* nukleosyntezy.

Eksperymentalne badania dynamiki trójciałowej w reakcji rozbicia proton-deuteron

A. Rusnok¹, A. Wilczek¹, A. Kozela², A. Stephan¹
for the BINA@CCB Collaboration

¹*Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski w Katowicach*

²*Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków*

Reakcja rozbicia proton-deuteron może służyć jako narzędzie do testów nowoczesnego podejścia do opisu oddziaływań jądrowych pomiędzy trzema nukleonami [1, 2, 3]. Dla pośrednich energii, poniżej progu produkcji pionów, możliwe jest porównanie danych eksperymentalnych z dokładnymi obliczeniami teoretycznymi, a subtelne efekty dynamiki nieredukowalnej do oddziaływań pomiędzy parami nukleonów, zwane siłą trójnukleonową (3NF), okazują się być znaczącymi. Oprócz oddziaływań 3NF, w celu poprawnego opisu przekrojów różniczkowych reakcji rozbicia deuteronu należy uwzględnić również oddziaływania kulombowskie oraz efekty relatywistyczne.

Wcześniejsze pomiary, przeprowadzone w KVI Groningen oraz FZ-Jülich potwierdziły znaczenie sił 3NF [4, 5] oraz znaczny wpływ oddziaływania kulombowskiego proton-proton dla pewnych konfiguracji kinematycznych [6]. Znalezione również regiony oraz obserwabla, dla których rozpraszanie elastyczne pd oraz reakcja rozbicia ${}^2H(p, pp)n$ nie są wystarczająco dobrze opisywane.

Kontynuację tych badań stanowią pierwsze pomiary podjęte w Centrum Cyklotronowym Bronowice (Kraków) dla trzech energii wiązki protonów (108, 135, 160 MeV). Pokrycie znacznej części przestrzeni fazowej przez układ detekcyjny BINA wraz szeroką gamą dostępnych energii wiązki znajduje szczególne zastosowanie w badaniu wielu aspektów dynamiki układów trójnukleonowych, również w regionach dla których efekty trójciałowe są najbardziej widoczne. Celem eksperymentu jest precyzyjny pomiar różniczkowych przekrojów czynnich dla ekstensywnego zbioru kinematycznych konfiguracji i szerokiego zakresu akceptancji kątowej. Przedstawione zostaną wyniki analizy serii pomiarów i założenia dla kolejnych eksperymentów.

- [1] St. Kistryn, E. Stephan, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 40, 063101 (2013).
- [2] K. Sagara, Few-Body Syst. 48, 59 (2010).
- [3] N. Kalantar-Nayestanaki, E. Epelbaum, J.G. Meschendorp, A. Nogga, Rep. Prog. Phys. 75, 016301 (2012).
- [4] St. Kistryn et al., Phys. Rev. C, 68 054004 (2003).
- [5] St. Kistryn et al., Phys. Rev. C, 72 044006 (2005).
- [6] I. Ciepał et al., Few-Body Syst. 56 665 (2015).



Teoria fizyki jądra atomowego na Uniwersytecie Warszawskim

**P. Bączyk¹, M. Konieczka¹, W. Satuła^{1,2}, J. Dobaczewski^{1,2,3,4},
W. Nazarewicz^{1,5}, T. Werner¹**

¹*Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski ,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa*

²*Helsinki Institute of Physics, P.O. Box 64, FI-00014 University of Helsinki, Finland*

³*Department of Physics, University of York, Heslington,
York YO10 5DD, United Kingdom*

⁴*Department of Physics, P.O. Box 35 (YFL), University of Jyväskylä,
FI-40014 Jyväskylä, Finland*

⁵*Department of Physics and Astronomy and FRIB Laboratory, Michigan State University,
East Lansing, Michigan 48824, USA*

Na plakacie zostanie przedstawiona tematyka badań dotyczących teoretycznej fizyki jądra atomowego prowadzonych obecnie w Instytucie Fizyki Teoretycznej na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Zaprezentowane zostaną następujące zagadnienia:

- modelowanie jądrowego funkcjonału gęstości ze szczególnym naciskiem na sektor naruszający symetrię izospinową [1];
- badanie oddziaływań elektroslabych pod kątem testowania Modelu Standardowego poprzez analizę przejść β typu Fermiego i Gamowa-Tellera [2];
- obliczenia struktury jąder atomowych z wykorzystaniem rozwijanego przez naszą grupę modelu mieszania konfiguracji bazującego na rozwiązaniach Hartree'ego-Focka z przywróconymi symetriami [3].

[1] P. Bączyk *et al.*, arXiv:1701.04628 [nucl-th] (2017).

[2] M. Konieczka *et al.*, *Phys. Rev. C* **93**, 042501 (2016).

[3] W. Satuła *et al.*, *Phys. Rev. C* **94**, 024306 (2016).



Badanie spinów poziomów nisko leżących w jądrze ^{140}Sm wykorzystując korelacje kątowe $\gamma\text{-}\gamma$

J. Samorajczyk-Pyśk¹, Ch. Droste², J. Srebrny¹, T. Marchlewski^{1,2}

¹ Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów UW, Pasteura 5a, 02-093 Warszawa

² Wydział Fizyki UW, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

W pracy przedstawiono wyniki analizy danych z eksperymentu, w którym metodą korelacji kątowych $\gamma\text{-}\gamma$ badano jądro ^{140}Sm wyprodukowane z użyciem wiązki ciężkich jonów ^{32}S dostarczonej przez cyklotron U-200P należący do Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów UW. W pomiarach wykorzystano wielodetektorowy spektrometr promieniowania γ – EAGLE [1]. Rezultatem tych badań było wyznaczenie w jądrze ^{140}Sm spinu $I=2$ dla stanu o energii 990 keV (zamiast sugerowanego w [2] $I=0^+$) oraz spin $I=0$ dla stanu o energii 1599,1 keV (zamiast sugerowanych w [2] $I=2^+$). Nowe informacje uzyskane z pomiaru korelacji kątowych umożliwiły analizę pomiarów wzbudzeń kulombowskich.

[1] J. Mierzejewski et al., Nucl. Instr. and Meth. A, 659 (2011) 84.

[2] R. B. Firestone et al., Phys. Rev. C, 43 (1991) 1066

W kierunku chiralnej miękkiej fotoniki: badania fotoindukowanej inwersji helisy w ciekłokrystalicznych rezonatorach optycznych

Piotr Ślęczkowski^{1,2}, Benjamin Matt¹, Supitchaya Iamsaard¹, Emmanuelle Lacaze²,
Nathalie Katsonis¹

¹ *Laboratory for Biomolecular Nanotechnology, MESA+ Institute for Nanotechnology,
University of Twente, Enschede, the Netherlands*

² *CNRS UMR7588, UPMC Univ Paris 06, Institut des Nano-Sciences de Paris (INSP), Paris,
France*

Ciekłe kryształy to bardzo ciekawa klasa materiałów, których fundamentalną cechą pozostaje możliwość modulacji ich struktury za pomocą bodźców zewnętrznych, takich jak np. temperatura czy pole elektryczne. Chiralne nematyki to podgrupa ciekłych kryształów charakteryzująca się helikalną strukturą oraz specyficznymi własnościami optycznymi, w tym jednowymiarową przerwą fotoniczną wzbronioną, która skutkuje selektywnym odbiciem światła spolaryzowanego kołowo - o chiralności zgodnej z chiralnością helisy ciekłego kryształu. Możliwość kontrolowania skoku helisy oraz znaku jej skręcalności otwiera szerokie pole potencjalnych zastosowań chiralnych nematyków w obszarze tzw. materiałów inteligentnych (*ang. smart materials*) [1].

Zaprezentowane zostaną wyniki badań mikrodyspersji ciekłych kryształów domieszkowanych chirooptycznymi motorami molekularnymi, których chiralność przełączana może być za pomocą promieniowania UV [2]. W pierwszej części zaprezentowana zostanie optyczna kontrola skoku helisy, co jest atrakcyjne z uwagi na fakt, że mikrodyspersje chiralnych nematyków są doskonałą platformą do wytwarzania laserów 3D z możliwością strojenia długości fali emisji [3]. W drugiej części zaprezentowana zostanie fotoindukowana inwersja helisy, która potencjalnie otwiera nową ścieżkę dla materiałów sensorycznych opartych na selektywności polaryzacji światła padającego.

[1] J. P. F. Lagerwall, G. Scalia, *Curr. Appl. Phys.* **2**, 1387 (2012).

[2] A. Bosco, M. G. M. Jongejan, R. Eelkema, N. Katsonis, E. Lacaze, A. Ferrarini, B. L. Feringa, *J. Am. Chem. Soc.* **130**, 14615 (2008).

[3] M. Humar, I. Mušević, *Opt. Express*, **18**, 26995 (2010).

Badanie rozcieńczonych roztworów kołowych polimerów pomiędzy dwiema równoległymi ścianami z mieszanymi warunkami brzegowymi

Piotr Kuterba¹, Zoryana Usatenko²

¹Uniwersytet Jagielloński, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Kraków

²Politechnika Krakowska, Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki, Kraków

Przeprowadzono analizę rozcieńzonego roztworu kołowych polimerów z efektami wyłączonej objętości w dobrym rozpuszczalniku znajdującego się w ograniczonej przestrzeni pomiędzy dwiema równoległymi ścianami o mieszanych warunkach brzegowych. Mieszane warunki brzegowe oznaczają, że na jedną ścianę nałożono warunki brzegowe Dirichleta a na drugą Neumanna co odpowiada ścianie odpychającej i ścianie przyciągającej znajdujące się przy progu adsorpcji względem polimeru. W obliczeniach korzystamy z opisu termodynamicznego zawartego w [1],[2] oraz z rozwiniętej przez de Gennes'a analogii [3] pomiędzy krytycznym zachowaniem długich elastycznych łańcuchów polimerowych w dobrym rozpuszczalniku i magnetykami przy pomocy ϕ^4 O(n) wektorowego modelu teorii pola z wymiarowością parametru porządku n dążącą do zera przy wymiarowości przestrzeni $d = 3$. Zaproponowane obliczenia przeprowadzono w ramach wielkiego zespołu kanonicznego. Otrzymane wyniki wskazują, że dla przypadku rozcieńzonego roztworu kołowych polimerów w dobrym rozpuszczalniku o mieszanych warunkach brzegowych powstająca siła pomiędzy ścianami jest odpychająca w przeciwieństwie do liniowego polimeru [2], gdzie była ona przyciągająca. Powyższe rezultaty dla kołowych polimerów z efektami wyłączonej objętości zgadzają się z poprzednimi teoretycznymi obliczeniami dla idealnych kołowych polimerów w ograniczonych przestrzeniach [4]. Warto dodać, że badania roztworów polimerowych w ograniczonych przestrzeniach dają nadzieję na znalezienie odpowiednich warunków i substancji, które znajdą zastosowanie w układach mikro- i nano-elektromechanicznych w celu minimalizacji tarcia pomiędzy ich elementami.

[1] F. Schlesener, A. Hanke, R. Klimpel, S. Dietrich, Phys.Rev.E **63**, 041803 (2001).

[2] D. Romeis, Z. Usatenko, Phys.Rev.E **80**, 041802 (2009).

[3] de Gennes P G 1982 Macromolecules **15** 492.

[4] Z. Usatenko, J. Halun, J.Stat.Mech.: Theory and Experiment P 013303 (2017);doi:10.1088/1742-5468/aa5285.



Kinetic Ising models with various single-spin flip dynamics on quenched and annealed random regular graphs

Arkadiusz Jędrzejewski¹, Anna Chmiel², Katarzyna Sznajd-Weron¹

¹*Department of Theoretical Physics, Wrocław University of Science and Technology,
Wrocław, Poland*

²*Faculty of Physics, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland*

We investigate a kinetic Ising model with several single-spin flip dynamics (including Metropolis and heat-bath) on quenched and annealed random regular graphs. As expected, on the quenched structures all proposed algorithms reproduce the same results since the conditions for the detailed balance and the Boltzmann distribution in an equilibrium are satisfied. However, on the annealed graphs situation is far less clear – the network annealing disturbs the equilibrium moving the system away from it. Consequently, distinct dynamics lead to different steady states. We show that some algorithms are more resistant to the annealed disorder, which causes only small quantitative changes in the model behavior. On the other hand, there are dynamics for which the influence of annealing on the system is significant, and qualitative changes arise like switching the type of phase transition from continuous to discontinuous one. We try to identify features of the proposed dynamics which are responsible for the above phenomenon.

Long-range correlations in rectangular cavities containing point-like perturbations

Vitalii Yunko, Małgorzata Białous, Szymon Bauch, Michał Ławniczak,
Barbara Dietz, Leszek Sirko

*Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Al. Lotników 32/46,
02-668 Warszawa, Poland*

We investigated the short- and long-range correlations of the fluctuation of spectra of flat, rectangular microwave cavities simulating quantum billiards [1]. Two microwave antennas were introduced into the cavity to measure the cavity spectra. The antennas act as point-like perturbations. The experimental data are well described by a model applicable to rectangular billiards containing zero-range perturbations [2]. We consider statistical measures for both, short-range correlations such as nearest-neighbor spacing distribution and long-range correlations such as the Dyson-Mehta statistic (Δ_3), and analyzed power spectra. Our experimental and numerical results show a transition from Poisson statistics towards semi-Poisson statistics with increasing frequency. Indeed, in the uppermost frequency range achieved in the experiments, the spectral properties are surprisingly well described by semi-Poisson statistics. Finally, we conclude that in order to obtain statistics close to Poisson statistics, i.e., scattering length $\beta \geq 1$ for the fluctuations in the spectra of microwave cavities with classically integrable dynamics, the lengths of the antennas have to be maximally minimized.

This work was partially supported by the Ministry of Science and Higher Education grant No. UMO-2013/09/D/ST2/03727 and the EAgLE project (FP7- REGPOT-2013-1, Project Number: 316014).

- [1] M. Białous, V. Yunko, S. Bauch, M. Ławniczak, B. Dietz and L. Sirko, Phys. Rev. E **94**, 042211 (2016).
- [2] T. Tudorovskiy et al., New. J. Phys. **12**, 12302 (2010).

Negative mobility of a Brownian particle

Aleksandra Ślapik^{1,2}, Jerzy Łuczka^{1,2}, Jakub Spiechowicz^{1,2}

¹*Institute of Physics, University of Silesia, 40-007 Katowice, Poland*

²*Silesian Center for Education and Interdisciplinary Research, University of Silesia, 41-500 Chorzów, Poland*

We study impact of inertia on directed transport of a Brownian particle under non-equilibrium conditions: the particle moves in a one-dimensional periodic and symmetric potential, is driven by both an unbiased time-periodic force and a constant force, and is coupled to a thermostat of temperature T . Within selected parameter regimes this system exhibits negative mobility, which means that the particle moves in the direction opposite to the direction of the constant force. It is known that in such a setup the inertial term is essential for the emergence of negative mobility and it cannot be detected in the limiting case of overdamped dynamics. We analyse inertial effects and show that negative mobility can be observed even in the strong damping regime. We determine the optimal dimensionless mass for the presence of negative mobility and reveal three mechanisms standing behind this anomaly: deterministic chaotic, thermal noise induced and deterministic non-chaotic. The last origin has never been reported. It may provide guidance to the possibility of observation of negative mobility for strongly damped dynamics which is of fundamental importance from the point of view of biological systems, all of which in situ operate in fluctuating environments.

- [1] Hänggi P and Marchesoni F. Artificial Brownian motors: Controlling transport on the nanoscale. *Rev. Mod. Phys.* 2009;81:387
- [2] Machura Ł et al. Absolute negative mobility induced by thermal equilibrium fluctuations. *Phys. Rev. Lett.* 2007;98:40601
- [3] Spiechowicz J, Hänggi P and Łuczka J. Brownian motors in the microscale domain: Enhancement of efficiency by noise. *Phys. Rev. E* 2014;90:032104
- [4] Spiechowicz J, Łuczka J and Machura Ł. Efficiency of transport in periodic potentials: dichotomous noise contra deterministic force. *J. Stat. Mech.* 2016;054038
- [5] Januszewski M and Łuczka J. Indirect control of transport and interaction-induced negative mobility in an overdamped system of two coupled particles. *Phys. Rev. E* 2011;83:051117
- [6] Fulde P et al. Problem of Brownian motion in a periodic potential. *Phys. Rev. Lett.* 1975;35:1776
- [7] Jung P, Kissner JG and Hänggi P. Regular and chaotic transport in asymmetric periodic potentials: inertia ratchets. *Phys. Rev. Lett.* 1996;76:3436
- [8] Eichhorn R, Regtmeier J, Anselmetti D and Reimann P. Negative mobility and sorting of colloidal particles. *Soft Matter* 2010;6:1858

Samo-uśrednianie losowej kwantowej dynamiki

Marcin Łobejko^{1,2}, Jerzy Dajka^{1,2}, Jerzy Łuczka^{1,2}

¹*Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, Katowice, Polska*

²*Śląskie Międzyuczelniane Centrum Edukacji i Badan Interdyscyplinarnych,
Uniwersytet Śląski, Chorzów, Polska*

W niniejszej pracy studiowaliśmy stochastyczną dynamikę układów kwantowych realizowaną poprzez protokół sekwencyjnych oraz natychmiastowych losowych zmian Hamiltonianu. Udowodniliśmy, że wraz z rosnącą częstotliwością losowych zmian, dynamika układu zmierza do granicy deterministycznej, lub innymi słowy ewolucja w czasie ulega samo-uśrednieniu. Poza tym pokazaliśmy, że dyskutowana stochastyczna dynamika da się w pełni opisać poprzez efektywny (stały) Hamiltonian, który ściśle związany jest ze statystycznymi własnościami losowej ewolucji. W szczególności, proponujemy hipotezę, że dla nieskończonej częstotliwości samo-uśredniona dynamika układu da się w pełni opisać za pomocą tylko pierwszego statystycznego momentu losowego (zależnego od czasu) Hamiltonianu.



Boundary condition for diffusion at a thin membrane determined from experimental data

Tadeusz Kosztołowicz¹, Sławomir Wąsik¹, Katarzyna D. Lewandowska²

¹*Institute of Physics, Jan Kochanowski University, Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, Poland*

²*Department of Radiological Informatics and Statistics, Medical University of Gdańsk, ul. Tuwima 15, 80-210 Gdańsk, Poland*

We present a method of deriving a boundary condition for diffusion at a thin membrane from experimental data. Within this method the Laplace transform of a boundary condition is assumed to be in the form

$$\hat{C}_2(0^+, p) = \hat{\Phi}(p)\hat{C}_1(0^-, p), \quad (1)$$

where $\hat{\Phi}(p)$ is a function to be determined. Next, we find the Laplace transform of some theoretical function containing Φ , which is a relatively easy to measure experimentally. Then, this function is also determined by means of a numerical calculation of the Laplace transform of the experimental data obtained for normal diffusion of ethanol in water in a system with a nephrophan membrane. Finally, comparing both Laplace transforms mentioned above, we find the function Φ . The derived boundary condition at a membrane contains a term with a Riemann-Liouville fractional time derivative

$$\alpha C_2(0^+, t) + \beta \frac{\partial^{1/2}}{\partial t^{1/2}} C_2(0^+, t) = C_1(0^-, t). \quad (2)$$

Such a form of the boundary condition shows that particles transfer through a thin membrane is a “long-memory process.” The presented method is an example that an important part of the mathematical model of physical processes may be derived directly from experimental data.

This work was partially supported by the Polish National Science Centre under Grant No. 2014/13/D/ST2/03608.

[1] T. Kosztołowicz, S. Wąsik, K.D. Lewandowska, Phys. Rev E **96**, 010101(R) (2017).

[2] T. Kosztołowicz, Phys. Rev. E **91**, 022102 (2015).

[3] S. Wąsik, M. Arabski, Z. Drulis-Kawa, J. Gubernator, Eur. Biophys. J **42**, 549 (2013).

Punkt przegięcia krzywej energii potencjalnej a wysokotemperaturowa funkcja rozdziału

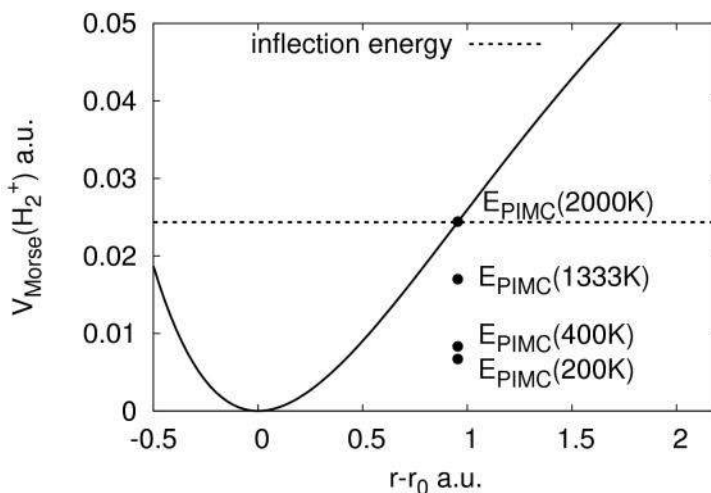
Marcin Buchowiecki

Instytut Fizyki, Wydział Matematyczno-Fizyczny, Uniwersytet Szczeciński

Molekularna funkcja rozdziału jest podstawową wielkością łączącą świat mikroskopowy z makroskopowym. Molekularne funkcje rozdziału oraz wynikające z nich stałe równowagi reakcji chemicznych standardowo przybliżane są za pomocą oscylacji harmoniczných i rotacji sztywnych. Jednakże często przybliżenie takie nie działa a w szczególności w odpowiednio wysokich temperaturach jego załamanie wystąpi zawsze.

Podane zostaną przykłady załamania przybliżenia harmonicznego (nawet z poprawkami) oraz przeanalizowany zostanie wpływ nieharmoniczności oraz sprzężenia rotacji i oscylacji i związek tych efektów z punktem przegięcia krzywej energii potencjalnej na przykładach molekuł H_2 oraz H_2^+ [1] Efekt punktu przegięcia wystąpi w temperaturach na tyle wysokich, że energia cząsteczki przekroczy energię punktu przegięcia i wpływ będzie miał obszar powyżej tego punktu, gdzie krzywa energii potencjalnej nie przypomina już potencjału harmonicznego nawet jakościowo (rysunek).

Do symulacji funkcji rozdziału wykorzystana została metoda Monte Carlo oparta na całkach po trajektoriach (PIMC – path integral Monte Carlo).



[1] M. Buchowiecki, Chem. Phys. Lett. **652**, 32 (2016).

Dynamika zmian kształtu rogówki wyznaczona na podstawie czasowej sekwencji dwuwymiarowych obrazów OCT

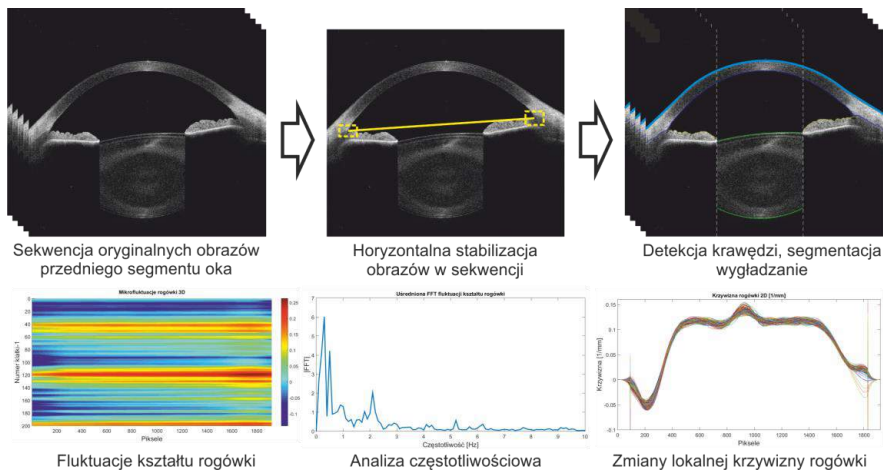
Damian Siedlecki¹, Natalia Daniluk¹, David Alonso-Caneiro², Henryk T. Kasprzak¹

¹ Katedra Optyki i Fotoniki, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, POLSKA,

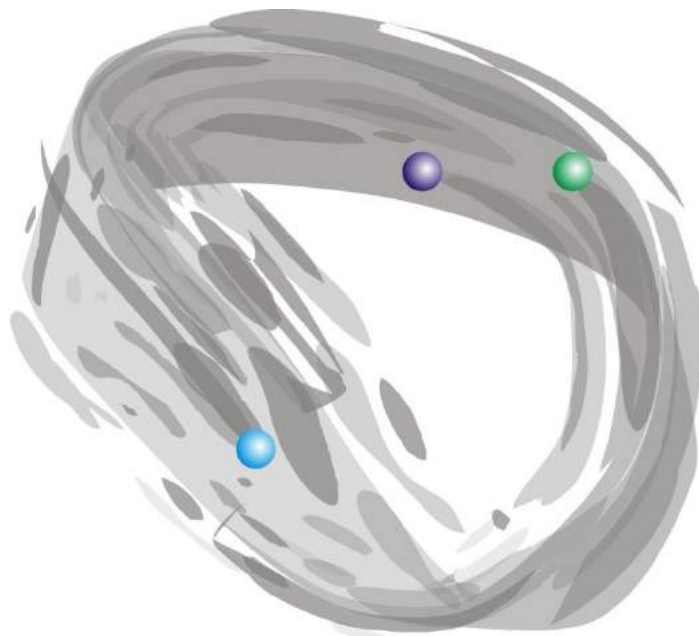
² School of Optometry and Institute of Health and Biomedical Innovation, Queensland University of Technology

Dokładność pomiarów i wciąż rosnąca prędkość akwizycji danych, jakie umożliwia technika OCT powoduje, że staje się ona idealnym narzędziem do badań nad dynamiką zmian zachodzących w przednim odcinku oka, wywołanych między innymi pulsacyjnymi zmianami ciśnienia wewnątrzgałkowego.

10-sekundowe sekwencje obrazów OCT (1996x1746 pikseli) przedniego segmentu oka zarejestrowano z częstotliwością 20 klatek na sekundę za pomocą komercyjnego urządzenia SS-OCT. Każdy tomogram z sekwencji poddano obróbce, a pozyskane dane dotyczące kształtu rogówki poddano analizie czasowo-częstotliwościowej, zgodnie ze schematem przedstawionym na poniższym rysunku.



Zaprezentowane badania stanowią jeden z pierwszych przykładów zastosowania techniki OCT do oszacowania dynamicznych zmian kształtu rogówki związanych aktywnością układu sercowo-naczyniowego. W szerszej perspektywie, prowadzone będą badania nad dalszą analizą zmian geometrii przedniego odcinka oka zarejestrowanych z użyciem OCT pod kątem wykorzystania tej techniki pomiarowej do m.in. celów wczesniej diagnostyki jaskry.



13 września

Środa

Sesje plenarne (PLE) V i VI

Sesja popularno-naukowa

Pokazy dla uczniów



środa 13.09.2017

sesja plenarna V		Andrzej Ślebarski Uniwersytet Śląski
9:00	9:50	Shuji Nakamura University of California Santa Barbara Invention of high efficient blue LED and future solid state lighting
9:50	10:40	Charles H. Bennett IBM T. J. Watson Research Center Occam's Razor, Boltzmann's Brain, and Wigner's Friend
10:40	11:15	Józef Spałek Uniwersytet Jagielloński The world of strongly correlated fermions: Beyond the Landau Fermi-liquid picture

przerwa na kawę

sesja plenarna VI		Franciszek Krok Politechnika Warszawska
11:45	12:35	Gerard 't Hooft Universiteit Utrecht Performing thought experiments to improve our theories for fundamental physical phenomena
12:35	13:10	Paweł Nurowski Centrum Fizyki Teoretycznej PAN How the green light was given for gravitational wave search
13:10	13:25	Film Rozmowa Krzysztofa Zanussiego z Andrzejem Trautmanem
13:25	14:00	Andrzej Królak Instytut Matematyczny PAN First observations of gravitational wave signals

lunch

15:30	18:30	Wycieczki Sesja popularno-naukowa (14:30-17:00) Pokazy dla uczniów (17:30-18:30)
-------	-------	---

19:00 Odsłonięcie tablicy pamiątkowej na Max Born Forum

19:30	21:30	Koncert (Narodowe Forum Muzyki)
-------	-------	--



Invention of High Efficient blue LED and Future Solid State Lighting

Shuji Nakamura

*Solid State Lighting and Energy Electronics Center (SSLEEC);
Materials and ECE Departments, University of California, Santa Barbara;
Co-founder, Sora Inc.*

Maruska and Tietjen did the first GaN growth by using hydride vapor phase epitaxy in 1969. Since their first GaN growth, a lot of breakthroughs have been achieved for the crystal growth of GaN and InGaN, conductivity control of p-type GaN, and the device structures of LED and laser diodes. Then finally, first high efficient blue LEDs were invented in 1993 [1]. The first white LED was also developed using the blue LED and YAG phosphor by Nichia Chemical Ind., in 1996.

Since first high efficient blue LEDs grown on sapphire were invented in 1993, these blue and white LEDs have been used for all kinds of applications, such as back light of LCD display, general lighting and others. I name these LEDs grown on sapphire and SiC substrate as 1st generation LEDs. These LEDs have been operated at a low current density due to an efficiency droop caused by a high dislocation density and Auger recombination. Recently, high efficient violet LEDs have been developed using GaN substrates by Sora Inc., [2]. It is called GaN on GaN LED. I like to name these high efficient violet LEDs grown on GaN substrates as 2nd generation LEDs because white LEDs made by using the violet LED grown on GaN substrates have superior characteristics in the view of the wavelength stability, efficiency droop, white color quality with a high CRI and the low peak intensity of the blue light which disrupt the circadian cycle.

First violet laser diodes (LDs) were invented in 1995 [3]. Then, those violet LDs have been used for the Blue-Ray DVDs. Now, these blue LDs are used for the application of laser projectors and automobile head lamps with the advantage of the directionality and high light output power density. These laser lighting could be used for a general lighting in the future by reducing the cost and improving the efficiency. I like to name the laser lighting as the 3rd generation solid state lighting.

[1] S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, "Candera-class high-brightness InGaN/AlGaIn double-heterostructure blue-light-emitting diodes," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 64, 1994, pp. 1687-1689

[2] C.A. Hurni, A. D. David, M.J. Cich, R. I. Aldaz, B. Ellis, K. Huang, A. Tyagi, R. A. DeLille, M. D. Craven, F. M. Steranka and M. R. Krames, "Bulk GaN flip-chip violet light-emitting diodes with optimized efficiency for high-power operation." *Appl. Phys. Lett.*, vol. 106, 2015, 031101

[3] S. Nakamura, M. Senoh, S.-I. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushita, H. Kiyoku, Y. Sugimoto, "InGaIn-Based Multi-Quantum-Well-Structure Laser Diodes," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 35, 1996, pp. L74-L76.



Occam's Razor, Boltzmann's Brain, and Wigner's Friend

Charles H. Bennett

IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY USA

Modern cosmology has given new urgency to some early 20th century puzzles that had seemed to be more in the realm of unanswerable philosophy than science: the Boltzmann's brain problem of whether we might be merely a rare statistical fluctuation in an old dead universe, rather than inhabitants of a thriving young one, and the Wigner's friend problem, of what it feels like to be inside an unobserved quantum superposition.



The world of strongly correlated fermions: Beyond the Landau Fermi-liquid picture

Józef Spalek

Marian Smoluchowski Institute of Physics, Jagiellonian University, 30-348 Kraków

In my talk I will present selected fundamental aspects of description of the strongly correlated fermions on example of quantum electronic liquids. I focus on two examples: high-temperature superconductivity and the systems with the Mott Hubbard localization-delocalization transition. The construction of a specific variational approach allows for an interpolations between weak- and strong-correlation (interaction) limits. The results will be compared to basic experiment data concerning those two phenomena.

The project was supported by the Grant MAESTRO from Narodowe Centrum Nauki, No. DEC-2012/04/A/ST3/00342.



Performing thought experiments to improve our theories for fundamental physical phenomena

Gerard 't Hooft

Universiteit Utrecht

Today's theories for fundamental phenomena, such as the Standard Model of the Sub-atomic particles, agree with laboratory tests under the most extreme conditions that could be realised. Yet we know that these theories have shortcomings, such that predictions for the outcomes of far more extreme experiments will be ambiguous. A notorious example is the microscopic black hole. All black holes can become microscopic if surrounded by a high vacuum for ultra cosmological periods of time. We now demand our theories to predict their quantum behaviour. Such demands may yield new constraints and new mathematical principles, essential for further progress.

How the green light was given for gravitational wave search

Paweł Nurowski

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN w Warszawie

The recent detection of gravitational waves by the LIGO/VIRGO team is an incredibly impressive achievement of experimental physics. It is also a tremendous success of the theory of General Relativity. It confirms the existence of black holes; shows that binary black holes exist; that they may collide and that during the merging process gravitational waves are produced. These are all predictions of General Relativity theory in its fully nonlinear regime.

The existence of gravitational waves was predicted by Albert Einstein in 1916 within the framework of linearized Einstein theory. Contrary to common belief, even the very definition of a gravitational wave in the fully nonlinear Einstein theory was provided only after Einstein's death. Actually, Einstein had arguments against the existence of nonlinear gravitational waves (they were erroneous but he did not accept this), which virtually stopped development of the subject until the mid-1950s. This is what we refer to as the Red Light for gravitational waves research.

In the following years, the theme was picked up again and studied vigorously by various experts, mainly Herman Bondi, Felix Pirani, Ivor Robinson and Andrzej Trautman, where the theoretical obstacles concerning gravitational wave existence were successfully overcome, thus giving the 'Green Light' for experimentalists to start designing detectors, culminating in the recent LIGO/VIRGO discovery.

In this lecture we tell the story of this theoretical breakthrough. Particular attention will be given to the fundamental 1958 papers of Trautman, which seem to be lesser known outside the circle of General Relativity experts. The talk will be based on the article of C. Denson Hill and PN [1] published in the special volume of Notices of the American Mathematical Society devoted to gravitational waves detection.

[1] C. D. Hill, P. Nurowski, Notices of AMS **64**, 686 (2018)



First observations of gravitational wave signals

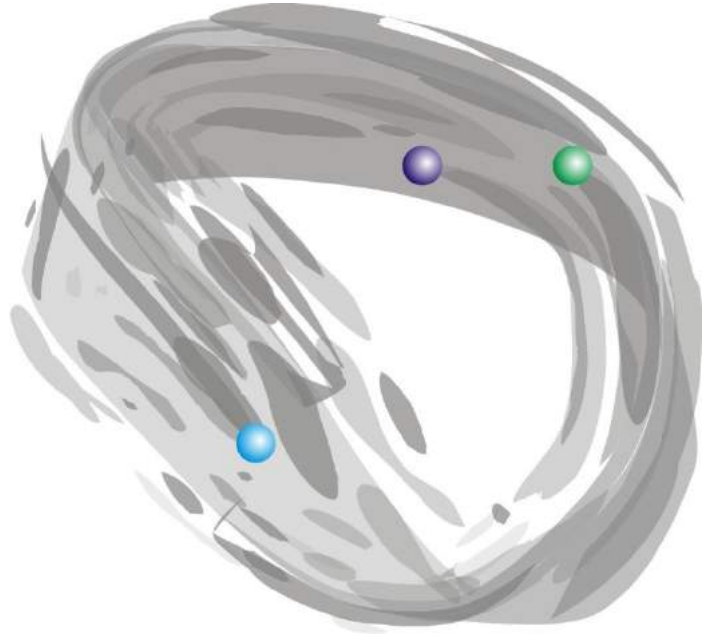
Andrzej Królak

*Institute of Mathematics, Polish Academy of Sciences
National Center for Nuclear Research, Świerk*

I shall present observations of gravitational radiation from stellar mass binary black hole mergers in LIGO detectors data. I shall make a short introduction to gravitational wave phenomenon. I shall briefly describe the method of measurement of gravitational signals. I shall present basic data analysis tools needed for the detections - models of binary black hole mergers and statistical methods of extraction of signals from the detector noise and estimation of their parameters. I shall discuss implications of the observations both for fundamental physics and astrophysics. I shall also summarize results of several astronomical observations in coincidence with detected gravitational wave events.

Finally I shall present results of searches for other gravitational wave signals than binary black hole mergers.

- [1] The LIGO Scientific Collaboration, the Virgo Collaboration, Phys. Rev. Lett. 116, 061102 (2016).
- [2] The LIGO Scientific Collaboration, the Virgo Collaboration, Phys. Rev. Lett. 116, 241103 (2016)
- [3] The LIGO Scientific Collaboration, the Virgo Collaboration, Phys. Rev. Lett. 118, 221101 (2017).



Sesja popularno-naukowa

Otwarta sesja popularno-naukowa sponsorowana jest przez



Bank Polski

oraz



Otwarta sesja popularno-naukowa

Program sesji

14.30 – 15.30

Wykład

Anton Zeilinger (Uniwersytet Wiedeński)

From Quantum Puzzles to Quantum Information Technology

15.30 – 16.00

Pokazy eksperymentów

Anna Hajdusianek (Politechnika Wrocławska)

Magia światła

16.00 – 17.00

Wykład

Łukasz A. Turski (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN)

Nauka w Karlejącym Świecie XXI wieku

17.30 – 18.30

Pokazy doświadczeń dla dzieci

Anna Hajdusianek (Politechnika Wrocławska)

Fizyka dla magika



From Quantum Puzzles to Quantum Information Technology

Anton Zeilinger

*Vienna Center for Quantum Science and Technology,
Faculty of Physics, University of Vienna
Institute of Quantum Optics and Quantum Information,
Austrian Academy of Sciences*

What are Schrödinger's cat, Einstein's "spooky action at a distance" and his comment that God does not play dice with the Universe all about? Such puzzles led to many experiments which gave rise to world-wide activities to develop quantum information technologies.

The question raised by Schrödinger's cat is how large quantum systems can be. It will be argued that this is a practical question for experimental development in the future with currently no limit in sight.

Einstein's "spooky action at a distance" epitomizes the importance of quantum entanglement. The discussion began by Einstein, Podolsky, and Rosen in 1935 has led to Bell's Theorem. Most recently, experiments have been realized closing more loopholes in such test of local realistic ("classical") views than ever before. In the most recent "Cosmic Bell Experiment", the source of randomness came from distant stars.

Likewise, the randomness of individual quantum events is now considered a fundamental constituent of our understanding of Nature. Its most recent application is the NIST randomness beacon.

A most interesting and rather visual work horse have become orbital angular momentum (OAM) states, "screws of light". These can be used to carry much more information than one bit per photon, and they can be entangled in very high dimensions. These features open up new possibilities, also relevant for fundamental questions. Realizations include 3-dimensional, 3-particle GHZ states.

To date, the fundamental concepts, demonstrated by these puzzles, became the basis for the emerging quantum information technology. It includes quantum teleportation, and quantum computation.

I expect that a future quantum internet will combine these ideas. It will consist of quantum computers connected by quantum links carrying photons. I will shortly introduce these fields. From a fundamental point of view, some of the technical realizations have helped to sharpen our basic questions about the nature of quantum systems.

Nauka w Karlejącym Świecie XXI wieku

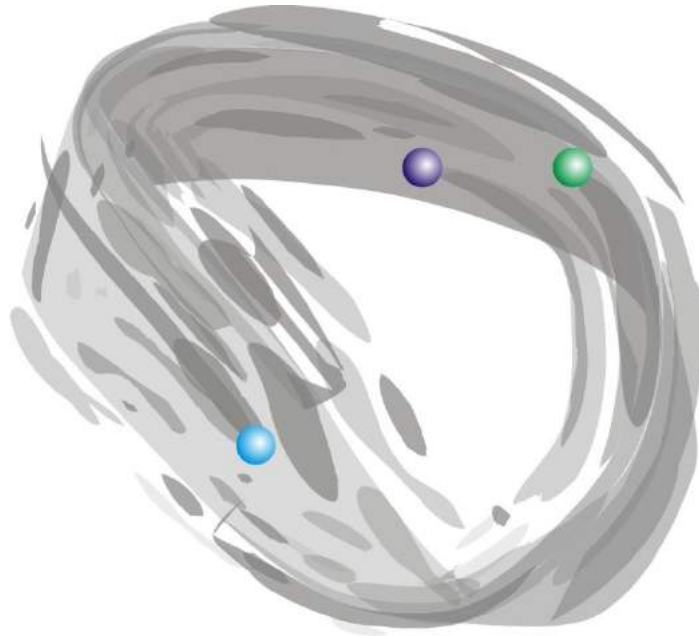
Łukasz A. Turski*

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, *l.a.turski@cft.edu.pl



Nasza cywilizacja przeniosła się z wyrąbywanych, od Amazonii do Europy Wschodniej, puszczy do lasów anten telefonii komórkowej. Pławimy się w oceanie informacji niesionej strukturą światowej sieci, który bardziej niż naturalne oceany odpadami z plastiku, jest zanieczyszczony “post prawdą”, czyli tym co jeszcze 20 lat temu nazwalibyśmy kłamstwem i oszustwem i nie robimy z tym faktem kompletnie nic. Zamierzamy przesiąść się do autonomicznych samochodów, kupować w internetowych sklepach dostarczających nam towary dronami, ale chowamy głowę w piasek przed podstawowymi problemami energetycznymi świata. Żalimy się publicznie, że kolejne rządy ograniczają finansowanie przygotowań do załogowych lotów kosmicznych czy rozbudowy centrów akceleratorowych, ale nawet wielkie media i blogerzy kibicują pozwom sądowym przeciw doświadczeniom przeprowadzanym w tych ośrodkach. Przy nawet najdrobniejszym problemie zdrowotnym domagamy się badań CAT, MRI czy PET ale tolerujemy hołotę lekarzy leczących chorych na nowotwory wyciągami z pestek moreli czy kryminalistów wzywających do zaniechania szczepień. Etc, etc.

Dlaczego w pierwszych dwóch dekadach XXI wieku rewolucji technologicznej zdolnej całkowicie zmienić cywilizację naszego świata towarzyszy karlenie tejże cywilizacji akceptowanej przez sporą część jak nigdy bogatej, zdrowej i bezpiecznej ludności tzw rozwiniętych krajów? Jaka jest w tym rola nauki? Warto zastanowić się.



14 września

Czwartek

Sesje plenarne (PLE) VII i VIII

Sesja ogólna (SO) V i VI

Grawitacja i kosmologia (GK) II i III

Materia skondensowana (MS) III i IV

Fizyka statystyczna (FS) I i II

Fizyka biologiczna i medyczna (BM) II i III

Fizyka jądrowa (FJ) II i III



czwartek 14.09.2017

sesja plenarna VII		Stanisław Kistryn Uniwersytet Jagielloński	
9:00	9:50	Michał Heller Uniwersytet Papieski Jana Pawła II	Filozoficzna droga Einsteina
9:50	10:25	Ewa Gudowska-Nowak Uniwersytet Jagielloński	Współczesna spuścizna Mariana Smoluchowskiego: Sto lat inspiracji
10:25	11:00	Robert Alicki Uniwersytet Gdański	Self-oscillations in photovoltaic/thermo-electric fuel cells and biological engines

przerwa na kawę

sesja plenarna VIII		Roman Micnas Uniwersytet im. Adama Mickiewicza	
11:30	12:20	Andrzej Udalski Uniwersytet Warszawski	Srebrna rocznica przeglądu nieba OGLE
12:20	12:55	Zbigniew Nawrat Śląski Uniwersytet Medyczny	Polskie sztuczne serce i robot Robin Heart czyli przygody fizyka na kontynencie medyków
12:55	13:30	Michał Horodecki Uniwersytet Gdański	Thermodynamics as a resource theory

lunch

13:45 Odślonięcie pomnika Smoluchowskiego

15:15	16:50	Sesje równoległe	A - ogólna, B - grawitacja i kosmologia, C - materia skondensowana, D - fizyka statyczna, E - fizyka biologiczna i medyczna, F - fizyka jądrowa
-------	-------	-------------------------	---

przerwa na kawę

17:05	18:40	Sesje równoległe	A - ogólna, B - grawitacja i kosmologia, C - materia skondensowana, D - fizyka statyczna, E - fizyka biologiczna i medyczna, F - fizyka jądrowa
-------	-------	-------------------------	---

19:30	21:30	Bankiet (Centrum Kongresowe w Kompleksie Hali Stulecia)	
-------	-------	--	--



Filozoficzna droga Einsteina

Michał Heller

Uniwersytet Papieski Jana Pawła II w Krakowie

Ogólna teoria względności Alberta Einsteina należy do największych intelektualnych osiągnięć ludzkości. Spowodowała ona nie tylko przewrót w fizyce, ale dokonała również głębokiego przewartościowania we współczesnej filozofii. Pod wpływem swoich osiągnięć w fizyce sam Einstein musiał zmienić wiele swoich filozoficznych poglądów. W odczycie pragnę przedstawić tę filozoficzną peregrynację twórcy teorii względności. Uczynię to w następujących punktach:

1. Formowanie się filozoficznych poglądów młodego Einsteina. Z czasem przyjmuje on za swoją filozofię Macha.
2. Wyraźnie ślady tej filozofii nosi na sobie szczególna teoria względności.
3. Tworząc ogólną teorię względności, Einstein nieświadomie odchodzi od filozofii Macha.
4. Korespondencja Einsteina z Machem. Czy Mach był rzeczywiście przeciwnikiem ogólnej teorii względności?
5. Einstein odkrywa, że już nie jest „machistą”.
6. Einstein i neopozytywizm wiedeński.
7. Wpływ Einsteina na 20-wieczną filozofię nauki.



100 lat inspiracji: Współczesna spuścizna Mariana Smoluchowskiego

Ewa Gudowska-Nowak

Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Teoria ruchów Browna, błędzenie losowe i transport dyfuzyjny są dzisiaj trwałymi elementami opisu wielu zjawisk naturalnych. Te paradygmatyczne podejścia wykorzystywane są w analizie sygnałów czasoprzestrzennych i teorii informacji, w opisie kinetyki chemicznej, zmian cen na rynkach giełdowych, dyspersji cieczy w strukturach skalnych, dynamice plazmy i ruchu schłodzonych atomów w sieciach optycznych. Fundamentalne prace Mariana Smoluchowskiego dały podwaliny formalizmowi statystycznego opisu procesów nierównowagowych, wskazały probabilistyczną interpretację praw termodynamiki i przyczyniły się do rozwoju matematycznej teorii procesów stochastycznych.

W wykładzie przedstawię współczesne problemy fizyki statystycznej i teorii fluktuacji [1] będące pokłosiem teoretycznych rozważań Smoluchowskiego.

- [1] Marian Smoluchowski's 1916 Paper - a Century of Inspiration, E. Gudowska-Nowak, K. Lindenberg, R. Metzler, Guest Eds., Special Issue J. Phys. A: Mathematical and Theoretical **50**, 18 (2017).

Self-oscillations in photovoltaic/thermoelectric fuel cells and biological engines

Robert Alicki

Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki, Uniwersytet Gdański

A standard textbook picture of photovoltaic/thermoelectric fuel cells (PTF) and biological engines (e.g. proton pumps) assumes a direct transformation of light, heat or chemical energy into electric current. However, this scheme is inconsistent with the basic principles of electrodynamics and thermodynamics. To solve this problem the mechanism of collective electric charge self-oscillations fed by a constant energy supply, has been proposed. Subsequently, a diode mechanism, present in all mentioned above energy transducers, transforms charge oscillations into a direct current. A simple analog system - a steam engine used to propel the so-called “putt-putt boat” – is used to illustrate the physics of work generation in PTF. Another model system - driven elastic capacitor – describes the plausible mechanism of self-oscillations in biological engines. The main new prediction of the proposed theory is the emission of electromagnetic radiation by PTF in THz region, or conversely, resonant stimulation of PTF by electromagnetic oscillations. Remarkably, only the last phenomenon has been observed, but only in biological ion pumps with cut off chemical energy supply and stimulated by an oscillating electric field.



Srebrna Rocznicza Przeglądu Nieba OGLE

Andrzej Udalski

*Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego,
Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa, Poland*

W 2017 roku mija 25-ta rocznica rozpoczęcia największego w historii polskiej astronomii projektu obserwacyjnego – The Optical Gravitational Lensing Experiment (OGLE). Jest on prowadzony przez astronomów z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego i od chwili powstania należy do największych w skali światowej przeglądów nieba.

Projekt OGLE od ćwierć wieku dostarcza nieprzerwanie nowych odkryć naukowych na najwyższym światowym poziomie, wytycza nowe kierunki badań we współczesnej astronomii rozwijając pionierski rodzaj prowadzenia obserwacji astronomicznych – wielkoskalowe przeglądy nieba i tzw. time domain astrophysics.

Do najważniejszych sukcesów projektu OGLE należy detekcja pierwszych zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego i rozwój tej nowatorskiej dziedziny badań astrofizycznych. Zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego wykorzystano m.in. do badania ciemnej materii w Drodze Mlecznej oraz analizy jej budowy, a także do poszukiwania planet pozasłonecznych.

Kolejne przełomowe odkrycia zostały dokonane w dziedzinie poszukiwań planet pozasłonecznych. Po raz pierwszy z sukcesem zastosowano dwie nowe techniki poszukiwania planet: metodę tranzytów i mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Dotychczas odkryto około 70 planet pozasłonecznych.

W ramach projektu OGLE skompletowano największą na świecie kolekcję gwiazd zmiennych liczącą około miliona obiektów. Zawiera ona wiele wyjątkowych systemów gwiazdowych oraz nieznanie wcześniej typy zmienności gwiazd. Odkrywane są również regularnie obiekty wybuchowe, w szczególności unikalne gwiazdy nowe, nowe karłowate czy supernowe.

Przedmiotem zainteresowania projektu są również obiekty z bezpośredniego otoczenia Ziemi – np. kandydatki na planety karłowate, krążące w tzw. pasie Kuipera – a także znajdujące się w odległościach kosmologicznych: odległe kwazary, galaktyki czy soczewki grawitacyjne.

W trakcie wykładu przedstawione zostaną aktualne badania prowadzone w ramach projektu OGLE ze szczególnym akcentem położonym na niedawne odkrycia w różnych dziedzinach.

Polskie Sztuczne Serce i robot Robin Heart czyli przygody fizyka na kontynencie medyków

Zbigniew Nawrat^{1,2}, Zbigniew Małota¹

¹ Fundacja Rozwoju Kardiologii im prof Zbigniewa Religi, Zabrze

² Śląski Uniwersytet Medyczny, Katowice

Kolejne pokolenia fizyków odpowiadają na wyzwania czasu, miejsca i aktualnego rozwoju cywilizacji. Moja historia to kilka kart dobrze zapisanych współpracy pomiędzy pionierami medycyny i fizykami. Pierwsze zadania, których się podjąłem w zespole Katedry Biofizyki SUM dotyczyły równań transportu membranowego [1] o potencjalnym polu aplikacji związanych np. ze sztuczną nerką. Kiedy wykonano pierwsze udane transplantacje serca i trzeba było znaleźć sposób na utrzymanie przy życiu przez dłuższy czas oczekujących na transplantację podjąłem współpracę z Katedrą Kardiologii prof. Zbigniewa Religi a następnie pełną zaangażowania pracę w Pracowni Sztucznego Serca. Projektowałem pompy krwi – sztuczne serce [2] i komory wspomaganie serca, opracowałem system badań laboratoryjnych, wykonaliśmy odpowiednie eksperymenty na zwierzętach a następnie wdrożyliśmy POLVAD do kliniki. Do dzisiaj dawały szansę prawie 400 pacjentom, najdłużej z powodzeniem stosowano je prawie dwa lata u jednego pacjenta. Do organizowanego Instytutu Protez Serca FRK ściągnąłem kolegę fizyka – Zbigniewa Małotę. Kolejnym zadaniem były protezy zastawek serca. Następnie uruchomiliśmy pierwsze w Polsce badania modelowe i symulacje komputerowe dla wspomaganie decyzyjnego i planowania operacji kardiologicznych. Kolejnym wyzwaniem, które podjąłem była organizacja zespołu i prowadzenie projektu polskiego robota chirurgicznego, którego nazwałem Robin Heart. Opracowaliśmy zupełnie nowe, oryginalne rozwiązania konstrukcyjne, stanowiska badawcze i nasze innowacyjne roboty [3] przetestowaliśmy w eksperymentach na zwierzętach oraz w modelu operacji na odległość. Również jako pierwsi w Polsce zastosowaliśmy w medycynie technologie przestrzeni wirtualnej. Wirtualna sala operacyjna służy do planowania i treningu operacji robotowej. Kontynuujemy również prace nad symulacjami komputerowymi operacji [4] oraz edukacyjnymi i treningowymi stanowiskami dla adeptów chirurgii małoinwazyjnej i robotowej. W swoim wykładzie będę dowodził, że przez cały czas byłem fizykiem.



- [1] A.Ślęzak, B. Turczyński, Z. Nawrat “Modification of the Kedem –Katchalsky-Zelman Model-Equations of the Transmembrane Transport”. Non-Equilib. Thermodyn. Vol. 14, p.205-218, (1989)
- [2] Z. Nawrat, R. Kustos, Z. Religa, B. Stolarzewicz „Pierwsze polskie sztuczne serce”. Polski Przegląd Chirurgiczny, 65, 9, s.856-869, (1993)
- [3] Z. Nawrat „Pierwszy europejski robot kardiologiczny - Robin Heart, rodem z Zabrze, gotowy do pierwszych operacji na zwierzętach”. Kardiochir.Torako chir.Pol. T.1 nr 2 s.136-138, (2004)
- [4] Z. Małota, Z. Nawrat, P. Kostka “Computer and physical modeling of blood circulation pump support for a new field of application in palliative surgery”. Int.J.Artif.Organs; Vol.30 No 12, p.1058-1074, (2007)



Thermodynamics as a resource theory

Michał Horodecki

Wydział Matematyki Fizyki i Informatyki, Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki & Krajowe Centrum Informatyki Kwantowej, Uniwersytet Gdański

We will outline an approach to thermodynamics as a resource theory. Resource theory consists of the set of "free states" and class of operations. Any state that is not free is viewed as a resource, and the class of operations cannot create such a state, but can only manipulate. We will show how to use such approach to obtain thermodynamics for microscopic systems, being in contact with macroscopic heat bath. Analogues of the traditional notions such as work, heat or free energy and the laws of thermodynamics in such regime will be presented. It will be also shown how the resource theory approach leads to generalization of fluctuation theorems.



czwartek 14.09.2017, sala A

sesja ogólna V

15:15	15:47	0:32	Anna Kaczmarska Instytut Fizyki Jądrowej PAN	Czy LHC odkryje Nową Fizykę?
15:47	16:19	0:32	Roman Rosiek Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN	Metody psychofizjologiczne w dydaktyce nauk ścisłych
16:19	16:39	0:20	Katarzyna Frankiewicz Narodowe Centrum Badań Jądrowych	Poszukiwania ciemnej materii
16:39	16:51	0:12	Sebastian Dawid Uniwersytet Warszawski	Renormalization group procedure for $-g/r^2$ potential

sesja ogólna VI

17:04	17:36	0:32	Piotr Bożek Akademia Górniczo-Hutnicza	Najmniejsza kropla płynu
17:36	18:08	0:32	Katarzyna Sznajd-Weron Politechnika Wrocławska	O spotkaniu fizyki z psychologią czyli czy ludzi można traktować jak cząstki?
18:08	18:28	0:20	Kajetan Niewczas Uniwersytet Wrocławski	Metody Monte Carlo w fizyce cząstek elementarnych
18:28	18:40	0:12	Adam Wincukiewicz Uniwersytet Warszawski	Wytwarzanie i optymalizacja perowskitowych ogniw fotowoltaicznych

Czy LHC odkryje Nową Fizykę?

Anna Kaczmarska

Instytut Fizyki Jądrowej PAN

Model Standardowy (MS) jest teorią opisującą subatomowe, podstawowe składniki Wszechświata oraz ich wzajemne oddziaływania. Od kilkudziesięciu lat testujemy doświadczalnie MS i nie znajdujemy najmniejszych odstępstw od jego przewidywań. Ostatni brakujący element tego modelu, bozon Higgsa, został odkryty w roku 2012 przez eksperymenty ATLAS i CMS. Mimo to jesteśmy pewni, że MS nie jest teorią ostateczną. Istnieje wiele pytań, na które ten model nie daje odpowiedzi, jak choćby dlaczego cząstki mają takie, a nie inne masy, dlaczego natura preferuje materię, a nie antymaterię lub pytanie, co tworzy ciemną materię, która odpowiada za około 25% masy Wszechświata.

Wielki Zderzacz Hadronów (ang. Large Hadron Collider, LHC) znajdujący się w ośrodku badawczym CERN jest największym urządzeniem badawczym, jakie kiedykolwiek zostało skonstruowane. W podziemnym tunelu o obwodzie 27 km znajdują się potężne nadprzewodzące magnesy wraz z urządzeniami przyspieszającymi cząstki. Zadaniem akceleratora jest rozpędzenie dwóch wiązek protonów do niespotykanej dotąd energii 6,5 TeV, a następnie zderzenie ich ze sobą w czterech punktach na obwodzie LHC. W punktach tych znajdują się detektory służące do pomiaru nowych cząstek powstałych w wyniku zderzeń. LHC odtwarza warunki panujące we Wszechświecie tuż po Wielkim Wybuchu.

Głównym zadaniem LHC jest dostarczenie odpowiedzi na pytania dotyczące otaczającego nas świata i rządzących nim prawach. Z wykorzystaniem tego akceleratora poszukujemy zjawisk świadczących o istnieniu fizyki nieopisananej dotychczasowymi teoriami, nazywanej Nową Fizyką. Jej odkrycie byłoby niezwykle ważnym przełomem naukowym i znacząco poszerzyłoby naszą wiedzę o Wszechświecie.

W swojej prezentacji przedstawię pokrótce podstawowe wiadomości o Modelu Standardowym oraz o problemach wykraczających poza ten Model. Omówię także nasze narzędzie do poszukiwań Nowej Fizyki, jakim jest akcelerator LHC oraz przedstawię wybrane analizy prowadzone w tym celu przez eksperymenty ATLAS i CMS.

Metody psychofizjologiczne w dydaktyce nauk ścisłych

Roman Z. Rosiek¹, Mirosława E. Sajka²

¹ Instytut Fizyki, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie

² Instytut Matematyki, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie

Odkrycia Richarda Catona w 1875 r. [1] w zakresie zastosowań galwanometru do pomiaru aktywności kory mózgowej zwierząt, możemy uznać za pierwsze kluczowe wydarzenia w dziedzinie rozwoju i zastosowań tzw. neurofeedback. Dynamiczny rozwój współczesnej fizyki w zakresie nowych materiałów półprzewodnikowych, który przełożył się na rozwój inżynierii biomedycznej, technik przetwarzania sygnałów, sprawił, że miniaturowe, bardzo precyzyjne i czułe urządzenia pomiarowe stają się coraz bardziej dostępne i powszechne. Możemy je stosować nie tylko w zakresie szkolenia pilotów NASA, ale także do badania oraz monitorowania procesu czytania, analizy grafiki (np. wykresu) oraz procesów percepcji i strategii analizy treści zadań, uczniów oraz studentów. Interdyscyplinarna Grupa Badawcza Dydaktyki Kognitywnej, działająca w Instytucie Fizyki, na Wydziale Matematyczno-Fizyczno-Technicznym Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, wykorzystuje te techniki do prowadzenia badań z zakresu dydaktyki nauk ścisłych, głównie fizyki. Monitorujemy pracę serca (HRV, BVP), amplitudy i częstości respiracji, zmiany przewodności elektrodermalnej, EEG, w połączeniu z technikami eyetrackingowymi rejestracji pracy gałki ocznej podczas procesu rozwiązywania zadań z fizyki.

Podczas wystąpienia zostaną omówione wykorzystywane techniki, ich możliwości badawcze i ograniczenia oraz zostaną zaprezentowane przykładowe wyniki badań.

Badania eyetrackingowe znacznie rozszerzają możliwości diagnostyczne stosowanych dotychczas technik badawczych, dlatego liczba badań na świecie z ich wykorzystaniem gwałtownie rośnie [2], również z zakresu dydaktyki nauk ścisłych.

Znaczna miniaturyzacja i dostępność mobilnych eyetrackerów sprawia, że wkrótce można będzie prowadzić badania nie tylko w warunkach laboratoryjnych, gdzie sam przebieg i rejestracja badania znacznie odbiega od warunków naturalnych, lecz także w warunkach typowych lekcji i wykładów.

[1] S. Finger, (1994), *Origins of Neuroscience: a history of explorations in brain function*, New York: Oxford University Press, pp. 41–42

[2] M.-L. Lai, M.-J.Tsai, F.-Y. Yang, C.-Y. Hsu, T.-C. Liu, S. W.-Y. Lee, et al. (2013). A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012, *Educational Research Review* 10, 90-115.

Poszukiwania ciemnej materii

Katarzyna Frankiewicz

Narodowe Centrum Badan Jądrowych

Czego jeszcze nie wiemy o naszym Wszechświecie? Czym jest ciemna materia i skąd wiemy o jej istnieniu? Jak zbadać coś, czego nie da się zobaczyć? Podczas wystąpienia zostanie podjęta próba odpowiedzi na te i wiele innych pytań nurtujących naukowców. Już w 1933 roku Fritz Zwicky zauważył, że galaktyki należące do gromady w Warkoczu Bereniki, poruszają się tak szybko, że biorąc pod uwagę oddziaływanie grawitacyjne materii którą widzimy, niektóre z nich powinny zostać wyrzucone z gromady. Na tej podstawie wysunął hipotezę, że większość masy w gromadzie stanowi niewidoczna ciemna materia. Początkowo postulat ten nie zyskał uznania środowiska naukowego jednak z czasem pojawiło się więcej dowodów obserwacyjnych potwierdzających tę hipotezę. Dzisiaj ocenia się, że stanowi ona ponad 1/4 Wszechświata, obok znanej nam zwykłej materii (tzw. barionowej) i dominującej ciemnej energii, która o ile to możliwe, stanowi jeszcze większą zagadkę dla naukowców.

Do tej pory rozważano różne typy cząstek mogących stanowić ciemną materię. Na chwile obecną najbardziej prawdopodobna wydaje się hipoteza, że są to nierelatywistyczne (czyli poruszające się dużo wolniej niż światło), neutralne i długożyciowe, słabo oddziałujące masywne cząstki, które zbiorowo nazywamy WIMPs (ang. Weakly Interacting Massive Particles). Uważa się, że ciemna materia występuje w całym Wszechświecie, zarówno w przestrzeni międzygwiazdowej wewnątrz galaktyk jak i pomiędzy nimi, dzięki czemu możliwe jest jej badanie, nawet na Ziemi. Z jednej strony zakłada się, że WIMP-y mogą rozpraszać się elastycznie na jądrach zwykłej materii co stanowi podstawę do bezpośrednich prób jej detekcji. Wiele eksperymentów podjęło próby zmierzenia energii kinetycznej odrzutu jądra materii po takim zderzeniu, jednak do tej pory ich wyniki są dość niejednoznaczne i kontrowersyjne, gdyż częściowo wzajemnie się wykluczają. Alternatywą wobec metod bezpośrednich mogą być pośrednie metody detekcji, opierające się na poszukiwaniu cząstek produkowanych w wyniku anihilacji ciemnej materii.

Tematyka badan ciemnej materii jest bardzo trudna, ale też niezwykle ciekawa. Pomimo od dawna znanych przytłaczających obserwacyjnych dowodów na jej istnienie oraz wielu podjętych prób detekcji, jej natura wciąż pozostaje nieznana. Próby ustalenia, czym jest ciemna materia i jakie są jej właściwości, doprowadziły do wielu odkryć, ale do dzisiaj nie dały poszukiwanych ostatecznych odpowiedzi. Różnorodne podejścia do zagadnienia detekcji ciemnej materii wzajemnie się uzupełniają. Pokazują, że prowadzenie obserwacji tylko jedną metodą, nie jest wystarczające do pełnego zbadania i zrozumienia problemu. Podczas wystąpienia omówione zostaną prowadzone obserwacje astrofizyczne, rozważane modele teoretyczne oraz najnowsze wyniki eksperymentalne dotyczące poszukiwań ciemnej materii. Podsumowany zostanie obecny stan wiedzy i przedstawione zostaną plany na przyszłość. Prowadzenie dalszych badan w tej dziedzinie jest niezwykle istotne, gdyż ciemna materia wciąż stanowi ogromną lukę w naszej wiedzy o Wszechświecie.



Renormalization group procedure for $-g/r^2$ potential

S.M. Dawid¹, R. Gonsior¹, J. Kwapisz¹, K. Serafin¹, M. Tobolski^{1,2}, S.D. Glazek^{1,3}

¹*Institute of Theoretical Physics, Department of Physics, University of Warsaw,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warsaw, Poland*

²*Institute of Mathematics, Polish Academy of Sciences,
ul. Śniadeckich 8, 00-656 Warsaw, Poland*

³*Department of Physics, Yale University,
New Haven, Connecticut 06520, USA*

Schroedinger equation with potential $-g/r^2$ exhibits a limit cycle, described in the literature in a broad range of contexts using various regularizations of the singularity at $r = 0$. Usually, regularized Hamiltonian is supplied by corrections on the basis of demanding that predictions for observables do not depend on the regularization. [1, 2, 3, 4]

Instead of first calculating observables in a regularized theory, guessing an ansatz for the correction term, and subsequently checking if such a theory can give regularization independent results for the observables, we begin by calculating the required counterterm structure in the presence of regularization. We use the Wilsonian type of renormalization group transformation based on Gaussian elimination from the Hamiltonian eigenvalue problem of high momentum modes above a finite, floating cutoff scale. [5]

The procedure identifies a richer structure than the one we found in the literature. Namely, it directly yields an equation that determines the renormalized Hamiltonians as functions of the floating cutoff: solutions to this equation exhibit, in addition to the limit-cycle, also the asymptotic-freedom, triviality, and fixed-point behaviors, the latter in vicinity of infinitely many separate pairs of fixed points in different partial waves for different values of g .

- [1] K. M. Case, Phys. Rev. 80 (1950) 797 .
- [2] E. Braaten, D. Phillips, Phys. Rev. A 70 (2004) 052111 .
- [3] H.-W. Hammer, B. G. Swingle, Ann. Phys. 321 (2006) 306.
- [4] B. Long, U. van Kolck, Ann. Phys. 323 (2008) 1304.
- [5] S. Dawid *et al*, arXiv:1704.08206 .

Najmniejsza kropla płynu

Piotr Bożek

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie*

W zderzeniach jądrowych o skrajnie relatywistycznych energiach, prowadzonych na akceleratorach RHIC w BNL-u i LHC w CERN-ie, tworzona jest kropla bardzo gęstej i gorącej materii. Porównanie przewidywań dla modelu hydrodynamicznej ekspansji takiej gęstej kropli z wynikami eksperymentalnymi, pozwala wyznaczyć własności tego nowego stanu materii, plazmy kwarkowo-gluonowej. Obserwacje w zderzeniach jądro-jądro potwierdzają, że wytworzono w laboratorium jest kroplę płynu o ekstremalnie małej lepkości. Najnowsze wyniki dla zderzeń proton-Pb, deuteron-Au i ^3He -Au wskazują na istnienie przepływu kolektywnego w tak małych układach, co oznacza stworzenie najmniejszej kropli płynu, o rozmiarze około $2\text{-}3 \times 10^{-15}$ m.



O spotkaniu fizyki z psychologią czyli czy ludzi można traktować jak cząstki?

Katarzyna Sznajd-Weron

*Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wroclawska*

Fikcyjna nauka zwana psychohistorią, wprowadzona przez Asimowa w cyklu Fundacja, która pozwalała na przewidzenie przyszłości za pomocą równań matematycznych, od dawna fascynuje nie tylko wielbicieli fantastyki, ale również naukowców. Dziedzina znana jako socjofizyka jest dla wielu takim urealnieniem pomysłu Asimowa. Socjofizycy budują tzw. modele agentowe, które polegają zwykle na symulacji oddziaływań społecznych pomiędzy agentami (np. osobami, firmami itd.), które mają miejsce w ramach pewnych struktur (sieci) społecznych. Tego typu modele mają na celu obserwację, analizę, ale przede wszystkim zrozumienie pewnych zagregowanych efektów, takich jak dynamika opinii publicznej, wyniki wyborów, dyfuzja innowacji, rewolucje kulturowe i polityczne, międzynarodowy terroryzm, nierówności społeczne, segregacja etniczna i kulturowa, oraz wiele innych. Modelowanie agentowe układów społecznych to dziedzina wysoce interdyscyplinarna, budująca pomost pomiędzy opisem oddziaływań pomiędzy jednostkami, będącym domeną psychologii społecznej, a opisem różnych struktur i procesów obserwowanych na poziomie społeczeństw, będących domeną socjologii.

Chociaż początki modelowania agentowego w naukach społecznych sięgają lat sześćdziesiątych, dopiero w latach dziewięćdziesiątych podejście to osiągnęło masę krytyczną i zaczęło się gwałtownie upowszechniać. Niemal jednocześnie, chociaż niezależnie, pojawił się w ramach fizyki statystycznej nowy obszar badań, nazwany socjofizyką, polegający na wykorzystaniu metod fizyki statystycznej i teorii przejść fazowych do modelowania i analizy układów społecznych.

W trakcie tego wykładu skoncentrujemy się na modelach dynamiki opinii, ponieważ właśnie te modele są najczęściej punktem startowym do tworzenia ABMs różnych procesów społecznych. Jednym z kluczowych elementów, które należy uwzględnić przy budowie modeli agentowych dynamiki opinii jest nie tylko precyzyjna definicja agenta ale i zasad, które zmieniają opinie agentów. I właśnie tu pojawia się pytanie: *Czy ludzi można traktować jak cząstki, a jeśli tak to jakie oddziaływania pomiędzy nimi zachodzi?* W czasie wykładu zastanowimy się gdzie moglibyśmy szukać odpowiedzi na to pytanie i czy fizyk może w tym jakoś pomóc.

Metody Monte Carlo w fizyce cząstek elementarnych

Kajetan Niewczas^{1,2}

¹*Institut Fizyki Teoretycznej, Uniwersytet Wrocławski,
Plac Maxa Born'a 9, 50-204 Wrocław, Polska*

²*Department of Physics and Astronomy, Ghent University,
Proeftuinstraat 86, B-9000 Ghent, Belgium*

Symulacje komputerowe są ważnym elementem w pracy współczesnego fizyka, gdyż tworzą one niezbędny pomost pomiędzy fizyką teoretyczną, a eksperymentalną. Przykładem wykorzystywanych metod symulacji jest metoda Monte Carlo, która pozwala na modelowanie złożonych procesów, gdy zawodzi podejście analityczne. Polega ona na losowym doborze wielkości charakteryzujących proces, gdzie na każdym kolejnym etapie są one dobierane ze znanych rozkładów prawdopodobieństwa. Wykonanie wielu powtórzeń takiej procedury pozwala na wyciągnięcie wniosków na temat ogólnej charakterystyki procesu.

Podczas wystąpienia przedstawione zostaną podstawy działania metody Monte Carlo, a następnie jej działanie zostanie ukazane na intuicyjnych przykładach. W drugiej części prezentacji omówione zostanie zastosowanie metod Monte Carlo w fizyce cząstek elementarnych na przykładzie wrocławskiego generatora NuWro [1], który służy do symulowania procesu rozpraszania neutrin na jądrach atomowych.

[1] T. Golan, C. Juszczak, J.T. Sobczyk, Phys. Rev. C **86**, 015505 (2012).

Wytwarzanie i optymalizacja perowskitowych ogniw fotowoltaicznych

Adam J. Wincukiewicz, Krzysztof P. Korona, Maria Kamińska

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

Ogniwa fotowoltaiczne z warstwą aktywną perowskitu mają duże szanse, aby stać się jedną z istotnych technologii energii odnawialnych, m.in. za sprawą relatywnie prostej i taniej metody wytwarzania, czy możliwej elastyczności urządzenia. Obecnie ogniwa te osiągają - w skali laboratoryjnej - sprawności przekraczające 20% [1], co jest wartością porównywalną z wydajnościami fotowoltaiki nieorganicznej, takiej jak krzemowa, czy cienkowarstwowa na bazie CIGS lub CdTe. Poważnym problemem do przewyższenia pozostaje jednakże niska stabilność ogniw perowskitowych. Stosowane perowskity ulegają rozkładowi pod wpływem wilgoci, dlatego kluczowe jest zastąpienie ich związkami odpornymi na ten czynnik, bądź zapewnienie odpowiedniego zabezpieczenia ogniwa przy jednoczesnym zachowaniu parametrów jego pracy. Dodatkowo, najbardziej popularny perowskit zawiera w swojej strukturze ołów i dlatego poszukuje się innych związków perowskitowych wolnych od tego pierwiastka, na przykład przez zastąpienie go cyną.

W prezentowanej pracy przeprowadzono wstępne badania komercyjnego perowskitu $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Cl}_x$ i przygotowano szereg ogniw fotowoltaicznych na bazie tego związku o architekturze ITO/PEDOT:PSS/ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Cl}_x$ /PC₆₁BM/Al, różniących się grubością warstwy odprowadzającej dziury (HTM)- PEDOT:PSS. Pomiarów luminescencji czasowo rozdzielczej badanego perowskitu pokazały, że charakterystyczne czasy życia fotonosników są długie, na poziomie kilku nanosekund, co oznacza niewielki udział defektów w konkurencyjnych procesach rekombinacji niepromienistej. Dodatkowo zaobserwowano nietypowe, trudne do wytłumaczenia, zachowanie maksimum luminescencji w funkcji temperatury - wraz ze wzrostem temperatury położenie tego maksimum przesunęło się w kierunku wyższych energii. Na podstawie przygotowanych charakterystyk prądowo- napięciowych można wnioskować, że ogniwo z najgrubszą warstwą HTM osiągnęło najwyższe wartości napięcia obwodu otwartego i prądu zwarcia, a zatem najwyższą wydajność. Planowane są dalsze prace w celu zabezpieczenia konstruowanych ogniw i zwiększenia stabilności ich pracy.

[1] W.S. Yang, Science, Vol. 348, Issue 6240, pp 1234-1237.



czwartek 14.09.2017, sala B

grawitacja i kosmologia II

Mariusz Dąbrowski
Uniwersytet Szczeciński

15:15	15:50	0:35	Jerzy Lewandowski Uniwersytet Warszawski	Canonical Loop Quantum Gravity
15:50	16:20	0:30	Patryk Mach Uniwersytet Jagielloński	Self-gravitating disks around black holes
16:20	16:50	0:30	Piotr Sułkowski Uniwersytet Warszawski	String theory and quantum mathematics

grawitacja i kosmologia III

Mariusz Dąbrowski
Uniwersytet Szczeciński

17:05	17:35	0:30	Rafał Moderski Centrum Astronomiczne PAN	Astrofizyka wysokich energii – obserwatorium CTA
17:35	18:00	0:25	Luc Darmé Narodowe Centrum Badań Jądrowych	Dark matter and the high-intensity frontier
18:00	18:20	0:20	Tomasz Miller Politechnika Warszawska	Przyczynowość zjawisk nielokalnych
18:20	18:40	0:20	Tomasz Denkiewicz Uniwersytet Szczeciński	Osobliwości w scenariuszach kosmologicznych

Canonical Loop Quantum Gravity

Jerzy Lewandowski

Uniwersytet Warszawski

The basic structure of the canonical general relativity will be reminded: the vector and hamiltonian constraints, methods of constructing Dirac observables. New results on a reference system related to an observer and geometry will be presented including unexpected deformations of the Poincaré algebra and the uniqueness of the null coordinates. Next the tools of the canonical Loop Quantum Gravity will be introduced: spin-network states, solutions to vector constraints, quantum scalar constraint, operators and their solutions. Finally, capacities of the framework and its applications will be discussed.



Self-gravitating disks around black holes

Patryk Mach

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński

I will discuss recent results concerning self-gravitating stationary disks around black holes. Working in the post-Newtonian approximation we derived relativistic corrections to the angular velocity of the disk. Some of them correspond to well-known post-Newtonian effects (frame dragging), but we also obtained new corrections, including a hydrodynamical anti-dragging term. I will discuss the issue of non-uniqueness of post-Newtonian stationary solutions and comment on estimates of angular momentum and masses in self-gravitating disk systems.

String theory and quantum mathematics

Piotr Sulkowski

*Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa
California Institute of Technology, Pasadena, 91-125 CA, USA*

It is a well known statement that mathematics is the language of physics. Once a proper mathematical formulation of some theory is found, then the solutions of its equations explain or even predict new physical phenomena. In his famous article, Wigner described such relations as “The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences”. However, in last decades the reverse relations have been observed, which can be referred to as the unreasonable effectiveness of physics in mathematics. It turns out that various theories developed by physicists, essentially in the realm of quantum field theory and string theory, lead to remarkable mathematical discoveries – for example to surprising links between seemingly unrelated branches of mathematics. A prototype example of such relations is mirror symmetry. From this line of research a new discipline seems to be emerging, referred to as physical mathematics, or in some contexts as quantum mathematics. Once a physical theory leads to some mathematical truth, there must be some truth in it, even if it poses some philosophical questions – for example, how to compare such mathematical predictions with predictions of phenomena that can be measured in a laboratory. In this lecture I will explain in more detail what is meant by the unreasonable effectiveness of physics in mathematics, and present various examples of what quantum mathematics is concerned with. In particular, as one such illustration, I will explain how analysis of BPS states in certain D-brane systems in string theory leads to unexpected relations between Cherns-Simons theory and knot invariants on one hand, and quiver representation theory on the other had.

Astrofizyka wysokich energii – obserwatorium CTA

R. Moderski

Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN

Ogromny postęp jaki dokonał się w dziedzinie astrofizyki wysokich energii w ostatnich latach nie byłby możliwy bez wykorzystania naziemnych obserwatoriów promieniowania gamma najwyższych energii (VHE; $> 100\text{GeV}$). Działalność takich instrumentów jak High Energy Stereoscopic System (H.E.S.S.), czy Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov (MAGIC) Telescope pozwoliła zwiększyć liczbę znanych źródeł promieniowania VHE z zaledwie kilku do prawie 200. Obserwacje tych obiektów pozwalają prowadzić badania w szerokim zakresie dziedzin – od analizy procesów przyspieszania cząstek do relatywistycznych energii, poprzez badanie mechanizmów propagacji cząstek i promieniowania w ośrodku międzygwiazdowym i międzygalaktycznym, aż po weryfikację najbardziej fundamentalnych teorii fizycznych.

Obecnie trwają prace przygotowawcze do budowy obserwatorium promieniowania gamma następnej generacji – the Cherenkov Telescope Array (CTA). Obserwatorium to będzie się składał z ponad setki teleskopów rozmieszczonych w dwóch lokalizacjach – na południowej i północnej półkuli Ziemi. Obserwatorium to będzie dysponowało prawie dziesięciokrotnie lepszą czułością i znacznie szerszym zakresem energetycznym niż obecnie działające instrumenty. Będzie również pierwszym ośrodkiem otwartym dla szerokiego grona badaczy.

Przedstawię najnowsze wyniki obserwacji astrofizycznych źródeł promieniowania gamma VHE, a także nadzieje związane z uruchomieniem obserwatorium CTA, w tym możliwość odpowiedzi na ponad stuletnie pytanie o pochodzenie cząstek promieniowania kosmicznego.

Dark matter and the high-intensity frontier

Luc Darmé¹, Soumya Rao¹, Leszek Roszkowski^{1,2}

¹ *National Centre for Nuclear Research, Warsaw*

² *Consortium for Fundamental Physics, Department of Physics and Astronomy,
University of Sheffield*

In a first part, we present a brief overview of the current status of searches for new hypothetical Dark Matter particles. We focus in a second time on searches for light (MeV to GeV scale) particles with very weak interaction with the usual Standard Model fields, which could be detected in so-called “high-intensity frontier” experiments.



Przyczynowość zjawisk nielokalnych

Tomasz Miller^{1,3}, Michał Eckstein^{2,3}

¹ Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej

² Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego

³ Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie

Strukturę przyczynową czasoprzestrzeni \mathcal{M} standardowo modeluje się za pomocą pewnej relacji dwuargumentowej na \mathcal{M} nazywanej relacją poprzedzania przyczynowego. W referacie omówię naturalne rozszerzenie tej relacji na borelowskie miary probabilistyczne na \mathcal{M} , czerpiące z matematycznej teorii optymalnego transportu, zaproponowane we współpracy z M. Ecksteinem.

Przedstawię zastosowanie tak otrzymanego formalizmu do opisu przyczynowej ewolucji miar probabilistycznych w czasoprzestrzeniach globalnie hiperbolicznych. Uzasadnię, że odpowiednikiem linii świata są w tym opisie miary probabilistyczne na zbiorze linii świata (wyposażonym w stosowną topologię). Przedyskutuję również zastosowanie powyższych narzędzi do zagadnienia przyczynowej ewolucji paczek falowych.

[1] M. Eckstein, T. Miller, *Ann. Henri Poincaré* (2017), doi:10.1007/s00023-017-0566-1

[2] T. Miller, *J. Geom. Phys.* **116**, 295–315 (2017), doi:10.1016/j.geomphys.2017.02.006

[3] M. Eckstein, T. Miller, *Phys. Rev. A* **95**, 032106 (2017), doi:10.1103/PhysRevA.95.032106

[4] T. Miller, *Universe* **3**(1):27 (2017), doi:10.3390/universe3010027

Osobliwości w scenariuszach kosmologicznych

Tomasz Denkiewicz

Institut Fizyki, Uniwersytet Szczeciński

Próby wyjaśnienia obecnej przyspieszonej ekspansji Wszechświata doprowadziły do sformułowania scenariuszy kosmologicznych dopuszczających nowe rodzaje osobliwości, które nie były znane w ramach standardowego modelu uzgodnionego i które mają inną naturę od dotychczas znanych Wielkiego Wybuchu i Wielkiego Zgniecenia. Znane są scenariusze, w których „nowe” osobliwości występują w skończonym czasie w przyszłości. Omówione zostaną ograniczenia nałożone przez dostępne geometryczne dane obserwacyjne na parametry modeli z osobliwościami, w szczególności Nagłymi Osobliwościami i Osobliwościami Skończonego Czynnika Skali. Zostanie omówiona potencjalna możliwość odróżnienia modeli z osobliwościami jako modeli dynamicznej ciemnej energii od Modelu Standardowego dzięki obserwacjom dynamicznym ewolucji zaburzeń gęstości materii pod warunkiem uwzględnienia ewolucji zaburzeń ciemnej energii.



czwartek 14.09.2017, sala C

materia skondensowana III

Dariusz Kaczorowski
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN

15:15	15:50	0:35	Tomasz Klimczuk Politechnika Gdańska	Nadprzewodnictwo w związkach międzymetalicznych: HEA, $R\text{V}_2\text{Al}_{20}$ i CaBi_2
15:50	16:10	0:20	Artur Błachowski Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN	Nadprzewodniki na bazie żelaza w świetle badań metodą spektroskopii mössbauerowskiej
16:10	16:30	0:20	Andrzej Ślebarski Uniwersytet Śląski	Nowe materiały o strukturze skutterudytu: od silnych korelacji elektronowych do nadprzewodnictwa
16:30	16:50	0:20	Henryk Drozdowski Uniwersytet im. Adama Mickiewicza	Niezwykły świat materii miękkiej

materia skondensowana IV

Marta Z. Cieplak
Instytut Fizyki PAN

17:05	17:40	0:35	Marcin Matusiak Instytut Niskich Temperatur i ... PAN	Termoelektryczne oscylacje kwantowe w semimetalach topologicznych
17:40	18:00	0:20	Tomasz Toliński Instytut Fizyki Molekularnej PAN	Magnetyczne przejścia fazowe - identyfikacja na podstawie efektu magnetokalorycznego
18:00	18:20	0:20	Ryszard Zdyb Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej	Efekt Rashby w jednowymiarowych układach metalicznych
18:20	18:40	0:20	Maciej Pieczarka Politechnika Wrocławska	Kondensacja polarytonów ekscytonowych w strukturach z wbudowanym nieporządkiem

Nadprzewodnictwo w związkach międzymetalicznych: HEA, RV_2Al_{20} i $CaBi_2$

M.J. Winiarski, T. Klimczuk

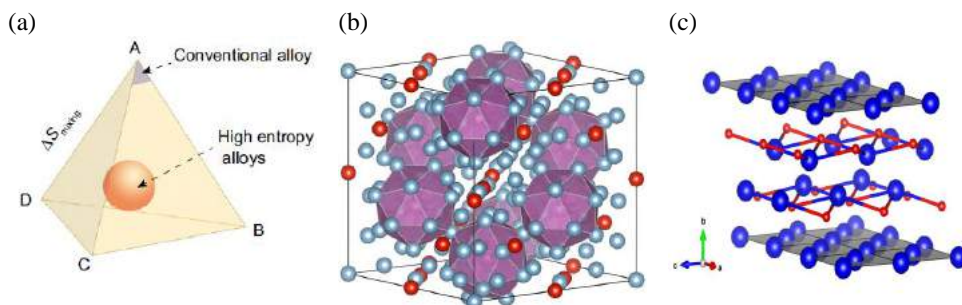
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

Dyskutowane będą wyniki badań zjawiska nadprzewodnictwa w stopach o wysokiej entropii, związkach klatkowych RV_2Al_{20} (R – ziemia rzadka) i warstwowym związku $CaBi_2$.

Stopy o wysokiej entropii (z ang. high entropy alloys, HEA) są przykładem nowej klasy materiałów, które składają się z szeregu pierwiastków rozmieszczonych losowo w prostej strukturze krystalograficznej. Wytworzono i zbadano stopy międzymetaliczne Ta-Nb-Hf-Zr-Ti, dla których temperatura krytyczna okazała się być silnie zależna od liczby elektronów walencyjnych [1]. Ponieważ HEA wykazuje cechy pośrednie między typowym układem amorficznym i krystalicznym, może stanowić doskonały model do badania w jaki sposób nadprzewodnictwo ewoluuje przy przejściu od jednego układu do drugiego.

Niedawno opisane nadprzewodnictwo w związkach klatkowych RV_2Al_{20} , gdzie R = Sc, Y i Lu, zostało powiązane z tzw. efektem „grzechotkowym” – zlokalizowanymi, anharmonicznymi drganiami atomu ziem rzadkich znajdującego się wewnątrz klatki zbudowanej z atomów Al [2]. Podczas gdy dla LaV_2Al_{20} nadprzewodnictwo nie zostało zaobserwowane do temperatury 0.35 K, dla mniejszych atomów ziem rzadkich T_c zmienia się od 0.57 (LuV_2Al_{20}), poprzez 0.60 (YV_2Al_{20}) do 1.0 K (ScV_2Al_{20}). Dla ostatniego ze związków obliczenia teoretyczne potwierdziły występowanie zlokalizowanych anharmonicznych drgań Sc w klatkach złożonych z atomów Al, wnoszących duży wkład do sprzężenia elektron-fonon.

Stosując technikę wzrostu kryształów z roztworu, otrzymano dobrej jakości kryształy $CaBi_2$, których struktura jest podobna do $ZrSi_5$ z charakterystyczną kwadratową podsięcią atomów Bi pokazaną na rysunku (c). Badania właściwości fizycznych $CaBi_2$ wskazują, że związek ten jest nadprzewodnikiem I-go typu z temperaturą krytyczną $T_c = 2$ K [3].



- [1] F. von Rohr, M.J. Winiarski, J. Tao, T. Klimczuk, R.J. Cava, PNAS **113**, E7144-E7150 (2016),
 [2] M.J. Winiarski, B. Wiendlocha, M. Sternik, P. Wiśniewski, J. R. O'Brien, D. Kaczorowski, and T. Klimczuk, Phys. Rev. B **93**, 134507 (2016),
 [3] M.J. Winiarski, B. Wiendlocha, S. Gołąb, S.K. Kushwaha, P. Wiśniewski, D. Kaczorowski, J.D. Thompson, R.J. Cava, T. Klimczuk, Phys. Chem. Chem. Phys. **18**, 21737-21745 (2016).



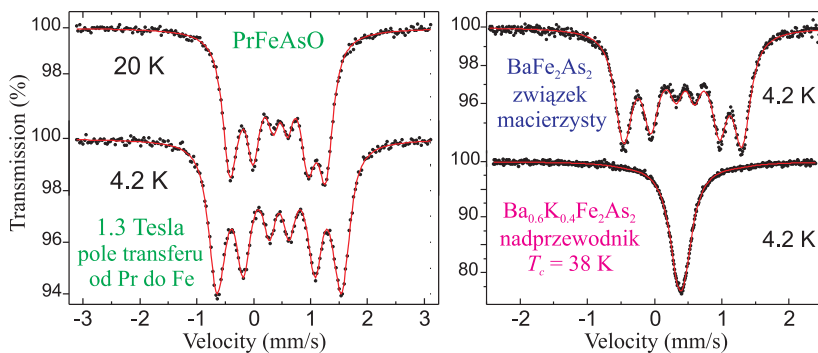
Nadprzewodniki na bazie żelaza w świetle badań metodą spektroskopii mössbauerowskiej

Artur Błachowski¹, Kamila Komędera¹, Krzysztof Ruebenbauer¹, Jan Żukrowski²

¹ Zakład Spektroskopii Mössbauerowskiej, Instytut Fizyki, Uniwersytet Pedagogiczny,
ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków

² Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii, Akademia Górniczo-Hutnicza,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Odkrycie w 2008 roku nadprzewodnictwa w pniktydkach i chalcogenkach żelaza o temperaturze krytycznej sięgającej $T_c = 56$ K zapoczątkowało intensywne badania nowej klasy materiałów nazwanych nadprzewodnikami na bazie żelaza. Główną motywacją badań jest poszukiwanie zależności pomiędzy magnetyzmem (tradycyjnie kojarzonym ze związkami żelaza) oraz nadprzewodnictwem. Spektroskopia mössbauerowska ^{57}Fe jest unikalną metodą eksperymentalną w przypadku badania modulacji elektronowych (fal gęstości ładunkowej) i magnetycznych (fal gęstości spinowej) występujących odpowiednio w nadprzewodnikach na bazie żelaza i ich związkach macierzystych. Wykorzystując tą metodę uzyskaliśmy m. in. następujące wyniki [1, 2 i in.]: 1) wyznaczono ewolucję kształtu fali gęstości spinowej w funkcji temperatury w związkach macierzystych z grupy „122” i „1111”; 2) wykazano współwystąpienie magnetyzmu 4f i nadprzewodnictwa 3d; 3) zaobserwowano współwystępowanie magnetyzmu 3d i nadprzewodnictwa 3d rozseparowanych przestrzennie w strukturalnie jednorodnych próbkach; 4) odkryto zmianę modulacji gęstości ładunkowej (nazwaną „falą gradientu pola elektrycznego”) w temperaturze krytycznej, zależną od sposobu domieszkowania prowadzącego do nadprzewodnictwa, odpowiednio dziurowego w $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ i elektronowego w $\text{SmFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$; 5) określono osobliwe struktury magnetyczne związków FeAs, FeSb, FeTe i brak magnetyzmu dla FeSe.



Rysunek 1. Widma mössbauerowskie ^{57}Fe : a) związku macierzystego z grupy „1111” PrFeAsO z widocznym polem magnetycznym transferu na jądrach Fe od Pr porządkującego się antyferromagnetycznie w ~ 12 K; b) związku macierzystego z grupy „122” BaFe_2As_2 wykazującego porządek typu fali gęstości spinowej oraz odpowiadającego mu nadprzewodnika $\text{Ba}_{0.6}\text{K}_{0.4}\text{Fe}_2\text{As}_2$ z widocznym brakiem magnetyzmu.

[1] A. K. Jasek, K. Komędera, A. Błachowski, K. Ruebenbauer, H. Lochmajer, N. D. Zhigadlo, K. Rogacki, J. Alloys Comp. **658**, 520 (2016).

[2] K. Komędera, A. K. Jasek, A. Błachowski, K. Ruebenbauer, J. Żukrowski, A. Krztoń-Maziopa, K. Conder, J. Magn. Magn. Mater. **406**, 244 (2016).

Materia skondensowana III

Nowe materiały o strukturze skutterudytu; od silnych korelacji elektronowych do nadprzewodnictwa

Andrzej Ślebarski

Institut Fizyki, Uniwersytet Śląski w Katowicach, 40-007 Katowice

Stany kwantowe skorelowanych elektronów odgrywają kluczową rolę w zagadnieniach związanych ze współczesną fizyką ciała stałego. Zaproponowany przez Landaua opis temperaturowych zależności wielkości termodynamicznych dla kwantowych cieczy fermionowych nie jest opisem w coraz liczniejszych przypadkach dobrym. W wyniku silnych korelacji pomiędzy elektronami zachowania np. podatności magnetycznej czy elektronowego ciepła w zakresie bardzo niskich temperatur są rozbieżne, a fermionowe cieczy kwantowe, które wykazują takie zachowania, nazywamy nielandauowskimi cieczami ciężko fermionowymi (non-Fermi liquid). Klasycznym przykładem korelacji są takie zjawiska jak: stan izolatora Motta-Hubbarda, izolator Kondo, cieczy ciężko-fermionowe, niekonwencjonalne nadprzewodnictwo i zachowania krytyczne w kwantowym punkcie krytycznym. Przedstawię nasze prace w zakresie ostatnich badań niskotemperaturowych własności cieczy fermionowych, omówię nowe materiały termoelektryczne (pochodne skutterudytu), w których obserwujemy zjawiska krytyczne i nadprzewodnictwo. Wykażę, jak nieporządek wpływa na wartość temperatury krytycznej w tych nadprzewodnikach.



Niezwykły świat materii miękkiej

H. Drozdowski^{*1,2}, M. Śliwińska-Bartkowiak^{1,2}, S. Jurga^{1,2}, E. Robak^{1,2}

¹ Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań

² Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Umultowska 85, Poznań

Istnieje bardzo duża różnorodność skomplikowanych struktur chemicznych występujących w fazach ciekłych i amorficznych. Coraz częściej głównym przedmiotem zainteresowań fizyki materii skondensowanej są badania strukturalne materii miękkiej.

Na wykładzie omówimy najnowsze wyniki z badań rentgenostrukturalnych wybranych złożonych cieczy molekularnych [1,2] i ciał amorficznych [3,4] oraz przedstawimy najnowsze poglądy na strukturę roztworów [5]. Dokonamy też próby teoretycznego uogólnienia badań nad wyznaczaniem współczynników dyfuzji wybranych molekuł metodą rentgenowską [6].

Podjmiemy próbę wytłumaczenia zdolności amorficznych ciał do odwracalnego przełączania (progowego lub z pamięcią) pod działaniem zewnętrznych bodźców energetycznych. Omówione zostaną zastosowania efektów przełączających (*switching phenomena*) w szeregu materiałach amorficznych i niektórych cieczach (czysty selen) w technice półprzewodnikowej. Poznamy wzajemne relacje między strukturą a tym zjawiskiem.

Ponadto zaprezentowane zostaną wyniki badań wpływu obecności metali (nanocząstki złota i srebra) na właściwości optyczne i elektryczne nanostruktur półprzewodnikowych: nanodruły krzemowe i nanodruły tlenku cynku [7]. Nanostruktury półprzewodnikowe mają ogromne znaczenie dla fotowoltaiki jako materiały stosowane w elektrodach w ogniwach słonecznych [8].

[1] H. Drozdowski, T. Hałas, Z. Błaszczak, Rad. Phys. Chem. **93**, 150 (2013).

[2] M. Pochylski, I. Iwaszkiewicz-Kostka, M.S. Kaczmarek, Z. Woźniak, H. Drozdowski, J. Mol. Liq. **224**, 146 (2016).

[3] M. Śliwińska-Bartkowiak, H. Drozdowski, M. Kempniński, M. Jażdżewska, Y. Long, J.C. Palmer, K. Gubbins, Phys. Chem. Chem. Phys. **14**, 7145 (2012).

[4] H. Drozdowski, M. Śliwińska-Bartkowiak, E. Robak, S. Jurga, NanoEnergy 2014 Abstracts Book, 174, University College London, UK 2014.

[5] H. Drozdowski, A. Romaniuk, Z. Błaszczak, Rad. Phys. Chem. **93**, 47 (2013).

[6] H. Drozdowski, Modele cieczy a rentgenowska analiza strukturalna, Wyd. Naukowe UAM, ISBN 83-232-1415-8, Poznań 2004.

[7] E. Robak, M. Kotkowiak, H. Drozdowski, J. Phys. D: Appl. Phys. **49**, 045104 (2016).

[8] E. Robak, L. E. Coy, M. Kotkowiak, S. Jurga, K. Zaleski, H. Drozdowski, Nanotechnol. **27**, 175706 (2016).

Termoelektryczne oscylacje kwantowe w semimetalach topologicznych

M. Matusiak¹, J.R. Cooper², D. Kaczorowski¹

¹ *Institut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych, PAN,
P. O. Box 1490, 50-950 Wrocław, Poland*

² *Cavendish Laboratory, Department of Physics, University of Cambridge,
Cambridge CB3 0HE, United Kingdom*

Niezwykłe zachowanie nośników ładunku w semimetalach topologicznych jest pochodną nietrywialnej struktury elektronowej tych związków. Występujące w nich przecięcie pasm walencyjnego i przewodnictwa skutkuje pojawieniem się struktur, które ze względu na liniową dyspersję energii nazywane są stożkami Diraca. Do określenia ich własności można zastosować jedną z metod badania powierzchni Fermiego – pomiary oscylacji kwantowych. Nasza praca skupia się na pomiarach połowych zależności siły termoelektrycznej w monokryształach ZrSiS, semimetalu typu nodal-line. Oscylacje współczynnika Seebacka są widoczne aż do temperatury 100 K i wydają się pochodzić od dwu- i trójwymiarowych pasm z fazą Berrego przewidywaną dla układów nietrywialnych topologicznie.

Magnetyczne przejścia fazowe - identyfikacja na podstawie efektu magnetokalorycznego

T. Toliński¹, P. Skokowski², K. Synoradzki^{1,2}

¹ Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Poznań

² Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław

Intensyfikacja badań efektu magnetokalorycznego (MCE – magnetocaloric effect) w ostatnich dwóch dekadach związana była z odkryciem w 1997 roku przez Gschneidnera i współpracowników [1] gigantycznego MCE w temperaturze pokojowej dla związku $Gd_5Si_2Ge_2$, co wzbudziło nadzieję na stworzenie nowej generacji chłodziarek, klimatyzatorów, generatorów energii elektrycznej i pomp ciepła. Jednakże efekt magnetokaloryczny nadal odgrywa istotną rolę w badaniach podstawowych zjawisk fizycznych, takich jak przejścia fazowe. Na przykładzie związku Mn_5Ge_3 [2,3] pokażemy, że pomiary MCE pozwalają na oszacowanie wykładników krytycznych, a na podstawie serii związków opartych na pierwiastkach ziem rzadkich przeanalizowane zostaną jakościowo zmiany parametrów opisujących MCE, zachodzące dla różnych magnetycznych przejść fazowych [4].

W związkach na bazie ceru, w których zachodzi rywalizacja oddziaływania RKKY oraz efektu Kondo magnetyczne przejście fazowe może zostać zredukowane do temperatury zera bezwzględnej, prowadząc do pojawienia się tzw. kwantowego punktu krytycznego (QCP – quantum critical point). Obecność QCP może istotnie wpływać na własności termodynamiczne, w szczególności na entropię, a więc i na efekt magnetokaloryczny. Zagadnienie to zostanie omówione na przykładzie naszych badań nad serią stopów $CeCo_{1-x}Fe_xGe_3$ [5].

[1] V. K. Pecharsky and K. A. Gschneidner, Jr., *Phys. Rev. Lett.* **78**, 4494 (1997).

[2] T. Toliński and K. Synoradzki, *Intermetallics* **47**, 1 (2014).

[3] Ki Hoon Kang *et al.*, *J. Alloys Compd.* **696**, 931 (2017).

[4] T. Toliński, *et al.*, *J. Alloys Compd.* **523**, 43 (2012).

[5] P. Skokowski, K. Synoradzki, T. Toliński, *Acta Phys. Pol. A* (2017), w druku.

Efekt Rashby w jednowymiarowych metalicznych układach

Ryszard Zdyb

Instytut Fizyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin

Złamanie symetrii inwersji przy powierzchni kryształu w obecności oddziaływania spin-orbita prowadzi do zniesienia degeneracji spinowej pasm elektronowych. Zjawisko znane jako efekt Rashby zostało przewidziane w latach osiemdziesiątych XX wieku [1] i doświadczalnie zweryfikowane w następnym dziesięcioleciu [2]. Zarówno model, jak i eksperyment wykazują 100 % polaryzację elektronów w rozszczepionych podpasmach z wektorem polaryzacji prostopadłym do wektora falowego elektronów i do normalnej do powierzchni.

Całkiem inny układ polaryzacji stanów powierzchniowych spodziewany jest dla struktur jednowymiarowych. Przykładem takich układów są łańcuchy atomów Au na tarasach wycinalnych powierzchni Si, np. Si(557)-Au lub Si(553)-Au [3]. Kątowo i spinowo rozdzielcza spektroskopia fotoelektronów wykazuje, że struktury te mają jednowymiarowy i metaliczny charakter, a stany powierzchniowe są rozszczepione ze względu na spin elektronu. Okazuje się, że w takich układach wektor polaryzacji posiada składową prostopadłą do powierzchni kryształu [4].

W trakcie referatu zaprezentowane zostaną wyniki badań gigantycznego efektu Rashby obserwowanego w kwazi-jednowymiarowych strukturach Pb. Nanostruktury te powstają po osadzeniu 1,3 ML ołowiu na powierzchni Si(553) i jej wygrzaniu w temperaturze 550 K. Na każdym tarasie wycinalnej powierzchni powstają nanowstążki Pb tworząc układ równoległych, kwazi-jednowymiarowych metalicznych struktur [5]. Ich metaliczność przejawia się istnieniem parabolicznych pasm elektronowych przecinających poziom Fermiego wzdłuż kierunku równoległego do krawędzi stopni, a jednowymiarowość - istnieniem przerwy energetycznej w kierunku prostopadłym. Okazuje się, że te powierzchniowe stany są spinowo spolaryzowane i posiadają znaczącą składową prostopadłą wektora polaryzacji. Rozszczepienie spinowe pasm przy poziomie Fermiego jest większe niż 0,2 Å⁻¹ i 0,6 eV [6]. Są to największe wartości rozszczepienia otrzymane dla metalicznych struktur wytworzonych na krzemowym podłożu.

Obliczenia DFT potwierdzają, że spinowo rozszczepione pasma pochodzą od nanowstążek Pb i są związane z oddziaływaniem spin-orbita [6]. Obserwowane gigantyczne rozszczepienie spinowe i występowanie składowej polaryzacji prostopadłej do powierzchni podłoża wynika z nietypowego rozmieszczenia atomów Pb. Atomy tworzą silnie zdeformowaną strukturę heksagonalną, co powoduje nierównomierny rozkład ładunku na powierzchni tarasów i w konsekwencji występowanie gradientu potencjału w płaszczyźnie tarasów.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2013/11/B/ST3/04003.

- [1] Y.A. Bychkov et al., JETP Lett. **39**, 78 (1984).
- [2] S. LaShell et al., Phys. Rev. Lett. **77**, 3419 (1996).
- [3] J.N. Crain et al., Phys Rev B **69**, 125401 (2004).
- [4] T. Okuda et al., Phys. Rev. B **82**, 161410 (2010).
- [5] M. Kopciuszynski et al., Phys. Rev. B **88**, 155431 (2013).
- [6] M. Kopciuszynski et al., Sci. Rep. **7**, 46215 (2017).



Kondensacja polarytonów ekscytonowych w strukturach z wbudowanym nieporządkiem

Maciej Pieczarka¹, Marcin Syperek¹, Łukasz Dusanowski^{1,2}, Andrzej Opala¹, Jan Misiewicz¹, Fabian Langer², Martin Kamp², Christian Schneider², Sven Höfling^{2,3}, Alexey Kavokin^{4,5}, Grzegorz Sęk¹

¹ LOSN, Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wrocław

² Technische Physik, University of Würzburg and Wilhelm-Conrad-Röntgen-Research Center for Complex Material Systems (RCCM), Würzburg, Niemcy

³ SUPA, School of Physics and Astronomy, University of St. Andrews, St. Andrews, Wlk. Brytania

⁴ Spin Optics Laboratory, Saint Petersburg State University, St Petersburg, Rosja

⁵ Physics and Astronomy School, University of Southampton, Southampton, Wlk. Brytania

Polarytony ekscytonowe, cząstki wynikające z silnego sprzężenia fotonów i ekscytonów w mikrownęce półprzewodnikowej, stanowią nową klasę dyssypacyjnych kondensatów bozonowych w układach otwartych. Pomimo zaawansowanej technologii epitaksji półprzewodnikowej na bazie GaAs, mikrownęki do badań kondensacji polarytonów nie są wolne od naturalnych defektów wynikających z lokalnych fluktuacji grubości i składu warstw. Takie defekty mogą wpływać znacząco na właściwości kondensatu polarytonowego, nawet prowadzić do obserwacji nowych efektów.

W wystąpieniu zaprezentowane zostaną wyniki badań spektroskopowych nad kondensatami polarytonów ekscytonowych wytworzonymi w mikrownęce półprzewodnikowej bazie GaAs ze studniami kwantowymi InGaAs/GaAs. Mikrownęka ta charakteryzuje się wysokim stopniem nieuporządkowania, gdzie względny potencjał defektowy jest porównywalny ze średniopolową energią oddziaływania cząstek w kondensacie. Kondensat wytworzony jest nierezonansowo dostrojonym laserem impulsowym skupionym do małej plamki na powierzchni próbki. Tym sposobem kondensat posiada dużą energię kinetyczną i propaguje radialnie przez potencjał wytworzony z lokalnych defektów próbki. Konsekwencją oddziaływania z defektami jest wielokrotne rozpraszanie się i wzbudzenia kondensatu, doprowadzając do obsadzenia obu quasi-liniowych gałęzi wzbudzeń typu Bogolubowa [1], których właściwości spinowe oraz dynamiczne zostaną omówione w wystąpieniu. Dodatkowo omówiony zostanie efekt oscylacji w relaksacji przy formowaniu się kondensatu w środowisku zdefektowanym, który jest konsekwencją powolnego rezerwuaru ekscytonowego zasilającego kondensat [2]. Kontrola i zrozumienie tego efektu może doprowadzić do zastosowania laserów polarytonowych jako laserów impulsowych o naturalnej samo-synchronizacji modów.

[1] M. Pieczarka et al., *Phys. Rev. Lett.* **115**, 186401 (2015)

[2] M. Pieczarka et al., arXiv:1706.06040 (2017), ukaże się w *Scientific Reports*



czwartek 14.09.2017, sala D

fizyka statystyczna I

Jerzy Łuczka
Uniwersytet Śląski

15:15	15:50	0:35	Igor Anisimov T. Shevchenko National Kyiv University	Marian Smoluchowski and University of L'viv
15:50	16:10	0:20	Tadeusz Kosztołowicz Uniwersytet Jana Kochanowskiego	Dyfuzja w układzie membranowym
16:10	16:30	0:20	Paweł Jakubczyk Uniwersytet Warszawski	Funkcjonalna grupa renormalizacji dla problemu wielu ciał w równowadze
16:30	16:50	0:20	Krzysztof Ptaszyński Instytut Fizyki Molekularnej PAN	Autonomiczny demon Maxwella oparty o dwie kropki kwantowe sprzężone oddziaływaniem wymiennym

fizyka statystyczna II

Jerzy Łuczka
Uniwersytet Śląski

17:05	17:40	0:35	Jakub Spiechowicz Uniwersytet Śląski	Anomalna dyfuzja w układach periodycznych
17:40	18:00	0:20	Bartłomiej Dybiec Uniwersytet Jagielloński	Spacerzy Levy'ego w polach sił
18:00	18:20	0:20	Marcin Magdziarz Politechnika Wrocławska	Własności asymptotyczne spacerów Levy'ego
18:20	18:40	0:20	Zbigniew Koza Uniwersytet Wrocławski	Perkolacja "igiel" na sieci kwadratowej

Marian Smoluchowski and University of L'viv

Igor Anisimov¹, Roman Gladyshevskii²

¹*Taras Shevchenko National University of Kyiv*

²*Ivan Franko National University of L'viv*

Marian Smoluchowski (1872-1917) was the outstanding Polish physicist-theoretician. His main achievements belong to the statistical physics.

During 1898-1913 M. Smoluchowski lectured physics in the Jan Kazimierz University of L'viv (now Ivan Franko National University of L'viv). He filled positions of privat-docent (1898-1899), extraordinary professor (1899-1903), full professor and head of the theoretical physics department (1903-1913).

Along this period M. Smoluchowski published his most famous results. He proposed the theory of density fluctuations, developed the theory of Brown motion independently from A. Einstein (1905-1906), worked out the theory of critical opalescence of gases and liquids (1908).

M. Smoluchowski also proposed some novel trends in teaching physics, e.g., exercises to the lectures.

Now Smoluchowski museum is organized in his former office in the University of L'viv.

The scientific ideas proposed by Smoluchowski are now developed in physics (both for macroscopic and subatomic systems), chemistry, biology, and technics. These ideas are used to solve such practical problems as water purification in the industry, milk coagulation, nanotubes growing etc. Ukrainian scientists also take place in this activity.



Dyfuzja w układzie membranowym

Tadeusz Kosztołowicz

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

Wykorzystując model błędzenia losowego cząsteczki w jednowymiarowym układzie, w którym czas i zmienna przestrzenna są dyskretne, wyznaczamy funkcje Greena (czyli prawdopodobieństwa znalezienia cząsteczki w dowolnym punkcie w dowolnym czasie), które opisują dyfuzję cząsteczki w układzie z cienką membraną [1,2]. Membrana traktowana jest jako częściowo przepuszczalna ściana, cząsteczka może ją pokonać z pewnym prawdopodobieństwem. Dyfuzja cząsteczki w układzie dyskretnym opisana jest równaniami różnicowymi, które mają prostą interpretację fizyczną. Po wyznaczeniu funkcji Greena dla układu dyskretnego następuje transformacja tych funkcji do układu z ciągłymi zmiennymi. Przedstawiona metoda ma możliwość szerokiego zastosowania ze względu na jej prostotę. Może ona być zastosowana do modelowania dyfuzji w układach składających się z połączonych ośrodków o różnych własnościach dyfuzyjnych, w ośrodkach może także występować absorpcja cząsteczek. Rolę "cienkiej membrany" pełni wówczas granica ośrodków [3].

Otrzymane funkcje Greena dla układu ciągłego generują nowe warunki brzegowe na cienkiej membranie, warunki te zawierają pochodne czasowe ułamkowego rzędu. Obecność takich pochodnych wskazuje, że zachodzący proces jest procesem z "długą pamięcią". Pochodne ułamkowego rzędu występują nawet w warunku brzegowym na membranie dla układu, w którym występuje dyfuzja normalna. Wynik ten jest zaskakujący, bowiem dyfuzja ta jest traktowana jako proces Markowa. Zaprezentowane zostaną jednak dane eksperymentalne potwierdzające, że warunki brzegowe z pochodną ułamkową powinny być używane nawet w przypadku dyfuzji normalnej. Zaprezentowane zostanie także zastosowanie prezentowanego modelu do opisu subdyfuzji oraz tzw. powolnej subdyfuzji w układach membranowych.

- [1] T. Kosztołowicz, J. Stat. Mech. P10021 (2015).
- [2] T. Kosztołowicz, Phys. Rev. E **91**, 022102 (2015).
- [3] T. Kosztołowicz, J. Chem. Phys. **146**, 084114 (2017).



Funkcjonalna grupa renormalizacji dla problemu wielu ciał w równowadze

Paweł Jakubczyk

*Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego,
Pasteura 5, 02-093 Warszawa*

Przedstawię funkcjonalną grupę renormalizacji jako podejście do problemu wielu oddziałujących ciał w stanie równowagi termodynamicznej oparte na funkcjonalnym równaniu różniczkowym. Zilustruje użyteczność omawianej metody posługując się czterema przykładowymi zagadnieniami:

1. Klasycznymi modelami $O(N)$;
2. Kwantowym modelem Isinga w poprzecznym polu;
3. Modelem XY w dwóch wymiarach;
4. Mieszaninami fermionowymi w dwóch wymiarach.

Autonomiczny demon Maxwella oparty o dwie kropki kwantowe sprzężone oddziaływaniem wymiennym

Krzysztof Ptaszyński

*Institut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, ul. Mariana Smoluchowskiego 17,
60-179 Poznań*

Demon Maxwella – układ fizyczny w którym zewnętrzna kontrola prowadzi do lokalnego zmniejszenia entropii – pierwotnie stanowił eksperyment myślowy sugerujący sposób złamania drugiej zasady termodynamiki. Z czasem stał się on ilustracją związku pomiędzy termodynamiką a teorią informacji. W pierwotnym eksperymencie myślowym Maxwella zasada działania demona polegała na deterministycznej kontroli przepływu cząstek przez inteligentną istotę. Jednakże niedawno pokazano zarówno teoretycznie [1], jak i doświadczalnie [2], że lokalnie ujemna produkcja entropii może występować również w układach fizycznych złożonych z dwóch sprzężonych podukładów stochastycznych, zwanych autonomicznymi demonami Maxwella [2, 3]. Ujemna produkcja entropii w jednym z podukładów możliwa jest dzięki przepływowi informacji do drugiego podukładu, w którym produkcja entropii jest dodatnia i większa co do wartości. Druga zasada termodynamiki jest w takich układach zawsze zachowana globalnie; zdefiniować można także lokalną wersję drugiej zasady termodynamiki uwzględniającą przepływ informacji [3].

Poster przedstawia fizyczną realizację autonomicznego demona Maxwella opartą o dwie sprzężone wymiennie kropki kwantowe podłączone do spinowo spolaryzowanych elektrod. Wewnętrzna dynamikę spinową układu wywołaną oddziaływaniem wymiennym elektronów zlokalizowanych na kropkach można opisać jako działanie kwantowej bramki iSWAP; jej konsekwencją jest przepływ prądu przez jedną z kropek następujący wbrew różnicy potencjałów. Przepływ prądu nie jest skutkiem wymiany energii pomiędzy kropkami, a jedynie rezultatem zamiany energii wzbudzeń termicznych elektronów w pracę, przez co dochodzi do lokalnego zmniejszenia entropii. W odróżnieniu od dotychczas rozpatrywanych autonomicznych demonów Maxwella, zasada działania przedstawianego układu oparta jest o występowanie koherencji kwantowej pomiędzy podukładami. Przepływ informacji pomiędzy podukładami może być opisany w sposób ilościowy poprzez mapowanie na termodynamicznie równoważny układ klasyczny, co umożliwia zastosowanie formalizmu opisującego autonomiczne demony Maxwella sformułowanego przez Horowitza i Esposito [3].

Badania realizowane były przy wsparciu Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu 2016/21/B/ST3/02160.

- [1] P. Strasberg, G. Schaller, T. Brandes, M. Esposito, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 040601 (2013).
- [2] J. V. Koski, A. Kutvonen, I. M. Khaymovich, T. Ala-Nissila, J. P. Pekola, *Phys. Rev. Lett.* **115**, 260602 (2015).
- [3] J. M. Horowitz, M. Esposito, *Phys. Rev. X*, **4** 031015 (2014)



Anomalna dyfuzja w układach periodycznych

Jakub Spiechowicz

*Institut Fizyki, Uniwersytet Śląski w Katowicach,
ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice
Śląskie Międzyuczelniane Centrum Edukacji i Badań Interdyscyplinarnych,
ul. 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów*

W wykładzie wykażę, że anomalna dyfuzja może występować w prostym nierównowagowym układzie skradającym się z cząstki Browna poruszającej się pod działaniem periodycznej w czasie siły o zerowej średniej oraz termicznych fluktuacji w jednowymiarowym potencjale o strukturze przestrzennie periodycznej, tzn. bez potrzeby wprowadzania rozkładów o grubych ogonach albo silnych korelacji.

- [1] J. Spiechowicz, J. Łuczka, Phys. Rev. E **91**, 062104 (2015)
- [2] J. Spiechowicz, J. Łuczka, P. Hänggi, Sci. Rep. **6**, 30948 (2016)
- [3] J. Spiechowicz, P. Talkner, P. Hänggi, J. Łuczka, New J. Phys. **18**, 123029 (2016)

Spacerzy Lévy'ego w polach sił

Bartłomiej Dybiec

Institut Fizyki, Wydział Fizyki Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków; bartek@th.if.uj.edu.pl

Błądzenia losowe odgrywają ważną rolę w fizyce statystycznej [1]. Pośród różnych schematów błędzeń przypadkowych szczególne znaczenie mają loty oraz spacerzy Lévy'ego [2]. Loty Lévy'ego [3] są uogólnieniem ruchu Browna: długości skoków zamiast z rozkładu normalnego są losowane z α -stabilnego rozkładu Lévy'ego będącego uogólnieniem rozkładu Gaussa. α -stabilny rozkład Lévy'ego ($0 < \alpha \leq 2$) jest ciężkoogonowym rozkładem prawdopodobieństwa o asymptocie typu prawa potęgowego ($p(x) \sim |x|^{-(\alpha+1)}$ dla $0 < \alpha < 2$). W granicznym przypadku $\alpha = 2$ przechodzi on w rozkład normalny. Loty Lévy'ego są powiązane z (α -stabilnymi) szumami Lévy'ego, które są ich formalną pochodną. Szumy Lévy'ego używane są do opisu układów w stanach dalekich od stanu równowagi [4].

Loty Lévy'ego scharakteryzowane są nieskończoną szybkością propagacji: dowolnie długie skoki są wykonywane natychmiastowo. Spacerzy Lévy'ego, podobnie do lotów zakładają, że długości skoków pochodzą z rozkładu α -stabilnego. W przeciwieństwie do lotów zakładają jednak stałą, skończoną prędkość propagacji. Dlatego dłuższe skoki trwają proporcjonalnie dłużej. Co więcej, uwzględniają one bezwładność poruszającej się cząstki oraz ze względu na idealnie sprężyste zderzenia są zachowawcze. Własności (swobodnych) lotów Lévy'ego oraz ich rozszerzeń w zewnętrznych polach sił zostały przebadane w szerokim zakresie. Podobnie, własności swobodnych spacerów Lévy'ego [2, 5]. Nie są jednak w pełni znane własności spacerów w zewnętrznych polach sił.

W klasycznym scenariuszu spacerów Lévy'ego [2] na cząstkę (poza zderzeniami) nie działają żadne siły. Dlatego porusza się ona ze stałą prędkością, a jej całkowita energia jest energią kinetyczną i jest stała. Rozważany model [6] uwzględnia zewnętrzne siły działające na cząstkę. Cząstka porusza się deterministycznie poprzez losowo wybrany czas. Po losowym czasie kierunek ruchu może zostać zmieniony. Ze względu na istniejącą siłę prędkość cząstki zmienia się zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona. Jedyną losowością w modelu jest możliwość zmiany kierunku ruchu (zwrotu wektora prędkości), dlatego model pozostaje zachowawczy.

W ramach badań, analitycznie oraz numerycznie zostały wyznaczone gęstości prawdopodobieństwa położenia oraz prędkości dla cząstki poruszającej się w jednodółkowych studniach potencjału $V(x) = |x|^n/n$ dla $n = 1, 2, 4, 6$. Dokładne rozwiązania doskonale odtwarzają rozwiązania numeryczne skonstruowane przy pomocy metod Monte Carlo. W większości przypadków dla jednodółkowych studni potencjału rozkłady prędkości oraz położenia są u -kształtne. Dla ciężkoogonowych rozkładów deterministycznego czasu ruchu dla których nie istnieje średnia, stany stacjonarne wykazują długą pamięć o warunkach początkowych: gęstości prawdopodobieństwa dekorowane są pikami odpowiadającymi ruchowi deterministycznemu.

[1] R. Metzler and J. Klafter, Phys. Rep. **339**, 1 (2000).

[2] V. Zaburdaev, S. Denisov, and J. Klafter, Rev. Mod. Phys. **87**, 483 (2015).

[3] P. Barthelemy, J. Bertolotti, and D. Wiersma, Nature (London) **453**, 495 (2008).

[4] B. Dybiec and E. Gudowska-Nowak, J. Stat. Mech. 05004 (2009).

[5] B. Dybiec, E. Gudowska-Nowak, E. Barka, and A. A. Dubkov, Phys. Rev. E (w recenzji) (2017).

[6] B. Dybiec and A. V. Chechkin, w przygotowaniu (2017).

Własności asymptotyczne spacerów Levy'ego

Marcin Magdziarz

Wydział Matematyki, Politechnika Wroclawska

Spacerzy Levy'ego znalazły szerokie zastosowania w modelowaniu wielu układów złożonych, między innymi dynamiki migrujących bakterii, czy też ruchu światła w pewnych układach optycznych. W prezentacji przedstawione zostaną ostatnie wyniki dotyczące własności asymptotycznych spacerów Levy'ego, m.in. rozkłady graniczne, jawne wzory na gęstości prawdopodobieństwa, czy też odpowiadające im równania ułamkowe. Omówiony zostanie również przypadek starzejących się spacerów Levy'ego.

[1] M. Magdziarz, T. Zorawik, “Explicit densities of multidimensional ballistic Levy walks”, *Phys. Rev. E* **94**, 022130 (2016).

[2] M. Magdziarz, T. Zorawik, “Densities of scaling limits of coupled continuous time random walks”, *Fract. Calc. Appl. Anal.* **19**, 1488–1506 (2016).

[3] M. Magdziarz, T. Zorawik, “Aging ballistic Levy walks”, *Phys. Rev. E* **95**, 022126 (2017).



Perkolacja „igieł” na sieci kwadratowej

Zbigniew Koza, Grzegorz Kondrat, Piotr Brzeski

Uniwersytet Wrocławski, Wydział Fizyki i Astronomii

Losowa adsorpcja sekwencyjna (ang. *random sequential adsorption*, RSA) jest standardową techniką modelowania adsorpcji dużych cząsteczek z płynów na powierzchni ciał stałych. W kilku niezależnych od siebie pracach postawiono niedawno hipotezę, że w dowolnym procesie typu RSA, w którym bada się adsorpcję prostokątnych „igieł” (zwanych też k -merami) na sieci kwadratowej, perkolacja nie zachodzi, o ile tylko igły są dostatecznie długie (k rzędu kilku tysięcy stałych sieci). W niniejszym wystąpieniu dowodzimy w sposób matematycznie ścisły, że hipoteza ta jest błędna: w dowolnym układzie nienachodzących na siebie prostoliniowych k -merów o stałej długości k i orientacji poziomej lub pionowej, na siatce kwadratowej, po dojściu do stanu, w którym nie ma już miejsca na dołożenie kolejnego k -meru, każdy klaster sąsiadujących ze sobą k -merów jest klastrem perkolującym.

[1] Grzegorz Kondrat, Zbigniew Koza, Piotr Brzeski, *Jammed systems of oriented needles always percolate on square lattices*, arXiv:1706.02550 [cond-mat.stat-mech]



czwartek 14.09.2017, sala E

fizyka biologiczna i medyczna II

Zofia Drzazga
Uniwersytet Śląski

15:15	15:42	0:27	Tadeusz Pałasz Uniwersytet Jagielloński	Medyczne obrazowanie magnetycznym rezonansem jądrowym z użyciem hiperspolaryzowanych gazów szlachetnych ^3He i ^{129}Xe
15:42	16:09	0:27	Jacek Tarasiuk Akademia Górniczo-Hutnicza	Mikro tomografia rentgenowska w badaniach biomedycznych
16:09	16:36	0:27	Marta Kopaczyńska Politechnika Wroclawska	Alterations of biomechanics in cancer cells induced by cytostatic agent
16:36	16:51	0:15	Ilona Karpiel Uniwersytet Śląski	Zastosowanie Seed Correlation Analysis (SCA) w resting state functional magnetic resonance (rsfMRI) w obszarze czuciowo-ruchowym

fizyka biologiczna i medyczna III

Wiktor Zipper
Uniwersytet Śląski

17:05	17:40	0:35	Krzysztof Ślosarek Centrum Onkologii, Gliwice	Rozwój możliwości technicznych radioterapii
17:40	18:00	0:20	Ewa Fabiszewska Centrum Onkologii, Warszawa	Dawki promieniowania X w skryningu mammograficznym w Polsce versus stosowane rejestratory obrazu
18:00	18:20	0:20	Aleksandra K. Biegun University of Groningen	Proton radiography imaging technique to improve proton radioteraphy treatment
18:20	18:40	0:20	Katarzyna Szkliniarz Uniwersytet Śląski	Cyklotronowa produkcja radioizotopów stosowanych w medycynie nuklearnej

Medyczne obrazowanie magnetycznym rezonansem jądrowym z użyciem hiperspolaryzowanych gazów szlachetnych ^3He i ^{129}Xe

Tadeusz Pałasz

Institut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński

Obrazowanie magnetycznym rezonansem jądrowym (MRJ) ciała człowieka umożliwia otrzymanie obrazów narządów posiadających odpowiednio dużą gęstość jąder wodoru. Obszar płuc wypełnionych gazem atmosferycznym jest w takim badaniu niewidoczny. Aby móc zobrazować ten obszar należy wypełnić go gazem, którego jądra charakteryzują się spinem połówkowym i tym samym umożliwiają otrzymanie sygnału magnetycznego rezonansu jądrowego. Aby skompensować niewielką w porównaniu z wodą gęstość gazu, należy znacząco zwiększyć jego polaryzację jądrową. Gazami używanymi w obrazowaniu płuc są ^3He i ^{129}Xe . W procesach pompowania optycznego z wymianą spinu (ang. SEOP – Spin Exchange Optical Pumping) oraz pompowania optycznego z wymianą metastabilności (ang. MEOP – Metastability Exchange Optical Pumping) wykorzystuje się kołowo spolaryzowane światło laserowe, by w obecności pola magnetycznego, uzyskać częściowe uporządkowanie wektorów atomowych momentów magnetycznych w parach metalu alkalicznego (w metodzie SEOP) lub bezpośrednio w ^3He (metoda MEOP, stosowana wyłącznie do polaryzowania ^3He). Tak przygotowany ośrodek może zmieniać podczas zderzeń orientację spinów jądrowych atomów gazu szlachetnego. Możliwe jest osiągnięcie polaryzacji jądrowej rzędu kilkudziesięciu procent w gazie o ciśnieniu porównywalnym z ciśnieniem atmosferycznym [1]. Płuca wypełnia się spolaryzowanym gazem (zwykle zmieszany z azotem lub innym gazem buforowym) podczas naturalnego wdechu wykonywanego przez pacjenta już wewnątrz skanera MRJ. Odpowiednio zmodyfikowana (inna niż procedury używane w obrazowaniu protonowym), szybka sekwencja obrazująca umożliwia otrzymanie zarówno obrazów statycznych jak i serii skanów pokazujących dynamikę wypełniania płuc gazem. Uzyskuje się tą drogą użyteczne medycznie informacje o chorobach takich jak przewlekła obturacyjna choroba płuc czy mukowiscydoza. Prezentacje będzie dotyczyła porównania metod SEOP i MEOP oraz praktycznej realizacji urządzeń do wytwarzania jądrowej hiperspolaryzacji gazów, w tym nowatorskiego rozwiązania wysokopolowego polaryzatora ^3He [2].

[1] T. Pałasz, B. Tomanek. *Optical Hyperpolarization of Noble Gases for Medical Imaging*, Chapter 10 in "Gas Phase NMR", Ed. K. Jackowski, M. Jaszński, Royal Society of Chemistry 2016, ISBN: 978-1-78262-161-4.

[2] G. Collier, T. Pałasz, A. Wojna, B. Głowacz, M. Suchanek, Z. Olejniczak, T. Dohnalik. *A high-field ^3He metastability exchange optical pumping polarizer operating in a 1.5T medical scanner for lung magnetic resonance imaging*. Journal Of Applied Physics **113**, 204905 (2013).



Mikro tomografia rentgenowska w badaniach biomedycznych

Jacek Tarasiuk, Sebastian Wroński

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-065 Kraków

W prezentacji przedstawione zostaną podstawy fizyczne oraz techniczne mikrotomografii rentgenowskiej, ze szczególnym uwzględnieniem różnic w stosunku do klasycznej tomografii medycznej. Omówione będą również możliwości badawczo pomiarowe techniki mikro tomograficznej.

Główną część prezentacji stanowią będą przykłady badań prowadzonych w Laboratorium Mikro i Nanotomografii AGH w Krakowie.

Badania te można podzielić na kilka grup tematycznych. Będą to:

- Badania mikro struktur anatomicznych,
- Badania w zakresie stomatologii (wypełnienia, anatomia kanałów korzeniowych),
- Badania implantów i substytutów kości,
- Badania wpływu różnych substancji na proces kostnienia,
- Badania zwapnień w zastawkach serca,
- Badania materiałowe na potrzeby medycyny,
- Inne zagadnienia z zakresu biomedycyny lub biofizyki.

W podsumowaniu omówione będą aktualne trendy i perspektywy rozwoju w zakresie badań mikro tomograficznych.

Alterations of biomechanics in cancer cells induced by cytostatic agent

Marta Kopaczyńska¹, Kaja Frączkowska¹, Halina Podbielska¹, Tomasz Wróbel³,
Jan Masajada²

¹*Dept. of Biomedical Engineering, Faculty of Fundamental Problems of Technology,
Wrocław University of Science and Technology,
27 Wybrzeże Wyspiańskiego St., 50-370 Wrocław, Poland*

²*Dept. of Optics and Photonics, Faculty of Fundamental Problems of Technology,
Wrocław University of Science and Technology,
27 Wybrzeże Wyspiańskiego St., 50-370 Wrocław, Poland*

³*Dept. of Hematology, Blood Neoplasms and Bone Marrow Transplantation, Wrocław
Medical University, 4 Pasteur St., 50-367 Wrocław, Poland*

Acute myeloid leukemia (AML) is an aggressive hematopoietic stem cell neoplasm, which is caused by the rapid proliferation of immature malignant blood cells (blasts). It has been demonstrated that tumour cells have different mechanical properties from normal counterpart [1]. The changes of mechanical properties of cancer cells may have significant consequences. It is known that the stiffness of cells is closely related to their death, differentiation and migration [2,3].

Mechanical properties of biological structures are critical for understanding metabolic processes in cancerous or normal cells and the effects of drugs used in chemotherapy. In acute myeloid leukaemia, chemotherapy is one of the preferential methods. However, due to the lack of selectivity to cancer cells cytostatic agents cause toxicity to normal tissues, including organo- and myelotoxicity. Doxorubicin (DOX) is anthracycline antibiotic, widely used in human cancer treatment. It is administered intravenously and its amphiphilic character results in its unspecific interactions with other cells than cancer, leading to exacerbating of the patient's condition. Here, we study the effect of DOX on the mechanical properties of DNA molecules and blast cells from acute myeloid leukaemia patients, using optical tweezers. We examined, as a control sample, normal erythrocytes, which also interact with drugs used in chemotherapy. In addition, the subcellular distribution of the drug in leukemic cells and erythrocytes was investigated by confocal laser scanning microscopy. Our results indicated that DOX affects mechanical properties of cellular structures. In all three cases: DNA molecules, leukemic blast cells and erythrocytes, the drug reduced mechanical strength of examined objects. For the leukemic cells the subcellular distribution of DOX was shown to be predominantly nuclear with nuclear membrane staining and some particulate cytoplasmic fluorescence. In the case of erythrocytes, DOX showed fluorescence mainly in cytoplasm and plasma membrane. Our experiments indicate that examination of the cell mechanical properties with visualization of drug distribution within the cell has a potential to accurately observing the effects of chemotherapy on both leukemic and normal cells and helps to develop more effective and/or less toxic treatments.

[1] Lin H, Lin H, Lin I, Chiou Y, Chen H, Liu C, Harn HI, Chiu WT, Wang YK, Shen MR, Tang MJ, *Oncotarget* **6**, 20946–58 (2015).

[2] Pillarisetti A, Desai JP, Ladjal H, Schiffmacher A, Ferreira A, Keefer CL, *Cell Reprogram* **13**, 371–80 (2011).

[3] Zou C, Luo Q, Qin J, Shi Y, Yang L, Ju B, Song B, *Cell Biochem Biophys* **65**, 455–62 (2013).

Zastosowanie Seed Corelation Analysis (SCA) w resting state functional magnetic resonance (rsfMRI) w obszarze czuciowo-ruchowym: optymalizacja parametrów w programie DPARSF

Ilona Karpień^{1,2,3}, Uwe Klose³, Edyta Charyasz-Lex³, Zofia Drzazga^{1,2}

¹*Instytut Fizyki im. A. Chelkowskiego, Zakład Fizyki Medycznej, Uniwersytet Śląski, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, Polska*

²*Śląskie Międzyuczelniane Centrum Edukacji i Badan Interdyscyplinarnych, 75 Pułku Piechoty 1, 41-500 Chorzów, Polska*

³*University of Tuebingen, Department of Diagnostic and Interventional Neuroradiology, Hoppe-Seyley Str. 3, 72-076 Tuebingen, Germany*

W ostatnich czasach nastąpił wzrost zainteresowania techniką rsfMRI, która jest alternatywą dla konwencjonalnych zadaniowych badań funkcjonalnych (fMRI). Technika ta nie wymaga od badanego zdolności do współpracy a co ważne okazuje się, że mózg jest aktywny nawet gdy dana osoba nie jest zaangażowana i nie koncentruje się na konkretnym zadaniu.

Celem pracy jest zastosowanie metody Seed Corelation Analysis (SCA) w analizie Resting-state Functional MRI (rsfMRI) w obszarze czuciowo-ruchowym oraz optymalizacja parametrów w DPARSF toolbox (ang. Data Processing Assistant for Resting-State fMRI).

Analizy rsfMRI przeprowadzono dla badań (20 osób: 13 kobiet i 7 mężczyzn) wykonanych w Zakładzie Diagnostyki i Neuroradiologii w szpitalu w Tuebingen w Niemczech. Wszystkie badania zostały wykonane przy użyciu skanera Siemens Magnetom 3T, 20 – kanałowej cewki i odpowiedniego dodatkowego wyposażenia. Do analizy wykorzystano DPARSF toolbox, w którym przeprowadzono optymalizację następujących parametrów : amplituda fluktuacji niskiej częstotliwości - ALLF (ang. amplitude of low-frequency fluctuation, w zakresie 0.01-0.08, 0.01-0.04, 0.1-0.2), maski Gussowskiej-kernel (Gaussian kernel: 3mm, 5mm, 8mm) oraz sferycznego obszaru zainteresowania – ROI (spherical ROI o promieniach: 2mm - 8mm). Program ten był również użyty do zaimplementowania 33 obszarów zainteresowania (ROIs) [1] a przedstawienie wyników umożliwiły specjalnie utworzone 2 skrypty w MATLABIE.

Bazując na macierzy połączeń (connectivity matrix) znaleziono maksymalne wartości korelacji 2 dowolnie wybranych ROIs w obszarze czuciowo ruchowym. Przykładowo dla pary (ROIs) z obszarów Brodmanna (Parietal Sensorimotor i Precentral gyrus Sensorimotor w lewej półkuli mózgowej) dla kernela 5mm przy użyciu ALFF 0.01-0.08, promienia sfery obszaru zainteresowania równej 8mm otrzymano najwyższe wartości korelacji (1.225). Natomiast dla kernela 8mm, wartość korelacji wzrosła do wartość 1.321. Zaobserwowano, że zmiana jednego parametru w analizie DPARSF powoduje wyraźne zmiany w wartościach korelacji.

Analiza wskazała, że najwyższe wartości korelacji w obszarze czuciowo ruchowym uzyskano dla sferycznych obszarów zainteresowania (ROIs) o promieniu 8mm, przy czym dla wartości $r=3\text{mm}$ i $r=4\text{mm}$ zaobserwowano te same wartości. Wyższe wartości korelacji dla pary ROI uzyskano dla ALLF w zakresie 0.01-0.04 niż dla 0.01-0.08 najczęściej stosowanych. Ponadto użycie kernelu równego 8mm okazało się najkorzystniejsze w przeprowadzonej analizie.

[1] X. Di, E. Kim, Ch.-Ch. Huang, S.-J. Tsai, Ch.-P. Lin, B. B. Biswal, *Frontiers in Human Neuroscience* 7, 118 (2013)

Rozwój możliwości technicznych radioterapii

Krzysztof Ślosarek

*Centrum Onkologii – Instytut MSC, Oddział Gliwice, 44 – 101 Gliwice, ul. Wybrzeże AK 15
Zakład Planowania Radioterapii*

Radioterapia jako metoda leczenia promieniowaniem jonizującym wykorzystywana jest w medycynie od ponad stu lat. Pierwsze dekady XX wieku, to wykorzystanie przede wszystkim naturalnych źródeł promieniowania oraz aparatów generujących promieniowanie rentgenowskie. Dawki terapeutyczne były definiowane według indywidualnej odpowiedzi chorego na leczenie. Lata czterdzieste ubiegłego wieku zaowocowały pojawieniem się akceleratorów cząstek naładowanych, które wytwarzały promieniowanie elektronowe oraz fotonowe o energiach maksymalnych nawet 40 MeV. Kolejnym krokiem w rozwoju radioterapii było pojawienie się komputerów, które wykorzystywano do obliczania rozkładów dawek. Nie tylko dawka punktowa, ale jej rozkład w płaszczyźnie znalazł się w strefie zainteresowania lekarzy. W tym miejscu należy przypomnieć, że skuteczność leczenia promieniowaniem jonizującym jest ściśle związana z precyzją określenia obszaru, który ma być leczony. Do lat osiemdziesiątych XX wieku, w celu określenia położenia zmiany nowotworowej stosowano „zdjęcia rentgenowskie”, a kształt zewnętrzny ciała chorego był przenoszony na papier przy pomocy urządzeń mechanicznych. Tomografia komputerowa pierwotnie wykorzystywana tylko do diagnostyki bardzo szybko znalazła swoje miejsce w radioterapii: można było dokładnie określić miejsce, które ma być leczone oraz położenie struktur, tkanek zdrowych, które powinny otrzymać jak najmniejszą dawkę promieniowania. Szybki rozwój informatyki i elektroniki przyczynił się do rozwoju zarówno algorytmów dedykowanych do obliczania rozkładów dawek, jak i możliwości technicznych akceleratorów biomedycznych. Pojawiły się kolimatory wielolistkowe, które umożliwiały napromienianie chorego przy użyciu różnych kształtów wiązek promieniowania, rozkłady dawek stawały się coraz bardziej konformalne, dopasowane do form przestrzennych guza nowotworowego. Akceleratory zostały wyposażone w urządzenia pozwalające zweryfikować położenie chorego w czasie zabiegu terapeutycznego. Dostępność metod obrazowania przy pomocy magnetycznego rezonansu jądrowego spowodowała, że przestrzenne przedstawienie struktur anatomicznych chorego stało się podstawą planowania rozkładu dawki w trzech wymiarach. Początek XXI to wprowadzenie do radioterapii technik dynamicznych, polegających na zmianie kształtu wiązki promieniowania w czasie seansu terapeutycznego. Dzięki coraz wydajniejszym komputerom nastąpił znaczny rozwój algorytmów obliczających rozkłady dawek. Akceleratory zostały wyposażone w matryce detektorów, które weryfikują położenia chorego w czasie rzeczywistym. Nie można zapomnieć, że współczesna radioterapia korzysta z osiągnięć radiobiologii, wprowadzając nie tylko indywidualne schematy frakcjonowania dawki, ale również indywidualne zróżnicowanie jej rozkładu w guzie nowotworowym. Ważnym elementem radioterapii jest oprogramowanie, nie tylko algorytmy obliczające rozkład dawki, ale również łączące różne urządzenia diagnostyczne i terapeutyczne, pozwalają one na archiwizowanie wszystkich parametrów związanych z prowadzonym leczeniem.

Dawki promieniowania X w skryningu mammograficznym w Polsce versus stosowane rejestratory obrazu

Ewa Fabiszewska, Katarzyna Pasicz, Iwona Grabska

*Zakład Fizyki Medycznej Centrum Onkologii
– Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie*

Od 2007 roku znacznie zmieniły się rodzaje rejestratora obrazu w placówkach mammograficznych realizujących program badań przesiewowych w Polsce. Systemy z detektorem filmowym (SF) są zastępowane przez systemy CR i DR. Celem niniejszej pracy była ocena zmian, jakim podlegają wartości średnich dawek gruczołowych dla ekspozycji 4,5 cm PMMA ($MGD_{4,5cmPMMA}$) w związku ze zmianą rodzaju rejestratora obrazu.

Materiał niniejszej pracy stanowiło 1499 protokołów z kontroli przeprowadzonych przez fizyków z 16 Wojewódzkich Ośrodków Koordynujących w latach 2007, 2011, 2012 i 2013. Dane dotyczące liczby aparatów mammograficznych w roku 2014 zaczerpnięto z raportu Centralnego Ośrodka Koordynującego. Dla każdego roku wyznaczono wartość średnią, odchylenie standardowe oraz wartości minimalne i maksymalne $MGD_{4,5cmPMMA}$ łącznie dla wszystkich systemów mammograficznych, a następnie dla każdego systemu SF, CR i DR oddzielnie. Porównano te wartości w kolejnych latach.

Liczba aparatów w roku 2007 wynosiła 298. Natomiast w latach 2011-2014 liczba aparatów oscylowała wokół liczby 400. Utrzymanie trendu wzrostu liczby systemów CR i DR w stosunku do liczby systemów SF skutkowałoby tym, że w połowie 2022 roku w skryningu w Polsce nie byłoby żadnego systemu SF. Przy czym stosunek liczbowy systemów CR do DR wyniósłby 2,5.

W latach 2011-2014 wartości średnie $MGD_{4,5cmPMMA}$: dla systemów CR były wyższe niż dla systemów SF: o 25%, o 26% i o 28%; dla systemów DR były wyższe niż dla systemów SF: o 15%, o 4% i o 5%; dla systemów CR były wyższe niż dla systemów DR o 13%, o 23% i o 24%. Jednak we wszystkich przypadkach, wartości średnie $MGD_{4,5cmPMMA}$ były w akceptowalnym poziomie 2,5 mGy.

Zakładając, że do roku 2022 tempo wzrostu liczby aparatów CR i DR będzie takie samo jak w latach 2011–2014, a różnice w wartości dawek dla poszczególnych systemów nie uległyby zmianie, to oszacowana wartość średnia $MGD_{4,5cmPMMA}$ w roku 2022 byłaby większa o około 12% od wartości średniej $MGD_{4,5cmPMMA}$ otrzymanej dla wszystkich typów systemów mammograficznych w 2013 roku.

Średnie wartości MGD wyznaczone dla ekspozycji fantomu o grubości 4,5 cm dla systemów CR są one znacząco wyższe niż dla systemów SF oraz dla systemów DR. Koniecznym wydaje się podjęcie działań w kierunku obniżenia dawek promieniowania X przede wszystkim w przypadku systemów CR.

Proton radiography imaging technique to improve proton radiotherapy treatment

**A.K. Biegun¹, M. van Beuzekom², M.-J. van Goethem^{1,3}, E.R. van der Graaf¹,
E.N. Koffeman², T. Nakaji⁴, J. Takatsu⁴, J. Visser², S. Brandenburg¹**

¹*KVI-Center for Advanced Radiation Technology (KVI-CART),
University of Groningen, The Netherlands*

²*National Institute for Subatomic Physics (Nikhef), Amsterdam, The Netherlands*

³*Department of Radiation Oncology, University Medical Center Groningen,
University of Groningen, The Netherlands*

⁴*Department of Radiation Oncology, Graduate School of Medicine,
Osaka University, Osaka, Japan*

The novel proton radiography imaging technique has a big potential to be used in determining directly proton energy losses (proton stopping powers, PSPs) in various tissues in the patient. The uncertainty of PSPs, currently obtained from translation of X-ray Computed Tomography (CT) images, needs to be minimized from 3-6% or higher [1-5] to less than 1%, which is crucial to make an accurate treatment plan with a proton beam.

With the Geant4 Monte Carlo toolkit we simulate a proton radiography detection system (similar to the one that we have used in the real experiment with AGOR) with two position sensitive detectors, and a residual energy detector. A complex phantom filled with 11 materials (also tissue surrogates) is placed between the two position detectors. We irradiate the phantom with various proton beam energies relevant in clinics (70-250 MeV) and study energy loss and scattering angle radiographs. The energy loss of a proton in the phantom materials is calculated as a difference between the proton beam energy and proton residual energy recorded in the energy detector. This energy loss is used to create a radiography image of the phantom. The multiple Coulomb scattering of a proton traversing different materials causes blurring of the radiography image. To improve the image quality and identify each material in the phantom, we select protons with small scattering angles.

The selection of protons traveling in a straight line has been considered in order to accurately distinguish neighboring materials. Applying a scattering angle cut of 8.7 mrad results in correct identification of the phantom materials.

A good quality of the proton radiography image, in which different materials can be recognized accurately, and in combination with X-ray CT can lead to more accurate relative stopping powers predictions and thus, to improve the clinical outcome of proton radiotherapy.

[1] W. Schneider, T. Bortfeld, W. Schlegel, *Phys. Med. Biol.* **45**, 459 (2000).

[2] G. Cirrone et al., *Nucl. Instr. Meth. in Phys. Research*, **576**, 194 (2007).

[3] H. Paganetti, *Phys. Med. Biol.* **57**, R99 (2012).

[4] J. Schuemann et al., *Phys. Med. Biol.* **59**, 4007 (2014).

[5] A.-C. Knopf, A. Lomax, *Phys. Med. Biol.* **58**, R131 (2013).



Cyklotronowa produkcja radioizotopów stosowanych w medycynie nuklearnej

K. Szkliniarz¹, M. Sitarz^{2,3}, J. Jastrzębski², A. Bilewicz⁴, J. Choiński², K. Kapinos^{2,3},
M. Kisieliński⁵, A. Majkowska⁴, A. Stolarz², A. Trzcńska², R. Walczak⁴, B. Wąs⁶,
J. Wojtkowska⁵, W. Zipper¹

¹ Zakład Fizyki Jądrowej i Jej Zastosowań, Uniwersytet Śląski, Katowice

² Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

³ Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

⁴ Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

⁵ Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku, Otwock

⁶ Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk, Kraków

Tematem prezentacji jest cyklotronowa metoda produkcji radioizotopów medycznych stosowanych w terapii i diagnostyce medycznej. Badania produkcji radioizotopów prowadzone są w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego we współpracy kilku ośrodków naukowych.

W prezentacji zostaną przedstawione wyniki przeprowadzonych eksperymentów dotyczących produkcji radioizotopów medycznych, z wykorzystaniem wiązki cząstek alfa pochodzącej z cyklotronu U200-P, a także z wykorzystaniem wiązki protonów z cyklotronów GE PETtrace i C30. Produkowanymi radioizotopami z wykorzystaniem wiązki cząstek alfa były: ²¹¹At, stosowany w Celowanej Terapii Cząstkami Alfa (TAT – Targeted Alpha Therapy) do leczenia m. in. małych guzów nowotworowych, a także radioizotopy skandu wykorzystywane w diagnostyce medycznej. Produkowanymi radioizotopami skandu były ⁴³Sc, ⁴⁷Sc oraz ⁴⁴Sc wykorzystany do stworzenia generatora *in vivo* ^{44m}Sc/^{44g}Sc.

Kolejnym badanym radioizotopem był ^{99m}Tc, który jest najczęściej stosowanym radioizotopem w medycynie nuklearnej, wykorzystywanym w diagnostyce medycznej. Obecnie ^{99m}Tc pozyskiwany jest z generatorów ⁹⁹Mo/^{99m}Tc, w których jądro macierzyste ⁹⁹Mo wytwarzane jest w reaktorach jądrowych. Od kilku lat istnieje kryzys w dostarczaniu ⁹⁹Mo, wynikający z częstych awarii reaktorów jądrowych oraz ich starzeniem się, dlatego poszukuje się alternatywnych metod produkcji ^{99m}Tc. Jedną z nich jest metoda cyklotronowa, która zostanie omówiona w tej prezentacji.

Celem badań jest wyznaczenie optymalnych parametrów aktywacji tarcz do produkcji radioizotopów medycznych, wyznaczenie zanieczyszczeń radioizotopowych oraz wydajności produkcji radioizotopów.



czwartek 14.09.2017, sala F

fizyka jądrowa II

Adam Maj
Instytut Fizyki Jądrowej PAN

15:15	15:50	0:35	Jacek Dobaczewski University of York	Jądrowe funkcjonały gęstości
15:50	16:10	0:20	Marek Płoszajczak Grand Accélérateur National d'Ions Lourds	Unifikacja opisu struktury i reakcji jądrowych w modelu powłokowym na stanach Gamowa
16:10	16:30	0:20	Piotr Magierski Politechnika Warszawska	Modelling quantum superfluids - how supercomputers help us understand mechanisms of nuclear processes
16:30	16:50	0:20	Paweł Bączyk Uniwersytet Warszawski	Naruszenie symetrii izospinowej przez efektywne oddziaływanie jądrowe

fizyka jądrowa III

17:05	17:40	0:35	Zenon Janas Uniwersytet Warszawski	Egzotyczne rozpady jąder atomowych dalekich od ścieżki trwałości beta
17:40	18:00	0:20	Elżbieta Stephan Uniwersytet Śląski	Eksperymentalne badania oddziaływań jądrowych w układach kilku nukleonów
18:00	18:20	0:20	Katarzyna Wrzosek-Lipska Uniwersytet Warszawski	Kształty jąder atomowych badane metodą wzbudzeń kulombowskich w ŚLCJ UW
18:20	18:40	0:20	Maria Kmiecik Instytut Fizyki Jądrowej PAN	Wykorzystanie wiązek protonów w CCB IFJ PAN w Krakowie do pomiarów kolektywnych wzbudzeń jąder atomowych

Jądrowe funkcjonały gęstości

Jacek Dobaczewski¹⁻⁴

¹ *Department of Physics, University of York, Heslington, York YO10 5DD, United Kingdom*

² *Department of Physics, PO Box 35 (YFL), FI-40014 University of Jyväskylä, Finland*

³ *Institute of Theoretical Physics, Faculty of Physics, University of Warsaw, ul. Pasteura 5, PL-02-093 Warsaw, Poland*

⁴ *Helsinki Institute of Physics, PO Box 64, FI-00014 University of Helsinki, Finland*

Teoria funkcjonału gęstości (ang. density functional theory – DFT) stała się w ostatnim ćwierćwieczu niezwykle popularnym narzędziem do opisu układów elektronowych, czyli atomów, molekuł, ciała stałego, czy materii skondensowanej. Od 1990 do 2014 roku liczba publikacji na ten temat wzrosła ze 100 do 17000 rocznie [1]. W fizyce jądrowej, identyczne metody rozwinięte zostały niedługo po ogłoszeniu w połowie lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku przez Hohenberga, Kohna i Shama [2-3] podstaw tej teorii. Do dnia dzisiejszego jądrowe zastosowania zostały znakomicie rozwinięte, poprawnie opisując globalne własności jąder atomowych przy użyciu kilkunastu fenomenologicznych stałych sprzężenia.

Obecnie wydaje się jednak, że tak ekonomiczne zasady opisu osiągnęły kres swoich możliwości, i poprawienie precyzji opisu teoretycznego wymaga poszukiwania bardziej skomplikowanych jądrowych funkcjonałów gęstości. Najbardziej palącym problemem jest tutaj sformułowanie teorii w języku rozwinięcia w szereg coraz lepszych przybliżeń, umożliwiający systematyczną poprawę zgodności teorii i doświadczenia.

W swoim wykładzie przedstawię przystępny przegląd opisu wielu obserwabli i zjawisk jądrowych uzyskanego w ramach teorii jądrowego funkcjonału gęstości. Głównym celem prezentacji będzie zapoznanie słuchaczy z obecnym stanem badań nad oceną błędów i niepewności tego opisu. Podsumowanie wykładu będzie zawierało kilka uwag o perspektywach rozwoju i usprawnienia tej teorii, opartych na wynikach uzyskanych we współpracy grup naukowych z Jyväskylä, Lyonu i Yorku [5-8].

[1] R. O. Jones, *Rev. Mod. Phys.* **87**, 897 (2015).

[2] P. Hohenberg and W. Kohn, *Phys. Rev.* **136**, B864 (1964).

[3] W. Kohn and L. Sham, *Phys. Rev.* **140**, A1133 (1965).

[4] M. Bender, P.-H. Heenen, and P.-G. Reinhard, *Rev. Mod. Phys.* **75**, 121 (2003).

[5] J. Dobaczewski, K. Bennaceur, and F. Raimondi, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **39**, 125103 (2012).

[6] F. Raimondi, K. Bennaceur, and J. Dobaczewski, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **41**, 055112 (2014).

[7] K. Bennaceur, J. Dobaczewski, and F. Raimondi, *EPJ Web Conf.* **66**, 02031 (2014).

[8] K. Bennaceur, A. Idini, J. Dobaczewski, P. Dobaczewski, M. Kortelainen, and F. Raimondi, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **44**, 045106 (2017).

Unifikacja opisu struktury i reakcji jądrowych w modelu powłokowym na stanach Gamowa

Marek Płoszajczak

*Grand Accélérateur National d'Ions Lourds (GANIL),
CEA/DSM - CNRS/IN2P3, BP 55027, F-14076 Caen Cedex, France*

Badania własności jąder egzotycznych weszły w okres intensywnych, Międzynarodowych studiów eksperymentalnych. Nowe akceleratory wiązek jader radioaktywnych powstają obecnie w Europie, Japonii i USA. Badania słabo związanych i niezwiązanych stanów jąder egzotycznych kwestionują słuszność wielu tradycyjnych paradygmatów fizyki jądrowej dotyczących w szczególności efektywnych oddziaływań nukleonów, związków dynamiki jądrowego układu wielu ciał z chromodynamiką kwantowa, czy separacji struktury jądra atomowego i reakcji jądrowych.

Jądrowy model powłokowy pomógł zrozumieć i skategoryzować ogromną ilość danych dotyczących poziomów jądrowych, momentów, wzbudzeń kolektywnych, rozpadów elektromagnetycznych, etc. W swojej tradycyjnej formie, model powłokowy opisuje jądro jako *zamknięty układ kwantowy*: nukleony zajmują związane, a więc dobrze zlokalizowane, orbity jednocząstkowe i są izolowane od środowiska niezwiązanych stanów rozproszeniowych. Rozdział pomiędzy stanami dyskretnymi a kontinuum stanów rozproszeniowych, stał się pewnego rodzaju paradygmatem fizyki jądrowej. W długiej perspektywie czasowej doprowadziło to do sztucznego rozdziału między strukturą jądra i reakcjami jądrowymi, spowalniając postęp w obu dziedzinach.

W referacie przedstawię podstawy modelu powłokowego na stanach Gamowa, Nowego sformułowania jądrowego modelu powłokowego, które opisuje jądro atomowe jako *otwarty układ kwantowy*, pod wpływem środowiska wielociałowego kontinuum reprezentującego kanały rozproszenia i reakcji. To sformułowanie umożliwia zunifikowany opis struktury i reakcji jądrowych, oraz wyjaśnienie wielu nierozwiązanych wcześniej zagadnień takich jak:

- (i) występowanie silnie skorelowanych stanów w pobliżu progów na emisje cząstek,
- (ii) mechanizm wychwytu radiacyjnego w układach zdominowanych przez rezonanse lub stany podprogowe, np. w reakcji $^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$, która umożliwia powstanie ^{16}O we wnętrzu gwiazd,
- (iii) segregacja czasów życia rezonansów, czy
- (iv) koalescencja rezonansów o tych samych liczbach kwantowych.

Model powłokowy na stanach Gamowa umożliwia jednolity opis stanów jądrowych niezależnie od ich energii wiązania. W szczególności pozwala badać krótko żyjącą materię nukleonową i granice istnienia jader atomowych. Ponieważ słabo związane jądra atomowe mają bardzo mało stanów dyskretnych, informacje o ich strukturze opierają się na eksperymentach rozproszeniowych i rozpadach. Ujednolicone ramy modelu powłokowego dla otwartych układów kwantowych umożliwiają łączenie informacji o stanach dyskretnych z informacjami o procesach w kontinuum stanów rozproszeniowych, bez wprowadzania *ad hoc* hipotez.

Modelling quantum superfluids - how supercomputers help us understand mechanisms of nuclear processes

Piotr Magierski

Faculty of Physics, Warsaw University of Technology, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warsaw

Super fluidity is a generic feature of various quantum systems at low temperatures. It has been experimentally confirmed in many condensed matter systems, in ^3He and ^4He liquids, in nuclear systems including nuclei and neutron stars, in both fermionic and bosonic cold atoms in traps, and it is also predicted to show up in dense quark matter. Using the most powerful supercomputers of hybrid CPU+GPU architecture we are currently able to study a real-time 3D dynamics without any symmetry restrictions evolving up to hundred of thousands of superfluid fermions. It represents a true qualitative leap in quantum simulations of nonequilibrium systems, allowing to make quantitative predictions and to reach limits inaccessible in laboratories. During the talk I will review several applications and results concerning in particular nuclear collisions, induced fission and dynamics of nuclear matter in neutron stars. I will also discuss dynamics of topological excitations in ultracold atomic clouds and prospects to produce a quantum turbulent flow.

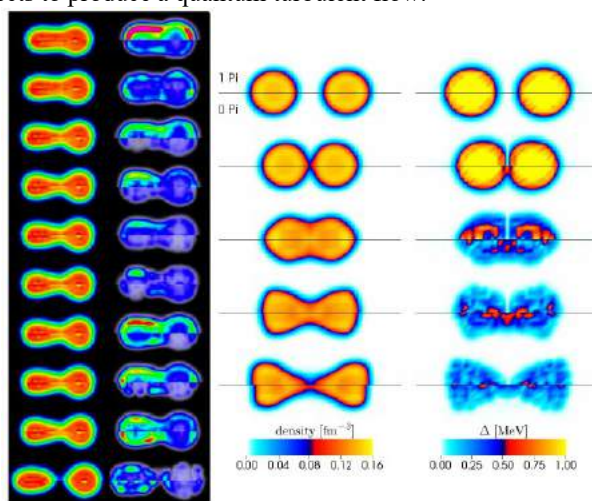


Fig. 1: Supercomputer simulations of nuclear dynamics: The left subfigure show snapshots of the fissioning ^{240}Pu , excited to the energy of about 8 MeV. In the left column the neutron/proton densities are shown in the top/bottom half of each frame. In the right column the pairing field for the neutron/proton systems are displayed in the top/bottom of each frame respectively. In the right subfigure snapshots from the collision of $^{240}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ for two extreme values of the relative phase differences of pairing fields ($\Delta\varphi = 0$ and π) at the energy above the Coulomb barrier. Left column show the total density distribution, whereas the right column show the neutron pairing field of two colliding nuclei. Top half of each panel corresponds to the phase difference $\Delta\varphi = \pi$, while bottom half corresponds to the case without phase difference $\Delta\varphi = 0$.

Naruszenie symetrii izospinowej przez efektywne oddziaływanie jądrowe

P. Bączyk¹, J. Dobaczewski^{1,2,3,4}, M. Konieczka¹, W. Satuła^{1,2}

¹*Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa*

²*Helsinki Institute of Physics, P.O. Box 64, FI-00014 University of Helsinki, Finland*

³*Department of Physics, University of York, Heslington, York YO10 5DD, United Kingdom*

⁴*Department of Physics, P.O. Box 35 (YFL), University of Jyväskylä,
FI-40014 Jyväskylä, Finland*

Do teoretycznego opisanania jąder atomowych niezbędne są zarówno wiedza na temat wiążącego je oddziaływania silnego, jak i konstruowanie modeli uproszczających skomplikowane matematyczne równania dla układu wielu ciał. Niezwykle pomocne okazuje się wykorzystanie izospinu - liczby kwantowej opisującej protony i neutrony jako stany jednej cząstki - nukleonu. Jeżeli własności układ nukleonów pozostają takie same po zamianie protonów na neutrony (lub odwrotnie), to mamy do czynienia z symetrią izospinową, która znacznie upraszcza teoretyczny opis jąder atomowych. Niestety ta symetria jest łamana nie tylko przez niewielką różnicę mas protonu i neutronu, ale przede wszystkim przez oddziaływanie Coulomba, które występuje jedynie między protonami. Dodatkowo okazuje się, że oddziaływanie silne pomiędzy nukleonami również narusza tę symetrię.

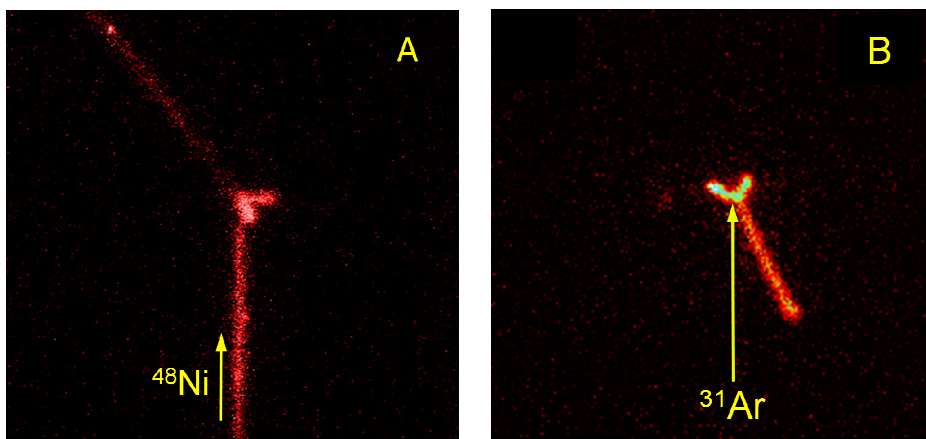
Nasz projekt skupia się przede wszystkim na badaniu silnego oddziaływania jądrowego, a w szczególności łamania przez nie symetrii izospinowej, co uwzględniliśmy w modelu opartym na teorii funkcjonału gęstości. W trakcie wystąpienia pokażę, jak za pomocą takiego podejścia można odtworzyć eksperymentalne różnice energii wiązania dla jąder o zbliżonej liczbie protonów i neutronów, a także zaprezentuję, co na podstawie naszych wyników możemy powiedzieć na temat własności oddziaływania silnego.

Egzotyczne rozpady jąder atomowych dalekich od ścieżki trwałości beta

Zenon Janas

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Badania jąder dalekich od ścieżki trwałości beta wyznaczają granice istnienia jąder atomowych jako układów związanych i otwierają możliwość obserwacji nowych rodzajów promieniotwórczości. Jednymi z najbardziej spektakularnych osiągnięć ostatnich lat było odkrycie promieniotwórczości dwuprotonowej – nowego typu przemiany, w której jądro rozpada się emitując dwa protony oraz obserwacja emisji trzech protonów po rozpadzie beta. Przedyskutowane zostaną warunki umożliwiające zachodzenie i rejestrację tych procesów. Przedstawione zostaną wyniki eksperymentów, w których badano promieniotwórczość dwuprotonową podwójnie magicznego jądra ^{48}Ni [1], zaobserwowano opóźnioną emisję trzech protonów w rozpadzie ^{31}Ar [2] oraz zbadano rozpad beta ^8He [3] z emisją jąder trytu. W pomiarach tych wykorzystano detektor OTPC [4], opracowany i zbudowany w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki UW.



Rys. Cyfrowe fotografie śladów cząstek emitowanych: A) w rozpadzie dwuprotonowym ^{48}Ni , B) w rozpadzie jądra ^{31}Ar z emisją trzech protonów opóźnionych.

[1] A. Lis *et al.*, Phys. Rev. C **91**, 064309 (2015).

[2] M. Pomorski *et al.*, Phys. Rev. C **90**, 014311 (2014).

[3] S. Mianowski, Praca doktorska, Wydział Fizyki UW (2017).

[4] K. Miernik *et al.*, Nucl. Inst. Meth. A **581**, 194 (2007).



Eksperymentalne badania oddziaływań jądrowych w układach kilku nukleonów

E. Stephan¹, St. Kistryn², A. Kozela³

¹ Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, Katowice

² Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

³ Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków

Układy kilku nukleonów stanowią doskonałe pole do badań oddziaływań jądrowych, ponieważ są dla nich możliwe dokładne obliczenia teoretyczne obserwabli. W przypadku układów trzech nukleonów dotyczy to całego zakresu energii poniżej progu na produkcję pionów, a w przypadku czterech nukleonów - jak dotąd tylko stosunkowo niewielkich energii. Punkt wyjścia do obliczeń stanowią tzw. potencjały realistyczne oddziaływania nukleon-nukleon, a ostatnio również potencjały skonstruowane w oparciu o efektywną teorię pola, tzw. chiralną teorię perturbacyjną (Chiral Perturbation Theory, ChPT). Jak wskazują obecnie dostępne dane precyzyjny opis układów trzech nukleonów w oparciu o samo oddziaływanie nukleon-nukleon nie jest możliwy. Jako przyczyna niezgodności wskazywana jest tzw. siła 3-nukleonowa (3N), wynikająca z wewnętrznej struktury nukleonów, która modyfikuje oddziaływanie w układach trzech i więcej nukleonów. Pojawia się ona w sposób całkowicie naturalny w określonym rzędzie obliczeń ChPT. Do testowania obliczeń i badania wpływu siły 3N potrzebne są precyzyjne dane eksperymentalne dla układów trzech nukleonów obejmujące szeroki zakres energii oraz różnorodne obserwabli. W badaniach takich szczególną rolę odgrywa reakcja rozbitcia (breakupu) deuteronu w zderzeniu z protonem [1,2]. Z uwagi na szeroki zakres możliwych konfiguracji kinematycznych w układzie końcowym mierzone obserwabli są w różnym stopniu czułe zarówno na 3N, jak oddziaływanie kulombowskie między protonami, czy też efekty relatywistyczne. Stanowi to wyzwanie dla obliczeń teoretycznych, ale z drugiej strony daje szeroką i różnorodną bazę do ich testowania. Stopniowo badania eksperymentalne są także rozszerzane na układy czterech nukleonów.

W ostatnich latach bardzo dynamicznie rozwijają się techniki pozwalające na obliczenia struktury jąder o niewielkich i pośrednich masach oraz stanów materii jądrowej, pokazujące znaczenie siły 3N do ich właściwego opisu. Tym bardziej więc istotne jest staranne przetestowanie potencjałów stanowiących podstawę takich obliczeń.

W trakcie wystąpienia zostaną zaprezentowane wyniki badań eksperymentalnych układów kilku nukleonów prowadzonych w szerokim zakresie energii, płynące z nich wnioski, a także perspektywy dalszych pomiarów. Dyskusja zostanie rozszerzona o analizę wyników we współrzędnych niezmienniczych, umożliwiających bardziej bezpośrednio połączenie obserwowanych efektów z dynamiką układu [2].

[1] N. Kalantar-Nayestanaki, E. Epelbaum, J. Meschendorp, A. Nogga, Rep. Prog. Phys. **75**, 016301 (2012).

[2] St. Kistryn, E. Stephan, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **40**, 063101 (2013).

Kształty jąder atomowych badane metodą wzbudzeń kulombowskich w ŚLCJ UW

Katarzyna Wrzosek-Lipska

Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów, Uniwersytet Warszawski

Wzbudzenia kulombowskie od co najmniej pięćdziesięciu lat należą do najważniejszych narzędzi badania struktury jąder atomowych. Jest to proces nieelastycznego rozpraszania jąder wiązki na jądrach tarczy. Odpowiednio dobrana energia wiązki zapewnia zachowanie dużej odległości pomiędzy zderzającymi się obiektami, tak iż wzajemne oddziaływanie jest czysto elektromagnetyczne. Proces wzbudzenia kulombowskiego może być zatem opisany w sposób niezależny od modeli jądrowych, bez wprowadzania założeń oddziaływań silnych.

Metodę tę stosuje się do wyznaczania prawdopodobieństw przejść pomiędzy stanami jądrowymi oraz momentów kwadrupolowych stanów wzbudzonych w jądrze atomowym. Otrzymane w ten sposób informacje pozwalają na określenie kształtu (rozkładu ładunku) badanego jądra w każdym stanie niezależnie, tworząc tym samym rodzaj „mikroskopu jądrowego”. Umożliwia to badanie istotnych z punktu widzenia fizyki jądrowej zagadnień związanych z m. in. wyznaczaniem deformacji kwadrupolowej jąder atomowych, poszukiwaniem egzotycznych kształtów oktopolowych i heksadekapolowych [1,2], czy analizą zjawiska koegzystencji kształtu – współistnienia różnych kształtów jądra atomowego w stanach leżących blisko siebie pod względem energii [3,4,5]. Co więcej, wyniki pochodzące z eksperymentów wzbudzeń kulombowskich stanowią silny test istniejących modeli struktury jądra, gdyż w analizie danych nie stosuje się założeń co do sił jądrowych.

W ostatnich latach zainteresowanie metodą wzbudzeń kulombowskich znacznie wzrosło z uwagi na uruchomienie akceleratorów wiązek egzotycznych otwierających nowe perspektywy badania struktury niestabilnych izotopów jąder atomowych

Badania z zastosowaniem tej metody stanowią jedną z głównych specjalności warszawskiej fizyki jądrowej i prowadzone są w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego (ŚLCJ UW). Znajdujący się w laboratorium cyklotron pozwala na przyspieszenie szerokiego zakresu wiązek jonów atomowych do energii dobranej do wymagań eksperymentu.

Warszawska grupa wzbudzeń kulombowskich wykorzystuje w swojej pracy wielo-detektorowy układ pomiarowy za pomocą którego można prowadzić badania metodą wzbudzenia kulombowskiego oraz złożone programy, niezbędne do analizy bogatych danych eksperymentalnych. Kluczowym osiągnięciem jest program GOSIA [6] autorstwa dr hab. Tomasza Czosnyki. Jest to obecnie jedyne narzędzie służące do analizy danych pochodzących z eksperymentów wzbudzeń kulombowskich, używane we wszystkich światowych laboratoriach prowadzących badania tą metodą.

Podczas wykładu zaprezentowany będzie program badawczy wzbudzeń kulombowskich prowadzony w warszawskim ośrodku ŚLCJ UW. Przedstawione zostaną też główne kierunki badań w laboratorium CERN w Szwajcarii, w które warszawska grupa wzbudzeń kulombowskich jest zaangażowana.

[1] L. P. Gaffney et al., Nature 497, 199 (2013).

[2] M. Komorowska et al., Acta Phys. Pol. B47, 923 (2016).

[3] K. Wrzosek-Lipska et al., Phys. Rev. C 86, 064305 (2012).

[4] K. Hadyńska-Klęk et al., Phys. Rev. Lett. 117, 062501 (2016).

[5] N. Bree et al., Phys. Rev. Lett. 112, 162701 (2014).

[6] T. Czosnyka, D. Cline, and C. Y. Wu, Bull. Am. Phys. Soc. 28, 745 (1982).



Wykorzystanie wiązek protonów w CCB IFJ PAN w Krakowie do pomiarów kolektywnych wzbudzeń jąder atomowych

M. Kmiecik¹, B. Wasilewska¹, A. Maj¹, M. Ciemala¹, J. Łukasik¹, P. Pawłowski¹, M. Ziębliński¹, P. Lasko¹, J. Grębosz¹, F.C.L. Crespi^{2,3}, A. Bracco^{2,3}, S. Brambilla³, I. Ciepał¹, N. Cieplicka¹, B. Fornal¹, Ł. Iskra¹, M. Matejska-Minda⁴, K. Mazurek¹, P. Napiorkowski⁴, W. Parol¹, B. Sowicki¹, A. Szperlak¹, M. Harakeh⁵, A. Tamii⁶, J. Isaak⁶, S. Bottoni³, i inni

¹ IFJ PAN Kraków; ² Uniwersytet w Mediolanie; ³ INFN Mediolan;

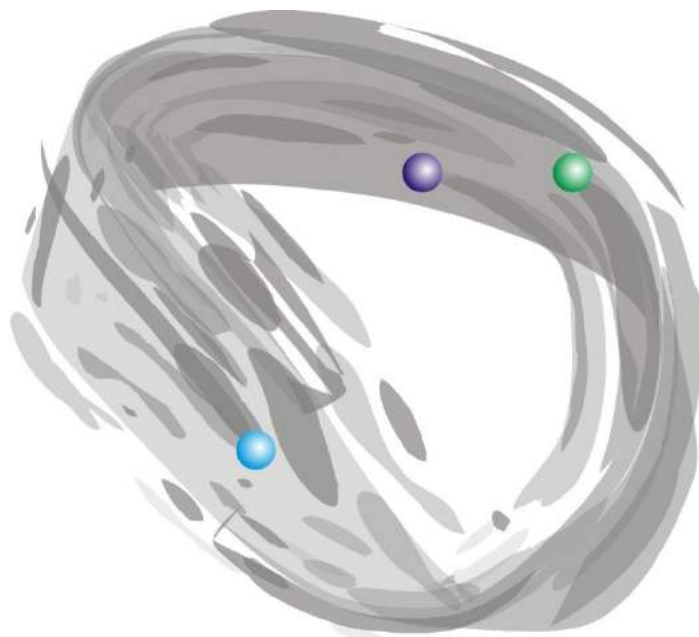
⁴ SLCJ Warszawa; ⁵ KVI Groningen; ⁶ RCNP Osaka,

Badania własności jąder atomowych mogą być prowadzone z wykorzystaniem procesów, podczas których jądra uzyskują energię, zostają wzbudzone. W zależności od reakcji zachodzącej w jądrze wzbudzeniu ulegają pojedyncze nukleony lub wiele nukleonów stanowiąc wzbudzenie kolektywne. Jego szczególnym rodzajem są gigantyczne rezonanse opisywane za pomocą wibracji neutronów względem protonów. Nadmiar energii jądra uwalniany jest w procesie rozpadu poprzez emisję cząstek naładowanych oraz kwantów gamma. Ich pomiar dostarcza informacji o własnościach wzbudzonego jądra.

W IFJ PAN rozpoczęto badania kolektywnych wzbudzeń jąder atomowych wywoływanych w reakcji nieelastycznego rozpraszania protonów. Do tego celu wykorzystywane są wiązki protonów dostarczane przez nowy cyklotron w Centrum Cyklotronowym Bronowice służący głównie do terapii hadronowej, umożliwiając również prowadzenie eksperymentów z obszaru fizyki jądrowej. Informacja na temat wzbudzonych rezonansów uzyskiwana jest w wyniku pomiaru energii emitowanych kwantów gamma oraz energii i kąta emisji rozpraszonych protonów.

Rozproszone protony oraz kwanty gamma rejestrowane są przy użyciu odpowiednich układów detektorów KRATTA oraz HECTOR. Zastosowany układ KRATTA składa się z 24 detektorów teleskopowych zbudowanych z detektora krzemowego oraz dwóch scyntylatorów CsI umożliwiających pomiary protonów o szerokim zakresie energii. Układ 8 dużych detektorów BaF₂ HECTOR o wysokiej wydajności przeznaczony jest do pomiaru wysokoenergetycznych kwantów gamma. Do rejestracji promieniowania gamma zastosowano dodatkowo nowoczesne detektory scyntylacyjne układu PARIS oraz detektor LaBr₃ o dużej objętości.

Podczas wystąpienia przedstawiona zostanie idea pomiaru oraz rezultaty pierwszego eksperymentu dotyczącego badania wzbudzeń jądra ²⁰⁸Pb.



15 września

Piątek

Sesje plenarne (PLE) IX i X



piątek 15.09.2017

sesja plenarna IX		Jacek Kossut Instytut Fizyki PAN
9:00	9:50	Maciej Lewenstein Institut de Ciències Fotòniques, Barcelona Randomness in quantum mechanics: Philosophy, physics and technology
9:50	10:25	Maciej Chorowski Narodowe Centrum Badań i Rozwoju Inżynieria dla fizyki w wielkich urządzeniach badawczych
10:25	11:00	Tomasz Story Instytut Fizyki PAN Materiały topologiczne

przerwa na kawę

sesja plenarna X		Bogdan Idzikowski Instytut Fizyki Molekularnej PAN
11:30	12:20	Witold Nazarewicz Michigan State University Niezwykłe własności jąder superciężkich i ich atomów
12:20	12:55	Zdzisław Burda Akademia Górniczo-Hutnicza Czy da się zmniejszyć rozwarstwienie rozkładu bogactwa?
12:55	13:30	Szymon Malinowski Uniwersytet Warszawski Fizyka globalnego ocieplenia
13:30	14:05	Marek Samoć Politechnika Wrocławska Polimery koordynacyjne i struktury typu MOF jako nowe materiały dla optyki nieliniowej

14:05	14:30	Zamknięcie
-------	-------	-------------------

lunch



Randomness in Quantum Mechanics: Philosophy, Physics and Technology

**Manabendra Nath Bera¹, Antonio Acín^{1,2}, Marek Kuś³, Morgan Mitchell^{1,2},
and Maciej Lewenstein^{1,2}**

¹ *ICFO-Institut de Ciències Fotòniques, The Barcelona Institute of Science and Technology,
E-08860 Castelldefels (Barcelona), Spain*

² *ICREA-Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats, Lluís Companys 23,
E-08010 Barcelona, Spain*

³ *Center for Theoretical Physics, Polish Academy of Sciences, Aleja Lotników 32/44,
02-668 Warszawa, Poland*

This lecture covers recent developments in the area of quantum randomness, which is an extraordinarily interdisciplinary area that belongs not only to physics, but also to philosophy, mathematics, computer science, and technology. For this reason the article contains three parts that will be essentially devoted to different aspects of quantum randomness, and even directed, although not restricted, to various audiences: a philosophical part, a physical part, and a technological part. For these reasons the lecture is composed on an elementary level, combining very elementary and non-technical descriptions with a concise review of more advanced results. In this way readers of various provenances (at least in physics) will be able to gain while listening to it.



Inżynieria dla fizyki w wielkich urządzeniach badawczych

Maciej Chorowski

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, Warszawa, Polska

Współczesna fizyka doświadczalna potrzebuje dużej infrastruktury badawczej do której zaliczają się takie urządzenia jak akceleratory i zderzacze cząstek, lasery na swobodnych elektronach czy reaktory termojądrowe. Aby urządzenia te mogły być maszynami odkrywczymi muszą charakteryzować się unikatowymi parametrami takimi jak energia cząstek, świetlność wiązki, częstotliwość impulsów czy temperatura i gęstość plazmy.

Warunkiem osiągnięcia zamierzonych parametrów jest wykorzystanie w projektowaniu i budowie dużej infrastruktury badawczej najnowszych technologii pozwalających na wytworzenie np. wysokopolowych magnesów czy uzyskanie ultra-wysokiej próżni. Stąd w takich laboratoriach jak CERN, XFEL GmbH, FAIR GmbH czy ITER wykorzystywane są na bezprecedensową skalę nadprzewodnictwo stosowane, kriogenika, technika próżniowa, zaawansowane technologie materiałowe i systemy akwizycji danych. Dokonywane są przełomy technologiczne w tych i pokrewnych dziedzinach. Ze względu na konieczność zaangażowania przemysłu do budowy urządzeń będących jednymi z największych maszyn w skali globalnej, laboratoria te wypracowały systemy transferu zaawansowanych technologii do przedsiębiorstw, bez udziału których niemożliwe by było zbudowanie Wielkiego Zderzacza Hadronów w CERN, czy tokamaka ITER w Cadarache.

W referacie omówione zostaną najbardziej zaawansowane technologicznie urządzenia badawcze, w tym Wielki Zderzacz Hadronów LHC, kompleks akceleratorów FAIR i reaktor termojądrowy ITER, pod kątem ich wkładu w rozwój i transfer zaawansowanych technologii do innych dziedzin jak medycyna czy energetyka. Pokazane zostaną zależności przemysłu wykorzystującego zaawansowane technologie od nakładów na badania podstawowe wymagające dużej infrastruktury badawczej. Przedstawiony zostanie polski wkład do budowy dużej międzynarodowej infrastruktury badawczej.

Materiały topologiczne

Tomasz Story

Instytut Fizyki PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

W ostatnich latach do rodziny pasmowych izolatorów topologicznych, takich jak selenek bizmutu czy studnie kwantowe tellurku rtęci, dołączyły inne grupy materiałów topologicznych, np.: topologiczne izolatory krystaliczne, topologiczne izolatory Kondo czy topologiczne półmetale Diraca lub Weyla [1]. Bazujące na niezmiennikach topologicznych nowe zasady klasyfikacji struktury energetycznej materiałów elektronowych z sukcesem zastosowano do szeregu innych układów fizycznych takich jak kryształy fotoniczne, wibroniczne lub magnoniczne, w których obserwuje się transport energii, ładunku elektrycznego czy momentu magnetycznego w układach periodycznych. Doświadczalnie zaobserwowano przewidywane teoretycznie i określone tylko stałymi uniwersalnymi efekty kwantowania przewodnictwa elektrycznego, kwantowego anomalnego efektu Halla oraz magneto-optycznych efektów Kerra i Faradaya.

Topologiczne izolatory i półmetale to nowe dwu- lub jedno-wymiarowe przewodniki prądu elektrycznego o unikatowych cechach związanych z liniową relacją dyspersji energii elektronów, topologiczną ochroną elektronów przed rozpraszaniem do tyłu i silnym sprzężeniem ruchu orbitalnego elektronów z ich spinowym momentem magnetycznym. Szereg z nowych koncepcji zastosowań tych materiałów zostało ostatnio poddanych weryfikacji doświadczalnej, np. w zakresie kluczowych dla spintroniki półprzewodnikowej nowych metod generacji prądów spinowych.

W referacie omówione zostaną najważniejsze właściwości izolatorów i półmetali topologicznych, w szczególności topologicznych izolatorów krystalicznych wytwarzanych i badanych w IF PAN [2,3]. Przedstawione zostaną doświadczalne obserwacje powierzchniowych i krawędziowych elektronowych stanów topologicznych dokonane metodami kątowno-rozdzielonej fotoemisyjnej spektroskopii elektronowej i skaningowej spektroskopii tunelowej a także wyniki pomiarów efektów magneto-transportowych i magneto-optycznych.

[1] A. Bansil, H. Lin, T. Das, *Review of Modern Physics* **88**, 021004 (2016).

[2] B.M. Wojek, M. Berntsen, V. Jonsson, A. Szczerbakow, P. Dziawa, B.J. Kowalski, T. Story, O. Tjernberg, *Nature Communications* **6**, 8463 (2015).

[3] P. Sessi, D. Di Sante, A. Szczerbakow, F. Glott, S. Wilfert, H. Schmid, T. Bathon, P. Dziawa, M. Greiter, T. Neupert, G. Sangiovanni, T. Story, R. Thomale, M. Bode, *Science* **354**, 1269 (2016).



Niezwykłe własności jąder superciężkich i ich atomów

Witold Nazarewicz

Michigan State University, USA

Uniwersytet Warszawski, Polska

W grudniu 2016, na tablicy Mendelejewa pojawiły się cztery nowe “superciężkie” pierwiastki o liczbach atomowych 113, 115, 117 oraz 118. Nowe pierwiastki, stworzone w laboratoriach jądrowych w reakcjach zderzenia ciężkich jonów, przybliżają fizykę jądrową do obszaru superciężkich pierwiastków o długich czasach życia przewidywanego przez teorię. Jakie są własności jąder superciężkich, których istnienie wynika z delikatnej równowagi pomiędzy przyciągającym oddziaływaniem jądrowym i odpychaniem elektrostatycznym? Jak się te jądra rozpadają? Czy mogą być one wytwarzane w kosmosie w wybuchach supernowej lub połączeniu gwiazd neutronowych? Superciężkie pierwiastki mogą mieć nieoczekiwane własności chemiczne, które nie muszą odpowiadać ich położeniu w tablicy Mendelejewa, bo elektrony orbit wewnętrznych poruszają się w nich z prędkością bliską świetlnej. Jak będzie wyglądał układ okresowy rozszerzony o pierwiastki superciężkie?

W pracach międzynarodowych zespołów prowadzących badania nad syntezą jąder superciężkich i opisem ich własności biorą bardzo aktywny udział polscy badacze. W referacie przedstawię stan obecny naszych poszukiwań i naszkicuję kierunki dalszych badań.

Czy da się zmniejszyć rozwarstwienie rozkładu bogactwa?

Zdzisław Burda

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

W książce 'Kapitał w XXI wieku', która stała się światowym bestsellerem, jej autor, Thomas Piketty, dokonuje analizy historycznej rozkładu bogactwa i rozwarstwienia społecznego. Na tej podstawie dochodzi do wniosku, że nie można powstrzymać nierówności społecznych za pomocą podatku dochodowego, ponieważ stopa zwrotu ze zgromadzonego kapitału jest większa niż stopa zwrotu z pracy i średnie tempo wzrostu gospodarki. Jedynie połączenie podatku dochodowego z podatkiem kapitałowym może powstrzymać postępujący proces rozwarstwiania.

Zainspirowani tą obserwacją przeprowadziliśmy analizę statystycznego modelu makroekonomii pod kątem wpływu różnego rodzaju podatków na kształtowanie i dynamikę rozkładu bogactwa. Zidentyfikowaliśmy trzy różne typy systemów makroekonomicznych: (a) system stabilny, charakteryzujący się wąskim rozkładem bogactwa, (b) krytyczny, samoorganizujący się, o szerokim rozkładzie bogactwa opisanym przez prawo potęgowe; (c) niestabilny, silnie nierównowagowy z narastającym rozwarstwieniem. Przejście pomiędzy tymi reżimami oraz dynamika rozkładu bogactwa silnie zależą od wyboru rodzaju opodatkowania. W swoim wystąpieniu przedstawię wyniki tej analizy.



Fizyka globalnego ocieplenia

Szymon Malinowski

Institut Geofizyki, Uniwersytet Warszawski

Od czasów Jean-Baptiste Fouriera wiemy, że temperatura naszego globu zależy od bilansu energii, w którym zasadniczą rolę odgrywają dwa czynniki: dopływ energii od Słońca i jej ucieczka w kosmos. Ta ostatnia zależy z kolei od opisanego przezeń zjawiska, które dziś nazywamy efektem cieplarnianym. Już w 1896 roku Svante Arrhenius, zainspirowany danymi geologicznymi o bilansie węgla, obliczył jak wzrośnie temperatura naszej planety przy podwojeniu koncentracji CO_2 w atmosferze wskutek spalania węgla zawartego w paliwach kopalnych. Jak wnioski Fouriera i Arrheniusa wyglądają w świetle najnowszych badań? Jakie mamy twarde fizyczne dowody na antropogeniczną naturę obserwowanego globalnego ocieplenia? Jak wiedza o najważniejszych związkach przyczynowo-skutkowych w systemie klimatycznym pozwala nam zrozumieć przeszłe i możliwe przyszłe zmiany klimatu? Jaki jest zakres niepewności? Zarys odpowiedzi na te pytania znajdą Państwo w moim wykładzie.

Polimery koordynacyjne i struktury typu MOF jako nowe materiały dla optyki nieliniowej

Marek Samoć, Jan K. Zaręba, Marcin Nyk

Katedra Inżynierii i Modelowania Materiałów Zaawansowanych, Wydz. Chemiczny Politechniki Wrocławskiej

W poszukiwaniu nowych, bardziej wydajnych materiałów dla zastosowań związanych z nieliniowymi efektami optycznymi badano już wiele grup materiałów i nanomateriałów. Jak się wydaje, nie w pełni jednak wykorzystano do tej pory silne efekty jakie występują przy agregacji chromoforów, nawet takich, które w postaci niezagregowanej wykazują tylko słabe nieliniowe właściwości optyczne [1]. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że nieliniowe efekty optyczne mogą być jeszcze bardziej wzmocnione w pewnych układach o charakterze hybrydowym (zawierających dwa lub więcej składników o diametralnie różnych właściwościach), w tym w metamateriałach.

W tym kontekście interesujące też są układy również noszące charakter hybrydowy, ale na poziomie atomowo-molekularnym, zwane polimerami koordynacyjnymi, lub tzw. z ang. „metal-organic frameworks” (MOFs). Twory takie, zbudowane z rdzeni, którymi mogą być jony lub klastery metali oraz ligandów tworzących sieć poprzez wiązania koordynacyjne do tych rdzeni, mają charakter krystaliczny. Wstępne badania nieliniowych właściwości optycznych takich układów zostały ostatnio podsumowane w artykule przeglądowym [2]. Nasze prace dotyczą zarówno kwestii metodyki określania parametrów nieliniowych układów typu MOF, jak i charakteryzacji tych układów w szerokim zakresie spektralnym przy użyciu krótkich (femtosekundowych) impulsów laserowych. Metodyka badań nie jest sprawą trywialną, gdyż układy MOF są na ogół bezpośrednio dostępne jedynie w postaci monokryształów lub drobnokrystalicznych proszków, co utrudnia pomiary optyczne i ich interpretację, a także, ze względu na obecność wielu typów przejść elektronowych, w tym przejść z udziałem elektronów (d lub f) z jonów nieorganicznych.

Interpretacja badań prowadzonych na proszkach polimerów koordynacyjnych technikami generacji drugiej i trzeciej harmonicznej (SHG i THG) musi być prowadzona z najwyższą ostrożnością, ze względu na efekty absorpcji zarówno częstości fundamentalnej jak i odpowiednich harmonicznych [3,4]. Z kolei pomiary nieliniowej absorpcji są możliwe w standardowy sposób (metodą Z-skan) dla tych polimerów koordynacyjnych, które można otrzymać w postaci koloidalnych nanocząstek: takie pomiary przeprowadziliśmy dla Błękitu Pruskiego [5], który okazał się bardzo efektywnym absorberem nieliniowym w obszarze telekomunikacyjnym (1300-1600 nm). W innych przypadkach, do wyznaczenia przekroju czynnych na absorpcję dwufotonową dla rozpraszających materiałów drobnokrystalicznych zastosowaliśmy metodę fluorescencyjną używającą wewnętrznego wzorca (ISTPEF – z ang. Internal Standard Two-photon Excited Fluorescence) [2].

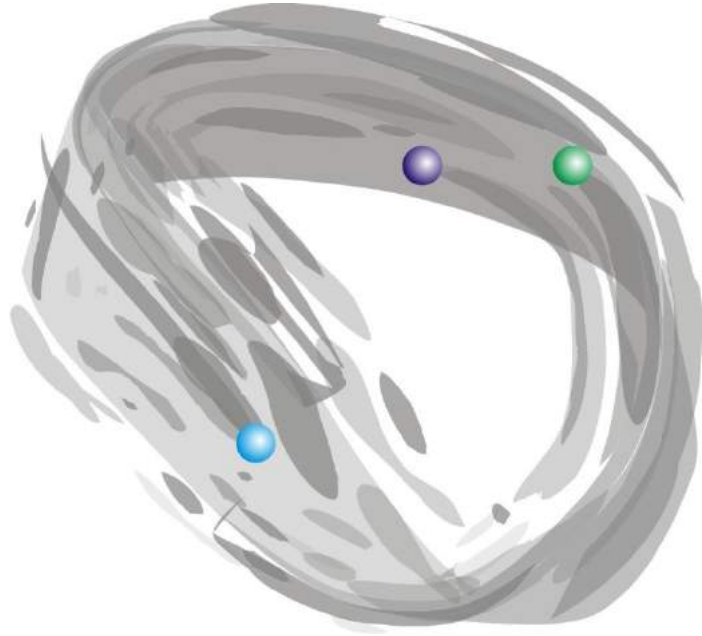
[1] P. Hanczyc, M. Samoć, B. Norden, *Nat. Photon.*, 7, 969 (2013)

[2] R. Medishetty, J. K. Zaręba, D. Mayer, M. Samoć, R. A. Fischer, *Chem. Soc. Rev.* (2017)
<http://dx.doi.org/10.1039/c7cs00162b>

[3] J. K. Zaręba, M. Białek, J. Janczak, M. Nyk, J. Zoń, M. Samoć, *Inorg. Chem.*, 54, 10568 (2015)

[4] J. K. Zaręba, J. Janczak, M. Samoć, M. Nyk, *Dalton Trans.* (2017)
<http://dx.doi.org/10.1039/c7dt01518f>

[5] J. K. Zaręba, J. Szeremeta, M. Waszkielewicz, M. Nyk, and M. Samoć, *Inorg. Chem.* 55, 9501 (2016)



Indeks nazwisk



A		Blanc A.	326	Ciemny M.P.	310, 311
Abaloszew A.	253	Błachowski A.	394	Cieplak M.Z.	253
Ablewski P.	93, 95	Błaszczak M.	310, 311	Cieplak-Rotowska M.K.	318
Abraham T.	336	Bober M.	93, 94, 95	Cieplak M.	105, 317
Abramowicz H.	37	Bobrowska E.	235	Cieplicka-Oryńczak N.	326,
Acín A.	433	Bogucki A.	136		327, 430
Adamaszek Z.	18, 30	Bocchi G.	326	Cierniak M.	179
Adamczyk K.	58	Bolek J.	229	Ciesielski K.	283
Adrich P.	168	Borkała J.J.	65	Ciuryło R.	93, 94, 95, 249
Afanas'ev A.A.	171	Borondics F.	152	Ciżman A.	29
Aguilar E.A.	65	Bottoni S.	326, 327, 430	Colier G.	305
Ajduk A.	302	Bożek P.	377	Cooper J.R.	397
Alicki R.	367	Bracco A.	430	Crespi F.C.L.	430
Allen S.	217	Brambilla S.	328, 430	Cygan A.	93, 94, 95, 249
Alonso-Caneiro D.	350	Brandão F.G.S.L.	63	Cywiński Ł.	138, 144
Altmann E.G.	75	Brandenburg S.	419	Czajkowski J.	67
Anisimov I.	403	Brazevic S.	248	Czerwiński A.	185
Antczak G.	279	Braziewicz J.	304	Czub J.	304
Arabski M.	308	Brewczyk M.	141	Czwartos J.	226
Awskiuk K.	115	Brozis M.	90, 209, 210	Czyrkowski H.	335
Ayadi A.	275	Bryja L.	257	Czyszanowski T.	241
Ayele M.	226	Brzeski P.	410	Czyż H.	121, 122, 183
		Brzezińska M.	263	Czyżewski D.	247
		Brzozowska B.	288	Černoch A.	146
		Buchowiecki M.	349		
		Buczyński R.	162	D	
		Budkowski A.	115	Dadlez M.	318
		Buras A.J.	38, 53	Dajka J.	347
		Burda Z.	437	Daniluk N.	350
				Darmé L.	387
		C		Das D.	179
		Camera F.	328	Dawid S.M.	376
		Cembala K.	291	David C.	238
		Chabuda K.	68	Dąbrowska E.	288
		Chajewski G.	283	Dąbrowski M.P.	43
		Chajnowska K.	325	Dąbrowski R.	335
		Chakrabortty J.	182	Demkowicz-Dobrzański R.	
		Charyasz-Lex E.	416		67, 68
		Charzewski Ł.	313, 314	Denkiewicz T.	389
		Chimczak G.	146	Dietz B.	186, 345
		Chmiel A.	344	Dobosz B.	153
		Choiński J.	337, 420	Dobaczewski J.	340, 423, 426
		Chojnowski S.	242	Dobrowolski W.	137
		Cholewka A.	116	Dobrzyński L.	312
		Chołoniewski J.	189	Doherty D.336	
		Chorowski M.	434	Dohnalik T.	305, 306
		Chrapkiewicz R.	117	Doleżyczek H.	246
		Chrostowski A.	69	Domieracki K.	283
		Chrzumnicka E.	164	Dominik W.	335
		Chwiej J.	152	Domysławska J.	249
		Cięmała M.	328, 329, 430	Dorvaux O.	328
		Ciepał I.	332, 334, 430	Drabik M.	308, 309
		Ciarach M.	152	Drobczyński S.	163, 232, 235
		Ciemny A.A.	335	Droste C.	341
B					
Banaszek K.	64, 69				
Banaś D.	295, 296, 304				
Bancewicz T.	227				
Baranowska K.	228				
Barczyński P.	203				
Bartkiewicz K.	146				
Bartnik A.	226				
Bauch S.	186, 345				
Bączyk P.	340, 426				
Bednarczyk P.	328, 336				
Bednarek S.	184				
Bennett C.H.	354				
Bera M.N.	433				
Bercha A.	270				
Berliński T.	174				
Bernasik A.	115				
Beuzekom van M.	419				
Bezbakh A.A.	335, 336				
Białynicki-Birula I.	104				
Białous M.	186, 345				
Bieda M.	229				
Biegański P.	18				
Biegun A.K.	419				
Bielska K.	95, 249				
Bielecki Z.	113, 243				
Bielas K.	126				
Bieniek M.	260, 263				
Biesiada M.	155				
Bilewicz A.	337, 420				
Binder J.	134				



Drozdowski H.	396	Gawlik A.	338	Harańczyk M.	128
Drzazga Z.	291, 416	Gawlik W.	93, 245	Haskopoulos A.	227
Dubrovkin J.M.	213	Gawroński P.	190	Hawrylak P.	260
Ducin I.	229	Gąsowska M.	218	Heller M.	365
Duch K.	297	Gburski Z.	319	Hempel M.	179
Duda P.	89	Geim A.K.	134	Heuser T.	270
Durajski A.P.	252	Getek U.	236	Höfling S.	269, 400
Dusanowski Ł.	400	Gębski M.	241	Hołyst J.A.	188, 189, 190, 192
Dutt S.	333	Gębura K.	205	Hommel D.	44
Dworecki K.	308, 309	Gładyshevskii R.	403	't Hooft G.	356
Dybiec B.	79, 408	Gluzza J.	126, 182	Horodecki K.M.	63
Dynowska E.	137	Gluzza M.	126	Horodecki M.	370
Dziarmaga J.	46	Głaz W.	227	Horodecki P.	63
		Głazek S.D.	376	Huwer J.	142
		Głowacz B.	305, 306		
E		Głyda K.	244	I	
Eckstein M.	388	Goethem van M-J.	419	Iamsaard S.	342
El-Ghyoury A.	275	Golnik A.	136	Iskra Ł.W.	326, 430
		Golovkov M.S.	335	Isaak J.	430
F		Gołek F.	279	Iwanicki J.	336
Fabian M.R.	318	Gondek J.	196	Iwaszkiewicz – Kostka I.	205
Fabiszewska E.	418	Gonsior R.	376		
Farrer I.	142	Gonzalez-Szwacki N.	277	J	
Faugeras C.	134	Gorshkov A.V.	335	Jacac W.A.	238
Feduniewicz-Żmuda A.	132	Gorshkova Y.	251	Jachura M.	64, 117
Felle M.	142	Goryca M.	136	Jadczak J.	257, 259
Ferreira M.F.S.	234	Gorzelnik R.	283	Jakieła R.	237
Fiedorowicz H.	226	Górny K.	319	Jakubczyk P.	405
Filipkowski A.	162	Górska M.	137	Jakubowicz S.	20, 197
Fischer T.	179	Górski P.J.	190	Jakubowski P.	222, 223
Flak D.	307	Graaf van der E.R.	419	Janas Z.	335, 427
Flieger W.	126, 177	Grabowski I.	285	Janeczko K.	152
Fok T.	226	Grabowski W.	181	Janiak Ł.	335
Fomichev A.S.	335	Grabska I.	418	Janus-Zygmunt I.	319
Fornal B.	326, 327, 430	Grabski J.	86, 219	Jarema M.	239
Fornalski K.	312	Grajek H.	315	Jarosz J.	87
France de G.	326	Grasza K.	137	Jarzyna M.	64, 69
Frankiewicz K.	375	Greczyło T.	19, 23, 26, 28	Jaskóła M.	304
Frazão O.	234	Grębosz J.	430	Jastrzębski J.	337, 420
Frączkowska K.	415	Grochowski P.T.	141	Jaworowski B.	194, 262, 264
Frelak A.	291	Grudka A.	63	Jentschel M.	326, 327
Fronczak A.	77	Grzanka K.	176	Jeżewski B.	242
Fronczak P.	77	Gubiec T.	80	Jędrzejewski A.	344
Fryc I.	222, 223, 224, 225	Guclu A.D.	262	Józefowicz M.	228
Furmańczyk N.	295	Gudowska-Nowak E.	366	Jurga S.	320, 396
		Gut K.	99, 204	Juszyńska-Gałązka E.	250, 251
G				K	
Gadomski A.	281	H		Kaczmarek M.	154
Gajewski Ł.G.	191	Hackemer A.	283	Kaczmarkiewicz P.	194, 262, 264
Gajos K.	115	Hadyńska-Klęk K.	336	Kaczmarska A.	373
Gańcza W.	18	Hajdusianek A.	18, 25	Kaczorowski D.	283, 397
Gardas B.	46	Hänsch T.W.	103	Kamińska A.	207, 211, 212
Gawarecki K.		Harakeh M.	430	Kamińska M.	380
		Harań G.	271		
Gawetczyk M.	265, 266, 267, 268 266, 268				



Kamiński G.	335, 336	Kopeć D.	289	Kutrowska-Girzycka J.	257
Kamiński W.	278	Kościelniak-Mucha B.	280	Kwapień J.	76
Kamiński W.A.	107	Kościński M.	320	Kwapisz J.	376
Kamp M.	400	Kordiaczyńska M.	182	Kwaśny M.	100
Kampinos K.	337, 420	Korgul A.	331		
Kania S.	280	Korkusiński M.	260	L	
Karasiński P.	240	Korman A.	304	Lacaze E.	342
Karbowiak M.	201	Korona K.P.	380	Lamperska W.	232
Karczewski G.	47	Kosiński K.	181	Langer F.	400
Karnowski K.	302	Kossacki P.	136	Lankoff A.	304
Karpiel I.	416	Köster U.	326, 327	Lasko P.	430
Karpiński M.	147	Kosztolowicz T.	348, 404	Laudyn U.A.	100
Karpiuk T.	141	Kościński M.	307	Leban G.	189
Kasprzak H.	236, 350	Kowal D.	234	Ledzion R.	241
Kaprzyk S.	282	Kowalczyk A.	229	Lehman L.	85
Kasprzyk T.	116	Kowalczyk M.	336	Lemr K.	146
Kassiba A.H.	274	Kowalska J.	225	Leoni S.	326, 327
Kasztelaniec R.	162	Kowalska M.	167	Leroux I.D.	68
Katsonis N.	342	Kowalska-Styczeń A.	187	Lewandowska K.D.	348
Kavokin A.	400	Kowalski B.J.	137	Lewandowski J.	383
Kaźmierczak U.	304	Kowzan G.	95	Lewenstein M.	433
Khobaib K.	254, 256	Koza Z.	410	Lewińska S.	137
Kibler B.	230	Kozanecki A.	237	Lipka M.	64
Kiejna A.	276	Kozela A.	332, 334, 339, 428	Lipowski A.	74
Kielboń A.	297	Kozikov A.	134	Lisak D.	93, 94, 95, 249
Kihel S.	328	Krasnobryzhev V.	175	Lisowska H.	304
Kilański Ł.	137	Krasznohorhay A.	328	Lisowski W.	237
Kisieliński M.	336, 337, 420	Krawiec K.	302	Litowczenko J.	320
Kistryn S.	428	Krawiecki A.	77	Lo P-M	173
Kisza P.	122, 183	Królak A.	358	Lu X.	188
Kitowski K.	202	Krueger T.	78	Lukierski J.	36
Klamut J.	80	Kruk A.	245	Lutsyk I.	284
Klähn T.	179	Krupko S.A.	335		
Klimczuk T.	393	Kruszewski M.	304	Ł	
Klose U.	416	Kruszyńska K.	118	łacińska E.M.	284
Kluczyk K.	238	Krzemińska Z.	238	łagoda J.	127
Klusek Z.	284	Krzykowski M.	266, 268	łapkiewicz R.	117
Kmieciak M.	328, 329, 430	Krzyminiewski R.	153	ławniczak M.	186, 345
Kmieciak S.	310, 311	Krzyško K.A.	313, 314	łobejko M.	347
Knyazyev A.G.	335	Krzywda J.	144	łuczka J.	346, 347
Kobak J.	136	Książek K.	293	łukasik J.	430
Kochańska P.	229	Kubala-Kukuś A.	295, 296		
Koffeman E.M.	419	Kudrawiec R.	258	M	
Kolenderski P.	145	Kukołowicz P.	288, 289	Mach H.	331
Koliński A.	310, 311	Kuśkowski K.	190, 192	Mach P.	384
Kołodziejczyk A.	229	Kumar R.	333, 336	Machnikowski P.	265, 266, 267, 268
Komar K.	303	Kupczyński M.	194, 262		
Komędera K.	394	Kurciński M.	310, 311	Machura Ł.	322
Komorowska K.	240	Kurczewska J.	153	Maciejewska B.	320
Komorowska M.	333, 336	Kurochkin Yu.A.	171	Maciejewska K.	291
Kondrat G.	410	Kuś M.	433	Magdziarz M.	409
Konieczka M.	340, 426	Kuśmierz B.	261	Magierski P.	425
Konieczna I.	309	Kuterba P.	343	Magryta P.	113
Kopaczyńska M.	415	Kutner R.	80	Maj A.	108, 328, 329, 336, 430

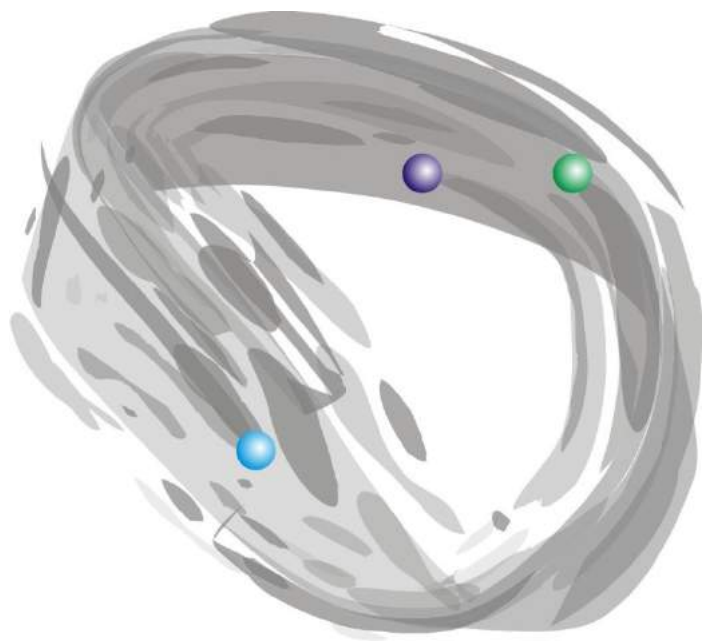


Majewska U.	295, 296	Misiewicz J.	270, 400	Ossowska-Chrusciel M.	251
Majhofer A.	86, 219	Miranowicz A.	146	Ossowski T.	276
Majkowska A.	337, 420	Misiaszek M.	125	Ostromęcka I.	100
Makieła D.	319	Mitchell M.	433	Ostrowski J.J.	157
Makowiec D.	73	Mituś A.C.	239	Ozfidan I.	260
Makowska-Janusik M.	274, 275	Moderski R.	386		
Makowski M.	229	Modlińska A.	164		
Malarz K.	187	Molas M.R.	134	P	
Malinowska A.	304	Molenda J.	282	Pacuski W.	136
Malinowska M.	246	Molenda T.M.	86, 219	Palacz M.	333, 336
Malinowski S.	438	Morzyński P.	93, 94, 95, 249	Paluch R.M.	188, 189
Małecki W.	83	Mostowski J.	86, 219	Pałasz T.	305, 306, 413
Małota Z.	369	Mrowiński P.	269	Paradowska K.M.	237
Marchlewski T.	336, 341	Mróz I.R.	294, 298	Paradowski K.	187
Marciniak M.	241	Mrózek M.	245	Parkman T.	226
Marconi M.	226	Musiak A.	270	Parol W.	334, 430
Marek P.H.	311	Mutti P.	326, 327	Pasicz K.	418
Maroulis G.	227	Muzioł G.	132	Pawłowski J.	143
Martynkien T.	230	Müller T.	142	Pawłowski M.	63, 65
Maryński A.	270	Mydłova L.	275	Pawłowski P.	430
Masajada J.	231, 232, 325, 415	Mykhaylova V.	178	Pfutzner M.	335
Massalska-Arodź M.	250			Pieczarka M.	400
Mastowski P.	93, 95	N		Pieńkowski A.	31
Matejska-Minda M.		Nakaji T.	419	Piersa M.	331
	333, 336, 430	Nakamura S.	353	Pietruszka M.A.	316
Matt B.	342	Nanal V.	336	Pijewska E.	300
Matulewicz T.	330	Nannini A.	336	Pikul A.P.	283
Matusiak K.	152	Napiorkowski P.		Piotrowicz-Cieślak A.	315
Matusiak M.	397		328, 333, 336, 430	Piskorski Ł.	241
Matuszczak P.	336	Napiórkowski M.	98	Plebaniak Z.	172
Mazumdar I.	328	Natorf W.	86, 219	Plebański S.	20, 197
Mazur P.	279	Nawrat Z.	369	Pluciński P.	335
Mazurek K.	430	Nazarewicz W.	340, 436	Płaczek-Popko E.	237
Mazzocchi C.	335	Niedźwiecka A.	318	Pławecki M.	321
Medoń P.	175	Niewczas K.	379	Płoszajczak M.	424
Melnychuk D.	60	Nikodem M.	161	Płoszajski J.	184
Mentel M.	335	Nilsson J.	142	Pniewski J.	97
Mergo P.	230, 234	Nogajewski K.	134	Podbielska H.	415
Michelagnoli C.	326	Nori F.	146	Podemski P.	270
Michnik A.	297	Novitsky D.V.	171	Polaczek-Grelak K.	297
Mielnik-Pyszczorski A.	265	Novoselov K.S.	134	Polak M.P.	258
Miroszewski A.	158	Nowak W.	290	Polewski K.	307, 320
Mierzejewski M.	131	Nowakowski M.	242, 243	Pomorski M.	335
Mika A.	88	Nowakowski M.	322	Popiołek-Masajada A.	231
Mikhnevich S.Yu.	171	Nowicka A.B.	164	Poprawski R.	29
Mikkelsen A.	254, 255, 256	Nurowski P.	357	Potasz P.	194, 260, 262, 263, 264
Mikołajczak R.	166	Nyk M.	439	Potemski M.	134
Mikołajczyk J.	113, 243			Poturaj K.	230
Mikowska L.	306	O		Prauzner-Bechcicki S.	287
Miller T.	388	Olejniczak Z.	305, 306	Prokopiuk A.	113
Miodek J.	21	Oleniecki T.	310, 311	Próchniak L.	333, 336
Mioduszewski Ł.	317	Olko P.	165	Prywer J.	299
Mironowicz P.	65	Opala A.	400	Przeździecka E.	237
Misiak M.	56	Ordon K.	274	Ptaszyński K.	406

Pułka L.	22	Sarzała R.P.	241	Stabrawa I.	295, 296
Pustelny S.	96	Sasaki C.	173	Stacewicz T.	113, 243
Pysz D.	162	Satuła W.	340, 426	Stachowicz M.	237
		Saxena M.	333, 336	Stachura R.	296
	Q	Scharoch P.	258, 259	Stanek A.	116
Quandt D.	270	Schneider C.	269, 400	Stankiewicz M.	63
		Schroeder G.	153	Stanoui M.	328
	R	Schwengner R.	328	Starobrat J.	229
Raczkowska J.	287	Sekatski P.	67	Staszczak M.	181
Radosz A.	325	Semaniak J.	308, 309	Statkiewicz-Barabach G.	
Radzewicz C.	93	Serafin K.	376		233, 234
Radojewska E.B.	29	Setkowicz Z.	152	Steinhauser M.	56
Ramanathan R.	63	Sęk G.	269, 270, 400	Stephan A.	339
Rao S.	387	Sękowski P.P.	330	Stephan E.	428
Ratuszna A.	151	Shields A.J.	142	Stetsyshyn Y.	287
Redlich K.	173	Siciliano M.	336	Stevenson R.M.	142
Reitzenstein S.	270	Siedlecki D.	350	Stępień Ł.T.	66
Reszczyńska J.	312	Siedlecki P.	78	Stępkowski T.	304
Reszka A.	137, 237	Siejak P.	307	Stępniewski R.	284
Rębilas K.	208	Siekacz M.	132	Stolarz A.	333, 336, 337, 420
Ritchie D.A.	142	Sienkiewicz J.M.	75, 189	Story T.	435
Robak E.	396	Sieroń K.	116	Strittmatter A.	270
Rocchini M.	336	Simon R.	152	Stupakiewicz A.	114
Rodt S.	270	Simpson G.S.	326	Styczeń J.	336
Rola K.	240	Siódmiak J.	281	Suchanek M.	305, 306
Romanova T.	283	Sirko L.	186, 345	Sucheckki K.	188, 191, 192
Rosiek J.	55	Sitarz M.	337, 420	Sułkowski P.	385
Rosiek R.Z.	374	Skiba-Szymanska J.	142	Suszek J.	229
Roszkowski L.	387	Skierbiszewski C.	132	Sycz K.	245
Rozynek Z.	254, 255, 256	Skoczeń A.	152	Synoradzki K.	398
Rówiński E.	321	Skokowski P.	398	Sypek M.	229
Różański S.A.	272	Skrzyniarz A.	84	Syperek M.	400
Ruebenbauer K.	394	Skupiński P.	137	Szabra D.	113, 243
Rudzki A.	251	Skurski P.	201	Szańkowski P.	144
Rusnok A.	339	Skwira-Chalot I.	330	Szelmanowski A.	244
Rutecka B.	243	Slepniev R.S.	335	Szczepaniak D.	18
Rybicka K.	20, 197	Słapik A.	346	Szczepkiewicz A.	221
Rybski M.	282	Słowiński M.	249	Szefliński Z.	304
Rydygier E.	200	Słoma P.	280	Szkliniarz K.	337, 420
Rydzewski J.	290	Smoleński T.	136	Szkulmowski M.	246, 300, 301,
Rydzyski D.	315	Sobkowicz P.	112		302, 303
Rysz J.	115	Sokołowska D.	27	Szmigiel M.A.	236
Rzązewski K.	141	Sokołowska N.	335	Sznajd-Weron K.	344, 378
		Soldner T.	326, 327	Szostek K.	323, 324
	S	Sonenberg N.	318	Szostek R.	206, 323, 324
Sabik A.	279	Sońnicki F.	147	Szperiak A.	430
Sadowska-Krępa E.	297	Sowicki B.	430	Szulakowska L.	260
Sahaoui B.	275	Sowiński T.	70	Szumlak T.	59
Sajka M.E.	374	Snoch A.	180	Szuniewicz J.	117
Salzano V.	156	Spatek J.	355	Szutkowski K.	307
Samoć M.	439	Spiechowicz J.	346, 407	Szwabiński J.	78
Samorajczyk-Pyśk J.	341	Srebrny J.	333, 336, 341	Szymański B.K.	188
Samsel-Czekała M.	283	Srivastava T.	182	Szymanski M.	173
Sandt C.	152	Srocka N.	270	Szymczak P.	49



Szymczak R.	137		V	Wolny P.	132
Szynszecka M.	211	Varnava C.	142	Woźniak T.	259
		Visser J.	419	Wójs A.	194, 257, 259, 261, 262, 263, 264
Ś		Vondrová Š.	226	Wójtewicz S.	95, 249
Ślawska-Waniewska A.	137			Wroński S.	414
Ślebarski A.	395		W	Wróbel K.	301
Ślęczkowski P.	342	Wachowicz E.	276	Wróbel T.	415
Śliwińska-Bartkowiak M.	396	Wachulak P.	226	Wróblewski A.K.	35
Śliwowski K.	31	Walczak R.	337, 420	Wróblewski T.	212, 286
Śłosarek K.	417	Walewska A.	288	Wrzosek-Lipska K.	
Śmiga S.	285	Warowicka A.	320		
		Wasilewska B.	328, 336, 430		333, 336, 429
T		Wasilewski A.	217	Wudarczyk-Moćko J.	296
't Hooft G.	356	Watanabe K.	134	Wyrzykowski Ł.	118
Tabaka P.	224	Wąs B.	337, 420	Wysmołek A.	284
Takatsu J.	419	Wąsik S.	308, 309, 348	Wysocka-Kunisz M.	216
Tamborski S.	246, 301, 302	Wcisło P.	94, 95	Wysocka-Rabin A.	181, 217
Tamii A.	430	Wdowczyk J.	73		
Taniguchi T.	134	Werner T.	340	Y	
Tarasiuk J.	414	Weron T.	78	Yunko V.	186, 345
Tarnowski K.	230	Węgrzyn P.	117		
Tarnowski Kr.	318	Węgrzyński Ł.	226	Z	
Thomas M.	24	Wiater D.	70	Zaborowski M.	95
Tobola J.	282	Wibig T.	172	Zajęc W.	250, 251
Tobolski M.	376	Wiechczyński J.	57	Zakrzewski J.	70
Toliński T.	398	Wieloch P.	302	Zalewski B.	335
Tomal E.	309	Wierzbička A.	237	Zaręba J.K.	439
Tomaszewska J.	244	Wilczek A.	339	Zawada M.	93, 94, 95
Tomaszewski W.	193	Wilczyńska P.	229	Zawadzka A.	288, 289
Tomin V.I.	213, 220	Wilczyński G.	246	Zaytseva I.	253
Torrisi A.	226	Wilczyńska-Kitowska T.	202	Zdanowicz E.	257
Toruniewska J.	192	Wincukiewicz A.J.	380	Zdyb R.	399
Tracz S.	122	Winiarski M.J.	393	Zeilinger A.	106, 361
Trybek P.	322	Wiślicki W.	54	Zieja M.	244
Trybuła M.	214, 215	Wiśniewski P.	283	Zielińska A.	303
Trybuła Z.	214, 215	Wiśniewski R.	202	Zielińska M.	336
Trzeciakowski W.A.	270	Witek M.	123	Zieliński P.	48
Trzczińska A.	337, 420	Withers F.	134	Zielony E.	237
Turňová J.	226	Włoch B.	332	Zięba A.	86, 219, 273
Turski H.	132	Włodarkiewicz A.		Ziębliński M.	328, 430
Turski Ł.A.	362		211, 213, 220	Zinkiewicz Ł.	117
Turzyniecki K.	199	Wojas J.	242, 243	Ziołkowski K.	45
		Wojciechowski K.	133, 280	Zipper W.	337, 420
U		Wojewoda G.F.	195	Zrałek M.	124
Udalski A.	368	Wojewódka H.	63	Zyss J.	239
Ur C.A.	326	Wojewódzka M.	304		
Urban W.	326	Wojnar P.	135	Ż	
Urbanowicz M.	100	Wojtas J.	113	Żuk J.	308
Urbańczyk W.	234	Wojtkowski M.	39, 246, 303	Żukrowski J.	394
Usatenko Z.	343	Wojtkowska J.	337, 420	Żurek W.H.	46
		Wojtyna-Jodko A.	198	Życzkowski K.	111
		Wollersheim H.J.	333		



Reklamy

Dynamikę rozwoju łączymy z doświadczeniem lidera

W PGNiG cenimy wiarygodność i stabilność. Wieloletnie doświadczenie w obszarze handlu gazem ziemnym sprawia, że jesteśmy odpowiedzialnym partnerem biznesowym, dostarczającym gaz do największych przedsiębiorstw w kraju.

Dobrze funkcjonujący przemysł, to ten oparty na solidnych podstawach. Oferta PGNiG, jako niezawodnego kontrahenta, to gwarancja konkurencyjności i wysokiej jakości, które przyczyniają się do rozwoju polskiej gospodarki.



**FUNKCJONALNY
WYTRZYMAŁY
PRECYZYJNY**



3B Scientific Europe Ltd • Tel.: +48 22 219 68 31

E-Mail: sales-pl@3bscientific.com • 3bscientific.com



Bruker Polska Sp. z o.o.

APARATURA naukowa i badawcza

Aplikacje • Sprzedaż • Serwis

- Spektrometria magnetycznego rezonansu jądrowego NMR
- Spektrometria paramagnetycznego rezonansu elektronowego EPR
 - Tomografia MR MRI
- Spektrometria mas FT-ICR, MALDI-TOF(/TOF), ESI-(Q)-TOF, pułapki jonowe IT-MS, GC-MS/MS
 - Spektrometria podczerwieni FT-IR, FT-NIR, RAMAN
 - Spektrometria optyczna OES
 - Analizatory CS, ON/H i HHXRF



Innovation with Integrity

www.bruker.pl





CANON OPHTHALMIC TECHNOLOGIES Sp. z o.o.

INNOVATION

Canon Ophthalmic Technologies Sp. z o.o. jest częścią Grupy *Canon Inc.* z siedzibą w Japonii, światowego lidera nowoczesnych rozwiązań w zakresie obrazowania.

TECHNOLOGY

Najwyższa jakość wytwarzanego oprogramowania wykorzystywanego w diagnostyce medycznej stanowi priorytet dla wysokiej klasy inżynierów, których aktywność wyraża się w odpowiedzialności za ludzkie życie i zdrowie.

Prowadzone prace badawcze w zakresie nowych technologii medycznych oraz wieloetapowy, ustandaryzowany proces rozwoju oprogramowania są wyznacznikami ciągłego doskonalenia i kompleksowości działań *Canon Ophthalmic Technologies*.

POTENCJAL

QUALITY

Siedziba firmy:

ul. Gdańska 2

40-719 Katowice

Tel: +48 32 428 38 20

comef@comef.com.pl

<https://www.comef.com.pl/>

Firma COMEF - od przeszło 20 lat - należy do ścisłego grona wiodących dystrybutorów aparatury naukowo-badawczej w Polsce, zapewniając swoim Klientom dostęp do najnowocześniejszych technologii i rozwiązań w zakresie aplikacji naukowych, przemysłowych oraz medycznych.

Oferujemy szeroki asortyment urządzeń czołowych producentów aparatury wykorzystywanej przez instytucje naukowe, ośrodki badawcze oraz firmy produkcyjne na całym świecie. Do grona reprezentowanych przez nas firm należą m.in.: Hitachi High Technologies, Horiba Scientific, JANIS Research Company, Newport, Bruker-microCT, Cameca, Neaspec, Plasma-Therm, Riber, Spectra-Physics, Thermo Scientific, Ultratech, Solartron.

Naszym Klientom zapewniamy również profesjonalną obsługę posprzedażową w zakresie doradztwa technicznego oraz usług serwisowych.

- **Hitachi:** mikroskopy elektronowe SEM, TEM, STEM, FIB oraz mikroskopy sił atomowych AFM;
- **Horiba Scientific:** spektrometry Ramana, spektrometry emisyjne: ICP, GD-OES, GD-MS, monochromatory, siatki dyfrakcyjne, elipsometry spektroskopowe, spektrometry VUV;
- **JANIS Research Company:** kriosystemy;
- **Newport:** fotonika, kontrola drgań i ruchu, optyka i opto-mechanika;
- **Bruker-microCT:** mikrotomografy komputerowe do badań z zakresu Material Science i Life Science (in-vivo i ex-vivo);
- **Cameca:** spektroskopy mas jonów wtórnych SIMS i mikroskopy elektronowe EPMA, APT (Atom Probe Tomography);
- **Neaspec:** spektrometry FTIR, SNOM;
- **Plasma-Therm:** technologia plazmowa.
- **Riber:** systemy MBE;
- **Spectra-Physics:** systemy laserowe;
- **Thermo Scientific:** spektrometry AUGER i ESCA, spektrometry EDS, WDS oraz EBSD do mikroskopów elektronowych;
- **Ultratech:** systemy do ALD;
- **Solartron:** potencjostaty/galwanostaty.

Oferta wyposażenia dydaktycznego firmy Phywe Systeme do nauczania fizyki i nauk stosowanych

Kazimierz Szulowski*

EDUKA – FRSK Sp. z o.o., Biuro Handlowe firmy PHYWE, ul. Jelonka 4, 05-506 Lesznowola

ROZWIĄZANIA FIRMY PHYWE I ICH GRUPY DOCELOWE		
	DOŚWIADCZENIA UCZNIOWSKIE uczniowie / studenci	DOŚWIADCZENIA DEMONSTRACYJNE nauczyciele / wykładowcy
szkoły wyższe	TESS expert PHYWE	Demo expert PHYWE
	Cobra4 PHYWE	
gimnazja i szkoły ponadgimnazjalne	TESS advanced PHYWE	Demo advanced PHYWE
	curricuLAB PHYWE	
szkoły podstawowe	TESS beginner PHYWE	Demo beginner PHYWE

Rozwiązania firmy PHYWE obejmują pomoce dydaktyczne i przyrządy oraz kompletne zestawy do doświadczeń uczniowskich i demonstracyjnych dla wszystkich poziomów edukacji. Zestawy eksperymentalne są wyposażone w tradycyjne przyrządy pomiarowe lub interfejs pomiarowy Cobra 4 do pomiarów wspieranych komputerowo. Wyposażenie obejmuje wszystkie działy fizyki (mechanika,

akustyka, nauka o ciepłe / termodynamika, elektryczność, optyka i fotonika, fizyka współczesna) i nauk stosowanych (mechanika stosowana, energia odnawialna, elektronika i elektrotechnika, materiałoznawstwo, medycyna, geonauki, nanotechnologia).

NASZE SZTANDAROWE PRODUKTY



Bezprzewodowy interfejs pomiarowy Cobra4 – kompletny, modułowy, zintegrowany z programami nauczania system dydaktyczny, umożliwiający realizację ponad 200 eksperymentów. Rodzina przyrządów Cobra4 obejmuje moduły główne, czujniki pomiarowe, oprogramowanie użytkowe i opisy gotowych eksperymentów. Systematycznie rozbudowywany o kolejne czujniki i funkcje oraz dalsze zestawy eksperymentalne.



Zaawansowany aparat rentgenowski XR 4.0 35 kV - w pełni bezpieczne urządzenie edukacyjne z technologią szybkiej wymiany lamp, do prześwietleń i **tomografii komputerowej (XRCT)**, doświadczeń z zakresu jonizacji, dozymetrii, spektroskopii, refleksji Bragga, spektrum hamowania, charakterystyk materiałów, prawa Moseleya i wielu innych.



Nowoczesne metody obrazowania:

- Ultrasonografia
- Tomografia rentgenowska (XRCT)
- Tomografia rezonansu magnetycznego (MRT)
- Edukacyjne mikroskopy skaningowe: skaningowy mikroskop tunelowy Compact STM i mikroskop sił atomowych AFM



Zaprojektowane specjalnie do celów dydaktycznych, całkowicie bezpieczne i intuicyjne w obsłudze.

Więcej informacji na naszej stronie www.eduka.com.pl.

25 lat

**Eurotek
International**



W tym roku przypada 25 lecie naszej działalności.

W 1992 roku zainstalowaliśmy pierwszy laser - był to argonowy **Coherent Innova 90** do holografii na Politechnice Warszawskiej. **Coherent** obchodzi 50 lecie istnienia - z czego połowa z nami.

Staramy się być stabilnym partnerem naszych dostawców oraz, przede wszystkim, klientów. Rozszerzamy ofertę, czego dowodem jest włączenie od niedawna systemów **NKT Photonics** - obejmującej znane marki **Koheras** i **Fianium**.

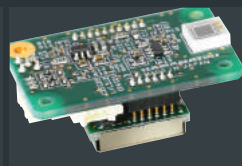
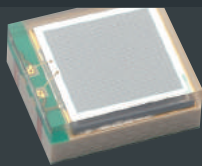
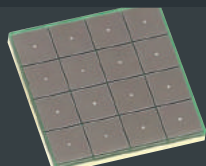
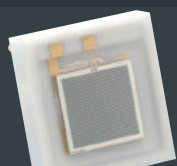
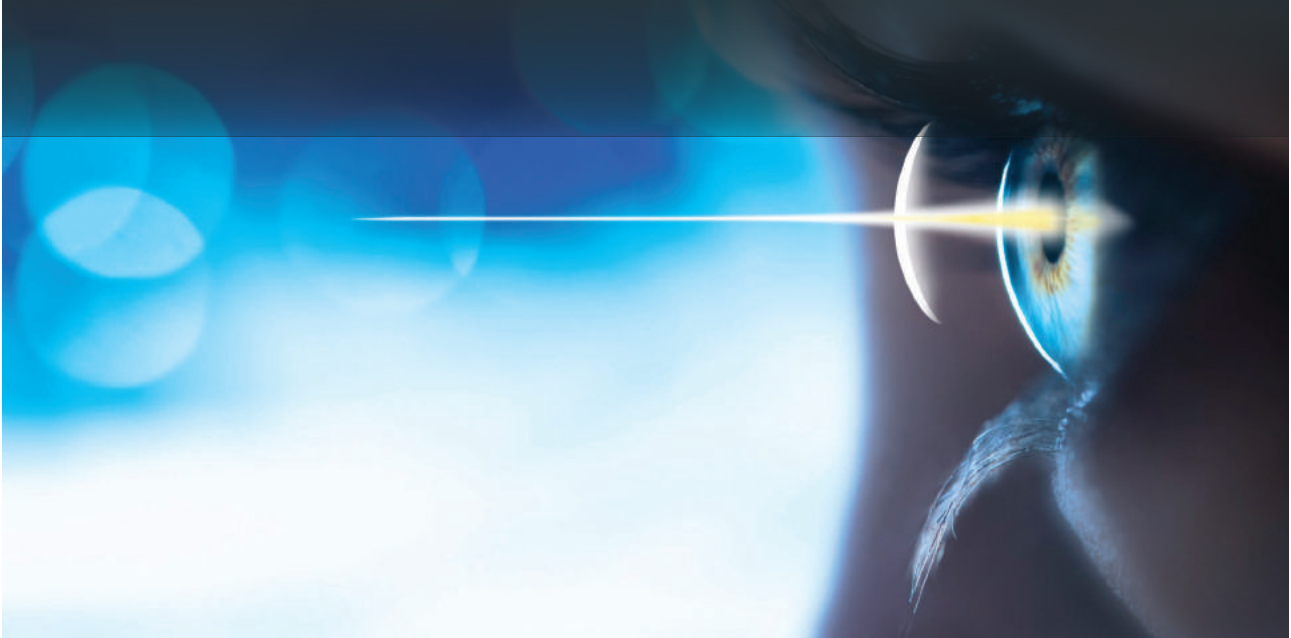
**INSTALUJEMY LASERY I ZŁOŻONE SYSTEMY
POMIAROWE OD 1992 R**



**Eurotek
International**



SiPM / MPPC[®] - the ultimate detector



Make every photon count

Hamamatsu MPPC Silicon Photomultipliers; the ultimate in low light detection.

MPPCs deliver ultra high photon detection efficiency with low crosstalk, afterpulse and dark count rates. We offer the world's most diverse product line-up, with a wide range of packaging options and some of the latest technologies including through-silicon via (TSV), all available in mass production.

Hamamatsu understand that choice and flexibility are key; you can select any standard high performance MPPC, package type and electronics, or, we can develop customised solutions to meet your specific requirements.

If you are looking for the ultimate low-light detector and you want to make every photon count, then look to Hamamatsu.

HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS

www.hamamatsu.com

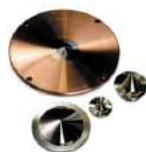
PRZYRZĄDY LABORATORYJNE

Spektrometry AAS
Spektrometry ICP-OES
Spektrometry MP-AES
Spektrometry UV-Vis/NIR
Spektrometry FT-NIR
Spektrometry FTIR
Spektrometry NMR
Fotometry płomieniowe
Ablacja laserowa/LIBS
Analizatory elektrochemiczne
Analizator SPF-290AS



MATERIAŁY EKSPLOATACYJNE

Lampy katodowe i deuterowe
CRM
Roztwory wzorcowe AAS
Modyfikatory matrycy (AAS)
Bufory jonizacyjne (AAS)
Kuwety grafitowe
Nebulizery (rozpylacze)
Palniki ICP
Komory mgłowe
Wężyki
Topniki
Butelki laboratoryjne
Filtry walidacyjne



CHROMATOGRAFIA

Kolumny GC
Kolumny HPLC
Strzykawki
Akcesoria
MEPS
eVol - automatyczna strzykawka



FIZYKA I ASTRONOMIA

BESTSELLERY



NOWOŚĆ

SZUKAJ NA
www.ksiegarnia.pwn.pl

 PWN



TAURON
DYSTRYBUCJA



TAURON

to więcej niż prąd

www.tauron-dystrybcja.pl

Fizyka dla szkół wyższych

Darmowy podręcznik

wysokiej jakości

cyfrowy i drukowany



Fizyka

Pierwszą w Polsce adaptację podręcznika
OpenStax współtworzą

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Politechnika Gdańska
Politechnika Poznańska
Politechnika Śląska
Politechnika Wrocławska
Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu
Uniwersytet Wrocławski
Uniwersytet Zielonogórski



openstax™
POLSKA

Ponad 1,5 miliona studentów i 30% uczelni wyższych w USA używa przynajmniej jednego podręcznika wytworzonego w projekcie OpenStax. Zaczynamy pracę nad polskimi adaptacjami!



Zofia Marciniak Instytut Fizyki
w Polonii Warszawa Instytut

44. ZJAZD FIZYKÓW POLSKICH



10-15 IX 2017 Wrocław

Centrum Kongresowe Politechniki Wrocławskiej
ul. Janiszewskiego 8, 50-372 Wrocław

PROGRAM ZJAZDU

niedziela 10.09.2017

10:00 17:00 **Konferencja dydaktyczna**

poniedziałek 11.09.2017

sesja plenarna I

Katarzyna Chajnaszka-Maciejow
Instytut Fizyki PAF

9:00 9:25 **Otwarcie**

Andrzej K. Wróblewski Cudze światło, swego nie mać...

Uniwersytet Warszawski

10:15 10:40 **Wreczenie nagród PrF**

Jerry Laktorski Quantum gravity and noncommutative space-times

Uniwersytet Wrocławski

przerwa na kawę

sesja plenarna II

Leszek Sikko
Instytut Fizyki PAF

11:45 12:20 **Halina Abramowicz**

Perspectives in High Energy Physics

Fel'low University

12:20 12:55 **Andrzej Buras**

Flavour expedition to the Zeppluniverse

Technische Universität München

12:55 13:30 **Maciej Wojtkowski**

Journey from ergins to cells: In vivo imaging by spatial-temporal optical coherence techniques

Instytut Chemii Fizycznej PAN

lunch

14:50 16:25 **Sesje rownoległe**

A - optika, B - cząstki elementarne, C - informacja kwantowa, D - wiązki światła, E - oddziaływanie i propagacja, F - optyka technika

przerwa na kawę

16:40 18:15 **Sesje rownoległe**

A - optika, B - cząstki elementarne, C - informacja kwantowa, D - wiązki światła, E - oddziaływanie i propagacja, F - optyka technika

19:00 21:00 **Raut** (Rautusz Wrocławski)

wtorek 12.09.2017

sesja plenarna III

Bohdan Grzankowski
Instytut Fizyki PAF

9:00 9:50 **Theodor W. Hansch**

Precision laser spectroscopy of atomic hydrogen

9:50 10:25 **Ivo Biaynlekk-Birula**

Quantum mechanics of photons

10:25 11:00 **Marek Ciapiak**

Structural entanglements in proteins and their complexes

Instytut Fizyki PAF

przerwa na kawę

sesja plenarna IV

Ryszard Horodecki
Instytut Fizyki PAF

11:30 12:20 **Anton Zeilinger**

Photonic ORCA Angular Momentum: A Beautiful Quantum Laboratory

12:20 12:55 **Włodzisław A. Kaminski**

Robot twoj brat: hipoteza neurobiologicznej ewolucji inteligencji

12:55 13:30 **Adam Maj**

O obradach dal jądrowych

Instytut Fizyki PAF

lunch

15:00 16:35 **Sesje rownoległe**

A - optika, B - cząstki elementarne, C - materia skwantowana, D - technologia kwantowa, E - fizyka biologiczna i medycyna, F - fizyka jądrowa

przerwa na kawę

16:55 18:30 **Sesje rownoległe**

A - optika, B - cząstki elementarne, C - materia skwantowana, D - technologia kwantowa, E - fizyka biologiczna i medycyna, F - fizyka jądrowa

18:40 21:00 **Sesja plakatowa** (Biblioteka)

Ważne Zebranie Delegatów (19:00)

środa 13.09.2017

sesja plenarna V

Andrzej Stebaniński
Instytut Fizyki PAF

9:00 9:50 **Shuji Nakamura**

Invention of high efficient blue LED and future solid state lighting

9:50 10:40 **Charles H. Bennett**

Occam's Razor, Boltzmann's Brain, and Wigler's Friend

IBM T. J. Watson Research Center

10:40 11:15 **Jozef Spalek**

The world of strongly correlated fermions: Beyond the Landau Fermi-liquid picture

Uniwersytet Jagielloński

przerwa na kawę

sesja plenarna VI

Franciszek Królik
Instytut Fizyki PAF

11:45 12:35 **Gerard t Hooft**

Performing thought experiments to improve our theories for fundamental physical phenomena

12:35 13:10 **Paweł Nurowski**

How the green light was given for gravitational wave search

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN

13:10 13:25 **Film**

Rozmowa Krzysztof Zamojski z Andrzejem Trzaskanem

13:25 14:00 **Andrzej Królik**

First observations of gravitational wave signals

Instytut Matematyczny PAN

lunch

15:30 18:30 **Wycieczki**

Sesja popołudniowa (14:30-17:00)
Pokazy dla uczniów (17:30-18:30)

19:00 Odsłonięcie tablicy pamiątkowej na Max Born Forum

19:30 21:30 **Koncert** (Narodowe Forum Muzyczne)

czwartek 14.09.2017

sesja plenarna VII

Stanisław Kistura
Instytut Fizyki PAF

9:00 9:50 **Michał Heller**

Fizycyzacja droga Einsteina

9:50 10:25 **Ewa Gudowska-Nowak**

Współczesna spuścizna Mariana Smoluchowskiego: Sto lat inspiracji

10:25 11:00 **Robert Alicki**

Self-oscillations in photovoltaic/thermo-electric fuel cells and biological engines

Instytut Fizyki PAF

przerwa na kawę

sesja plenarna VIII

Roman Mincus
Instytut Fizyki PAF

11:30 12:20 **Andrzej Uralski**

Srebrna rocznica przeglądu miba OGLE

12:20 12:55 **Zdzisław Nawrat**

Polskie sztuczne serce i mózg Robin Heart czyli przegrody fizyka na konwencie medyków

12:55 13:30 **Michał Horodecki**

Thermodynamics as a resource theory

Instytut Fizyki PAF

13:45 Odsłonięcie pomnika Smoluchowskiego

15:15 16:50 **Sesje rownoległe**

A - optika, B - gwiazdy i kosmos, C - materia skwantowana, D - fizyka biologiczna i fizyka jądrowa

przerwa na kawę

17:05 18:40 **Sesje rownoległe**

A - optika, B - gwiazdy i kosmos, C - materia skwantowana, D - fizyka biologiczna i fizyka jądrowa

19:30 21:30 **Baniet** (Centrum Kongresowe w kompleksie Hali Stulecia)

piątek 15.09.2017

sesja plenarna IX

Jacko Kosztur
Instytut Fizyki PAF

9:00 9:50 **Maciej Lewenstein**

Randomness in quantum mechanics: Philosophy, physics and technology

Institut für Quantenoptik, Universität Wien

9:50 10:25 **Maciej Chorowski**

Inżynieria dla fizyki w wielkich urządzeniach badawczych

Naczelne Centrum Badań i Rozwoju

10:25 11:00 **Tomasz Stoy**

Materiały topologiczne

Instytut Fizyki PAF

przerwa na kawę

sesja plenarna X

Bogdan Iżchowski
Instytut Fizyki PAF

11:30 12:20 **Witold Nazarewicz**

Niezwykłe własności jędr superciężkich i ich atomów

Michigan State University

12:20 12:55 **Zdzisław Burda**

Czy da się zmniejszyć rozwarstwienie rozkładu bogactwa?

Amerykański Uniwersytet w Waszyngtonie

12:55 13:30 **Szymon Malinowski**

Fizyka globalnego odciepłenia

Instytut Fizyki PAF

13:30 14:05 **Marek Samoń**

Pollimery kondensacyjne i struktur typu MOF jako nowe materiały dla czujki molekularnej

Polskiego Wzrostu

14:05 14:30 **Zamknięcie**

lunch